การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้ระบบขนส่งสินค้าเกษตรแปรรูป ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

นางสาววิลาสินี เป้าน้อย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2562

A STUDY OF FACTORS INFLUENCING TRANSPORT MODE CHOICE FOR PROCESSED AGRICULTURAL PRODUCTS IN THE NORTHEAST OF THAILAND

Wilasinee Paonoi

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor Philosophy in Transportation Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2019

การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้ระบบขนส่งสินค้าเกษตรแปรรูป
ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รศ. ดร.เทอดศักดิ์ รองวิริยะพานิช)
ประธานกรรมการ

(ศ. ดร.วัฒนวงศ์ รัตนวราห)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(อ. ดร.ศิรดล ศิริธร)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม)

(รศ. ดร.อำพล การุณสุนทวงษ์)
กรรมการ

(ผศ. ดร.บุรทิน ขำภิรัฐ)
กรรมการ

(ผศ. ดร.รัฐพล ภู่บุบผาพันธ์)
กรรมการ

(ผศ. ร.อ. ดร.สุทธิพงษ์ มีใย)
กรรมการ

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล

(รศ. ดร.พรศิริ จงกล)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิลาสินี เป้าน้อย : การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้ระบบขนส่งสินค้าเกษตรแปรรูปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (A STUDY OF FACTORS INFLUENCING TRANSPORT MODE CHOICE FOR PROCESSED AGRICULTURAL PRODUCTS IN THE NORTHEAST OF THAILAND) อาจารย์ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร.วัฒนวงศ์ รัตนวราห, 297 หน้า.

กระบวนการในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้บริหารของสถานประกอบการ ประกอบด้วย การระบุปัญหา การกำเนิดทางเลือก การประเมินคุณสมบัติของแต่ละทางเลือก การเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า และดำเนินการขนส่งสินค้าตามรูปแบบการขนส่งที่เลือกไว้ กระบวนการที่สำคัญที่สุด คือ การเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า ซึ่งได้รับอิทธิพลจากปัจจัยด้านการให้บริการของแต่ละทางเลือก อาทิ เวลาที่ใช้ในการขนส่ง ค่าใช้จ่าย ความตรงต่อเวลา เป็นต้น นอกจากนี้ ผู้บริหารยังมีปัจจัยด้านอื่นที่นำมาใช้ในการพิจารณาการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าร่วมด้วย

ในการศึกษาครั้งนี้ นอกจากปัจจัยด้านการให้บริการแล้ว ผู้วิจัยยังนำปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม กระบวนการบริการ ราคาค่าบริการ สถานที่ บุคลากร มาใช้ในการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า รวมถึงการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ที่มีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้บริหารของสถานประกอบการแปรรูปสินค้าเกษตรประเภท แป้งมันสำปะหลัง ข้าวสาร และน้ำตาลในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้ามีจำนวน 19 ตัวแปร ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณ

ผู้วิจัยนำปัจจัยเชิงปริมาณมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า ผลการทดลองใช้แบบจำลอง พบว่า แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีความสมรูปกับข้อมูลจริง สามารถพยากรณ์การเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าได้แม่นยำ รวมถึงมีความถูกต้องในการพยากรณ์ค่อนข้างสูง อีกทั้ง การรถไฟแห่งประเทศไทยสามารถนำผลการประยุกต์ใช้งานแบบจำลอง ไปกำหนดนโยบายการพัฒนารูปแบบการให้บริการการขนส่งสินค้าทางรางได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สาขาวิชา วิศวกรรมขนส่ง
ปีการศึกษา 2562

ลายมือชื่อนักศึกษา วิลาสินี เป้าน้อย
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

WILASINEE PAONOI : A STUDY OF FACTORS INFLUENCING TRANSPORT MODE CHOICE FOR PROCESSED AGRICULTURAL PRODUCTS IN THE NORTHEAST OF THAILAND. THESIS ADVISOR : PROF. VATANAVONGS RATANAVARAHA, Ph.D., 297 PP.

STRAY MARKETING MIX STRATEGY/FACTOR ANALYSIS/EFFICIENT DESIGN/MIXED LOGIT MODEL

The decision-making process on the transportation mode of the entrepreneurs' executives consists of problem formulation, alternative generation, evaluations of various properties of each alternative form, transportation mode selection, and goods transportation according to transportation mode selection model. The most important process is a transportation mode which is influenced by the service factors of each alternative such as the time spent in transportation, expenses, punctuality, etc. In addition, the management also requires other factors that are concurrently used to consider the transportation mode selection.

In this study, in addition to the service factor, the researcher also introduced environmental factors, process service price, service charge, location, personnel to use for studying factors influencing transportation mode choice including the development of models for efficient shipping container by collecting the data from administrators of the agricultural product processing enterprises producing tapioca starch, rice and sugar in the northeastern region of Thailand. It was found that factors influencing the transportation mode selection are 19 variables which consisted of qualitative and quantitative variables.

The researcher used quantitative factors to develop the mode choice model. The results of the experiment showed that the developed model has goodness of fit with the actual data. It accurately predicted the transportation mode selection as well as good forecast accuracy. Moreover, the State Railway of Thailand can apply the results of the model to formulate policies for the developing efficient freight railway services.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Transportation Engineering Student's Signature Wilasinee Paonoi

Academic Year 2019 Advisor's Signature

Co-Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับทุนอุดหนุนโครงการวิจัยประเภททุนบัณฑิตศึกษา จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2560 และได้รับทุนการศึกษาแก่นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาที่คณาจารย์ได้รับทุนวิจัยจากแหล่งทุนภายนอก จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ เนื่องจากได้รับความกรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ รวมทั้งการให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและการดำเนินงานวิจัย จากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ศ. ดร.วัฒนวงศ์ รัตนวราห อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และให้การส่งเสริมสนับสนุนในทุก ๆ ด้าน รวมถึงช่วยตรวจทานวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

อาจารย์ ดร.ศิรดล ศิริธร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้โอกาสทางการศึกษา ให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ ชี้แนะแนวทางอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัย และให้การสนับสนุนช่วยเหลืออย่างดียิ่งในทุกด้านมาโดยตลอด รวมถึงช่วยตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนสำเร็จสมบูรณ์

ผศ. ร.อ. ดร.สุทธิพงษ์ มีใย ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และชี้แนะแนวทางอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย รศ. ดร.เทอดศักดิ์ รองวิริยะพานิช รศ. ดร.อำพล การุณสุนทวงษ์ ผศ. ดร.บุรทิน ขำภิรัฐ และ ผศ. ดร.รัฐพล ภู่บุบผาพันธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ทำให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผศ. สุวิช ถิระโคตร ที่ให้ความรู้ ชี้แนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการวิจัย

คุณกาญจน์ ณ ศรีธะ ที่คอยให้กำลังใจ สนับสนุน ส่งเสริมผู้วิจัยในทุกด้านอย่างดียิ่ง

เพื่อนนักศึกษาปริญญาเอกทุกท่าน ตลอดจนเจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิศวกรรมขนส่ง เจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยและพัฒนา และบุคลากรที่เกี่ยวข้องที่ให้การช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณครู และอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ด้านต่าง ๆ ตั้งแต่เยาว์วัยจนถึงปัจจุบัน และกราบขอบพระคุณมารดา บิดา รวมถึงญาติพี่น้องทุกท่านที่ให้ความรัก ความอบอุ่น อบรมเลี้ยงดู และให้การสนับสนุนส่งเสริมด้านการศึกษาอย่างดียิ่งมาโดยตลอด จนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิตเรื่อยมา

วิลาสินี เป้าน้อย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบัญรูป ..... ฑ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ณ

บทที่

1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.1.1 สถานการณ์การผลิตและส่งออกสินค้าเกษตร 1
1.1.2 สถานการณ์การขนส่งและโลจิสติกส์ 5
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 9
1.3 คำถามของการวิจัย 9
1.4 ขอบเขตของการวิจัย 9
1.5 ขั้นตอนการวิจัย 10
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 10

2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดด้านการขนส่งสินค้าทางรางในประเทศไทย 11
2.1.1 โครงข่ายทางรถไฟของประเทศไทย 12
2.1.2 ประเภทสินค้าและขบวนสินค้า 15
2.1.3 สถานการณ์ภาพรวมและการแข่งขัน 15
2.1.4 ความคาดหวังจากโครงการรถไฟทางคู่ 16
2.2 สินค้าเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 17
2.2.1 แป้งมันสำปะหลัง 17

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.2 ข้าว....20
2.2.3 น้ำตาล....22
2.3 แนวคิดส่วนประสมทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการ (The Marketing Mix)....24
2.4 เทคนิคการวิเคราะห์ความสำคัญ - ความพึงพอใจ (Importance - Performance Analysis)....27
2.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis)....29
2.5.1 ความหมายของการวิเคราะห์องค์ประกอบ....29
2.5.2 หลักการวิเคราะห์องค์ประกอบ....29
2.5.3 ประเภทของเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ....31
2.6 ทฤษฎีพฤติกรรมการเลือกของบุคคล (Theories of Individual Choice Behavior)....33
2.6.1 กรอบแนวคิดของทฤษฎีทางเลือก (A Framework of Choice Theories)....33
2.6.2 ทฤษฎีทางเลือกที่มีความจำเพาะเจาะจง (Specific Theory of Choice)....34
2.6.3 พฤติกรรมการเลือกอย่างมีเหตุผล (Rational Behavior)....36
2.7 ทฤษฎีอรรถประโยชน์ (Utility Theory)....39
2.7.1 การวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภคด้วยการวัดอรรถประโยชน์เป็นหน่วยนับ(Cardinal Utility)....39
2.7.2 การวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภคด้วยการเรียงลำดับอรรถประโยชน์ (Ordinal Utility)....45
2.7.3 ประเภทของทฤษฎีอรรถประโยชน์....48
2.8 แบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า (Freight Mode Choice Models)....52
2.8.1 แบบจำลองจำแนก (Discriminant Model)....53
2.8.2 แบบจำลองโพรบิท (Probit Model)....54
2.8.3 แบบจำลองโลจิท (Logit Model)....55
2.8.4 แบบจำลองมิกซ์โลจิท (Mixed Logit Model)....63

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.9 การประมาณค่าพารามิเตอร์และการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง 66
2.9.1 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่ง ด้วยวิธีวิเคราะห์ระดับรวม (Aggregate Analysis) 66
2.9.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่ง ด้วยวิธีวิเคราะห์ระดับย่อย (Disaggregate Analysis) 70
2.10 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง 73
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า 74
3 วิธีดำเนินการวิจัย
3.1 ขั้นตอนที่ 1 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 83
3.2 ขั้นตอนที่ 2 การระบุปัญหา 85
3.2.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของสถานประกอบการ 85
3.2.2 การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการให้บริการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ 87
3.2.3 การศึกษาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าเบื้องต้น 95
3.2.4 ประชากร 101
3.2.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 102
3.2.6 การสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ 105
3.3 ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์องค์ประกอบ 114
3.3.1 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 114
3.3.2 ปัจจัยที่ใช้ในการวิจัย 114
3.3.3 การสร้างเครื่องมือวิจัย 117
3.3.4 การหาประสิทธิภาพเครื่องมือวิจัย 118
3.4 ขั้นตอนที่ 4 การออกแบบสถานการณ์ทดสอบ 120
3.4.1 การออกแบบสถานการณ์สมมติเชิงทดลอง (Pilot Test) 120
3.4.2 การออกแบบสถานการณ์ทดสอบแบบมีประสิทธิภาพ (Efficient Design) 124

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5 ขั้นตอนที่ 5 พัฒนาแบบจำลองและการประยุกต์ใช้แบบจำลอง 128
3.6 ขั้นตอนที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 129

4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบ

4.1 ข้อมูลและสภาพปัจจุบันของการขนส่งสินค้าเกษตรของสถานประกอบการ 130
4.1.1 ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ 130
4.1.2 ส่วนที่ 2 สภาพการขนส่งสินค้าของสถานประกอบการในปัจจุบัน 133
4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) 135
4.2.1 ความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง (Reliability) 138
4.2.2 ความกลมกลืนของโมเดลการวัด (Model fit Indices) 139
4.2.3 โมเดลการวัด (Measurement Model) 140

5 แบบจำลองและการประยุกต์ใช้งานแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า

5.1 หลักการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า 145
5.2 ปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบสถานการณ์ทดสอบ 145
5.3 สถิติเชิงพรรณนา 147
5.4 แบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า 150
5.4.1 การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าครั้งที่ 1 152
5.4.2 การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าครั้งที่ 2 161
5.4.3 การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าครั้งที่ 3 173
5.5 การประยุกต์ใช้งานแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า 186
5.5.1 สมการอรรถประโยชน์และความน่าจะเป็นในการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า 187
5.5.2 การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าครั้งที่ 3 189

6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าทางราง 200
6.2 แบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า 202
6.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการศึกษาต่อไป 204

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

รายการอ้างอิง 205
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพเครื่องมือ 217
ภาคผนวก ข. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน 220
ภาคผนวก ค. ผลการออกแบบสถานการณ์สมมติแบบ Orthogonal Design.....231
ภาคผนวก ง. ผลการออกแบบสถานการณ์สมมติแบบ Orthogonal Design
สำหรับ Pilot Test 233
ภาคผนวก จ. ผลการออกแบบสถานการณ์สมมติแบบ Efficient design 235
ภาคผนวก ฉ. แบบสอบถามความพอใจ (Revealed preference) 238
ภาคผนวก ช. ตัวอย่างแบบสอบถามการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า
ระหว่างรถบรรทุกกับรถไฟ.....242
ภาคผนวก ซ. แบบสอบความสนใจเลือกใช้รถไฟในการขนส่งสินค้า.....248
ภาคผนวก ฌ. แบบสอบถามสถานการณ์สมมติที่นำไปเก็บข้อมูล Pilot test.....254
ภาคผนวก ญ. แบบสอบถามสถานการณ์สมมติที่นำไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง.....262
ภาคผนวก ฎ. ผลการพัฒนาแบบจำลอง Binary Logit Model จากข้อมูล SP1.....271
ภาคผนวก ฐ. ผลการพัฒนาแบบจำลอง Mixed Logit Model จาก Efficient Design 273
ภาคผนวก ฑ. เอกสารรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์.....292
ภาคผนวก ฒ. บทความวิชาการที่ได้ตอบรับตีพิมพ์ในระหว่างศึกษา.....295
ประวัติผู้เขียน 297

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้ารูปแบบต่าง ๆ 16
2.2 ปริมาณการส่งออกมันสำปะหลังแปรรูปจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 18
2.3 ปริมาณการเก็บเกี่ยวข้าวในประเทศไทย 20
2.4 ปริมาณการเก็บเกี่ยวข้าวนาปี 21
2.5 ปริมาณการส่งออกข้าวจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือปี 2561 21
2.6 พื้นที่เพาะปลูกและปริมาณอ้อยส่งโรงงานแปรรูปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปี 2561 22
2.7 กลุ่มบริการขนส่งสินค้าทางรางและทางถนน 47
2.8 ดัชนีน้อยที่สุดที่ใช้ตรวจสอบแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่ง 72
2.9 ปัจจัยที่มีอิทธิพลการตัดสินใจการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า 81
3.1 ค่าเฉลี่ยความสำคัญและความพึงพอใจปัจจัยด้านการให้บริการขนส่งสินค้าของรถไฟ 92
3.2 แสดงปัจจัยและระดับของปัจจัยของแต่ละทางเลือก 98
3.3 ค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า 99
3.4 ความถูกต้องในการพยากรณ์ 101
3.5 ปัจจัยและความหมายปัจจัย 108
3.6 โครงสร้างปัจจัย 120
3.7 แสดงปัจจัยและระดับของปัจจัยระหว่างรถบรรทุกและรถไฟ 123
3.8 เครื่องหมายค่าสัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์ 125
3.9 สถานการณ์ทางเลือกที่นำตัวแปรมาผสมผสานแบบไม่เต็มรูปแบบ (Fractional Factorial Design) 128
4.1 ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ 131
4.2 สภาพการขนส่งสินค้าของสถานประกอบการในปัจจุบัน 134
4.3 ค่าสถิติพื้นฐาน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเบ้ ค่าความโด่ง และค่าระดับของตัวแปรสังเกตได้ 136

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟ่าของครอนบาค ค่าเฉลี่ยความแปรปรวน และค่าความเที่ยงของตัวแปรแฝง 138
4.5 ค่าสถิติทดสอบของโมเดลการวัด 139
4.6 ผลการวิเคราะห์องค์ประกออบเชิงยืนยันลำดับที่ 2 ของโมเดลการวัด 143
5.1 ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ 147
5.2 เครื่องหมายค่าสัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์ 151
5.3 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรและค่าสถิติของแบบจำลอง Mixed Logit 1 และ 2 157
5.4 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรและค่าสถิติของแบบจำลอง Mixed Logit 3 และ 4 158
5.5 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรและค่าสถิติของแบบจำลอง Mixed Logit 5 และ 6 159
5.6 ความถูกต้องในการพยากรณ์ของแบบจำลอง 160
5.7 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรและค่าสถิติของแบบจำลอง Mixed Logit 7 และ 8 166
5.8 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรและค่าสถิติของแบบจำลอง Mixed Logit 9 และ 10 167
5.9 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรและค่าสถิติของแบบจำลอง Mixed Logit 11 และ 12 168
5.10 ความถูกต้องในการพยากรณ์ของแบบจำลอง 169
5.11 Confusion Matrix Class I และ Class II ของแบบจำลองที่ 7 ถึง 12 170
5.12 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ 7 ถึง 12 171
5.13 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรและค่าสถิติของแบบจำลอง Mixed Logit 13 และ 14 178
5.14 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรและค่าสถิติของแบบจำลอง Mixed Logit 15 และ 16 179
5.15 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรและค่าสถิติของแบบจำลอง Mixed Logit 17 และ 18 180
5.16 ความถูกต้องในการพยากรณ์ของแบบจำลอง 181
5.17 Confusion Matrix Class I และ Class II ของแบบจำลองที่ 13 ถึง 18 182
5.18 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ 13 ถึง 18 184
5.19 สถานการณ์ทดสอบในชุดคำถามที่ 2 187
5.20 ความอ่อนไหวของตัวแปรค่าใช้จ่ายของการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก 190
5.21 ความน่าจะเป็นที่สถานประกอบการจะขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ 191
5.22 การปรับปรุงความตรงต่อเวลาของการให้บริการของรถไฟ 192

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

5.23 ส่วนแบ่งการตลาดของรถไฟ เมื่อมีพนักงานจัดตารางการขนส่งสินค้า 194
5.24 กำลังการผลิตรอบสถานีรถไฟที่ระยะ 30 กิโลเมตร 197

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1 เนื้อที่เพาะปลูกและผลผลิตในประเทศไทย 3
1.2 พื้นที่เพาะปลูกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ไร่) 4
1.3 ผลผลิตทางการเกษตรของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ตัน) 4
2.1 โครงข่ายรถไฟของประเทศไทย 14
2.2 ห่วงโซ่อุปทานของแป้งมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 19
2.3 ห่วงโซ่อุปทานของข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 20
2.4 ห่วงโซ่อุปทานของน้ำตาลทราย 23
2.5 ส่วนประสมทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการ 25
2.6 หลักการวิเคราะห์คู่อันดับ (Quadrant Analysis) 28
2.7 ค่าความร่วมกันของ X1 และ X2 30
2.8 เซ็ตทางเลือกแบบต่อเนื่อง (A Continuous Choice Set) 36
2.9 ระดับความพึงพอใจของบุคคล 47
2.10 เส้นความพึงพอใจเท่ากัน 48
2.11 การเปรียบเทียบการแจกแจงของแบบปกติและแบบ Gumbel 57
2.12 ผลที่ได้จากแบบจำลอง Probit และ Logit 57
2.13 Confusion Matrix 73
3.1 กรอบแนวคิดการวิจัย 84
3.2 ประเภทสินค้าและกำลังการผลิต 86
3.3 พิกัดความสำคัญและความพึงพอใจที่มีต่อปัจจัยด้านการให้บริการของรถไฟ 91
3.4 ที่ตั้งของสถานประกอบการแป้งมันสำปะหลัง ข้าว และน้ำตาลในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 102
4.1 โมเดลโครงสร้างของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับที่ 2 144
5.1 ขั้นตอนการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ 149
5.2 การกระจายตัวของข้อมูลแบบ Normal Distribution 153
5.3 การกระจายตัวของข้อมูลแบบ Triangular Distribution 153

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

5.4 ผลกระทบของต้นทุนการขนส่งทางรถบรรทุกต่ออัตราร้อยละของการขนส่งทางรถไฟ 190
5.5 ความน่าจะเป็นของการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟเมื่อเวลาในการขนส่งเปลี่ยนแปลงไป..... 192
5.6 ความน่าจะเป็นของการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟเมื่อความตรงต่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป 193
5.7 โอกาสที่ผู้บริหารจะขนส่งสินค้าทางราง เมื่อมีพนักงานจัดตารางการขนส่งสินค้า..... 195
5.8 พิกัดของสถานประกอบการที่ตั้งอยู่ห่างจากสถานีรถไฟเป็นระยะทาง 30 กิโลเมตร 197

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

1.1.1 สถานการณ์การผลิตและส่งออกสินค้าเกษตร

ระบบองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติและองค์การเพื่อความร่วมมือด้านเศรษฐกิจและพัฒนา ประเมินสถานการณ์การค้าโลกไว้ว่าในปี พ.ศ. 2557-2566 ผลิตผลทางการเกษตรประเภทธัญพืชโดยเฉพาะในกลุ่มของข้าว แป้งมันสำปะหลัง และน้ำตาล จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง (FAO Regional Office for Asia and the Pacific Economic, 2015; Food Agriculture Organizzation of the United Nations, 2015) ปัจจัยส่วนหนึ่งมาจาก เกษตรกรปรับเปลี่ยนมาปลูกพืชพลังงานและพืชทางเลือกซึ่งสามารถจำหน่ายได้ในราคาที่สูงกว่าพืชทั่วไป (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2557) อีกปัจจัยหนึ่งคือ สัดส่วนการเพิ่มขึ้นของประชากรโลก โดยประเทศที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรอย่างก้าวกระโดดอย่างเช่นประเทศจีน อินเดีย และอีกหลายประเทศทั่วโลกมีความต้องการอาหารเพื่อใช้อุปโภคบริโภคในอัตราที่เพิ่มขึ้น ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรหรือพืชอาหารมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการ อีกทั้งราคาผลิตภัณฑ์อาทิ แป้งมันสำปะหลัง และ น้ำตาล ยังมีแนวโน้มปรับตัวสูงขึ้น (United Stated Department of Agriculture, 2015) (United Stated Department of Agriculture, 2015) ปี 2560/2561 ผลผลิตข้าวโลกมีจำนวน 516.9 ล้านตันข้าวสาร เพิ่มขึ้นจากปีก่อนคิดเป็นร้อยละ 3.38 ขณะที่ผลผลิตมันสำปะหลังโลกมีจำนวน 277.07 ล้านตัน มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 0.52 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018) และ ผลผลิตน้ำตาลโลกมีจำนวน 183.0 ล้านตันอ้อย เพิ่มขึ้นจากปีก่อนคิดเป็นร้อยละ 1.10 (United Stated Department of Agriculture, 2019) ข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่า ประชากรทั่วโลกมีความต้องการบริโภคอาหารเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะ ข้าว มันสำปะหลังแปรรูป และน้ำตาล เฉลี่ยปีละกว่า 104 กิโลกรัมต่อคน คิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจปีละกว่า 245,647 ล้านเหรียญดอลล่าร์สหรัฐ หรือกว่า 4.9 ล้านล้านบาท (FAO Regional Office for Asia and the Pacific Economic, 2015; Food Agriculture Organization of the United Nations, 2014) ซึ่งในแต่ละทวีปทั่วโลกมีสัดส่วนผลผลิตสินค้าภาคเกษตรอันได้แก่ ข้าว มันสำปะหลังแปรรูป และน้ำตาล ดังนี้ แอฟริกามีสัดส่วนผลผลิตร้อยละ 19.86 ยุโรปร้อยละ 3.32 อเมริกากลางร้อยละ 1.56 อเมริกาเหนือร้อยละ 1.54 อเมริกาใต้ร้อยละ 8.86 โอเชียเนียร้อยละ 0.59 และทวีปเอเชียร้อยละ 64.27 ของสัดส่วนผลผลิตทั้งหมด แต่ละทวีปมีสัดส่วนการ

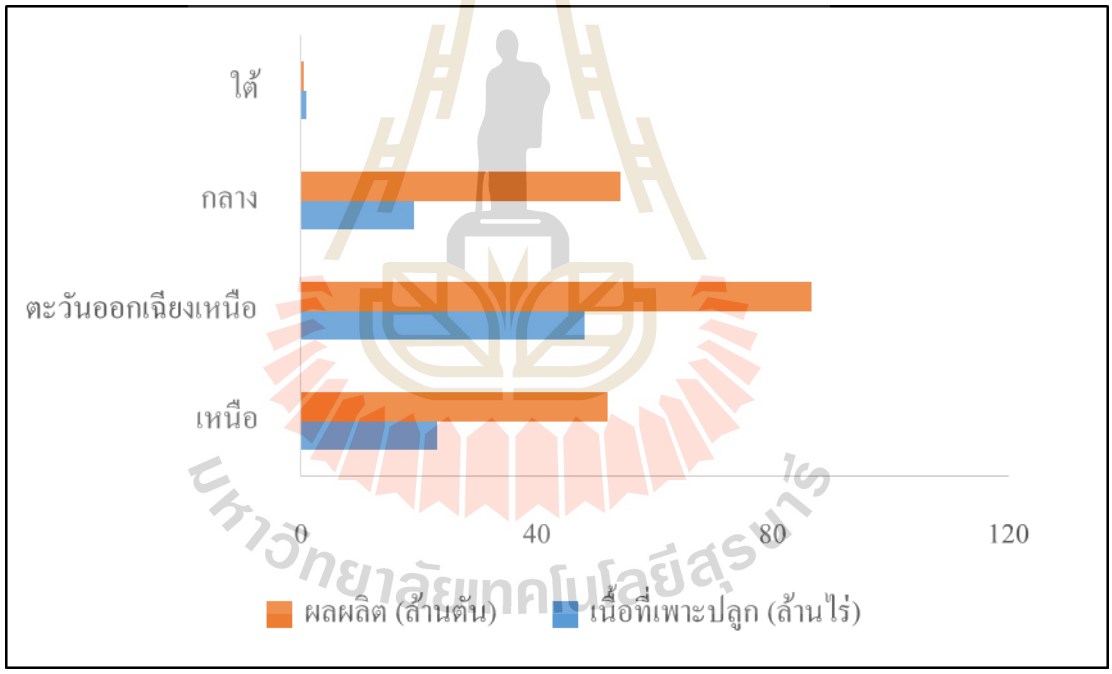
ส่งออกผลผลิตทั้ง 3 ประเภทดังนี้ แอฟริกามีสัดส่วนการส่งออกผลผลิตร้อยละ 25.11 ยุโรปร้อยละ 4.42 อเมริกากลางร้อยละ 2.43 อเมริกาเหนือร้อยละ 4.42 อเมริกาใต้ร้อยละ 3.12 โอเชียเนียร้อยละ 0.87 และทวีปเอเชียร้อยละ 95.73 ของสัดส่วนการส่งออกทั้งหมด จากตัวเลขนี้แสดงให้เห็นว่า ทวีปเอเชียเป็นผู้ผลิตและส่งออกหลักของโลก (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018; Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019)

สถานการณ์การค้าภาคเกษตรของทวีปเอเชียปี พ.ศ. 2561 พบว่า ผู้ผลิตสินค้าภาคการเกษตรรายสำคัญ คือ จีน อินเดีย อินโดนีเซีย บังคลาเทศ เวียดนาม และไทย มีมูลค่ากว่า 5.17 แสนล้านบาท หรือ 1.57 หมื่นล้านเหรียญดอลล่าร์สหรัฐ โดยทวีปเอเชียมีปริมาณการส่งออกสินค้าเกษตรหลัก ได้แก่ ข้าว แป้งมันสำปะหลัง และน้ำตาล ปีละกว่า 68.97 ล้านตัน ผู้ส่งออกรายใหญ่ของเอเชีย คือ อินเดีย เวียดนาม และไทย ทั้งนี้ อินเดียมีปริมาณการส่งออกกว่า 18.7 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 27.13 เวียดนามมีปริมาณการส่งออก 9.10 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 13.19 และไทยมีปริมาณการส่งออก 33.01 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 47.85 ของปริมาณการส่งออกทั้งหมด ซึ่งเป็นผู้ส่งออกอันดับหนึ่งของเอเชีย

ประเทศไทยปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญระดับโลกหลายชนิด เช่น ข้าว มันสำปะหลัง อ้อย สับปะรด ยางพารา และทุเรียน เป็นต้น ถือได้ว่าเป็นอู่ข้าวอู่น้ำที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก การผลิตสินค้าเกษตรปัจจุบันจึงมุ่งเน้นผลิตเพื่อการค้าและการส่งออก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) อาหารไทยปี พ.ศ. 2561 มีมูลค่าการส่งออก 1,031,956 ล้านบาท ขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.6 เมื่อเทียบกับปีก่อน (แผนกวิจัยนโยบายและอุตสาหกรรม, 2561) ส่วนแบ่งตลาดอาหารโลกของไทยในปี พ.ศ. 2561 เพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยสินค้าในกลุ่มของข้าว น้ำตาลทราย ไก่ และแป้งมันสำปะหลังมีส่วนแบ่งในตลาดโลกเพิ่มสูงขึ้น ตลาดส่งออกสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ คือ จีน ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา มาเลเซีย อินโดนีเซีย เวียดนาม สหราชอาณาจักร เกาหลีใต้ เมียนมาร์ และออสเตรเลีย (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2557b) แผนพัฒนาการเกษตรฉบับที่ 11 ได้กำหนดยุทธศาสตร์ปรับโครงสร้างให้มั่นคงและยั่งยืน โดยมุ่งเน้นการพัฒนาขีดความสามารถในการผลิต การจัดการสินค้าเกษตร และความมั่นคงทางด้านอาหาร รวมถึงพัฒนาทรัพยากรเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพ (Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2012) โดยมีสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์ส่งออกที่สำคัญ คือ ข้าวและผลิตภัณฑ์ น้ำตาลและผลิตภัณฑ์ มันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์ ผลไม้และผลิตภัณฑ์ ยางธรรมชาติ กุ้ง เป็นต้น (คณะทำงานด้านยุทธศาสตร์การเกษตรต่างประเทศ, 2555) แหล่งผลิตข้าว แป้งมันสำปะหลัง และน้ำตาล ที่สำคัญของประเทศไทยอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคกลาง จากการเก็บรวบรวมข้อมูลของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์และสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย พบว่าในปีเพาะปลูก 2560/2561 มีผลผลิตทางการเกษตรรวมทั้งประเทศ 193.27 ล้านตัน แบ่งเป็น

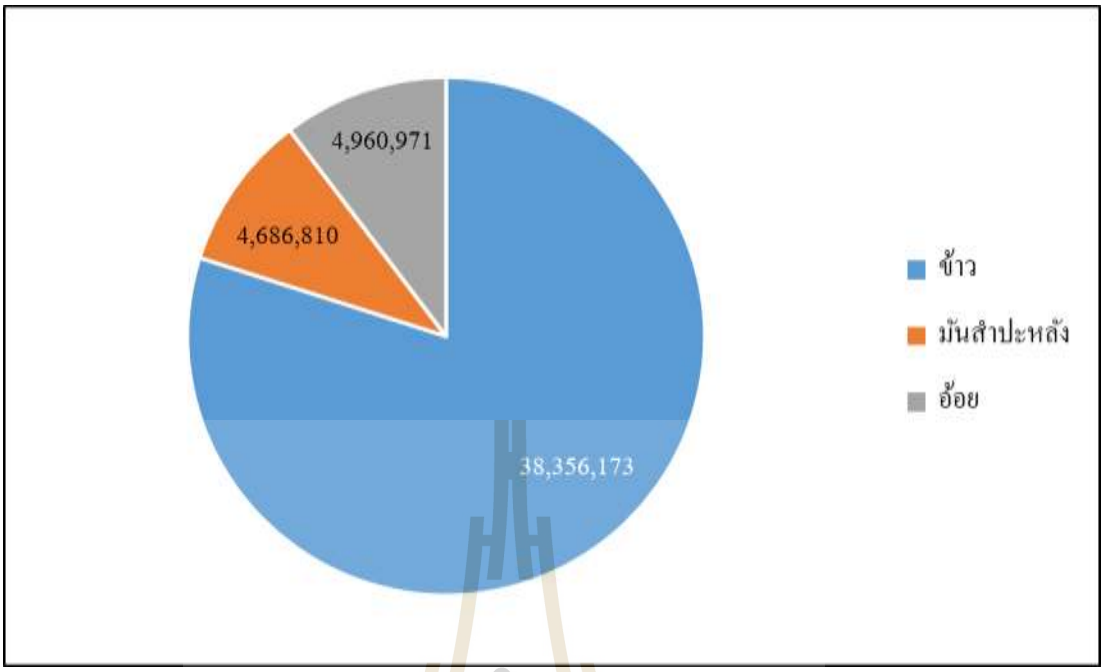
ผลผลิตจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 86.61 ล้านตัน ภาคเหนือ 52.07 ล้านตัน ภาคกลาง 54.16 ล้านตัน และภาคใต้ 0.424 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 44.81 26.94 28.02 0.22 ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) ซึ่งแหล่งเพาะปลูกที่ใหญ่ที่สุดของไทยคือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คิดเป็นร้อยละ 52.69 ของพื้นที่เพาะปลูกทั่วประเทศ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ทำการเกษตรถึง 48 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 52.69 ของพื้นที่ทำการเกษตรทั้งประเทศ พื้นที่เพาะปลูกสำคัญ ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา อุดรธานี ขอนแก่น ยโสธร อุบลราชธานี ร้อยเอ็ด ศรีสะเกษ กาฬสินธุ์ สุรินทร์ บุรีรัมย์ และชัยภูมิ ส่วนใหญ่จะปลูกข้าวและพืชไร่ เช่น มันสำปะหลัง อ้อย และข้าวโพด โดยมีพื้นที่ปลูกข้าว 38.36 ล้านไร่ พื้นที่ปลูกอ้อยโรงงาน 4.96 ล้านไร่ และเป็นพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังโรงงาน 4.67 ล้านไร่ ดังแสดงในรูปที่ 1.1

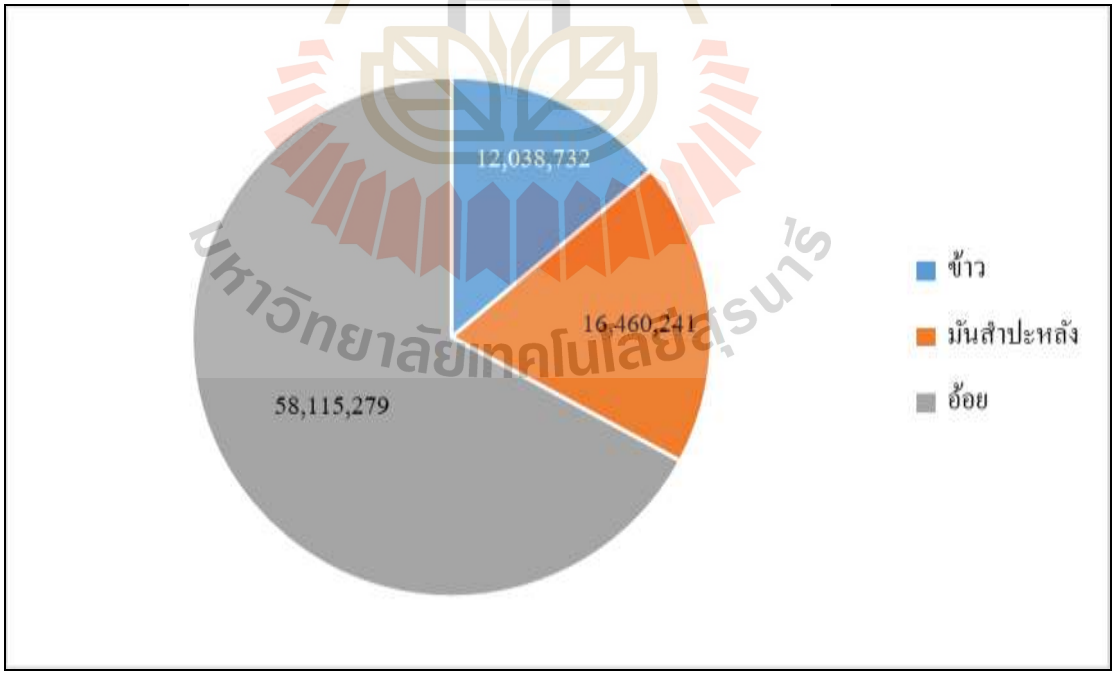


รูปที่ 1.1 เนื้อที่เพาะปลูกและผลผลิตในประเทศไทย

จากสถิติของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ รายงานว่าในปี 2561 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีผลผลิตข้าว 12.04 ล้านตัน มันสำปะหลังแปรรูป 16.46 ล้านตัน และน้ำตาล 58.12 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 6.23 63.79 และ 18.07 ของผลผลิตทั้งหมดตามลำดับ



รูปที่ 1.2 พื้นที่เพาะปลูกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ไร่)



รูปที่ 1.3 ผลผลิตทางการเกษตรของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ตัน)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ทั้งนี้เป็นการผลิตเพื่อส่งออกร้อยละ 45 40.33 และ 78.66 ส่วนที่เหลือถูกนำมาใช้เพื่ออุปโภคบริโภคภายในประเทศ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562; สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2562) สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย รายงานว่า ราคาข้าวสารส่งออก ณ ปีปัจจุบันมีมูลค่าเฉลี่ย 657 เหรียญสหรัฐต่อตัน หรือตันละ 20,327.58 บาท (สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย, 2562) ราคาแป้งมันสำปะหลัง ณ ปีปัจจุบันมีมูลค่าเฉลี่ย 455 เหรียญสหรัฐต่อตัน หรือ 14,601 บาทต่อตัน (สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย, 2562) และสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ รายงานว่า ราคาน้ำตาลทรายปีเพาะปลูก 2550/2561 มีมูลค่าเฉลี่ย 359 เหรียญสหรัฐต่อตัน หรือ 11,107.46 บาทต่อตัน (กลุ่มสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย, 2562)

ราคาขายที่กล่าวมาข้างต้นถือว่าเป็นราคาค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับราคาขายของประเทศเพื่อนบ้านอย่างเช่นเวียดนาม เมียนมาร์ และอินเดีย (คณะอนุกรรมการเตรียมความพร้อมภาคการเกษตรสู่ประชาคมอาเซียน, 2556) ทำให้หลายประเทศหันมาทำการค้ากับประเทศเพื่อนบ้านมากขึ้นซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อการส่งออกของไทย สาเหตุหลักที่ทำให้ผลผลิตการเกษตรมีราคาสูงเมื่อวิเคราะห์ทั้งระบบตลอดห่วงโซ่อุปทานของสินค้าเกษตรจากต้นน้ำถึงปลายน้ำ (From Farms to Forks) พบว่า ภาคเกษตรมีปัญหาในด้านการบริหารจัดการหรือการจัดการด้านโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน โดยระดับต้นน้ำและกลางน้ำพบปัญหาสำคัญได้แก่ กระบวนการผลิต สินค้าเกษตรหลายชนิดผลิตไม่ได้มาตรฐานทำให้ยากต่อการแปรรูปและเพิ่มมูลค่า ส่วนใหญ่เป็นสินค้าที่ส่งขายทันทีหลังการแปรรูป ได้แก่ ข้าว และยางพารา เป็นต้น ทำให้สามารถเก็บเกี่ยวมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจเพียงร้อยละ 25 ของมูลค่าเพิ่มทั้งหมดในโซ่คุณค่า นอกจากนี้ยังมีปัญหาด้านต้นทุนการขนถ่ายสินค้าเนื่องจากขาดแคลนแรงงานทำให้มีต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น ระดับปลายน้ำพบปัญหาสำคัญได้แก่ ความไม่เพียงพอของคลังสินค้าส่งออก ขาดการวางแผนการขนส่งที่มีประสิทธิภาพ อีกทั้งมาตรการภาษีรวมทั้งผลกระทบด้านลบจากเขตการค้าเสรี (Free Trade Area: FTA) ทำให้ราคาสินค้าต่อหน่วยสูงกว่าประเทศคู่แข่ง

1.1.2 สถานการณ์การขนส่งและโลจิสติกส์

การประเมินประสิทธิภาพโลจิสติกส์การเกษตร (Logistics Performance Index: LPI) ในปีที่ผ่านมา สินค้าเกษตร 2 กลุ่ม 4 ชนิด ได้แก่ สินค้ากลุ่มเน่าเสียง่าย คือ สินค้าจำพวกผักและผลไม้ และสินค้ากลุ่มเกษตรอุตสาหกรรม คือ อ้อย และ ปาล์มน้ำมัน ใน 3 มิติ 9 ตัวชี้วัด ได้แก่ มิติด้านต้นทุน มิติด้านเวลา และมิติความน่าเชื่อถือ แสดงให้เห็นว่า มีปัญหาในเรื่องของมิติด้านเวลาและความความน่าเชื่อถือใน 4 ตัวชี้วัด ได้แก่ ต้นทุนการขนส่งสินค้า ต้นทุนถือครองสินค้าคงคลัง ต้นทุนบริหารคลังสินค้า และอัตราความสามารถในการจัดส่งสินค้า ซึ่งมีสาเหตุมาจากปัญหาต่าง ๆ เช่น ต้นทุนการขนส่งสูง เนื่องจากพื้นที่เพาะปลูกห่างไกลจากแหล่ง

จำหน่ายจึงต้องใช้บริการจากผู้ให้บริการขนส่ง เกิดการขนส่งไม่เต็มคัน ความสามารถในการจัดส่งสินไม่ตรงกับความต้องการของตลาดหรือผู้บริโภค เนื่องจาก ผลผลิตเสียหายระหว่างการขนส่ง บรรจุภัณฑ์ไม่เหมาะสม ฯลฯ (คณะกรรมการพัฒนาระบบโลจิสติกส์การเกษตร, 2558) ส่งผลต่อต้นทุนภาคการเกษตรในภาพรวมอยู่ประมาณร้อยละ 21-25 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (เฉลิมชัย วงษ์อารี และ ศิริชัย กัลยาณรันต์, 2555) ซึ่งเป็นต้นทุนที่สูงกว่าต้นทุนโลจิสติกส์เฉลี่ยของประเทศในปี พ.ศ. 2560 ที่อยู่ในระดับร้อยละ 13.8 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP) ประกอบด้วย ต้นทุนค่าขนส่งสินค้าร้อยละ 7.5 ของ GDP ต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลังร้อยละ 5.1 ของ GDP และต้นทุนการบริหารจัดการด้านโลจิสติกส์ร้อยละ 1.3 ของ GDP (คณะทำงานต้นทุนโลจิสติกส์, 2561) ดังนั้น จะเห็นได้ว่าต้นทุนด้านการขนส่งยังคงเป็นปัญหาหลักที่สำคัญของการกำหนดราคาสินค้าเกษตรของไทยอยู่ ณ ปัจจุบัน

การขนส่งสินค้าในปัจจุบันมีวิธีการขนส่ง 4 วิธีหลัก ได้แก่ การขนส่งสินค้าทางถนน ทางราง ทางน้ำ และทางอากาศ การสำรวจของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2561) พบว่า ในปัจจุบันการขนส่งสินค้ายังคงพึ่งพาการขนส่งทางถนนเป็นหลัก คิดเป็นสัดส่วนถึงร้อยละ 81.1 ของการขนส่งสินค้าภายในประเทศทั้งหมด ขณะที่มีการขนส่งสินค้าทางรางร้อยละ 2.0 ทางน้ำ (ทางชายฝั่งและทางน้ำในประเทศ) ร้อยละ 16.9 ทั้งนี้ การขนส่งสินค้าทางน้ำมีข้อจำกัดสำหรับบางพื้นที่เท่านั้น นั่นคือ กิจกรรมการขนส่งทางน้ำจะเกิดขึ้นเฉพาะพื้นที่ที่มีแม่น้ำ ลำคลอง หรือพื้นที่ติดชายฝั่งทะเล ส่วนการขนส่งทางอากาศมีเพียงร้อยละ 0.02 (ชาญวิทย์ อมตะมาทุชาติ, 2555) สินค้าภาคการเกษตรและผลิตภัณฑ์เกษตรร้อยละ 74 มีการขนส่งโดยใช้รถสิบล้อหรือรถสิบล้อพ่วง ซึ่งร้อยละ 77 ของการขนส่งสินค้าด้วยรถสิบล้อหรือรถพ่วงนั้นจะขนส่งในระยะทางที่ค่อนข้างไกล (มากกว่า 400 กิโลเมตร)

อัตราค่าขนส่งต่อระยะทางของรถบรรทุก รถไฟ และทางน้ำในปี พ.ศ. 2556 เฉลี่ย 1.72 0.93 และ 0.64 บาทต่อตันต่อกิโลเมตรตามลำดับ หากนำต้นทุนการขนส่งสินค้าทางถนนมาเปรียบเทียบกับการขนส่งสินค้าทางราง และ ทางน้ำ จะเห็นได้ว่า การขนส่งสินค้าทางราง และทางน้ำ มีต้นทุนการขนส่งที่ถูกกว่าถึง 1.55 และ 5.65 เท่า (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2552a) โดยสินค้าภาคเกษตรมีต้นทุนจากการขนส่งทางถนนถึงร้อยละ 35 ของต้นทุนทั้งหมด (เสาวณีย์ เลิศวรสิริกุล, 2550) ปัจจุบันการขนส่งสินค้าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือยังใช้รูปแบบการขนส่งทางถนนเป็นหลัก รถบบรรทุกส่วนใหญ่พึ่งพาการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เมื่อราคาน้ำมันในตลาดโลกปรับตัวสูงขึ้นก็จะส่งผลทำให้ค่าขนส่งปรับตัวสูงขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้ยังมีค่าใช้จ่ายในรูปของค่าจ้างแรงงาน และ สถานที่จัดเก็บสินค้า ที่ส่งผลให้ต้นทุนทางโลจิสติกส์อยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีถนนสายหลัก คือ ถนนมิตรภาพ (ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2) จากการสำรวจปริมาณจราจรของกรมทางหลวง พบว่า ในปี พ.ศ. 2561 ถนนมิตรภาพตั้งแต่ช่วงตาลเดี่ยว-สะพานมิตรภาพไทยลาวที่จังหวัดหนองคายมีปริมาณจราจรโดยเฉลี่ยสูงถึง 1,126,020 คันต่อวัน (สำนักงานอำนวยความปลอดภัย, 2561) ซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากปี 2551 กว่า 340,000 คันต่อวัน (สำนักงานอำนวยความปลอดภัย, 2551) นอกจากนี้ การคาดการณ์ปริมาณจราจรด้วยแบบจำลองด้านการขนส่งและจราจรระดับประเทศ (NAM) ในปี พ.ศ. 2580 พบว่า ปริมาณการเดินทางเฉลี่ยภายในประเทศเท่ากับ 6.36 ล้านคัน-ชั่วโมง (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2558) ตัวเลขนี้สะท้อนให้เห็นว่าปริมาณของยานพาหนะบนท้องถนนจะเพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณ รวมถึงจำนวนอุบัติเหตุที่เพิ่มขึ้น ในปี พ.ศ. 2560 มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นทั่วประเทศจำนวน 86,100 ครั้ง มีผู้เสียชีวิต 8,791 คน และ ผู้บาดเจ็บ 3,783 คน คิดเป็นมูลค่าเสียหายต่อทรัพย์สิน 52,170,592 บาท (สำนักงานเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2562) นอกจากนี้ผู้ประกอบการขนส่งจะต้องแบกรับภาระต้นทุนค่าขนส่งที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากสภาพจราจรที่ติดขัด อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อการแข่งขันทางธุรกิจและเศรษฐกิจมวลรวมของประเทศ ประเทศอุตสาหกรรมหลายประเทศเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงไปบ้างแล้ว โดยเริ่มจากระดับท้องถิ่น ชุมชนมีส่วนร่วมในการส่งเสริมความปลอดภัยของการขนส่งสาธารณะและการขนส่งสินค้าโดยไม่ใช้รถยนต์ นับได้ว่าเป็นแผนพัฒนาระบบขนส่งของประเทศอย่างยั่งยืน

รัฐบาลเห็นปัญหาของต้นทุนโลจิสติกส์โดยรวมของประเทศจึงได้เล็งเห็นความสำคัญในการเพิ่มศักยภาพการแข่งขันทางธุรกิจโดยการลดต้นทุนทางโลจิสติกส์ ในแนวทางการลดต้นทุนดังกล่าวหนึ่งในองค์ประกอบที่สำคัญได้แก่ ต้นทุนด้านการขนส่ง แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 10 พ.ศ. 2550-2554 (Office of The National Economic and Social Development Board, 2016) ได้กำหนดยุทธศาสตร์การปรับโครงสร้างเศรษฐกิจให้สมดุลและยั่งยืน โดยมุ่งเน้นการปรับโครงสร้างการขนส่งเพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงด้วยระบบขนส่งทางรางและทางน้ำ และแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555-2559) (Office of The National Economic and Social Development Board, 2012) ได้วางขอบเขตยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวเนื่องกับการบริหารจัดการโลจิสติกส์ การขนส่งต่อเนื่อง และการขนส่งทางราง โดยกำหนดเป้าหมายให้ลดสัดส่วนต้นทุนโลจิสติกส์ต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศให้ต่ำกว่าร้อยละ 15 และเพิ่มสัดส่วนการขนส่งทางรางเป็นร้อยละ 5 อีกทั้ง แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559) มุ่งเน้นการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและโลจิสติกส์ โดยมีเป้าหมายลดสัดส่วนต้นทุนโลจิสติกส์ของประเทศลงเหลือร้อยละ 12 และเพิ่มสัดส่วนการขนส่งทางรางจากร้อยละ 1.4 เป็นร้อยละ 4 นอกจากนี้ยังมุ่งเน้นการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวก และศูนย์บริการโลจิสติกส์ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อรองรับ

การเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งสินค้าและการเดินทาง หรือการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ อาทิ ศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้า สถานีขนส่งสินค้า รวมทั้งการจัดหาอุปกรณ์การยกขนตู้สินค้าทางรถไฟ ปัจจุบันรัฐบาลได้เร่งรัดแผนการพัฒนาโครงการด้านระบบรางทั้งในระดับเมืองและระดับประเทศอย่างจริงจัง แต่การที่จะทำให้ผู้ประกอบการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งสินค้าทางถนนมาเป็นทางรางนั้น การรถไฟแห่งประเทศไทยจะต้องจัดให้มีจำนวนแคร่ที่เพียงพอ มีเวลาในการขนส่งที่แน่นอน มีความถี่ในการขนส่งที่เหมาะสมสามารถรองรับและตอบสนองความต้องการขนส่งได้ (ศิรดล ศิริธร et al.,, 2557)

การรถไฟแห่งประเทศไทยได้ให้บริการขนส่งผู้โดยสารและสินค้า การขนส่งสินค้าเป็นธุรกิจที่ทำรายได้เป็นจำนวนไม่น้อยให้แก่การรถไฟฯ สินค้าที่ขนส่งประจำ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม สินค้าคอนเทนเนอร์และสินค้าเบ็ดเตล็ด หนึ่งในประเภทสินค้าที่สำคัญที่ก่อให้เกิดรายได้หลักของการรถไฟฯ ได้แก่ สินค้าประเภทคอนเทนเนอร์ ในอดีตมีการขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ทางรถไฟทั้งจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ รวมทั้งบางส่วนทางภาคเหนือและภาคตะวันตก สินค้าคอนเทนเนอร์ที่ขนส่งทางรางส่วนใหญ่จะเป็นสินค้าประเภทเกษตรกรรมและประเภทเกษตรแปรรูป โดยจะมีจุดหมายปลายทางอยู่ที่ท่าเรือแหลมฉบัง ท่าเรือเกาะสีชัง หรือท่าเรือกรุงเทพ เพื่อรอการขนถ่ายลงเรือสินค้าส่งออกไปยังประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก ขณะที่มีเพียงส่วนน้อยที่เป็นการขนส่งภายในประเทศ โดยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีโครงข่ายการให้บริการทางรางครอบคลุมพื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตรส่วนใหญ่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่กลับพบว่าปริมาณการขนส่งทางรางมีสัดส่วนลดลง เนื่องจากผู้ประกอบการขนส่งต้องแบกรับภาระค่าใช้จ่ายในส่วนของ 1) ค่ายกขนสินค้า (Handling Cost) 2) ค่าเก็บรักษาสินค้า ได้แก่ เงินทุน ค่าบำรุงรักษา ค่าประกัน และค่าเสียหายของสินค้า 3) ค่าโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวกับการให้บริการ (Cost of Infrastructure-related service) ได้แก่ ค่าบริการที่ท่าเรือ เช่น ค่าผูกเรือ ค่าสับรางรถไฟ ค่าจัดเตรียมสินค้า เหล่านี้เป็นต้น (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2552b) จากปัญหาที่กล่าวมานี้ส่งผลให้สถานประกอบการขนส่งสินค้าจึงหันกลับมาใช้รูปแบบการขนส่งสินค้าทางถนนเช่นเดิม

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นพื้นที่มีกิจกรรมการผลิตสินค้าเกษตรกรรมและเกษตรแปรรูปที่สามารถขนส่งทางรางได้ในปริมาณมาก สินค้าที่สำคัญ ได้แก่ ข้าว แป้งมันสำปะหลัง และน้ำตาล อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันบริษัทต่าง ๆ ที่เคยส่งหรือสนใจที่จะส่งสินค้าทางรางได้เลิกล้มความตั้งใจและหันกลับไปใช้ระบบขนส่งทางถนนเป็นส่วนใหญ่ ด้วยเหตุผลต่าง ๆ กัน เหลือเพียงสินค้าประเภทปูน น้ำมันและสินค้าเบ็ดเตล็ดเท่านั้นที่ยังมีการขนส่งด้วยระบบรางอยู่

ดังนั้น การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาทัศนคติและปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้ประกอบการและพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบ

การขนส่งสินค้าด้วยทฤษฎี Mixed Logit Model เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนพัฒนาปัจจัยในการขนส่งระบบรางที่จะสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ประกอบการ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบจากการขนส่งทางถนนมาเป็นการขนส่งทางราง ช่วยลดต้นทุนค่าขนส่งและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันด้านเศรษฐกิจของประเทศได้อย่างแท้จริงและยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้ระบบขนส่งสินค้าทางรางของสถานประกอบการในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อ

1.2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าทางรางของผู้ประกอบการ

1.2.2 เพื่อพัฒนาแบบจำลองสำหรับพยากรณ์การเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้ประกอบการ

1.3 คำถามของการวิจัย

1.3.1 ปัจจัยใดบ้างที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้ประกอบการในปัจจุบัน

1.3.2 แบบจำลองในการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าทางรางในรูปแบบต่าง ๆ มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ปริมาณการขนส่งสินค้าทางรางแตกต่างกันอย่างไร

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ผู้วิจัยสำรวจความคิดเห็นของผู้ประกอบการขนส่งสินค้าต่อการขนส่งทางรถไฟ โดยมีกลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้ประกอบการในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทั้งนี้ การศึกษาได้พิจารณาเฉพาะสินค้าการเกษตรแปรรูปที่สำคัญของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 3 ประเภท ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง ข้าว และน้ำตาล เนื่องจากเป็นสินค้าเกษตรแปรรูปที่มีมูลค่าต่อน้ำหนักต่ำ และเหมาะที่จะขนส่งครั้งละมาก ๆ ซึ่งเป็นคุณสมบัติข้อได้เปรียบของการขนส่งทางรางโดยเฉพาะ การศึกษานี้กำหนดให้โครงข่ายทางรถไฟในปัจจุบันเปลี่ยนเป็นทางคู่ทั้งหมด ขณะที่สถานีขนส่งสินค้าหรือลานกองเก็บสินค้ากำหนดให้เป็นสถานีที่มีอยู่ในปัจจุบันรวมถึงสถานีที่มีศักยภาพในการพัฒนาพื้นที่ให้เหมาะกับการใช้งานขนส่งสินค้าในอนาคต

1.5 ขั้นตอนการวิจัย

1.5.1 ทบทวนการศึกษาที่เกี่ยวข้อง โดยครอบคลุมถึงการศึกษารายงานโครงการพัฒนาระบบราง แผนการดำเนินงาน รวมทั้งยุทธศาสตร์ ความสัมพันธ์ และความคาดหวัง นอกจากนั้นผู้วิจัยได้ทบทวนรูปแบบการขนส่งสินค้าที่สำคัญในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และจัดเตรียมรายชื่อผู้ประกอบการขนส่งเพื่อดำเนินการเก็บข้อมูล

1.5.2 ระบุปัญหา ผู้วิจัยสุ่มสัมภาษณ์ผู้ประกอบการและวิเคราะห์ปัจจัยที่สำคัญในการขนส่งสินค้าเบื้องต้น เพื่อระบุปัจจัยสำคัญและแปลงความคิดเห็นต่าง ๆ เป็นข้อมูลเชิงปริมาณ ก่อนจัดทำแบบสอบถามเพื่อเตรียมออกสัมภาษณ์

1.5.3 การเก็บข้อมูล ผู้วิจัยออกแบบสัมภาษณ์ผู้ประกอบการขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมุ่งเน้นการขนส่งสินค้าประเภท ข้าว แป้งมันสำปะหลัง และน้ำตาล เพื่อให้ทราบข้อมูลเชิงปริมาณที่แสดงถึงสภาพการขนส่งและความคิดเห็นต่อปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจขนส่งระบบรางในปัจจุบัน รวมทั้งการออกแบบสอบถามเชิงสถานการณ์สมมติ (Stated Preference) เพื่อประมาณสัดส่วนปริมาณสินค้าที่จะเปลี่ยนรูปแบบไปขนส่งทางรางภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ ในอนาคต

1.5.4 วิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจเลือกใช้ระบบขนส่งทางราง การปรับแก้และทดสอบแบบจำลองช่วยให้เข้าใจถึงน้ำหนักของแต่ละปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจ รวมทั้งปริมาณความต้องการขนส่งสินค้าที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

1.5.5 จัดทำวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยสรุปผลการวิจัย สิ่งที่ค้นพบ รวมทั้งเสนอแนะแนวทางการจัดลำดับความสำคัญในการพัฒนาระบบรางจากผลการวิจัยนี้

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.6.1 สามารถระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการขนส่งสินค้าทางรางโดยประเมินจากทัศนคติความพึงพอใจของผู้ประกอบการภายในพื้นที่ศึกษาได้

1.6.2 ได้แบบจำลองสำหรับพยากรณ์การเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์อย่างมีประสิทธิภาพ

1.6.3 เพื่อนำเสนอแนวทางในการพัฒนาการขนส่งสินค้าทางราง ต่อเนื่องจากแผนก่อสร้างทางคู่ในลำดับต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
บปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบงานวิจัยเรื่อง การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้ระบบขนส่งสินค้าทางรางของสถานประกอบการในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีความมุ่งหมายที่สำคัญคือ การศึกษาปัจจัยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรถไฟในการขนส่งสินค้า และการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าที่ของผู้ประกอบการในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

1. แนวคิดด้านการขนส่งสินค้าทางรางในประเทศไทย
2. สินค้าเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
3. แนวคิดส่วนประสมทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการ
4. แนวคิดการวิเคราะห์ความสำคัญ-ความพึงพอใจ
5. การวิเคราะห์องค์ประกอบ
6. ทฤษฎีพฤติกรรมการเลือกของแต่ละบุคคล
7. ทฤษฎีอรรถประโยชน์
8. แบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า
9. การประมาณค่าพารามิเตอร์และการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง
10. การตรวจสอบความถูกต้องโดยรวมของแบบจำลอง
11. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง
12. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า

2.1 แนวคิดด้านการขนส่งสินค้าทางรางในประเทศไทย

ธุรกิจการขนส่งสินค้าเป็นธุรกิจที่ทำรายได้ให้แก่การรถไฟแห่งประเทศไทยเป็นจำนวนไม่น้อยในแต่ละปี แต่การขนส่งสินค้าทางรางถูกจำกัดด้วยขั้นตอนที่ซับซ้อนกว่าการขนส่งทางถนน รวมทั้งคุณลักษณะด้านความเร็วและพื้นที่บริการที่เฉพาะเจาะจง ดังนั้น การขนส่งสินค้าทางรางจึงจำกัดอยู่เพียงสินค้าเพียงไม่กี่ประเภท สินค้าหลักที่ทำการขนส่งเป็นประจำได้แก่ ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม สินค้าคอนเทนเนอร์และสินค้าเบ็ดเตล็ด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสินค้าที่มีมูลค่าต่อน้ำหนักหรือปริมาตรต่ำ เนื่องจากต้องการประหยัดค่าใช้จ่ายแลกกับความล่าช้าและความยุ่งยากในการยกขนเชื่อมต่อระบบขนส่ง

หัวข้อนี้จะกล่าวถึงสภาพโครงข่ายการขนส่งทางราง การแข่งขัน และคุณลักษณะสำคัญของการขนส่งทางรางในประเทศไทย ที่เกี่ยวข้องกับการพิจารณาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจขนส่งทางราง

2.1.1 โครงข่ายทางรถไฟของประเทศไทย

โครงข่ายทางรถไฟในประเทศไทยมีความยาวรวม 4,346 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 49 จังหวัด มีจุดเริ่มต้นจากสถานีกรุงเทพไปยังภูมิภาคต่าง ๆ โดยแบ่งออกเป็นเส้นทางสายหลัก 5 สาย ได้แก่

1. ทางรถไฟสายเหนือ เริ่มจากสถานีกรุงเทพมุ่งไปทางทิศเหนือ ชุมทางบางซื่อ บางปะอิน อยุธยา แยกออกจากทางรถไฟสายตะวันออกเฉียงเหนือที่สถานีชุมทางบ้านภาชี ผ่าน ลพบุรี นครสวรรค์ พิจิตร พิษณุโลก อุตรดิตถ์ เด่นชัย (จังหวัดแพร่) ลำปาง ลำพูน สิ้นสุดปลายทางที่สถานีรถไฟเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ระยะทาง 751 กิโลเมตร และมีทางแยกที่สถานีชุมทางบ้านดาราไปสิ้นสุดที่สถานีสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย ระยะทาง 487 กิโลเมตร

2. ทางรถไฟสายตะวันออกเฉียงเหนือ เริ่มจากสถานีกรุงเทพมุ่งไปทางทิศเหนือผ่านอยุธยา สระบุรี นครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ สิ้นสุดปลายทางที่สถานีอุบลราชธานี ระยะทาง 575 กิโลเมตร มีทางแยกที่ชุมทางแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ผ่านสถานีลำนารายณ์ จังหวัดลพบุรี สถานีช่องสำราญ สถานีบำเหน็จณรงค์ และสถานีจัตุรัส จังหวัดชัยภูมิ สิ้นสุดที่ชุมทางบัวใหญ่ ระยะทาง 346 กิโลเมตร และมีทางแยกที่ชุมทางถนนจิระ จังหวัดนครราชสีมา ไปจังหวัดขอนแก่น อุดรธานี สิ้นสุดที่สถานีหนองคาย จังหวัดหนองคาย ระยะทาง 624 กิโลเมตร ต่อจากสถานีหนองคายไปยังสถานีรถไฟท่านาแล้ง (สปป.ลาว) ระยะทาง 627.5 กิโลเมตร

3. ทางรถไฟสายใต้ แรกสร้างมีจุดเริ่มต้นที่สถานีธนบุรี จนถึงในสมัยรัชกาลที่ 6 ได้สร้างทางแยกที่สถานีชุมทางบางซื่อ ข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาที่สะพานพระรามหก ไปบรรจบกับทางรถไฟสายใต้ที่สถานีชุมทางตลิ่งชัน ทางสายนี้ผ่านนครปฐม ราชบุรี เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พัทลุง สงขลา ยะลา สิ้นสุดปลายทางที่สุไหงโกลก จังหวัดนราธิวาส ระยะทาง 1,143 กิโลเมตร ทางรถไฟสายใต้นี้มีทางแยกออกไปอีกหลายสายเริ่มจาก

- สถานีชุมทางหนองปลาดุก ไปสิ้นสุดที่สถานีสุพรรณบุรีระยะทาง 142 กิโลเมตร และแยกไปสถานีน้ำตก จังหวัดกาญจนบุรีระยะทาง 194 กิโลเมตร
- สถานีชุมทางบ้านทุ่งโพธิ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ไปสิ้นสุดที่สถานีรถไฟคีรีรัฐนิคม จังหวัดสุราษฎร์ธานีระยะทาง 662 กิโลเมตร

- สถานีชุมทางทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ไปสิ้นสุดที่สถานีกันตัง จังหวัดตรัง ระยะทาง 850 กิโลเมตร
- สถานีชุมทางเขาชุมทอง ไปสิ้นสุดที่สถานีนครศรีธรรมราช ระยะทาง 816 กิโลเมตร
- สถานีชุมทางหาดใหญ่ไปสิ้นสุดที่สถานีปาดังเบซาร์ของประเทศมาเลเซีย ระยะทาง 974 กิโลเมตร ซึ่งสามารถเชื่อมต่อกับทางรถไฟของประเทศมาเลเซียไปยังประเทศสิงคโปร์ได้
- สถานีชุมทางหาดใหญ่ไปสิ้นสุดที่สถานีสุไหงโก-ลก จังหวัดนราธิวาส ระยะทาง 1,159 กิโลเมตร

4. ทางรถไฟสายตะวันออก เริ่มจากสถานีกรุงเทพผ่านฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี สิ้นสุดปลายทางที่สถานีอรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว ระยะทาง 255 กิโลเมตร ทางช่วงนี้ที่สถานีชุมทางคลองสิบเก้ามีทางแยกไปบรรจบทางรถไฟสายตะวันออกเฉียงเหนือที่สถานีชุมทางแก่งคอย และสถานีชุมทางฉะเชิงเทรา มีทางแยกไปท่าเรือน้ำลึกสัตหีบ ซึ่งในทางช่วงนี้ที่สถานีชุมทางศรีราชามีทางแยกไปท่าเรือ-แหลมฉบัง และสถานีชุมทางเขาชีจรรย์มีทางแยกไปยังนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

5. สายแม่กลอง เส้นทางสายแม่กลองไม่ได้บรรจบกับเส้นทางรถไฟสายต่าง ๆ เป็นเส้นทางสายย่อยที่ให้บริการผู้โดยสารในพื้นที่รวมทั้งนักท่องเที่ยว แต่ไม่มีความสำคัญด้านการขนส่งสินค้า สายแม่กลองแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ช่วงหนึ่งเริ่มต้นที่สถานีวงเวียนใหญ่ไปสิ้นสุดที่สถานีมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร ระยะทาง 33 กิโลเมตร และอีกช่วงหนึ่งเริ่มต้นที่สถานีบ้านแหลมจังหวัดสมุทรสาครไปสิ้นสุดที่สถานีแม่กลอง จังหวัดสมุทรสงคราม ระยะทาง 34 กิโลเมตร

ในปีพ.ศ. 2560 โครงข่ายทางรถไฟในประเทศไทยเป็นทางเดี่ยวถึง 3,763 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 93 ทางคู่ประมาณ 173 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 4 และทางสามมีระยะทางประมาณ 107 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 3 ส่วนที่มีการพัฒนาเป็นทางคู่และทางสามมีการควบคุมการเดินรถแบบอัตโนมัติ และอยู่ในพื้นที่รอบกรุงเทพ ได้แก่ กรุงเทพ - รังสิต - ชุมทางบ้านภาชี - ลพบุรี ชุมทางบ้านภาชี - มาบกะเบา ชุมทางบางซื่อ - นครปฐม หัวหมาก - ชุมทางฉะเชิงเทรา และล่าสุดมีการดำเนินงานก่อสร้างทางสามจากชุมทางฉะเชิงเทรา ไปยังศรีราชาและแหลมฉบัง รวมทั้งมีแผนสร้างทางสามจากชุมทางฉะเชิงเทราขึ้นไปยังชุมทางแก่งคอยเพื่อประโยชน์ในการขนส่งสินค้าจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือสู่ท่าเรือชายฝั่งตะวันออก

รูปที่ 2.1 โครงข่ายรถไฟของประเทศไทย

ที่มา: การรถไฟแห่งประเทศไทย (2562)

2.1.2 ประเภทสินค้าและขบวนสินค้า

รถไฟเป็นระบบการขนส่งที่เหมาะสมสำหรับสินค้าที่มีมูลค่าต่อปริมาตรหรือมูลค่าต่อน้ำหนักต่ำ เนื่องจากข้อได้เปรียบด้านต้นทุนต่อหน่วยและข้อเสียเปรียบด้านความเร็วและความยืดหยุ่น การขนส่งสินค้าทางรางในประเทศไทยจึงจำกัดไว้เพียงสินค้าเฉพาะกลุ่ม การรถไฟแห่งประเทศไทยกำหนดประเภทสินค้าที่ให้บริการขนส่งประเภทเหมาคันทั้งหมด 7 ประเภท ได้แก่

1. สินค้าประเภท 3 ได้แก่ สินค้าสำเร็จรูปหรือมีราคาสูงไม่ค่อยมีความจำเป็นแก่การ ครองชีพนัก เช่น เครื่องยนต์ เครื่องไฟฟ้า บุหรี่ เป็นต้น
2. สินค้าประเภท 4 ได้แก่ สินค้าจำพวกผลผลิตทางการเกษตร วัตถุดิบทางอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าไม่สูงนักหรือมีความจำเป็นแก่การครองชีพ เช่น ข้าวสาร ข้าวโพด ปูนซีเมนต์ แร่ยิปซัม เป็นต้น
3. ปูนซีเมนต์ผง
4. น้ำมันเชื้อเพลิง (ยกเว้นน้ำมันเตา) ขนส่งในรถสำหรับบรรทุกน้ำมัน
5. น้ำมันเตา ขนส่งในรถสำหรับบรรทุกน้ำมัน
6. ก๊าซ ขนส่งในรถสำหรับบรรทุกก๊าซ
7. ตู้สินค้าหรือคอนเทนเนอร์

ขบวนสินค้าที่ให้บริการขนส่งมีทั้งหมด 5 ประเภท (การรถไฟแห่งประเทศไทย, 2562) ได้แก่

1. ขบวนรถสินค้าปูนซีเมนต์
2. ขบวนรถสินค้าผลิตภัณฑ์น้ำมันเชื้อเพลิงสำเร็จรูป
3. ขบวนรถสินค้าน้ำมันดิบ
4. ขบวนรถสินค้า แก๊สแอลพีจี
5. ขบวนรถสินค้าทั่วไป

2.1.3 สถานการณ์ภาพรวมและการแข่งขัน

โครงข่ายทางรถไฟของประเทศไทยมีความยาวไม่มากนัก มีพื้นที่บริการจำกัด มีสภาพทรุดโทรม และไม่มีการพัฒนาเส้นทางใหม่มาเป็นเวลานาน ขณะที่โครงข่ายทางหลวงในประเทศไทยมีความยาวรวมทั้งสิ้นกว่า 100,000 กิโลเมตร และได้รับการดูแลรักษาค่อนข้างดีเมื่อเปรียบเทียบกับทางรถไฟ นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการเข้าถึงพื้นที่กิจกรรมการขนส่งต่าง ๆ ได้อย่างสะดวก ดังนั้นการขนส่งสินค้าส่วนใหญ่จึงพึ่งพาระบบถนนเป็นหลัก การขนส่งสินค้าทางรถไฟในปัจจุบันมีสัดส่วนเพียง 2.2% ของปริมาณการเคลื่อนย้ายสินค้าทั้งหมดของประเทศ ซึ่งหากพิจารณาระยะทางร่วมเป็นปริมาณตัน-กิโลเมตร ต่อวันจะพบว่ามีสัดส่วนที่แท้จริงเพียง 1.7% เท่านั้น ประกอบกับปัญหาด้านความล่าช้าและไม่ตรงต่อเวลา ทำให้สัดส่วนดังกล่าวนี้ลดลงเรื่อย ๆ แม้ว่าการขนส่งทางรถไฟจะมีต้นทุนต่อหน่วยที่ถูกกว่าดังแสดงในตารางที่ 2.1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้ารูปแบบต่าง ๆ

รูปแบบการขนส่ง	**ค่าใช้จ่าย บาท/ตัน-กม.**
ถนน	1.72
ราง	0.93
น้ำ	0.64

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2553)

2.1.4 ความคาดหวังจากโครงการรถไฟทางคู่

แนวทางการพัฒนาโครงการรถไฟทางคู่ตามเส้นทางต่าง ๆ มุ่งเน้นการพัฒนาประสิทธิภาพการบริการในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ความตรงต่อเวลา (Punctuality) ความน่าเชื่อถือ (Reliability) ความยืดหยุ่น (Flexibility) ความปลอดภัย (Safety) ความรับผิดชอบต่อชีวิตและทรัพย์สินของผู้ใช้บริการ (Liability) ความครอบคลุมพื้นที่ (Coverage) โดยเฉพาะแหล่งกระจายสินค้าเพื่อส่งออกทั้งในประเทศและต่างประเทศเป็นต้น

ผลประโยชน์จากการพัฒนาโครงการรถไฟทางคู่ที่จะเกิดขึ้นต่อประเทศ ทั้งในด้านเศรษฐกิจและสังคม สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. เพิ่มประสิทธิภาพของการขนส่งทางรถไฟ ลดระยะเวลาในการเดินทาง มีความตรงต่อเวลาและประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินทางประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งของประเทศ และลดปัญหามลพิษที่มีต่อสิ่งแวดล้อม
2. ประชาชนสามารถใช้บริการขนส่งได้สะดวก และมีทางเลือกในการเดินทางมากยิ่งขึ้น
3. กระจายความเจริญสู่ภูมิภาค และท้องถิ่น
4. เชื่อมโยงโครงข่ายการบริหารจัดการขนส่งมวลชน สินค้า และบริการ ทั้งในพื้นที่ชนบทเมือง และระหว่างประเทศเข้าด้วยกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ
5. ภาคอุตสาหกรรม สามารถหันมาใช้บริการขนส่งระบบรางมากขึ้น (Modal shift) ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนทางโลจิสติกส์ของประเทศได้อย่างเป็นระบบและสามารถพัฒนาความสามารถในการแข่งขันของประเทศได้ ส่งผลดีต่อระบบเศรษฐกิจและสังคมโดยรวมให้คุ้มค่ากับต้นทุนของทรัพยากรที่นำมาลงทุน

จากผลประโยชน์ที่ได้กล่าวมานี้ เป็นการสร้างความน่าเชื่อถือขององค์กรการรถไฟไทย อีกทั้งยังส่งผลให้ประเทศไทยสามารถเป็นศูนย์กลางการกระจายสินค้าหรือการขนส่ง

ของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ASEAN) เพื่อเป็นการรองรับการค้าเสรีอาเซียน (AEC) ได้อีกด้วย

ดังนั้น จากการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการขนส่งสินค้าทางรางที่กล่าวมาข้างต้น การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการขนส่งสินค้าที่มีปริมาณมากไปในตู้รถสินค้าทั้งคันหรือทั้งหลัง การขนส่งสินค้าในลักษณะนี้ ผู้ส่งจะต้องแจ้งความจำนงขอใช้รถสินค้าทั้งคันไว้เป็นการล่วงหน้า เพื่อเจ้าหน้าที่ของการรถไฟจะได้จัดเตรียมรถไว้ให้ตามขนาดและชนิดที่ต้องการ น้ำหนักของสินค้าที่บรรทุกไปในแต่ละคันต้องไม่เกินกว่าพิกัดน้ำหนักบรรทุกของรถ เมื่อบรรทุกสินค้าไว้ในรถเรียบร้อยแล้ว การรถไฟจะนำรถเหมาคันพ่วงไปกับขบวนรถสินค้าหรือขบวนรถรวม เพื่อไปยังจุดหมายปลายทางที่ผู้ส่งต้องการ

2.2 สินค้าเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

พืชเศรษฐกิจสำคัญที่สร้างรายได้หลักให้แก่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ มันสำปะหลัง ข้าว และอ้อยโรงงาน ซึ่งพืชกลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่มีต้องการอย่างสูงในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร อุตสาหกรรมกระดาษและสิ่งทอ รวมถึงการนำไปใช้เพื่ออุปโภคบริโภคในระดับครัวเรือน ผลผลิตที่ได้รับการแปรรูปจะถูกกระจายส่งไปขายทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย รวมทั้งส่งออกไปขายยังประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก โดยระบบห่วงโซ่อุปทานของสินค้าเกษตรแปรรูปทั้ง 3 ประเภท มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 แป้งมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเริ่มเข้ามาเป็นที่รู้จักของเกษตรกรในภาคใต้ของประเทศไทย เกษตรกรเพาะปลูกมันสำปะหลังเพื่อใช้ในการทำแป้งและสาคู อุตสาหกรรมแปรรูปแป้งมันสำปะหลังและสาคูจะส่งสินค้าไปจำหน่ายที่ปีนังและสิงคโปร์ แต่การปลูกมันสำปะหลังทางภาคใต้ค่อย ๆ ลดลงเมื่อมีการขยายการปลูกยางพารา ต่อมาได้มีการปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออก คือ จังหวัดชลบุรี ระยองและจังหวัดใกล้เคียง และเมื่อความต้องการของตลาดในด้านผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเพื่อใช้ในการเลี้ยงสัตว์และอุตสาหกรรมมีเพิ่มมากขึ้นทำให้พื้นที่ในภาคตะวันออกผลิตได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงมีการขยายพื้นที่ปลูกไปยังจังหวัดอื่น ๆ (ศูนย์วิจัยมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์, 2562; ศูนย์สารสนเทศ กรมวิชาการเกษตร, 2562)

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ผลิตมันสำปะหลังรายใหญ่เป็นอันดับ 2 ของโลก และมีผลผลิตรองจากประเทศไนจีเรีย ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังกว่า 9 ล้านไร่ ผลผลิตที่สามารถผลิตได้เฉลี่ย 30 ล้านตันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 9 ของผลผลิตโลก พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังที่ใหญ่ที่สุดของประเทศไทยอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชที่ทนต่อสภาวะแห้งแล้งได้เป็นอย่างดี ข้อมูลของมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศ

ไทย (2562) ยืนยันว่า พื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแหล่งเพาะปลูกหลักของประเทศไทย โดยมีเนื้อที่เพาะปลูกมากกว่าร้อยละ 50 แหล่งเพาะปลูกมันสำปะหลัง ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ อุบลราชธานี เลย และบุรีรัมย์

ตารางที่ 2.2 พื้นที่เก็บเกี่ยวและผลผลิตมันสำปะหลังของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จังหวัด	**พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)**		**ผลผลิต (ตัน/ปี)**	
	2560/2561	**2561/2562**	**2560/2561**	**2561/2562**
บุรีรัมย์	222,369	244,118	885,092	1,006,254
ขอนแก่น	196,449	209,411	675,798	732,310
นครราชสีมา	1,353,965	1,446,706	4,976,733	5,483,016
กาฬสินธุ์	208,236	218,962	740,94 2 2	809,721
ร้อยเอ็ด	48,708	51,061	157,37 6	167,786
ศรีสะเกษ	134,985	139,179	479,536	508,978
อุบลราชธานี	422,966	447,850	1,476,029	1,584,941
อุดรธานี	202,914	218,786	752,843	833,575
เลย	292,061	295,443	1,003,373	1,048,823
ชัยภูมิ	508,043	541,261	1,710,258	1,884,130
มุกดาหาร	128,956	129,488	460,169	461,107
รวม	**3,719,652**	**3,942,265**	**12,419,831**	**14,520,641**

ที่มา: มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย (2562)

เมื่อมันสำปะหลังมีอายุโตเต็มวัย เกษตรกรจะเก็บเกี่ยวผลผลิตและนำหัวมันที่เก็บเกี่ยวได้ส่งไปขายยังโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันเพื่อแปรรูป หัวมันสำปะหลังสด 55% จะนำไปแปรรูปเป็นมันเส้นและมันอัดเม็ด หัวมันสด 2 กิโลกรัมสามารถแปรรูปเป็นมันเส้นและมันอัดเม็ดได้ 1 กิโลกรัม อีก 45% จะแปรรูปเป็นแป้งมันสำปะหลังโดยสัดส่วนหัวมันสด 4.75 กิโลกรัม สามารถแปรรูปเป็นแป้งมันสำปะหลังได้ 1 กิโลกรัม

รูปที่ 2.2 ห่วงโซ่อุปทานของแป้งมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

หัวมันสดสามารถนำมาแปรรูปได้ 3 ประเภทหลัก คือ

1. มันอัดเม็ด มันอัดเม็ดหรือมันเม็ดนั้นผลิตโดยใช้เครื่องอัดภายใต้สภาวะความร้อนและความดัน เมื่ออัดเม็ดแล้วจะมีลักษณะเป็นท่อนยาวประมาณ 2 – 3 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร ความชื้นร้อยละ 14 ซึ่งจะส่งออกไปขายยังต่างประเทศเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอาหารสัตว์ เนื่องจากมีปริมาณเนื้อแป้งสูง (มากกว่าร้อยละ 65) จึงใช้เป็นแหล่งให้พลังงานของสัตว์ เนื่องจากมันเม็ดมีส่งได้ตลอดทั้งปีและราคาไม่สูงเมื่อเทียบกับผลิตผลของธัญพืชต่าง ๆ ข้อได้เปรียบที่สำคัญของมันเม็ดคือ สามารถขนส่งได้ง่าย (ไม่มีฝุ่นเหมือนมันเส้น) ขนย้ายได้สะดวก สามารถใช้เครื่องจักรในการขนส่งได้เช่นเดียวกับเมล็ดธัญพืชต่าง ๆ

2. มันเส้น การแปรรูปที่ใกล้ตัวเกษตรกรมากที่สุดคือการทำมันเส้น เมื่อเก็บเกี่ยวหัวมันสดแล้วก็จะนำส่งลานมัน ซึ่งถ้าหากเกษตรกรบางรายมีลานมันเป็นของตัวเองก็จะทำการแปรรูปโดยใช้เครื่องตัดหัวมันเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปตากบนลานซีเมนต์เมื่อแห้งดีแล้วก็ทำการเก็บเพื่อส่งขายเป็นวัตถุดิบให้กับอุตสาหกรรมมันอัดเม็ดต่อไป

3. แป้งดิบ (Native starch) ประเทศไทยถือได้ว่าเป็นผู้ผลิตแป้งมันรายใหญ่ที่สุดของโลกโดยมีกำลังการผลิตมากกว่า 2 ล้านตันต่อปี และเป็นประเทศที่มีเทคโนโลยีการผลิตแป้งมันสูงที่สุดและได้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีไปสู่ประเทศเพื่อนบ้าน แป้งมันสำปะหลังจึงถือได้ว่าเป็น “แป้งไทย” เป็นแป้งของคนไทย ที่คนไทยสามารถผลิตได้มากที่สุด คุณภาพสูงและราคาถูกที่สุด (กล้าณรงค์ ศรีรอต และคณะ, 2542)

2.2.2 ข้าว

ประเทศไทยเป็นประเทศกสิกรรมสามารถเพาะปลูกพืชที่หลากหลายชนิด หลากหลายสายพันธุ์ ในจำนวนพืชที่กสิกรปลูกดังกล่าวนี้ ข้าวมีพื้นที่ปลูกมากกว่าพืชชนิดอื่น ๆ คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 11.3% ของพื้นที่ทั่วประเทศ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ทำนามากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ภาคเหนือ และภาคใต้ ตามลำดับ

รูปที่ 2.3 ห่วงโซ่อุปทานของข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ตารางที่ 2.3 ปริมาณการเก็บเกี่ยวข้าวในประเทศไทย

ปี พ.ศ.	ผลผลิตรวม (ล้านตันข้าวเปลือก)	นาปี (ล้านตันข้าวเปลือก)	นาปรัง (ล้านตันข้าวเปลือก)
2550 - 2551	32.099	23.308	8.791
2551 - 2552	31.65	23.235	8.415
2552 - 2553	32.116	23.253	8.863
2553 - 2554	36.004	25.743	10.261
2554 - 2555	38.102	25.867	12.235
2555 - 2556	37.337	26.595	10.742
2556 - 2557	36.629	28.443	8.186
2557-2558	31.617	26.270	5.347
2558-2559	28.089	24.312	3.777
2559-2560	31.807	25.407	6.400

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (ม.ค. 2561)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.4 เนื้อที่เพาะปลูกและผลผลิตข้าวนาปี ปี 2561

แหล่งเพาะปลูก	**เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)**	**ผลผลิต (ตัน)**
ภาคใต้	733,626	318,781
ภาคกลาง	8,522,252	5,216,733
ภาคเหนือ	13,328,429	7,209,510
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	36,636,516	12,189,325
รวม	64,950,593	24,934,349

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (ม.ค. 2562)

จากตารางข้างต้นจะเห็นได้ว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณการเก็บเกี่ยวข้าวเปลือกสูงที่สุดปริมาณส่วนใหญ่จะออกมาในช่วงการทำนาปี เมื่อพิจารณาแบ่งกำลังการผลิตของโรงสีตามเกณฑ์โรงงาน อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ปัจจุบันภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีโรงสีข้าวจำนวน 456 โรงงาน (สหกรณ์การเกษตรเพื่อการตลาดลูกค้า ธ.ก.ส., 2561) แหล่งผลิตข้าวที่สำคัญในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่จังหวัด ขอนแก่น นครราชสีมา บุรีรัมย์ มหาสารคาม ยโสธร ร้อยเอ็ด ศรีสะเกษ สุรินทร์ หนองบัวลำภู อำนาจเจริญ และ อุบลราชธานี

ตารางที่ 2.5 ปริมาณการส่งออกข้าวจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือปี 2561

จังหวัด	ปริมาณการส่งออกข้าว (กิโลกรัม/ปี)	มูลค่า (บาท)
กาฬสินธุ์	5,785,900	174,492,813
ขอนแก่น	20,868,113	668,876,701
ชัยภูมิ	618,100	24,068,261
นครราชสีมา	55,607,199	1,964,208,437
บุรีรัมย์	719,800	24,949,890
ยโสธร	315,500	10,591,738
ร้อยเอ็ด	2,284,400	55,561,759
ศรีสะเกษ	8,707,716	319,277,297
สุรินทร์	35,696,315	925,325,767
หนองบัวลำภู	500,000	9,403,410

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.5 ปริมาณการส่งออกข้าวจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือปี 2561 (ต่อ)

จังหวัด	ปริมาณการส่งออกข้าว (กิโลกรัม/ปี)	มูลค่า (บาท)
หนองบัวลำภู	500,000	9,403,410
อำนาจเจริญ	1,219,175	45,254,452
อุบลราชธานี	7,427,050	255,476,076
รวมทั้งสิ้น	139,749,268	4,477,486,600

ที่มา: กรมการค้าต่างประเทศ (2562)

2.2.3 น้ำตาล

อ้อยพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยปัจจุบันมีพื้นที่ปลูกมากกว่า 6 ล้านไร่ต่อปี ให้ผลผลิตประมาณ 60 ล้านตันต่อปี อ้อยโรงงานใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล ประชากรของประเทศไทยบริโภคน้ำตาลปีละ 1.6-1.7 ล้านตัน เป็นมูลค่า 17,000-19,000 ล้านบาท และมีการส่งออกมากกว่าปีละ 3 ล้านตัน เป็นมูลค่า 20,000-30,000 ล้านบาท ทำให้ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกน้ำตาลอันดับ 4 ของโลก ปริมาณผลผลิตอ้อยในแต่ละปีไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับพื้นที่เพาะปลูก และผลผลิตต่อไร่ พื้นที่เพาะปลูกอ้อยทั่วประเทศผันแปรระหว่าง 5.6-6.6 ล้านไร่ พื้นที่ปลูกอ้อย อยู่ในเขตชลประทานประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลืออาศัยน้ำฝน ผลผลิตอ้อยรวม ในแต่ละปีอยู่ระหว่าง 40-60 ล้านตัน ผลผลิตต่อไร่อยู่ระหว่าง 8-9 ตัน สามารถเพิ่มผลผลิตได้ ถ้ามีการจัดการที่เหมาะสม ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแหล่งเพาะปลูกอ้อยที่สำคัญที่สุดของประเทศ มีพื้นที่เพาะปลูกกว่า 4 ล้านไร่ และมีอ้อยส่งโรงงานเพื่อแปรรูปกว่า 50 ล้านตันอ้อย จังหวัดที่มีผลผลิตมากที่สุดคือ อุดรธานี รองลงมาคือ นครราชสีมา ขอนแก่น และชัยภูมิ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2561)

ตารางที่ 2.6 พื้นที่เพาะปลูกและปริมาณอ้อยส่งโรงงานแปรรูปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปี 2561

จังหวัด	**พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)**	**ปริมาณอ้อยส่งโรงงาน (ตัน)**
ขอนแก่น	650,196	7,460,999
นครราชสีมา	672,952	7,762,504
บุรีรัมย์	207,417	2,431,963
เลย	305,001	3,524,287

ตารางที่ 2.6 พื้นที่เพาะปลูกและปริมาณอ้อยส่งโรงงานแปรรูปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปี 2561 (ต่อ)

จังหวัด	**พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)**	**ปริมาณอ้อยส่งโรงงาน (ตัน)**
สุรินทร์	223,745	2,607,745
หนองบัวลำภู	315,706	3,663,764
อุดรธานี	711,900	8,204,646
มุกดาหาร	224,193	2,592,793
ชัยภูมิ	616,639	7,063,600
กาฬสินธุ์	432,111	4,936,871
รวม	**4,359,860**	**50,249,172**

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2561)

รูปที่ 2.4 ห่วงโซ่อุปทานของน้ำตาลทราย

แผนภาพข้างต้น เป็นแผนภาพที่แสดงให้เห็นถึงกิจกรรมห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมการแปรรูปน้ำตาลทรายโดยห่วงโซ่อุปทานนี้เริ่มตั้งแต่เกษตรกรผู้ทำการเพาะปลูกอ้อยโรงงาน เมื่ออ้อยมีอายุโตเต็มวัยเกษตรกรจะทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตและขนส่งอ้อยมาขายให้กับโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปน้ำตาลทราย โดยเฉลี่ยการเพาะปลูกอ้อยของเกษตรกรให้ผลผลิตประมาณ 60 ล้านตันต่อปี บนเนื้อที่เพาะปลูกกว่า 6 ล้านไร่ต่อปี จากนั้นโรงงานอุตสาหกรรมจะนำอ้อยเข้าสู่กระบวนการแปรรูปอ้อยเป็นน้ำตาล

เมื่อได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปแล้วโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ทั่วประเทศก็จะทำการขนส่งผลิตภัณฑ์แปรรูปนี้ไปยังจุดกระจายสินค้าเพื่อทำการขนส่งสินค้าไปยังกลุ่มผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศโดยรูปแบบการขนส่งประเภทต่าง ๆ ซึ่งการกระจายสินค้าไปยังผู้บริโภคต่างประเทศทั่วโลกนั้น จะมีการขนส่งสินค้าผ่านทางเรือเนื่องจากน้ำตาลมีน้ำหนักมากและมีปริมาณการขนส่งครั้งละมาก ๆ จากข้อมูลรายงานปริมาณน้ำตาลส่งออกผ่านทางท่าเรือแหลมฉบัง

2.3 แนวคิดส่วนประสมทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการ (The Marketing Mix)

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดส่วนประสมทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการ เพื่อนำปัจจัยต่าง ๆ ไปออกแบบปัจจัยให้มีความสอดคล้องกับธุรกิจการให้บริการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ ผู้วิจัยได้ศึกษาถึงความหมายและหลักการของส่วนประสมทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการ สามารถอธิบายได้ดังนี้

แนวคิดส่วนประสมทางการตลาดถูกนิยามขึ้นในปี ค.ศ. 1948 โดยศาสตราจารย์ James Culliton ผู้ซึ่งเปรียบเทียบบทบาทของนักบริหารการตลาดว่าเปรียบเสมือนพ่อครัว หรือผู้ทำการผสมเครื่องปรุงต่าง ๆ (Mixer of Ingredients) ให้อาหารออกมามีสีสันสวยงามน่ารับประทาน รวมถึงการมีรสชาติที่ดีอีกด้วย หมายความว่า นักบริหารการตลาดจะมีวิธีจัดการตัวแปรต่าง ๆ ที่บริษัทสามารถควบคุมได้ เพื่อให้บริษัทมีผลกำไรสูง ส่วนประสมทางการตลาด (Marketing Mix - 4P's) ประกอบด้วยส่วนผสมทางด้านผลิตภัณฑ์ (Product Mix) ส่วนผสมทางด้านราคา (Price Mix) ส่วนผสมด้านการจัดจำหน่าย (Place Mix) และส่วนผสมด้านการส่งเสริมการจำหน่าย (Promotion Mix) (อดุลย์ จาตุรงคกุล, 2542)

ต่อมา Booms & Bitner (1981) ได้พัฒนาตัวแปรส่วนประสมทางการตลาดเพิ่มเข้ามาจำนวน 3 ตัวแปรเพื่อให้มีความสอดคล้องกับรูปแบบของธุรกิจบริการ ซึ่งประกอบด้วย ตัวแปรด้านบุคคล (People), ลักษณะทางกายภาพ (Physical Evidence), และกระบวนการ (Process) และให้ชื่อเรียกว่า "ส่วนประสมทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการแบบ 7Ps"

Kotler (1994) กล่าวว่า "ส่วนประสมทางการตลาด" คือ ชุดของเครื่องมือทางการตลาดที่บริษัทนำมาใช้ออกแบบนโยบายด้านการตลาดเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ ชุดเครื่องมือดังกล่าวประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์ (Products), ราคา (Price), การจัดจำหน่าย (Place), การส่งเสริมการขาย (Promotion) หรือที่เรียกว่า 4P's ถ้าหากเป็น "ส่วนประสมทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการ" จะต้องมีปัจจัยเพิ่มเติมเข้ามาอีกจำนวน 3 ปัจจัย ได้แก่ บุคคล (People), ลักษณะทางกายภาพ (Physical Evidence), และกระบวนการ (Process) ซึ่งเรียกปัจจัยที่เป็นส่วนประสมทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการว่า 7P's

รูปที่ 2.5 ส่วนประสมทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการ

ที่มา: Kotler (1994)

Hawkins, Best, Coney, and Koch (2004) กล่าวว่า ส่วนประสมทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ (Products) ราคา (Price) การประชาสัมพันธ์ (Communications) การจำหน่ายสินค้า (Distribution) และการบริการ (Service) ที่ผู้ให้บริการนำเสนอแก่กลุ่มเป้าหมาย

ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ (2543) กล่าวว่า ส่วนประสมทางการตลาด หมายถึง เครื่องมือการตลาดที่ธุรกิจต้องใช้เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์การตลาดในตลาดเป้าหมาย หรือเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกลยุทธ์การตลาด 4 ประการ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ (Products), ราคา (Price), การจัดจำหน่าย (Place), และการส่งเสริมตลาด (Promotion) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “ปัจจัยภายในทางการตลาด” (Internal Market หรือ Market Factor)

ศิวฤทธิ์ พงศกรรังศิลป์ (2547) กล่าวว่า ส่วนประสมทางการตลาดของธุรกิจทั่วไปประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์ (Products) ราคา (Price) การจัดจำหน่าย (Place) และการส่งเสริมตลาด (Promotion) ซึ่งเรียกว่า 4P’s แต่ถ้าเป็นธุรกิจบริการจะมีส่วนประสมทางการตลาดเพิ่มขึ้น ได้แก่ พนักงาน (People) กระบวนการให้บริการ (Process) และสิ่งต่าง ๆ ภายในสำนักงาน (Physical Evidence) จึงมีชื่อเรียกว่า 7P’s

ดังนั้น แนวคิดส่วนประสมทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการ จึงหมายถึง ปัจจัยทางการตลาดที่นักบริหารหรือนักการตลาดนำมาใช้ในการออกแบบกลยุทธ์การขายสินค้าและหรือ

บริการที่จะนำเสนอแก่ลูกค้ากลุ่มเป้าหมาย ปัจจัยทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า 7P's ซึ่งได้แก่ ผลิตภัณฑ์ (Products) ราคา (Price) การจัดจำหน่าย (Place) และ การส่งเสริมการขาย (Promotion) บุคคล (People) ลักษณะทางกายภาพ (Physical Evidence) และกระบวนการ (Process) โดยแต่ละปัจจัยมีความหมายดังนี้

1. ผลิตภัณฑ์ (Products) หมายถึง สิ่งที่เสนอขายเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้เกิดความพึงพอใจ (Kotler & Kotler, 2013) ผลิตภัณฑ์ที่เสนอขายและ/หรือบริการจะมีหรือไม่มีตัวตนก็ได้ แต่จะต้องมีประโยชน์ มีคุณภาพ หรือ มีรูปร่าง บรรจุภัณฑ์ และตราสินค้า ที่สามารถสัมผัสได้ด้วยประสาทสัมผัสทั้งห้า ตลอดจนคุณสมบัติที่สามารถตอบสนองความต้องการทางสังคมได้ เช่น สินค้า บริการ ความคิด สถานที่ องค์การ หรือบุคคล (สุดาพร กุณฑลบุตร, 2552)

2. ราคา (Price) หมายถึง มูลค่าของผลิตภัณฑ์ในรูปของเงินหรือเป็นสิ่งที่ต้องจ่ายเพื่อให้ได้มาซึ่งบางสิ่งที่ต้องการ โดยลูกค้าจะทำการเปรียบเทียบระหว่างงเงินที่ต้องจ่ายไปเทียบกับคุณค่าที่ได้รับจากผลิตภัณฑ์นั้น (Kotler, 1994) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ราคา หมายถึง จำนวนเงินที่ต้องจ่ายไปเพื่อให้ได้รับผลิตภัณฑ์ สินค้าและ/หรือบริการ อีกทั้งเพื่อให้ได้รับผลประโยชน์จากการใช้ผลิตภัณฑ์ สินค้าและ/หรือบริการนั้น ๆ อย่างคุ้มค่ากับจำนวนเงินที่จ่ายไป (โสภิดา รัตนสมโชค, 2558)

3. การจัดจำหน่าย (Place หรือ Distribution) หมายถึง กิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการนำสินค้าและ/หรือบริการของผู้ผลิตออกสู่ตลาดเป้าหมาย (Booms & Bitner, 1981) หรือหมายถึง ช่องทางการจำหน่ายสินค้าและ/หรือบริการรวมถึงวิธีการที่จะนำสินค้าและ/หรือบริการนั้น ๆ ไปยังผู้บริโภคเพื่อให้ทันต่อความต้องการ ซึ่งต้องพิจารณาว่า กลุ่มเป้าหมายคือใคร และควรกระจายสินค้าและ/หรือบริการสู่ผู้บริโภคผ่านช่องทางใดจึงจะเหมาะสมมากที่สุด (โสภิดา รัตนสมโชค, 2558)

4. การส่งเสริมการขาย (Promotion) หมายถึง กระบวนการในการสร้างแรงจูงใจ (Motivation) ความคิด (Thinking) ความรู้สึก (Feeling) ความต้องการ (Need) และความพึงพอใจ (Satisfaction) เพื่อเป็นการกระตุ้นให้บริโภคหันมาใช้สินค้าและ/หรือบริการของบริษัท (สุดาพร กุณฑลบุตร, 2552)

5. บุคคล (People) หมายถึง พนักงานที่มีความรู้ความสามารถในการปฏิบัติงานบริการแก่ลูกค้าได้อย่างเต็มความสามารถ อีกทั้งต้องสามารถแก้ไขปัญหาให้กับลูกค้าได้ ซึ่งรวมถึงเจ้าของกิจการ ผู้บริหารระดับสูง ผู้บริหารระดับกลาง ผู้บริหารระดับล่าง พนักงานทั่วไป แม่บ้าน เป็นต้น บุคคลกลุ่มนี้ต้องเป็นผู้ที่มีอัธยาศัยดีสามารถสร้างมิตรไมตรีกับลูกค้าได้ดี

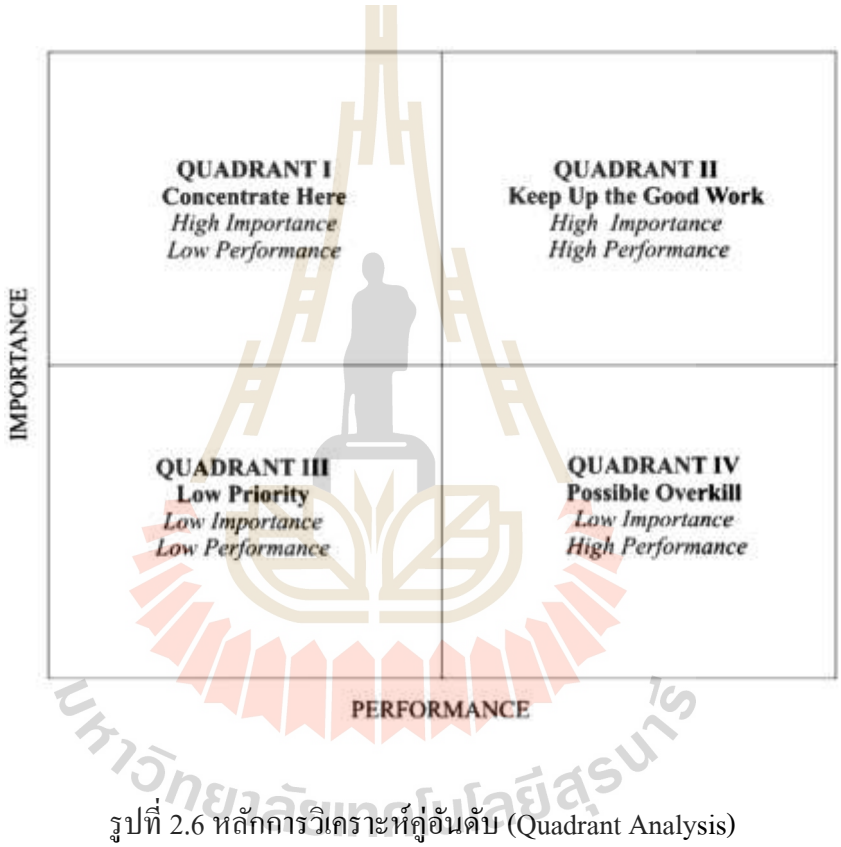
เยี่ยม ส่งผลให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจและจงรักภักดีกับองค์กรในระยะยาว (Armstrong & Kotler, 2015)

6. ลักษณะทางกายภาพ (Physical Evidence) หมายถึง การออกแบบวางผังสำนักงานให้สะอาดเรียบร้อย ลูกค้าสามารถรับรู้และเข้าใจภาพลักษณ์ได้จากการเลือกใช้สินค้าและ/หรือบริการขององค์กร รวมถึงการสร้างความแตกต่างอย่างโดดเด่นและมีคุณภาพ เช่น การตกแต่งร้าน รูปแบบของการจัดจานอาหาร การแต่งกายของพนักงานในร้าน การพูดจาต่อลูกค้าการบริการที่รวดเร็ว เป็นต้น (โสภิตา รัตนสมโชค, 2558)
7. กระบวนการ (Process) หมายถึง การวางระบบและออกแบบให้มีขั้นตอนที่สามารถอำนวยความสะดวกให้กับลูกค้าหรือผู้ที่เข้ามาใช้บริการมากที่สุด ลดขั้นตอนในการรอคอย จัดระบบการไหลของการให้บริการ (Services Flow) ให้มีอุปสรรคน้อยที่สุด เนื่องจากการรอคอยในการรับบริการเป็นเวลานานอาจทำให้ลูกค้าเกิดความไม่พึงพอใจได้ ผู้ประกอบการควรยึดหลักแนวคิดของ One Stop Service สำหรับการให้บริการ และพัฒนามาตรฐานการให้บริการ (Standard of Service: SOS) เพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับลูกค้า (ศิวฤทธิ์ พงศกรรังศิลป์, 2547)

2.4 เทคนิคการวิเคราะห์ความสำคัญ - ความพึงพอใจ (Importance - Performance Analysis)

การวิเคราะห์ความสำคัญและความพึงพอใจ (Importance - Performance Analysis: IPA) คือเทคนิคที่นำมาใช้ในการประเมินความความพึงพอใจที่ผู้บริโภคมีต่อสินค้าและหรือบริการ Martilla and James (1977) การวิเคราะห์นี้ได้เข้ามามีบทบาทในช่วงปลายปี ค.ศ. 1970 โดย Martilla and James (1977) นำเทคนิควิธี IPA มาใช้ในการวิเคราะห์ผลการปฏิบัติงานของอุตสาหกรรมยานยนต์ ซึ่งในปัจจุบันมีผู้นิยมนำเทคนิควิธี IPA มาใช้ในการวิจัยกันอย่างแพร่หลาย เช่น Chu and Choi (2000) ทำการวิเคราะห์ความสำคัญและพึงพอใจของการเลือกโรงแรมในอุตสาหกรรมโรงแรมในฮ่องกง โดยเปรียบเทียบระหว่างนักธุรกิจและนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาพักผ่อน Oh (2001) ได้นำเทคนิค IPA มาใช้ในการพัฒนากลยุทธ์ทางการตลาด R. Wang and Tseng (2011) ประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่างชาติโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความสำคัญและความพึงพอใจแบบคลุมเครือต่อมา S¨orensson and YvonnevonFriedrichs (2013) นำเทคนิค IPA มาใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการท่องเที่ยวยั่งยืน อีกทั้ง K.-Y. Chen (2014) วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการแข่งขันทางธุรกิจของโรงแรมที่มีน้ำพุร้อนในประเทศไต้หวันด้วยเทคนิค IPA I. K. W. Lai and Hitchcock (2015) นำเทคนิค IPA มาวิเคราะห์การให้บริการท่องเที่ยว H.-S. Lee (2015) ประเมินความพึงพอใจ

ของผู้มาเยี่ยมชมสวนสัตว์สาธารณะในเกาหลีด้วยเทคนิค IPA ในขณะที่ M.-M. Chen, Murphy, and Knecht (2016) วิเคราะห์ความพึงพอใจของการใช้งานสมาร์ทโฟนสำหรับเครือข่ายภายในโรงแรม Boley, McGehee, and Hammett (2017) ได้นำเทคนิค IPA มาใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน Park, Kim, Lee, Jeong, and Lim (2017) วิเคราะห์การจัดการสุขาภิบาลของพ่อครัวในศูนย์ดูแลเด็กในเกาหลีใต้ด้วยเทคนิค IPA และ E. Lee (2019) ได้ประยุกต์ใช้หลักการ IPA ในการวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อมในอาคาร (IEQ) ของบ้านที่ผ่านการรับรองจาก LEED



รูปที่ 2.6 หลักการวิเคราะห์คู่อันดับ (Quadrant Analysis)

ที่มา: Martilla and James (1977)

การวิเคราะห์นี้จะนำเทคนิคการวิเคราะห์ค่าคู่อันดับ (Quadrant Analysis) มาใช้ในการหาค่าเฉลี่ยความสำคัญ-ความพึงพอใจของแต่ละปัจจัย และจัดลำดับปัจจัยที่มีความสำคัญมากแต่ผู้บริโภคพอใจน้อยที่สุดเป็นปัจจัยแรกที่ผู้บริหารหรือนักการตลาดต้องรีบปรับปรุงให้มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพดีขึ้น แกนนอน (แกน X) แสดงค่าของความพึงพอใจ และแกนตั้ง (แกน Y) แสดงค่าความสำคัญ ปัจจัยที่ผู้วิจัยควรให้ความสนใจมากที่สุดคือ ปัจจัยที่อยู่ในพื้นที่ที่ต้องปรับปรุงได้แก่ พื้นที่ 1 รองลงมา คือ ปัจจัยที่อยู่ในพื้นที่ที่ 3 เนื่องจาก พื้นที่ 1 เป็นพื้นที่ของปัจจัยที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญมากแต่พึงพอใจน้อย ผู้ให้บริการต้องให้ความสำคัญในการปรับปรุงและพัฒนา

ประสิทธิภาพปัจจัยที่อยู่ในพื้นที่นี้เป็นอันดับแรก ปัจจัยที่อยู่ในพื้นที่ 3 เป็นพื้นที่ที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญและพึงพอใจต่อบริการที่ได้รับในระดับต่ำ ผู้ให้บริการควรจะให้ความสำคัญในการพัฒนาปรับปรุงการบริการรองจากปัจจัยที่อยู่ในพื้นที่ที่ 1 อย่างไรก็ตาม ปัจจัยที่อยู่ในพื้นที่ 2 เป็นปัจจัยที่ต้องติดตามดูแลให้คงประสิทธิภาพเดิมหรือพัฒนาปรับปรุงเมื่อมีโอกาส ส่วนพื้นที่ 4 เป็นพื้นที่สำหรับปัจจัยที่ยังไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจ ผู้ให้บริการควรรักษาประสิทธิภาพการให้บริการให้อยู่ในระดับนี้ต่อไป (Chu & Choi, 2000)

2.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis)

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) เพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการขนส่งสินค้าทางรางของผู้ประกอบการในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ผู้วิจัยได้ศึกษาความหมาย หลักการวิเคราะห์ และประเภทของเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

2.5.1 ความหมายของการวิเคราะห์องค์ประกอบ

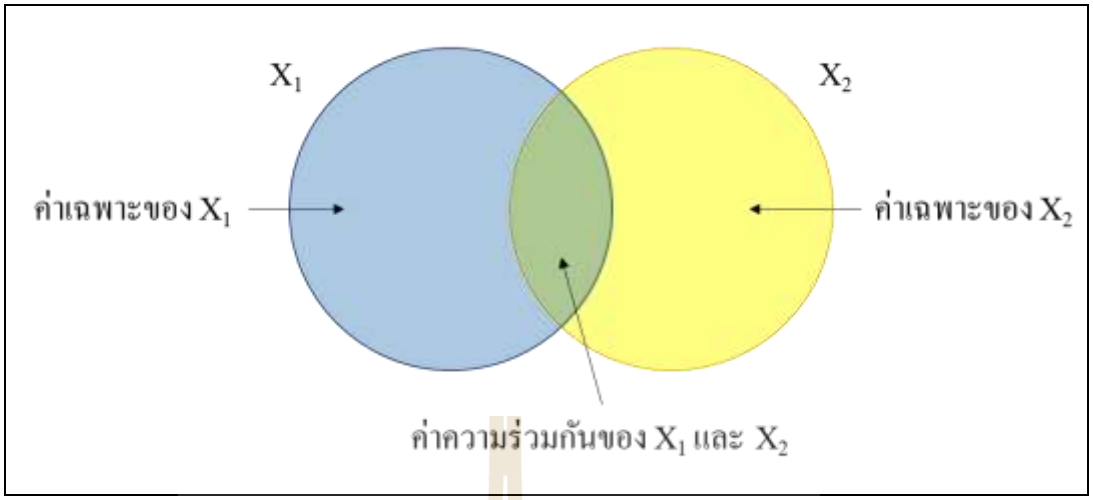
การวิเคราะห์องค์ประกอบหรือการวิเคราะห์ปัจจัยเป็นเทคนิควิธีการลดจำนวนตัวแปรให้เหลือน้อยลง โดยศึกษาโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้หลาย ๆ ตัวแปร แล้วจัดกลุ่มตัวแปรสังเกตได้ที่มีความสัมพันธ์กันไว้ด้วยกัน และสร้างตัวแปรใหม่ที่เรียกว่า ปัจจัย (Factor) (กัลยา วาณิชย์บัญชา, 2556) ปัจจัยที่สร้างขึ้นใหม่จะประกอบด้วยรายละเอียดหรือความแปรผันของตัวแปรเดิมหลาย ๆ ตัว หรือเรียกว่า เป็นการนำตัวแปรสังเกตได้ที่มีความสัมพันธ์กันหรือมีความร่วมกันสูงมาอยู่ในปัจจัยเดียวกัน ส่วนตัวแปรสังเกตได้ที่มีความสัมพันธ์กันน้อยหรือไม่มีความสัมพันธ์กันจะอยู่กันคนละปัจจัย (สายชล ศิลป์สมบูรณ์ทอง, 2559)

2.5.2 หลักการวิเคราะห์องค์ประกอบ

ตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัวจะมีความผันแปรหรือมีความแปรปรวน การที่ตัวแปรเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กัน แสดงว่า มีค่าความแปรผันร่วมกัน หรือที่เรียกว่า ค่าความร่วมกัน ดังนั้นค่าแปรปรวนของตัวแปรสังเกตได้จึงแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ค่าความร่วมกัน และค่าแปรปรวนของค่าเฉพาะ (กัลยา วาณิชย์บัญชา, 2556) เช่น ตัวแปรสังเกตได้ 9 ตัว ($X_1, X_2, X_3, \ldots, X_9$) และมีปัจจัย 3 ปัจจัย ($F_1, F_2, F_3$)

ค่าความแปรปรวนของ X_i = [ค่าความร่วมกันของตัวแปร X_i ที่อยู่ในปัจจัยร่วม (F_1, F_2, F_3)]
+ [ค่าแปรปรวนของค่าเฉพาะ]

หรือกล่าวได้ว่า ค่าแปรปรวนของตัวแปรสังเกตได้มาจากอิทธิพลของปัจจัยร่วมและค่าเฉพาะ



รูปที่ 2.7 ค่าความร่วมกันของ X_1 และ X_2
ที่มา: กัลยา วาณิชย์บัญชา (2556)

จากรูปที่ 2.7 พื้นที่แรงเงาตรงกลาง แสดงถึง ค่าความร่วมกันของ X_1 และ X_2 ซึ่งเรียกว่า “ค่าความร่วมกัน” (Communality) ดังนั้น ค่าความร่วมกันของตัวแปรสังเกตได้ X_i จะเป็นปริมาณค่าแปรปรวนของตัวแปร X_i หรือ (Var (X_i)) ที่สามารถอธิบายได้ด้วยปัจจัยร่วมที่สร้างขึ้น (F_1, F_2 และ F_3)

Var (X_i) = ค่าความร่วมกันของ X_i + ค่าแปรปรวนของค่าเฉพาะ

Var (X_i) = $C_i^2 + \theta_i$; i = 1, 2, …, n

โดยที่ C_i^2 = ค่าความร่วมกันของ X_i ; n = จำนวนตัวแปรสังเกตได้

θ_i = Var (ค่าเฉพาะ) ของตัวแปร X_i ; m = จำนวนปัจจัยร่วม

ถ้าตัวแปร X_1 และ X_2 มีความสัมพันธ์กัน 100% หรือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปร (X_1, X_2) = 1 จะทำให้

Var (X_i) = ค่าความร่วมกันของ X_i ; i = 1, 2

2.5.3 ประเภทของเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ

การวิเคราะห์ปัจจัย แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis: EFA)

การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสำรวจ เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้ ในกรณีที่ผู้วิจัยไม่ทราบโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้มาก่อน จึงต้องศึกษาว่าตัวแปรสังเกตได้ตัวใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กันเพื่อที่จะจัดให้อยู่ในปัจจัยเดียวกัน หรือตัวแปรใดบ้างที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน และจะมีกลุ่มตัวแปรที่สัมพันธ์กันกี่กลุ่มหรือมีกี่ปัจจัย ดังนั้น การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสำรวจจึงมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อ ศึกษาโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรและลดจำนวนตัวแปร (กัลยา วาณิชย์บัญชา, 2556)

2. การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA)

การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยันจะใช้ในกรณีที่ผู้วิจัยทราบโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้มาก่อน ซึ่งจะอ้างอิงมาจากทฤษฎีที่เกี่ยวข้องหรือการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงสามารถสร้างโมเดลแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้ นั่นคือผู้วิจัยทราบดีแล้วว่าตัวแปรสังเกตได้ตัวใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กันมากและควรอยู่ในปัจจัยเดียวกัน จากนั้นจึงนำเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน มายืนยันหรือตรวจสอบโมเดลว่าเป็นไปตามที่คาดไว้หรือไม่ (กัลยา วาณิชย์บัญชา, 2556)

งานวิจัยที่ใช้การวิเคราะห์ปัจจัย เช่น กฤษดา เชียรวัฒนสุข และ ศรากุล สุโคตรพรหมมี (2559) ทำการศึกษาปัจจัยทางการตลาดที่มีอิทธิพลต่อการจำแนกกลุ่มลูกค้าผู้ใช้บริการสายการบินต้นทุนต่ำ ที่เดินทางภายในประเทศ จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 450 คน โดยนำเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสำรวจมาใช้ในการวิเคราะห์ตัวแปรสังเกตได้จำนวน 35 ตัว ผลการวิจัยพบว่าเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสำรวจ สามารถจัดกลุ่มตัวแปรสังเกตได้ที่มีความสัมพันธ์กันได้ 16 ตัว 4 องค์ประกอบ โดยพิจารณาจากค่าน้ำหนักปัจจัย (Factor Loading) นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังพบว่าการให้ความสำคัญต่อการจัดโปรโมชั่นราคาตั๋วโดยสารในช่วงเทศกาล ความเหมาะสมของราคาค่าตั๋วโดยสารเมื่อเปรียบเทียบกับคู่แข่งในเส้นทางเดียวกัน การใช้การโฆษณาผ่านสื่อต่าง ๆ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุด รองลงมาคือ ความสำคัญของชื่อเสียงและความน่าเชื่อถือของสายการบิน ลักษณะและสภาพของเครื่องบินที่ใช้ การบริการทั้งภาคพื้นดินและบนเครื่องบินที่มีคุณภาพ และเคาน์เตอร์เช็คอินที่ออกแบบดึงดูดตาและตั้งในที่ที่สามารถหาได้ง่าย

ธรรญชนก เพชรานนท์ (2559) ศึกษาปัจจัยผลักดันและปัจจัยดึงดูดที่มีอิทธิพลต่อการเดินทางมาท่องเที่ยวยังแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศของนักท่องเที่ยวในพื้นที่การค้าชายแดน จังหวัดเชียงราย จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน ด้วยเทคนิคกาการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสำรวจ ผลการสกัดปัจจัยพบว่า ข้อคำถามทางด้านปัจจัยผลักดันทั้ง 17 ปัจจัยจะจัดให้อยู่ในองค์ประกอบได้ 4

องค์ประกอบหลัก และข้อคำถามทางด้านปัจจัยดึงดูดทั้ง 35 ปัจจัยจะจัดให้อยู่ในองค์ประกอบได้ 6 องค์ประกอบหลัก โดยพิจารณาจากค่าน้ำหนักปัจจัย (Factor Loading)

Rahaman and Rahaman (2009) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อทัศนคติความพึงพอใจเกี่ยวกับคุณภาพการบริการของผู้โดยสารรถไฟในภาคใต้ของบังคลาเทศ จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 120 คน ด้วยเทคนิคกาการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสำรวจ พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อทัศนคติความพึงพอใจเกี่ยวกับคุณภาพการบริการของผู้โดยสารรถไฟ มีทั้งหมด 8 ปัจจัย โดยพิจารณาจากค่าน้ำหนักปัจจัย (Factor Loading) ได้แก่ เวลาในการรอคอย (Waiting time) ความถี่ในการให้บริการ (Spacing for moving on train) สภาพแวดล้อมภายในรถไฟ (Environment inside the train) ความปลอดภัยภายในรถไฟ (Security inside the train) เวลาในการรอคอยการเตรียมขบวนรถ (Waiting arrangement) ข้อมูลของสถานี (Station information) ความปลอดภัยในสถานี (Security in the station) พฤติกรรมของพนักงานในสถานี (Behaviors of the staffs in the station)

K.-h. Lai, Ngai, and Cheng (2002) ศึกษาปัจจัยที่จะนำไปใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของห่วงโซ่อุปทานในการขนส่งโลจิสติกส์ จากบริษัทที่ประกอบธุรกิจประเภทขนส่งสินค้าทางทะเล บริษัทขนส่งสินค้าทางอากาศ บริษัทขนส่งสินค้าทั่วไป และ Third-party logistics จำนวน 134 บริษัท โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยันในการวิเคราะห์ตัวแปรสังเกตได้จำนวน 26 ตัวที่สัมพันธ์กัน โดยตัวแปรสังเกตได้ดังกล่าว อยู่ในตัวแปรแฝงจำนวน 3 ตัวแปร ได้แก่ ผู้ส่งให้บริการได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Service effectiveness for shippers) ประสิทธิภาพการดำเนินงานสำหรับผู้ให้บริการขนส่ง (Operations efficiency for transport logistics service providers) และผู้รับสินค้าได้รับบริการอย่างมีประสิทธิภาพ (Service effectiveness for consignees) ผลการวิจัยพบว่า เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยันสามารถยืนยันความสัมพันธ์ของตัวแปรแฝงทั้ง 3 กลุ่มได้ โดยพิจารณาจากค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานของตัวแปร และยังสร้างแบบจำลองในการประเมินประสิทธิภาพของห่วงโซ่อุปทานในการขนส่งโลจิสติกส์จากค่าสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ

จากงานวิจัยข้างต้น สรุปได้ว่า งานวิจัยที่ศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยจะใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรและเลือกใช้ประเภทของเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยที่แตกต่างกันตามที่มาของตัวแปรและจุดประสงค์ของงานวิจัย เช่น หากผู้วิจัยนำปัจจัยมาจากความคิดเห็น การทบทวนงานวิจัยแต่ไม่ทราบกลุ่มปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กัน และมีจุดประสงค์ของงานวิจัยเพื่อศึกษาความสำคัญของปัจจัยและจัดกลุ่มปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กัน ผู้วิจัยจะเลือกใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสำรวจ แต่หากผู้วิจัยนำปัจจัยมาจากการทบทวนงานวิจัยและทราบกลุ่มปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กัน และมีจุดประสงค์ของงานวิจัยเพื่อศึกษา

ความสำคัญของปัจจัยและยืนยันความสัมพันธ์ตัวแปรผู้วิจัยจะเลือกใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้คัดเลือกตัวแปรมาจากการทบทวนงานวิจัยและทราบกลุ่มปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันแล้ว ผู้วิจัยจึงเลือกใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยันเพื่อศึกษาความสำคัญของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกตัดสินใจเลือกรถไปในการขนส่งสินค้าของผู้ประกอบการและยืนยันความสัมพันธ์ของกลุ่มปัจจัย อีกทั้งยังสามารถนำค่าสัมประสิทธิ์คะแนนปัจจัยไปเป็นปัจจัยในการสร้างแบบสอบถามสถานการณ์สมมติ (SP) เพื่อนำไปพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าในลำดับต่อไป

2.6 ทฤษฎีพฤติกรรมการเลือกของบุคคล (Theories of Individual Choice Behavior)

Ben-Akiva and R.Lerman (1985) กล่าวว่า โดยทั่วไปแล้วเราจะสนใจในพฤติกรรมของคนส่วนใหญ่หรือองค์กร ที่แสดงออกมาในเทอมของคุณภาพโดยรวม เช่น อุปสงค์หรือความต้องการของตลาดสำหรับสินค้าหรือการให้บริการ สมมติว่าผู้มีอำนาจตัดสินใจในการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าเป็นผู้ที่มีเหตุผล มีความรู้ มีข้อมูลของราคาทั้งหมด และมีรายได้ ในการประกอบการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า ผู้ประกอบการจะวางแผนการขนส่งสินค้าตามรายได้ เพื่อให้ได้รับความพึงพอใจสูงสุดจากรูปแบบการขนส่งสินค้าที่เลือกใช้บริการ อย่างไรก็ตามพฤติกรรมการตัดสินใจของผู้ที่อำนาจตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า คือผลลัพธ์ของการตัดสินใจของคนส่วนใหญ่ ดังนั้น แบบจำลองจึงเป็นการพยากรณ์พฤติกรรมของคนส่วนใหญ่ที่มีความชัดเจนและมีความแน่นอน

2.6.1 กรอบแนวคิดของทฤษฎีทางเลือก (A Framework of Choice Theories)

ทางเลือกที่ใช้ในการขนส่งเป็นผลลัพธ์ที่ได้มาจากกระบวนการในการตัดสินใจ ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การระบุปัญหา (Definition of the choice problem)
2. การสร้างทางเลือก (Generation of alternatives)
3. ประเมินคุณสมบัติของแต่ละทางเลือก (Evaluation of attributes of the alternatives)
4. การเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า (Choices)
5. การดำเนินการขนส่งสินค้าตามรูปแบบที่เลือกไว้ (Implementation)

การระบุปัญหาเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากหากการระบุปัญหาผิดพลาดจะส่งผลต่อการดำเนินงานและคุณภาพในขั้นตอนต่อไปของกระบวนการตัดสินใจ การตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าจากโรงงานผู้ผลิตไปยังลูกค้าปลายทาง มีปัจจัยหลายด้านที่เกี่ยวข้อง เช่น ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและการให้บริการขนส่งที่มีอยู่ในปัจจุบันที่เป็นตัวกำหนดรูปแบบของการขนส่ง มีการสมมติให้ผู้ประกอบการทราบถึงรูปแบบการขนส่งสินค้าที่มีอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ การขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก รถไฟ และทางเรือ ขั้นตอนต่อมาเป็นกระบวนการในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งแบบจากข้อมูลหรือปัจจัยที่มี โดยสมมติให้แต่ละทางเลือกมีปัจจัยเกี่ยวข้อง ที่ประกอบด้วย เวลาที่ใช้ในการขนส่ง ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า ความสะดวกในการขนส่ง ความตรงต่อเวลา ความน่าเชื่อถือเป็นต้น จากนั้นผู้ประกอบการจะพิจารณาเลือกรูปแบบการขนส่ง และดำเนินการขนส่งสินค้าตามทางเลือกที่ได้พิจารณาแล้วว่าเป็นทางเลือกที่ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ตนเอง หน่วยงาน หรือองค์กร

2.6.2 ทฤษฎีทางเลือกที่มีความจำเพาะเจาะจง (Specific Theory of Choice)

การเลือกรูปแบบการเดินทางหรือการขนส่งนั้น มีกระบวนการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ผู้มีอำนาจในการตัดสินใจ (Decision Maker)

หน่วยของการตัดสินใจสามารถวัดได้เป็นรายบุคคลหรือหัวหน้าของกลุ่มคน เช่น หัวหน้าครอบครัว นอกจากนี้ยังมีในรูปขององค์กร เช่น บริษัท หรือหน่วยงานต่าง ๆ ของรัฐบาล โดยจะพิจารณาจากผู้มีอำนาจสูงสุดในการตัดสินใจ ผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจจะเป็นผู้ทำการเลือกทางเลือกที่ดีและเหมาะสมที่สุด ยกตัวอย่างเช่น การเลือกซื้อรถยนต์ บางครอบครัวหัวหน้าครอบครัวจะเป็นผู้ทำการตัดสินใจเลือกด้วยตนเอง อาจสืบเนื่องมาจากกระบวนการตัดสินใจของทุกคนนั้นมีความยุ่งยากและสลับซับซ้อนจนเกินไป

ทางเลือกต่าง ๆ (Alternatives)

ทางเลือกต่าง ๆ เกิดจากเซ็ตของทางเลือกทั้งหมดที่มี ถูกกำหนดขึ้นจากสิ่งแวดล้อมของผู้ตัดสินใจเลือก โดยผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจจะเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดเหมาะสมที่สุดสำหรับตนเอง คนภายในครอบครัวและภายในองค์กรจากทางเลือกทั้งหมดที่มี โดยทางเลือกทั้งหมดนี้จะถูกเรียกว่า “เซ็ตทางเลือก” เซ็ตทางเลือกจะประกอบด้วยทางเลือกอย่างน้อย 2 ทางเลือกที่เป็นไปได้และการรับรู้ในระหว่างกระบวนการตัดสินใจของผู้เลือก และความเป็นไปได้ของทางเลือกกำหนดจากค่าคงที่ต่าง ๆ ยกตัวอย่างเช่น

ความพร้อมทางกายภาพ: ความพร้อมในการใช้งานของบริการขนส่งสาธารณะระหว่างบ้านไปที่ทำงาน

ทรัพยากรทางการเงิน: อัตราค่าโดยสารของรถแท็กซี่ ซึ่งผู้ที่มีรายได้น้อยไม่สามารถเลือกเดินทางโดยรถแท๊กซี่ได้ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องตัดสินใจเดินทางด้วยรถขนส่งสาธารณะรูปแบบอื่นๆ แทนการเดินทางด้วยรถแท๊กซี่

ความพร้อมด้านเวลา: การเดินทางโดยการเดินเท้า บางทีอาจจะเป็นไปไม่ได้สำหรับผู้ที่เดินทางจากบ้านไปยังที่ทำงานด้วยระยะทางไกล ๆ เป็นประจำ

ข้อจำกัดด้านข้อมูล: การขาดความรู้หรือข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการให้บริการรถขนส่งสาธารณะ เป็นต้น

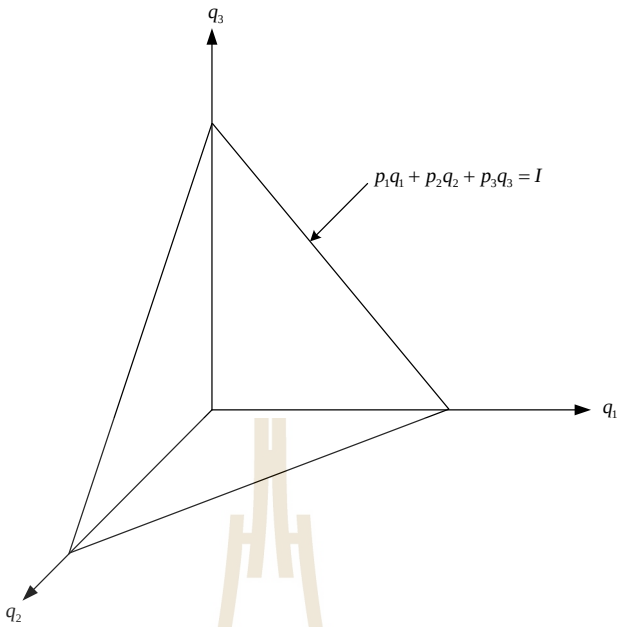
โดยทั่วไปเซ็ตทางเลือกจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) ประเภทที่ 1 คือ เซ็ตทางเลือกแบบต่อเนื่อง

พบมากในกรณีของกลุ่มสินค้าอุปโภคบริโภค ซึ่งมีพื้นฐานส่วนใหญ่มาจากการวิเคราะห์ความต้องการด้านเศรษฐศาสตร์จุลภาคของนีโอคลาสสิค (Neoclassical Microeconomic Demand Analysis) โดยมีรูปแบบจำลองหรือการคาดคะเนในระดับราคาสินค้า (Price Expectation) ราคาน้ำมันเป็นต้น ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวทำให้เกิดเป็นทฤษฎีภายในตลาดแรงงาน (Internal Labor Market) และการเพิ่มราคาสินค้าไว้ล่วงหน้า (Mark Up Pricing) หรือทฤษฎีกลไกตลาด (Price Mechanism) เช่น ชุดทางเลือกที่อาจจะมีการกำหนดเซ็ตของปริมาณที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ของนม (q_1), ขนมปัง (q_2) ,และเนย (q_3) ที่ซื้อหามาด้วยเงินทั้งหมดที่มีของครอบครัว เมื่อ p_1, p_2 และ p_3 คือ ราคาของนม ขนมปัง และเนย ตามลำดับ และ I คือ รายได้ของครอบครัว ดังแสดงในรูปที่ 2.8

2) ประเภทที่ 2 คือ เซ็ตทางเลือกแบบไม่ต่อเนื่อง

สมมติให้เรามีความสนใจที่การเลือกซื้อโทรทัศน์เพื่อมาใช้ภายในครอบครัว ซึ่งโทรทัศน์ให้เลือกทั้งหมด 3 ยี่ห้อคือ ยี่ห้อ A, B และ C โดยเราจะต้องเลือกซื้อโทรทัศน์ 1 เครื่องจากโทรทัศน์ทั้งหมด 3 ยี่ห้อ ในกรณีนี้สมมติให้ครอบครัวเราสามารถซื้อหาได้ทั้ง 3 รูปแบบ เซ็ตทางเลือกเป็นเซ็ตของจุด (Points) นั่นคือเซ็ตของจุด $\{A, B, C\}$



รูปที่ 2.8 เซ็ตทางเลือกแบบต่อเนื่อง (A Continuous Choice Set)

ที่มา: Ben-Akiva and R.Lerman (1985)

2. คุณลักษณะของทางเลือก (Alternative Attributes)

ปัจจัยต่าง ๆ ของแต่ละทางเลือก สามารถวัดค่าออกมาได้ 2 รูปแบบ คือ การวัดค่าในรูปของการเลียงลำดับ (Ordinal scale) เช่น การเดินทางด้วยรถยนต์เป็นการเดินทางที่มีความเร็วสูงที่สุด หรือการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกมีความตรงต่อเวลามากที่สุด เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถวัดค่าออกมาได้ในรูปของตัวเลข (Cardinal scale) เช่น การเดินทางด้วยรถบัสจะมีค่าใช้จ่าย 100 บาท หรือการขนส่งสินค้าทางรางมีระยะเวลาในการขนส่งสินค้าจากนครราชสีมาไปยังท่าเรือแหลมฉบัง 8 ชั่วโมงเป็นต้น ซึ่งในการกำหนดค่าของปัจจัยเดียวกัน เช่น เวลาที่ใช้ในการเดินทาง ควรมีการกำหนดค่าที่แตกต่างกันออกไป ได้แก่ การเดินทางจากบ้านไปยังที่ทำงานด้วยรถขนส่งสาธารณะจะใช้เวลาในการเดินทาง 20 นาที, 30 นาที, 40 นาที หรือ 50นาที หรือจะกำหนดให้อยู่ในรูปของพิสัยก็ได้ เช่น 10-20 นาที, 21-40 นาที, 41-60 นาที เป็นต้น เพื่อให้ผู้ตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางสามารถเลือกคำตอบที่ใกล้เคียงกับความต้องการมากที่สุด

2.6.3 พฤติกรรมการเลือกอย่างมีเหตุผล (Rational Behavior)

พฤติกรรมการเลือกอย่างมีเหตุผล (Rational Behavior) คือ การไตร่ตรองและตัดสินใจเลือกอย่างอย่างมีเหตุมีผล จากกิจกรรมพื้นฐานง่ายๆ เช่น การดื่มน้ำ การรับประทานอาหาร การซื้อสินค้า ไปจนถึงกิจกรรมสำคัญ เช่น การศึกษา การเลือกรูปแบบการเดินทางจากบ้านไป

โรงเรียน การเลือกประกอบอาชีพ หรือแม้แต่การเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าจากโรงงานไปยังผู้บริโภค ต่างก็เกิดขึ้นหลังจากการไตร่ตรองอย่างรอบคอบด้วยเหตุผลต่าง ๆ เรียบร้อยแล้ว

โดยทั่วไป "พฤติกรรมการเลือกอย่างมีเหตุผล" จะขึ้นอยู่กับความเชื่อของผู้สังเกตการณ์เกี่ยวกับผลของการตัดสินใจที่ควรจะเป็น เห็นได้ชัดเจนว่าจะมีความแตกต่างกันในแง่ของการตั้งข้อสังเกต อาจเกิดจากความเชื่อที่แตกต่างกัน และสามารถตั้งสมมติฐานได้ว่าฟังก์ชันมีความแตกต่างกันตามวัตถุประสงค์ของแต่ละคนหรือกล่าวได้ว่าแต่ละบุคคลมีกฎการตัดสินใจที่แตกต่างกันออกไป ดังนี้

กฎการตัดสินใจ (The Decision Rule)

กล่าวคือ หากทางเลือกของเรามีด้วยกัน 2 ทางเลือกหรือมากกว่า 2 ทางเลือก จำเป็นจะต้องมีกฎในการตัดสินใจ เนื่องจากเป็นการอธิบายถึงแนวกลไกภายในด้วยกระบวนการตัดสินใจเลือกจากข้อมูลและคุณลักษณะเฉพาะของทางเลือกนั้น ๆ กฎที่ใช้ในการตัดสินใจสามารถจำแนกได้เป็น 4 ประเภท (Ben-Akiva & R.Lerman, 1985) ได้แก่

การเปรียบเทียบ (Dominance)

ผู้มีอำนาจตัดสินใจจะทำการเปรียบเทียบทางเลือกต่าง ๆ จากข้อมูลที่มีอยู่ แล้วจะค่อย ๆ ตัดทางเลือกที่มีคุณสมบัติด้อยกว่าออกไปจนกระทั่งเหลือทางเลือกสุดท้ายที่ผู้ตัดสินใจคิดว่าจะก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อองค์กร แต่การเลือกโดยวิธีการเปรียบเทียบจะไม่สามารถชี้ชัดได้ว่าทางเลือกใดเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด เนื่องจากปัจจัยในแต่ละสถานการณ์มีความแตกต่างกัน จึงไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ว่าปัจจัยใดดีกว่าหรือเท่ากับสถานการณ์ทางเลือกอื่น ๆ

ความพึงพอใจ (Satisfaction)

เราสมมติให้ระดับของแต่ละปัจจัยทำหน้าที่เป็นเกณฑ์ในการชี้วัดความพึงพอใจ หรืออาจจะกำหนดให้อยู่ในรูปแบบของ “ระดับความต้องการ” หรือ “ระดับความพึงพอใจ” โดยจะขึ้นอยู่กับความคาดหวังของผู้มีอำนาจในการตัดสินใจ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบัน และประสบการณ์ของผู้ตัดสินใจ ดังนั้น ผู้ตัดสินใจจึงสามารถตัดทางเลือกที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ออกได้ และเหลือไว้เพียงทางเลือกที่จะส่งผลดีต่อตนเองหรือต่อองค์กร แต่ความพึงพอใจเพียงข้อเดียวอาจไม่สามารถทำให้ตัดสินใจเลือกได้ แต่หากนำกฎข้ออื่น ๆ เข้ามาร่วมในการตัดสินใจ เช่น นำการเปรียบเทียบ (Dominance) เข้ามาร่วมในกระบวนการตัดสินใจ จะทำให้ช่วยตัดสินใจเลือกได้มากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น ผู้บริโภคจะเปรียบเทียบผลที่ได้กับสิ่งที่คาดหวัง หากผลที่ได้ออกมาต่ำกว่าความคาดหวัง จะส่งผลทำให้เกิดความไม่พึงพอใจหรือผิดหวัง (Disappointed) หากผลที่ได้เป็นไปตามที่ผู้ตัดสินใจคาดหวังไว้ ก็จะส่งผลให้เกิดความพึงพอใจ (Satisfied) และหากผลที่ได้สูงกว่าที่คาดหวังจะส่งให้เกิดประทับใจ (Delighted) แก่ผู้ตัดสินใจต่อรูปแบบการขนส่งสินค้านั้น ๆ ทันที

กรณีของการเลือกรูปแบบการเดินทางของนายเอจากบ้านไปยังที่ทำงาน ระหว่างรถขนส่งสาธารณะและรถยนต์ส่วนบุคคล ซึ่งในแต่ละทางเลือกมีปัจจัยอยู่ด้วยกัน 2 ปัจจัย คือ เวลาที่ใช้ในการเดินทาง (Travel time) และค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (Travel cost) นายเอตัดสินใจเดินทางจากบ้านไปทำงานด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลเนื่องจากการเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลมีความสะดวกสบายที่มากกว่ารถขนส่งสาธารณะถึงแม้ว่าค่าใช้จ่ายจะสูงกกว่าก็ตาม

กฎการจัดลำดับการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า (Lexicographic rule)

ผู้มีอำนาจในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งจะทำการจัดลำดับคุณสมบัติของแต่ละทางเลือกก่อน หลังจากนั้นจะทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดก่อน ถ้าทางเลือกใดมีคะแนนสูงพอทางเลือกนั้นจะได้รับการคัดเลือก แต่ถ้าหากทางเลือกใดที่มีคะแนนไม่สูงพอก็จะนำคุณสมบัติที่มีความสำคัญรองลงมา มาทำการเปรียบเทียบ และใช้วิธีเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะเหลือทางเลือกที่ดีที่สุดเพียงทางเลือกเดียวจึงจะทำการตัดสินใจเลือกทางเลือกนั้น

อรรถประโยชน์ (Utility)

อรรถประโยชน์(Utility) เป็นทฤษฎีที่อธิบายพฤติกรรมของผู้บริโภคในการตัดสินใจเลือกบริโภคสินค้าและบริการต่าง ๆ เพื่อให้ได้รับอรรถประโยชน์ (Utility) หรือความพอใจสูงสุด ภายใต้งบประมาณที่มีอยู่ในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ จึงสามารถอธิบายภายใต้ข้อสมมติที่ว่าผู้บริโภคมีการบริโภคสินค้าหรือเลือกรูปแบบการบริการแต่ละรูปแบบในเวลาที่ต่อเนื่องกัน และการบริโภคสินค้าแต่ละชนิดเป็นอิสระต่อกัน ในทางเศรษฐศาสตร์ถือว่าสินค้าหรือบริการทุกชนิดก่อให้เกิดอรรถประโยชน์ โดยจะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล ซึ่งอรรถประโยชน์จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับความต้องการสินค้าหรือบริการ

อรรถประโยชน์ (Utility) หมายถึง ความพึงพอใจที่บุคคลได้รับจากการบริโภคสินค้าหรือบริการชนิดใดชนิดหนึ่ง ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง ในทางเศรษฐศาสตร์ถือว่าสินค้าหรือบริการทุกชนิดก่อให้เกิดอรรถประโยชน์ ซึ่งจะแตกต่างกันในแต่ละบุคคล หมายความว่าสินค้าหรือบริการชนิดเดียวกันและจำนวนเท่ากันอาจให้อรรถประโยชน์แตกต่างกันสำหรับผู้บริโภคแต่ละคน โดยแนวคิดด้านอรรถประโยชน์จะช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับอุปสงค์ (Demand) ของผู้บริโภคได้ นอกจากนี้ในทางเศรษฐศาสตร์ยังได้นำอรรถประโยชน์มาใช้เป็นหลักการพิจารณาว่ารัฐบาลควรจะเข้าไปแทรกแซงเศรษฐกิจมากน้อยเพียงใด หรือการปล่อยให้ปัจเจกบุคคล มีอิสระในการตัดสินใจในทางเศรษฐกิจมากน้อยเพียงใด ซึ่งเป็นหลักการที่จะวัดการทำงานของระบบเศรษฐกิจ โดยคำนึงถึงสวัสดิการของสังคมเป็นหลัก ตามแนวคิดที่เรียกว่า อรรถประโยชน์นิยม (Utilitarianism) ในพจนานุกรมศัพท์รัฐศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน อธิบายว่าเป็นปรัชญาเกี่ยวกับวิถีชีวิตของมนุษย์ที่ให้ความสำคัญแก่การคิดตามหลักเหตุผลของปัจเจกบุคคล โดยมองว่าหัวใจของการคงอยู่ของมนุษย์ คือการที่ปัจเจกบุคคลมีแรงจูงใจตามตรรกะที่มุ่งประโยชน์ส่วนตนในการแสวงหา

ความสุข ความสะดวกสบาย และหลีกเลี่ยงความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดการเจ็บปวดความทุกข์ ตามหลักคิดนี้สังคมจึงเป็นเพียงกลุ่มคนที่พยายามใช้ประโยชน์จากสิ่งที่ตนมีอยู่ให้มากที่สุด โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างกันเพื่อเป้าหมายนั้น (Bentham, 1907) ได้สร้างคำขวัญที่ว่า “ความสุขสูงสุดของคนจำนวนมากที่สุด” (The greatest happiness of the greatest number) ซึ่งแสดงถึง หลักคิดทางศีลธรรมการเมืองและสังคมว่า จุดมุ่งหมายและกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ในสังคมจะต้องก่อให้เกิดความสุขมากที่สุดแก่ผู้คนจำนวนมากที่สุด ทั้งนี้ การวิจัยทางด้านการขนส่งก็ได้นำเทคนิคการวิเคราะห์อรรถประโยชน์มาใช้เช่นกัน ที่นิยมใช้มากที่สุดทางด้านการขนส่งคือ Stated Preference Analysis เรียกได้อีกอย่างว่า Direct Utility Assessment หรือ Functional Analysis ส่วนใหญ่นิยมใช้ศึกษาการตัดสินใจในการเดินทาง เช่น การเลือกรูปแบบการเดินทาง และการเลือกเส้นทางที่ใช้ในการเดินทาง เป็นต้น โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการวัดอรรถประโยชน์จะกล่าวถึงในลำดับต่อไป

2.7 ทฤษฎีอรรถประโยชน์ (Utility Theory)

ในศตวรรษที่ 19 ได้มีการสร้างทฤษฎีเพื่อใช้ในการอธิบายพฤติกรรมของผู้บริโภค ซึ่งมีพื้นฐานการคิดมาจากพฤติกรรมการตัดสินใจของคน (Individual Behavior) ภายใต้ข้อสมมติที่ว่าผู้บริโภคจะได้รับความพึงพอใจหรืออรรถประโยชน์สูงที่สุดจากการบริโภคสินค้านั้น ๆ โดยศึกษาจากความสัมพันธ์ระหว่างอรรถประโยชน์กับปัจจัยหรือตัวแปรที่ก่อให้เกิดอรรถประโยชน์ นักเศรษฐศาสตร์หรือนักการตลาดเรียกความสัมพันธ์นี้ว่า ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ (Utility Function) การศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคสามารถทำการวิเคราะห์โดยการวัดอรรถประโยชน์ออกมาเป็นหน่วยนับ (Cardinal Utility) และ การเรียงลำดับอรรถประโยชน์ (Ordinal Utility) ดังนี้

2.7.1 การวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภคด้วยการวัดอรรถประโยชน์เป็นหน่วยนับ (Cardinal Utility)

อรรถประโยชน์เชิงนับ (Cardinal Utility) คือ ความพอใจที่ถูกกำหนดออกมาในรูปแบบของหน่วยนับ สามารถนำมารวมกันเพื่อหาระดับความพอใจรวมได้ ซึ่งถูกคิดค้นขึ้นเมื่อศตวรรษที่ 20 และต่อมาได้มีการประยุกต์เพื่อนำมาใช้อธิบายการวิเคราะห์ทฤษฎีพื้นฐานของ Logistic Regression ในรูปแบบของฟังก์ชันอรรถประโยชน์ (Utility Function) เพื่ออธิบายถึงความน่าจะเป็นในการเลือกรูปแบบทางเลือกต่าง ๆ ตามฟังก์ชันอรรถประโยชน์ที่ได้จากการวิเคราะห์

การวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภคด้วยการวัดอรรถประโยชน์เป็นหน่วยนับ (Cardinal Utility) มีข้อสมมติฐานในการวิเคราะห์ดังนี้

1. ผู้บริโภคเป็นผู้มีเหตุมีผล (Rationality) นั่นคือมุ่งแสวงหาอรรถประโยชน์สูงสุดในการบริโภคบนรายได้ที่จำกัด

2. อรรถประโยชน์ของสินค้าหรือบริการสามารถวัดออกมาในหน่วยนับได้ (Cardinal Utility) นั่นคือ เมื่อผู้บริโภคได้บริโภคสินค้าหรือได้รับการบริการตามความต้องการแล้ว ผู้บริโภคสามารถวัดค่าความพึงพอใจที่ได้รับจากการบริโภคสินค้า ออกมาเป็นหน่วยนับที่เรียกว่า “ยูทิล” (Util)

3. อรรถประโยชน์ส่วนเพิ่มของเงินคงที่ (Constant marginal Utility of money) นั่นคือถ้าใช้หน่วยของเงินเป็นมาตรวัดอรรถประโยชน์แล้ว อรรถประโยชน์ส่วนเพิ่มจะมีค่าคงที่

4. อรรถประโยชน์รวม (Total Utility: TU) คือ ผลรวมของอรรถประโยชน์จากการบริโภคสินค้าแต่ละชนิด ขึ้นอยู่กับจำนวนและชนิดของสินค้า โดยอรรถประโยชน์รวมจะเป็นอิสระต่อกัน (Independent) และฟังก์ชันอรรถประโยชน์รวมของกลุ่มสินค้าหรือบริการสามารถบวกเพิ่มเข้าไปในฟังก์ชันได้ (Additive Utility) ดังนั้น อรรถประโยชน์รวมจากการบริโภคสินค้าทั้งหมดจะเท่ากับผลรวมของการบริโภคสินค้าแต่ละชนิด โดยฟังก์ชันอรรถประโยชน์รวมสามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$U = U_1(X_1) + U_2(X_2) + U_3(X_3) + ... + U_n(X_n) \tag{2.1}$$

เมื่อ U คือ อรรถประโยชน์รวมที่ได้รับจากการบริโภคสินค้า $X_1, X_2, X_3, ..., X_n$

$U_i(X_i)$ คือ อรรถประโยชน์รวมของสินค้าชนิดที่ i ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณของสินค้าชนิดที่ i เมื่อ $i = X_1, X_2, X_3, ..., X_n$

ทั้งนี้ผู้บริโภคมีความรู้เป็นอย่างดีเกี่ยวกับข้อมูลของราคาสินค้าและบริการทั้งหมดที่จะใช้ประกอบการตัดสินใจใช้บริการ ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ที่แสดงถึงความพึงพอใจที่ผู้บริโภคได้รับจากการบริโภคสินค้าหรือบริการต่าง ๆ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ทางตรง (Direct Utility Function) และฟังก์ชันอรรถประโยชน์ทางอ้อม (Indirect Utility Function) ดังนี้

2.7.1.1 ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ทางตรง (Direct Utility Function)

เมื่อผู้บริโภคได้รับสินค้าหรือบริการตามความต้องการ และสามารถวัดความพึงพอใจที่ได้รับออกมาเป็นหน่วยนับหรือยูทิล (Utils)ได้ โดยอรรถประโยชน์รวม (Total Utility: TU) คือ ผลรวมของอรรถประโยชน์ที่ผู้บริโภคได้รับจากการบริโภคสินค้าหรือบริการชนิดหนึ่งตั้งแต่หน่วยแรกจนถึงหน่วยสุดท้าย สามารถแสดงในรูปสมการได้ดังนี้

$$U = U\left(X_1, X_2, ..., X_n\right) \tag{2.2}$$

โดยที่ U คือ อรรถประโยชน์รวมที่ผู้บริโภคได้รับจากสินค้าหรือบริการ $X_1, X_2, ..., X_n$

$X_1, X_2, ..., X_n$ คือ ปริมาณสินค้า $X_1, X_2, ..., X_n$

หากค่าของฟังก์ชันอรรถประโยชน์รวมเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากมีการบริโภคสินค้าเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 หน่วย จะเรียกว่าอรรถประโยชน์นี้ว่า อรรถประโยชน์ส่วนเพิ่ม (Marginal Utility: MU) โดยอรรถประโยชน์ส่วนเพิ่มหาได้จากอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงอรรถประโยชน์รวมกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสินค้า โดยเขียนสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$MU = \frac{\Delta TU}{\Delta Q} \text{ หรือ } MU = TU_n - TU_{n-1} \tag{2.3}$$

2.7.1.2 ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ทางอ้อม (Indirect Utility Function)

เนื่องจากการวัดค่าความพึงพอใจที่ขึ้นอยู่กับปริมาณสินค้าที่ใช้บริโภคเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก จึงมีการวัดค่าความพึงพอใจโดยใช้ระดับรายได้และราคาเป็นตัวกำหนด ซึ่งสามารถสังเกตและคิดคำนวณได้ง่ายกว่า

ระดับรายได้และราคาเป็นตัวกำหนดที่สำคัญของการบริโภคสินค้า เนื่องจากผู้บริโภคจะไม่สามารถบริโภคสินค้าได้ หากไม่มีรายได้หรือรายได้ที่มีไม่พอที่จะจ่ายเพื่อให้ได้สินค้านั้นมาครอบครอง หรือกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า เมื่อระดับราคาสินค้าสูงเกินไปหรือสินค้ามีราคาแพงเกินไปจะมีผลต่ออุปสงค์ของผู้บริโภคสินค้านั้น

ดังนั้น ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ทางอ้อม (Indirect Utility Function) จึงหมายถึง ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ที่ราคาของสินค้าและบริการรวมถึงรายได้ของผู้บริโภคมีอิทธิพลโดยตรงต่อปริมาณสินค้าที่บริโภค และมีผลกระทบทางอ้อมกับอรรถประโยชน์ที่ผู้บริโภคได้รับจากสินค้าและบริการนั้น

ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ทางอ้อมแสดงให้เห็นว่าระดับอรรถประโยชน์หรือความพึงพอใจขึ้นอยู่กับราคาสินค้า (P) และรายได้ (I) ซึ่งมีรูปแบบสมการดังนี้

$$V = V\left(P_{X_1}, P_{X_2}, ..., P_{X_n}, I\right) \tag{2.4}$$

เมื่อ V คือ ดัชนีแสดงระดับความพอใจของผู้บริโภค

I คือ รายได้ของผู้บริโภค

$P_{X_1}, P_{X_2}, ..., P_{X_n}$ คือ ราคาสินค้า $x_1, x_2, ..., x_n$

1. ดุลยภาพของผู้บริโภค (Consumer's Equilibrium)

คือ ภาวะที่ผู้บริโภคได้รับอรรถประโยชน์หรือความพึงพอใจสูงสุดจากการบริโภคสินค้าและบริการ บนพื้นฐานของรายได้ที่มีอยู่อย่างจำกัด ดุลภาพของผู้บริโภคแบ่งออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีบริโภคสินค้าชนิดเดียว และ กรณีบริโภคสินค้าหลายชนิด โดยรายละเอียดของแต่ละกรณีจะอธิบายในลำดับต่อไปดังนี้

2. กรณีบริโภคสินค้าชนิดเดียว

กรณีที่ผู้บริโภคต้องการซื้อสินค้าหรือบริการเพียงชนิดเดียว ด้วยเงินที่มีอยู่อย่างจำกัด โดยทุก ๆ หน่วยของสินค้าหรือบริการที่ซื้อมีราคาเท่ากัน เพื่อให้ได้รับความพอใจสูงสุด สมมติให้ผู้บริโภคซื้อสินค้าเพียงชนิดเดียว คือ สินค้า X ฟังก์ชันอรรถประโยชน์รวมของสินค้า X จะมีค่าเท่ากับ

$$U = U(X) \tag{2.5}$$

หากสมมติว่าอรรถประโยชน์ส่วนเพิ่มของเงิน 1 บาท เท่ากับ 1 ยูทิล ถ้าผู้บริโภคซื้อสินค้า X จำนวน X หน่วย สามารถคำนวณค่าใช้จ่ายในการซื้อสินค้า X ได้เท่ากับ $P_x \cdot X$ บาท ดังนั้น การจ่ายเงินซื้อสินค้า X จะสูญเสียความพึงพอใจเท่ากับ $P_x \cdot X$

ดังนั้น ความแตกต่างระหว่างอรรถประโยชน์ที่ได้รับจากสินค้าและอรรถประโยชน์ของเงินที่ต้องจ่าย (B) เท่ากับ

$$B = U(X) - P_x \cdot X \tag{2.6}$$

นั่นคือ

$$MU_X = P_X \tag{2.7}$$

กล่าวได้ว่า ทุก ๆ ครั้งที่จ่ายเงินซื้อสินค้าหรือบริการแต่ละหน่วย ผู้บริโภคจะเปรียบเทียบอรรถประโยชน์ส่วนเพิ่มของสินค้าและอรรถประโยชน์ส่วนเพิ่มของเงิน นั่นคือ ราคาที่ผู้บริโภคยินดีจ่ายเพื่อให้ได้มาซึ่งสินค้าหรือบริการ โดยทำให้ผู้บริโภคได้รับอรรถประโยชน์สูงสุดเมื่ออรรถประโยชน์ส่วนเพิ่มของสินค้าเท่ากับราคาต่อหน่วยของสินค้านั้น ๆ

3. กรณีบริโภคสินค้าหลายชนิด

กรณีนี้สมมติให้ผู้บริโภคซื้อสินค้า n ชนิด โดยสินค้าแต่ละชนิดมีราคาที่แตกต่างกัน ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ของผู้บริโภครายนี้ คือ

$$U = U(X, Y, Z, ..., n) \tag{2.8}$$

เมื่อรายได้หรืองบประมาณของผู้บริโภค คือ

$$I = P_X \cdot X + P_Y \cdot Y + ... + P_n \cdot n \tag{2.9}$$

ดังนั้น ผู้บริโภคจะได้รับความพึงพอใจสูงสุด จากรายได้ที่มีอยู่อย่างจำกัด โดยใช้วิธีของ Lagrangian Multiplier Method

$$Z = U(X, Y, Z, ..., n) + \lambda(I - P_X \cdot X - P_Y \cdot Y - ... - P_n \cdot n) \tag{2.10}$$

อรรถประโยชน์สูงสุดของปริมาณสินค้า $X, Y, ..., n$ และ λ ขึ้นอยู่กับ ราคาสินค้า $P_X, P_Y, ..., P_n$ และ รายได้ I นั่นคือ

$$\begin{aligned} X &= X(P_X, P_Y, ..., P_n, I) \\ Y &= Y(P_X, P_Y, ..., P_n, I) \\ &\vdots \qquad\qquad \vdots \\ n &= n(P_X, P_Y, ..., P_n, I) \\ \lambda &= \lambda(P_X, P_Y, ..., P_n, I) \end{aligned} \tag{2.11}$$

เมื่อ λ คือ อรรถประโยชน์ส่วนเพิ่มของเงินหนึ่งหน่วยสุดท้าย

ถ้าให้

MU_M คือ อรรถประโยชน์ส่วนเพิ่มของเงิน

P_M คือ ราคาต่อหน่วยของเงิน

จะได้ว่า

$$\lambda = \frac{MU_M}{P_M} \tag{2.12}$$

- **จุดอ่อนของการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภคแบบหน่วยนับ (Cardinal Utility) ได้แก่**

1) ไม่มีผู้บริโภคคนใดวัดความพึงพอใจที่ได้รับจากสินค้าหรือบริการด้วยหน่วยนับ

2) อรรถประโยชน์ส่วนเพิ่มของเงินจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีรายได้สูงขึ้น

3) สมมติฐานที่ว่าอรรถประโยชน์ส่วนเพิ่มของสินค้า (Diminishing Marginal Utility) จะลดลงนั้น อาจจะไม่เป็นความจริงเสมอไป เพราะสินค้าบางอย่างบางรายการ เช่น ทองคำ เพชร หรือสินแร่บางชนิดจะมีอรรถประโยชน์ของสินค้าเพิ่มขึ้นหลังจากที่ผู้บริโภคได้ครอบครองสินค้าดังกล่าวแล้ว

4) จากสมมติฐานที่ว่าอรรถประโยชน์รวมของสินค้าเป็นอิสระต่อกัน (Independent) และสามารถบวกเพิ่ม (Additivity) เข้าไปได้ และอรรถประโยชน์ส่วนเพิ่มของสินค้าลดลง (Diminishing marginal Utility) ไม่เป็นจริงเสมอไป โดยลองสมมติให้ฟังก์ชันอรรถประโยชน์รวมจากการบริโภคสินค้า X และสินค้า Y คือ

$$U = XY \tag{2.13}$$

ดังนั้น

$$MU_X = \frac{\partial U}{\partial X} = Y \tag{2.14}$$

$$MU_Y = \frac{\partial U}{\partial Y} = X \qquad (2.15)$$

จากสมการข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ไม่เป็นไปตามข้อสมมติฐานของ Cardinal Utility เนื่องจากมีลักษณะที่ขึ้นตรงต่อกัน (Dependent) ไม่อยู่ในรูปของการบวก (Non-additivity) และอรรถประโยชน์ส่วนเพิ่มคงที่ (Constant Marginal Utility)

เนื่องจากการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภคด้วยการวัดอรรถประโยชน์นั้นมีจุดอ่อนหลายประการจากที่กล่าวมาข้างต้น จึงได้มีการพัฒนาการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภคด้วยการเรียงลำดับอรรถประโยชน์โดยจะกล่าวถึงในลำดับต่อไป

2.7.2 การวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภคด้วยการเรียงลำดับอรรถประโยชน์ (Ordinal Utility)

คำนิยาม อรรถประโยชน์เชิงอันดับ (Ordinal Utility) คือ ความพอใจที่สามารถจัดอันดับเปรียบเทียบความมากหรือน้อยได้ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า ผู้บริโภคสามารถกำหนดความพอใจของทางเลือกแต่ละทางเลือกได้ในรูปแบบของการจัดลำดับมากน้อยของทางเลือกนั้น ๆ ได้

การวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภคด้วยการเรียงลำดับอรรถประโยชน์ (Ordinal Utility) มีข้อสมมติฐานในการวิเคราะห์ ดังนี้

1. ความมีเหตุมีผล (Rationality) นั่นคือ ผู้บริโภคมุ่งแสวงหาอรรถประโยชน์สูงสุด บนพื้นฐานความรู้ความเชี่ยวชาญด้านข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

2. ผู้บริโภคสามารถเรียงลำดับมากกว่า น้อยกว่า หรือเท่ากันของอรรถประโยชน์ที่ได้รับจากสินค้าได้ ซึ่งเรียกว่า “Completeness”

3. อรรถประโยชน์รวมของผู้บริโภคขึ้นอยู่กับปริมาณสินค้าที่บริโภค

4. ความพอใจของผู้บริโภคมีความมั่นคงหรือคงเส้นคงวา (Consistency) หมายความว่า ในช่วงเวลาหนึ่งผู้บริโภคได้เรียงลำดับความพึงพอใจของสินค้า 2 กลุ่มระหว่างกลุ่ม A และกลุ่ม B ผลของการเรียงลำดับความพึงพอใจ คือผู้บริโภคชอบสินค้ากลุ่ม A มากกว่าสินค้ากลุ่ม B ดังนั้นผู้บริโภคจะไม่กลับมาชอบสินค้ากลุ่ม B มากกว่ากลุ่ม A ในช่วงเวลาดังกล่าวนี้แน่นอน

5. อัตราการทดแทนกันของสินค้ามีลักษณะลดลง (Diminishing marginal rate of substitution) แสดงว่าเส้นของความพึงพอใจเท่ากัน (Indifference Curve: IC) จะมีลักษณะโค้งเข้าหาจุดกำเนิดหรือแกน X (Convex to the origin) ดังแสดงในรูปที่ 2.10

- **ความชอบของผู้บริโภค การเปรียบเทียบความชอบหรือพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกลุ่มสินค้าต่าง ๆ ที่บริโภค มีสมมติฐานดังนี้**

1. ผู้บริโภคสามารถเปรียบเทียบกลุ่มสินค้าที่มีทั้งหมดได้ว่าชอบสินค้ากลุ่มใดมากหรือน้อยกว่ากลุ่มใด

2. ความพึงพอใจสามารถถ่ายทอดได้ (Transitivity) หมายความว่า ถ้าผู้บริโภคมีความพึงพอใจในรูปแบบการขนส่งสินค้ากลุ่ม A มากกว่ารูปแบบการขนส่งสินค้ากลุ่ม B และพึงพอใจในรูปแบบการขนส่งสินค้ากลุ่ม B มากกว่ารูปแบบการขนส่งสินค้ากลุ่ม C แสดงว่า ผู้บริโภคย่อมมีความพึงพอใจในรูปแบบการขนส่งสินค้ากลุ่ม A มากกว่ารูปแบบการขนส่งสินค้ากลุ่ม C

3. กลุ่มสินค้าที่มีจำนวนมากย่อมทำให้ผู้บริโภคพึงพอใจมากกว่ากลุ่มสินค้าที่มีจำนวนน้อย

สมมติว่ามีการให้บริการขนส่งสินค้าอยู่ 2 ประเภท คือ การบริการขนส่งสินค้าทางราง (X) และทางถนน (Y) สามารถจัดเป็นกลุ่มของการให้บริการได้ 6 กลุ่มทางเลือก ดังแสดงในตารางที่ 2.7 และรูปที่ 2.9 จากรูปที่ 2.9 แสดงให้เห็นว่า ผู้บริโภคมีความพึงพอใจกลุ่มสินค้าที่มีจำนวนมาก มากกว่ากลุ่มสินค้าที่มีจำนวนน้อย จึงสามารถสรุปได้ว่าผู้บริโภคมีความพึงพอใจกลุ่มบริการขนส่งสินค้ากลุ่ม A มากว่ากลุ่ม G และมีความพึงพอใจกลุ่มบริการขนส่งสินค้า E มากกว่ากลุ่ม A แต่จากการเปรียบเทียบความพึงพอใจกลุ่มบริการขนส่งสินค้าระหว่างกลุ่ม A กับกลุ่ม B, H และ D ยังไม่สามารถสรุปได้จนกว่าจะมีข้อมูลเพิ่มเติม จากรูปที่ 2.10 สมมติให้ผู้บริโภคมีข้อมูลของกลุ่มบริการขนส่งสินค้าทุกกลุ่มเพิ่มเติมว่า กลุ่มบริการขนส่งสินค้า A B และ D มีความถี่ในการขนส่งสินค้าต่อวันไม่เท่ากันแต่ผู้บริโภคให้ความพึงพอใจต่อกลุ่มการขนส่งสินค้าทั้ง 3 กลุ่มเท่ากัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ U_1

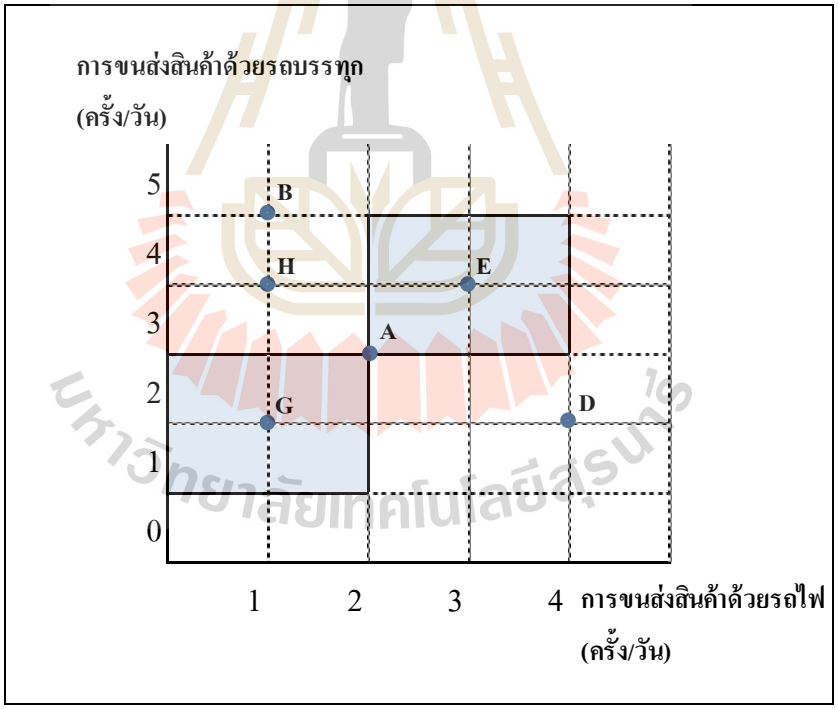
ดังนั้น กลุ่มบริการขนส่งสินค้า A B และ D จึงอยู่บนเส้นความพึงพอใจเส้นเดียวกัน (U_1) แสดงว่า ผู้บริโภคให้ความพึงพอใจต่อกลุ่มบริการขนส่งสินค้าไม่แตกต่างกัน เมื่อลากเส้นที่แสดงปัจจัยต่าง ๆ ของรูปแบบการขนส่งสินค้าทั้ง 2 ประเภทที่ให้ความพึงพอใจเท่ากันจึงได้เส้นความพอใจเท่ากัน (Indifference Curve: IC) โดยสามารถสรุปได้เพิ่มเติมว่า กลุ่มบริการขนส่งสินค้า A ให้ความพึงพอใจมากกว่ากลุ่ม H และ G เนื่องจาก H และ G อยู่ใต้เส้น IC_1

1. กลุ่มบริการขนส่งสินค้า A ให้ความพึงพอใจเท่ากับกลุ่ม B และ D เนื่องจากอยู่บนเส้น IC_1 เหมือนกัน

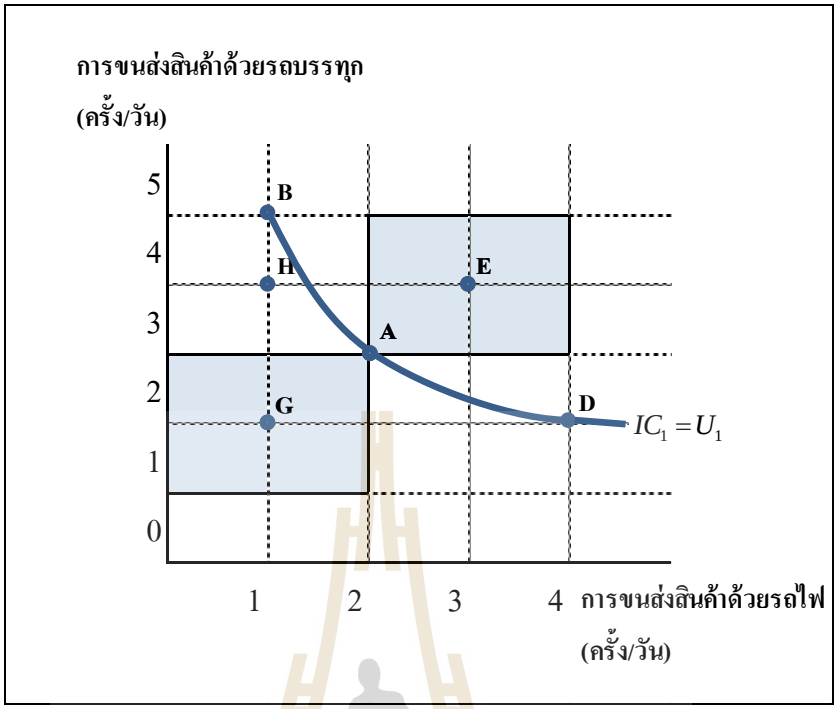
2. กลุ่มบริการขนส่งสินค้า A ให้ความพึงพอใจน้อยกว่ากลุ่ม E

ตารางที่ 2.7 กลุ่มบริการขนส่งสินค้าทางรางและทางถนน

กลุ่มบริการ ขนส่งสินค้า	การขนส่งทางราง (X) (ครั้ง/วัน)	การขนส่งทางถนน (Y) (ครั้ง/วัน)
A	2	3
B	1	5
D	4	2
E	3	4
G	1	2
H	1	4



รูปที่ 2.9 ระดับความพึงพอใจของบุคคล



รูปที่ 2.10 เส้นความพึงพอใจเท่ากัน

2.7.3 ประเภทของทฤษฎีอรรถประโยชน์

แบบจำลองการเลือกรูปแบบด้วยทฤษฎีอรรถประโยชน์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทตามลักษณะของค่าอรรถประโยชน์ ได้แก่

2.7.3.1 Deterministic Utility Model

เป็นแบบจำลองการเดินทางที่ผู้เดินทางแต่ละคนทราบว่ามีวิธีการเดินทางแบบใดและมียานพาหนะประเภทใดให้เลือกบ้าง นั่นคือ สามารถกำหนดค่าความพอใจได้อย่างชัดเจน มีเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจที่แน่นอน ผู้เดินทางจะประค่าความพอใจของการเดินทางด้วยยานพาหนะต่าง ๆ ได้จากข้อมูลและข้อจำกัดที่มี แล้วใช้กฎการตัดสินใจ (Decision Rule) ในการเลือกยานพาหนะในการเดินทางที่ก่อให้เกิดความพึงพอใจสูงสุด นิยามของฟังชันอรรถประโยชน์สามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการได้ดังนี้

$$U = F(\theta_k, X_k) \tag{2.16}$$

โดยมีรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์แบบเส้นตรง คือ

$$U = \sum_{k=1}^{K} \theta_k X_k \qquad (2.17)$$

เมื่อ U คือ อรรถประโยชน์ของการเดินทางด้วยยานพาหนะใด ๆ

θ_k คือ ค่าพารามิเตอร์ของปัจจัยตัวที่ k

X_k คือ ปัจจัยตัวที่ k

k คือ อันดับที่ $1, 2, 3, ..., K$

K คือ จำนวนของปัจจัยทั้งหมดที่นำมาพิจารณอรรถประโยชน์

ทั้งนี้แบบจำลอง Deterministic Utility มีข้อจำกัดอยู่หลายประการ คือ ตัวแปรบางตัวอาจจะกำหนดลงไปในแบบจำลองได้ยาก เช่น ความสะดวกสบาย ความปลอดภัย เป็นต้น สามารถอธิบายได้เพียงแค่เลือกกับไม่เลือกอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น แบบจำลองจึงมีค่าไม่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงเมื่อเทียบกับแบบจำลองอื่นที่สามารถอธิบายถึงโอกาสในการเลือกได้ ดังจะกล่าวในลำดับต่อไป

2.7.3.2 Stochastic Utility Model

ทฤษฎีอรรถประโยชน์แบบสุ่มนี้สร้างขึ้นโดยอาศัยหลักความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่คนจะเลือกยานพาหนะใด ๆ ในการเดินทางหรือขนส่ง โดยมีสมมติฐานที่ว่า ผู้เดินทางไม่สามารถรับรู้ค่าความพึงพอใจได้ชัดเจนและแน่นอน (U_{in}) ซึ่งค่าความพึงพอใจสามารถวัดออกมาได้ 2 ส่วน คือ 1) ค่าสามารถกำหนดค่าได้ชัดเจนและรับรู้ได้แน่นอน (Systematic Component: V_{in}) 2) ค่าเชิงสุ่มหรือค่าที่ไม่สามารถวัดได้แน่นอนและแปรเปลี่ยนไปตามรสนิยมส่วนบุคคล(Random Component: ε_{in}) โดยอรรถประโยชน์ทั้ง 2 ส่วนนี้เป็นส่วนที่ทำให้เกิดการตัดสินใจเลือกในสิ่งที่ดูเหมือนจะให้อรรถประโยชน์สูงที่สุด สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการแสดงความสัมพันธ์ ได้ดังนี้

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \qquad (2.18)$$

โดยที่ U_{in} คือ อรรถประโยชน์ที่ผู้ใช้บริการคนที่ n ขนส่งสินค้าด้วยยานพาหนะ i

V_{in} คือ ส่วนประกอบของตัวแปรอิสระที่วัดค่าได้ของผู้ใช้บริการคนที่ n เลือกยานพาหนะ i ในการขนส่งสินค้า สามารถวัดความพึงพอใจได้ชัดเจนและรับรู้ได้แน่นอน

ε_{in} คือ ค่าเชิงสุ่มหรือค่าคลาดเคลื่อนที่ไม่สามารถวัดได้แน่นอน (Random Utility)

ความพึงพอใจที่ผู้ใช้บริการได้รับตามลักษณะของบริการที่ได้รับจากการใช้บริการมักจะถูกกำหนดให้เป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง ดังนี้

$$V_{in} = \sum \beta_k X_{ink} \tag{2.19}$$

โดยที่ β_k คือ ค่าพารามิเตอร์ที่แสดงถึงอิทธิพลของปัจจัยตัวที่ k ที่มีต่อระดับความพึงพอใจ ในที่นี้สมมติว่าค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละปัจจัยไม่แปรเปลี่ยนไปตามทางเลือกหรือผู้ใช้บริการ แต่ในทางปฏิบัติค่าสัมประสิทธิ์ในแต่ละทางเลือกอาจแตกต่างกันได้ ขึ้นอยู่กับสมมติฐานพฤติกรรมของผู้เลือกใช้บริการ

X_{ink} คือ ปัจจัยตัวที่ k ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อความพึงพอใจที่ผู้ใช้บริการคนที่ n จะได้รับจากรูปแบบของการให้บริการ i โดยจะรวมถึงตัวแปรที่สะท้อนคุณลักษณะและคุณภาพของบริการที่ผู้ใช้บริการคนที่ n จะได้จากการใช้บริการด้วยรูปแบบการให้บริการ I เช่น เวลาที่ใช้ในการขนส่ง ค่าขนส่ง ค่าโดยสาร รายได้ เป็นต้น

ส่วนความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นกับการวัดความพึงพอใจนั้น มีสาเหตุมาจากความผันแปรในค่านิยมของผู้ใช้บริการและความผิดพลาดในการวัด รวมถึงความไม่สมบูรณ์ของข้อมูลที่ผู้ทำการสำรวจได้รับ ทำให้ไม่สามารถระบุได้แน่นอนว่าสิ่งใดให้อรรถประโยชน์สูงสุด แต่สามารถระบุได้ในรูปแบบของความน่าจะเป็น

เนื่องจาก ความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่คนใด ๆ (n) จะเลือกเดินทางด้วยยานพาหนะใด (i) จะขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นที่อรรถประโยชน์ของคนที่ n จะเลือกเดินทางด้วยยานพาหนะ i มากกว่ายานพาหนะ j จึงเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ว่า

$$U_{in} \geq U_{jn} \quad \text{เมื่อ} \quad \forall j \in M_n, j \neq i \tag{2.20}$$

เมื่อแทนความสัมพันธ์ของสมการที่ 2.18 ลงในสมการที่ 2.20 จะได้ว่า คนเลือกรูปแบบการเดินทางด้วยยานพาหนะทางเลือก i มากกว่ายานพาหนะ j ดังนี้

$$V_{in} - V_{jn} > \varepsilon_{jn} - \varepsilon_{in} \qquad \text{เมื่อ} \quad \forall j \in M_n, j \neq i \tag{2.21}$$

ทั้งนี้ตัวแปร ε_{in} และ ε_{jn} ถูกสมมติว่า ค่าคลาดเคลื่อนของสมการฟังก์ชันอรรถประโยชน์มีการแจกแจงแบบกัมเบลเหมือนกันและเป็นอิสระต่อกัน (Independently and Identically Distribution)

U_{in} เป็นตัวแปรที่มีค่าไม่แน่นอน (Random Variable) จึงไม่อาจชี้ชัดได้ว่าจะเกิดขึ้นแน่นอนเมื่อใด ด้วยเหตุนี้จึงต้องวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้ใช้บริการด้วยค่าความน่าจะเป็น (Probability) แทน กล่าวคือความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการ n จะเลือกเดินทางด้วยรูปแบบการเดินทาง i จากกลุ่มทางเลือก M_n สามารถวัดค่าได้ดังนี้

$$\mathrm{P}_n(i) = P\left(U_{in} \geq U_{jn}\right) \quad \text{เมื่อ} \quad \forall j \in M_n, j \neq i \tag{2.22}$$

โดยที่ U_{in} , U_{jn} คือ อรรถประโยชน์ของคนที่ n มีให้กับยานพาหนะ i และ j ตามลำดับ

M_n คือ กลุ่มทางเลือกที่ผู้ใช้บริการคนที่ n ได้พิจารณา

ดังนั้น ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการคนที่ n จะเลือกเดินทางด้วยทางเลือก i สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$P_n(i) = \mathrm{Prob}\left(V_{in} + \varepsilon_{in} \geq V_{jn} + \varepsilon_{jn}\right) \qquad \text{เมื่อ} \qquad \forall j \in M_n, j \neq i \tag{2.23}$$

ฉะนั้นจะได้ว่า

$$P_n(i) = \mathrm{Prob}\left(V_{in} - V_{jn} \geq \varepsilon_{jn} - \varepsilon_{in}\right) \qquad \text{เมื่อ} \qquad \forall j \in M_n, j \neq i \tag{2.24}$$

เมื่อ $P_n(i)$ คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการ n เลือกตัวเลือก i

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปแบบฟังก์ชันของความน่าจะเป็นในสมการที่ 2.24 จะขึ้นอยู่กับสมมติฐานการกระจายของตัวของตัวแปร ε_{in} และ ε_{jn} เพราะโดยทั่วไปความไม่แน่นอนต่าง ๆ สามารถอธิบายได้โดยใช้การกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ในกรณีนี้ ถ้า ε_{in} และ ε_{jn} มีการกระจายตัวแบบปกติจะได้แบบจำลอง “Probit” แต่ถ้า ε_{in} และ ε_{jn} ของแต่ละทางเลือกมีการกระจายตัวแบบกัมเบล (Gumbel Type I Distribution) จะทำให้ได้แบบจำลอง “Logit” ทั้งนี้แบบจำลองที่ใช้ค่าอรรถประโยชน์ในการพิจารณายังสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ 1) Discriminant Model 2) Probit Model และ 3) Logit Model ดังจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

2.8 แบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า (Freight Mode Choice Models)

แบบจำลองการขนส่งสินค้าได้มีการศึกษาและพัฒนาขึ้นอย่างแพร่หลายในต่างประเทศตั้งแต่ต้นปี ค.ศ. 1970 (Abdelwahab & Sargious, 1992; Chisholm & O'Sullivan, 1973; Oum, 1997; Winston, 1981) และได้มีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง เริ่มต้นได้มีการพัฒนามาจากแบบจำลองการเดินทาง (Travel Demand Model) (Kanafani, 1983) มีด้วยกัน 4 ขั้นตอน (4-Step Model) ได้แก่ การทำนายการเกิดการเดินทาง (Trip Generation) การวิเคราะห์จุดเริ่มต้นและจุดปลายทางของการเดินทาง (Trip Distribution) การวิเคราะห์การเลือกรูปแบบการเดินทาง (Modal Split) และการวิเคราะห์การแจกแจงเส้นทางการเดินทาง (Trip Assignment) (Banks, 2004; Garber & Hoel, 2010; McNally, 2007; Ort´uzar & G.Willumsen, 2011)

ประเทศไทยเริ่มมีการวิเคราะห์และพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางขึ้นตั้งแต่ต้นปี 2530 อาทิ การพัฒนาแบบจำลองการเลือกยานพาหนะเดินทาง (สุทธิพงษ์ มีใย, 2536) แบบจำลองการพยากรณ์พฤติกรรมการเลือกพาหนะในการขนส่งสินค้า (ณกรณ์ อินทร์พยุง, 2541; วสุ ชัยสุข, 2547) และแบบจำลองพยากรณ์การเลือกเส้นทาง (กมล ท่าเรือรักษ์ และ ทรงยศินทร์ ชนปธาธิป, 2548) และได้มีการพัฒนาต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน

แบบจำลองการขนส่งสินค้ามีความแตกต่างจากแบบจำลองการเดินทางของคนอยู่มาก เนื่องจากสินค้าเคลื่อนที่เองไม่ได้ ไม่สามารถเดินทางไปยังจุดหมายปลายทางได้ จึงจำเป็นต้องมีการดูแลกระบวนการต่าง ๆ ของการขนส่ง (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2552ก) แบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า เป็นการวิเคราะห์การเลือกยานพาหนะของผู้ประกอบการขนส่งสินค้าที่จะดำเนินการขนส่งสินค้าไปยังพื้นที่ต่าง ๆ โดยอาศัยรูปแบบการขนส่งสินค้าที่แตกต่างกันออกไป เช่น การขนส่งสินค้าทางถนน ทางราง ทาอากาศ และทางเรือ แบบจำลองการขนส่งสินค้ามีหลายประเภท สามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะหรือรูปแบบของการพยากรณ์ โดยแบบจำลองการวิเคราะห์การเลือกรูปแบบการการเดินทางอธิบายได้ในหัวข้อต่อไปนี้

2.8.1 แบบจำลองจำแนก (Discriminant Model)

แบบจำลองนี้จะแบ่งการเลือกยานพาหนะที่ใช้ในเดินทางของประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ใด ๆ ออกเป็น 2 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มมีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ประชากรที่เลือกยานพาหนะรูปแบบที่ 1 และ 2 จะมีค่าฟังก์ชันจำแนกเฉลี่ยเท่ากับ D_1 และ D_2 (สุทธิพงษ์ มีใย, 2536) ทั้งนี้ฟังก์ชันจำแนกของบุคคลใด ๆ (Discriminant Function) เขียนให้อยู่ในรูปสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$D_{ij} = G(S_m) + F(X_{ki}, X_{kj}) \tag{2.25}$$

เมื่อ

$$G(S_m) = \sum_{m=1}^{M} \beta_m S_m \tag{2.26}$$

และ

$$F(X_{ki}, X_{kj}) = \sum_{k=1}^{K} \alpha k (X_{ki} - X_{kj}) \tag{2.27}$$

โดยที่ D_{ij} คือ Discriminant Function ของยานพาหนะเดินทาง i และ j

S_m คือ ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและสังคมตัวที่ m ของผู้เดินทาง

X_{ki}, X_{kj} คือ ปัจจัยตัวที่ k ของตัวแปรด้านระดับการให้บริการของระบบขนส่งของยานพาหนะรูปแบบ i และ j

$\beta_m, \alpha k$ คือ พารามิเตอร์ของ S_m และ X_{ki}, X_{kj} ตามลำดับ

m, k คือ จำนวนปัจจัยของตัวแปรระดับการให้บริการของระบบขนส่งที่พิจารณา

M คือ จำนวนปัจจัยของตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคมของผู้เดินทาง

ทั้งนี้ความน่าจะเป็นที่ผู้เดินทางจะเลือกยานพาหนะรูปแบบที่ 1 สามารถเขียนสมการได้ว่า

$$P(1)=\begin{cases}1 & ,D_{ij}\le D_1\\ \dfrac{1}{1+e^{D_{ij}}} & ,D_1<D_{ij}<D_2\\ 0 & ,\mathrm{D}_{ij}\ge 2\end{cases} \tag{2.28}$$

เมื่อ $P(1)$ คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้เดินทางจะเลือกยานพาหนะรูปแบบที่ 1 ในการเดินทาง

D_1, D_2 คือ ค่าเฉลี่ยของ Discriminant Function ของยานพาหนะรูปแบบที่ 1 และ 2

2.8.2 แบบจำลองโพรบิท (Probit Model)

แบบจำลองโพรบิท (Probit Model) เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการประมาณค่าความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์หนึ่ง โดยสมมติให้ความน่าจะเป็นดังกล่าวมีค่าเท่ากับความถี่สะสมของการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Cumulative Distribution Function: CDF) ดังนั้นจึงเรียกแบบจำลองนี้ว่า “แบบจำลองโพรบิต” (Probit Model) หรือ “นอร์มิท” (Normit Model)

กล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า แบบจำลองโพรบิท (Probit Model) เป็นแบบจำลองที่ใช้สำหรับอธิบายตัวแปรตาม (dependent variable) ที่เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพและมีลักษณะไม่ต่อเนื่อง (Dichotomous) รวมถึงตัวแปรดังกล่าวเป็นตัวแปรทวินาม (Binary Variable) ดังนั้น แบบจำลองโพรบิทจึงมีค่าได้เพียง 2 ค่า (Dichotomous Variable) คือ 0 กับ 1 เช่น ขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ (1) หรือไม่ขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ (0) เป็นต้น โดยฟังก์ชันการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ของค่าคลาดเคลื่อนหรือส่วนความไม่แน่นอนของอรรถประโยชน์สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ได้ว่า

$$f(\varepsilon)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\exp\left[\frac{-1}{2}\left(\frac{\varepsilon-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \tag{2.29}$$

โดยที่

$$-\alpha<\varepsilon<\frac{V_{in}-V_{jn}}{\sigma} \tag{2.30}$$

เมื่อ ε_{in} และ ε_{jn} มี

1) ค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับ μ

2) ค่าความแปรปรวน (Variance) เท่ากับ σ_i^2 และ σ_j^2 ตามลำดับ และ

3) ค่าความแปรปรวนร่วม (Covariance) เท่ากับ σ_{ij}

และ $\left(\varepsilon_{in} - \varepsilon_{jn}\right)$ มีค่าความแปรปรวน (Variance) เท่ากับ $\sigma^2 = \sigma_i^2 + \sigma_j^2 - 2\sigma_{ij}$

ดังนั้น ความน่าจะเป็นของการเลือกยานพาหนะ i ของผู้เดินทางคนที่ n สามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการได้ ดังนี้

$$P_n(i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\alpha}^{\left[\frac{V_{in} - V_{jn}}{\sigma}\right]} \exp\left(\frac{-1}{2} x^2\right) dx \qquad (2.31)$$

หรือ

$$P_n(i) = \phi\left(\frac{V_{in} - V_{jn}}{\sigma}\right) \qquad (2.32)$$

เมื่อ ϕ คือ ค่า Standardized Cumulative Normal Distribution

ทั่วไปจะกำหนดให้ค่าเฉลี่ย (Mean: μ) มีเท่ากับ 0 และ ค่าความแปรปรวน (Variance: σ^2) เท่ากับ 1 จึงเรียกแบบจำลองนี้ว่า “Binary Probit Model”

2.8.3 แบบจำลอง Logit Model

แบบจำลองโลจิทถูกพัฒนาขึ้นในช่วงศตวรรษที่ 1960-1970 โดย Domenich และ McFadden ซึ่งได้พัฒนาแบบจำลองโลจิทขึ้นในศตวรรษ 1975 เพื่อทำนายพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางของคน ต่อมา Stopher และ Mayberg ได้พัฒนาและนำแบบจำลองโลจิทมาศึกษาพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางของคนและในศตวรรษ 1985 Ben-Akiva และ Lerman (Ben-Akiva & R.Lerman, 1985) ได้เขียนตำราเกี่ยวกับแบบจำลองโลจิทและเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายสำหรับผู้ที่ศึกษาด้านพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าจนถึงปัจจุบัน

แบบจำลองโลจิทเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้หลักสมมติฐานว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น (Independent Variables) และตัวแปรตาม (Dependent Variables) เป็นการถดถอยแบบโลจีสติค (Logistic Regression) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า แบบจำลองโลจิทเป็นแบบจำลองที่นำมาใช้วิเคราะห์สัดส่วนการเลือกพาหนะที่ใช้ในการขนส่งสินค้า เพื่อพยากรณ์ความน่าจะเป็นที่สถานประกอบการจะเลือกตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งประเภทต่าง ๆ โดย

ผู้ประกอบการจะเลือกทางเลือกที่ทำให้เกิดความพึงพอใจสูงสุดท่ามกลางทางเลือกอื่น ๆ โดยรูปแบบพื้นฐานของสมการถดถอยโลจีสติค (Binary Logistic Regression Function) และสมการของแบบจำลองโลจิทสามารถเขียนได้ดังนี้

สมการถดถอยโลจีสติค (Binary Logistic Regression Function)

$$P(x)=\frac{e^{\beta_0+\beta_1 x}}{1+e^{\beta_0+\beta_1 x}} \tag{2.33}$$

สมการของแบบจำลองโลจิท (Binary Logit Model)

$$\frac{P(x)}{1-P(x)}=e^{\beta_0+\beta_1 x} \tag{2.34}$$

เมื่อ $P(x)$ คือ ค่าเฉลี่ยแบบมีเงื่อนไข = $E\langle Y|X\rangle$

Y คือ ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

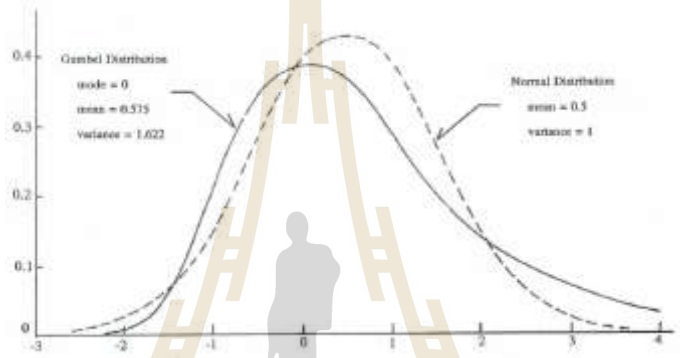
X คือ ตัวแปรต้น (Independent Variable)

β_0, β_1 คือ ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการวัดหรือประมาณค่า

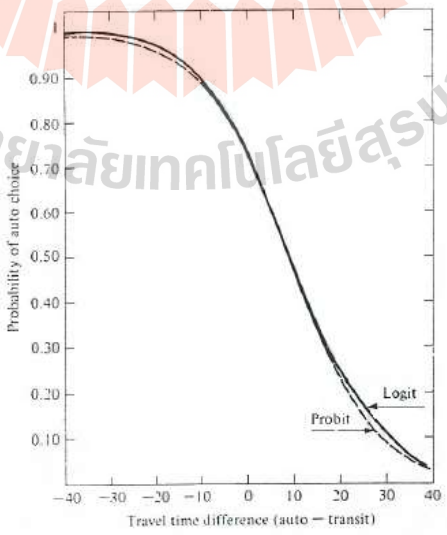
แบบจำลองโพรบิท (Probit Model) และ แบบจำลองโลจิท (Logit Model) มีลักษณะที่คล้ายกันมาก แตกต่างกันเพียงลักษณะของการกระจายตัวของส่วนความไม่แน่นอนหรือค่าคลาดเคลื่อน (ε) โดยค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลองโพรบิทมีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) แต่ค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลองโลจิทมีการกระจายตัวแบบกัมเบล (Gumbel Type I Distribution) ซึ่งหากนำค่าคลาดเคลื่อนนี้ไปพล็อตกราฟจะเห็นได้ว่ากราฟการกระจายตัวของค่าคลาดเคลื่อนทั้ง 2 แบบจำลองมีความแตกต่างกันในช่วงหางของการแจกแจงเท่านั้น จากรูปที่ 2.8 จะเห็นว่าปลายหางของการแจกแจงแบบโลจีสติค (Logistics Distribution) จะแบนราบขนานแกน x มากกว่าการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) แต่ค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกัน นอกจากนี้หากต้องการเห็นความแตกต่างของการแจกแจงอย่างชัดเจนจะต้องมีจำนวนตัวอย่างที่มากพอจึงจะเห็นความแตกต่างที่ช่วงปลายของการแจกแจงของแบบจำลองทั้งสองนี้ ซึ่งค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันมากนักดังแสดงในรูปที่ 2.9 อีกทั้ง แบบจำลองโลจิทมีข้อสมมติที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ ค่าความไม่แน่นอนหรือค่าคลาดเคลื่อนของฟังก์ชันอรรถประโยชน์ของแต่ละทางเลือกมีการแจกแจงแบบกัมเบล (Gumbel Type I Distribution) เหมือนกันและเป็นอิสระต่อกัน ทั้งระหว่างผู้เลือก

ระหว่างทางเลือก และระหว่างชุดสถานการณ์ทางเลือก ซึ่งเรียกข้อสมมตินี้ว่า“Independent and Identical Distribution” (IID)

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อทำการเปรียบเทียบวิธีการคำนวณเพื่อใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบจำลองโพรบิทจะมีความยุ่งยากและซับซ้อนมากกว่าแบบจำลองโลจิท จึงทำให้ Probit Model ไม่มีความเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้งานด้านการพยากรณ์การเลือกยานพาหนะในการเดินทาง ดังนั้นเพื่อให้เกิดสะดวกและเหมาะสมต่อการใช้งาน การวิจัยส่วนใหญ่จึงนิยมใช้แบบจำลองโลจิทในการพัฒนาแบบจำลองมากกว่าแบบจำลองโพรบิท



รูปที่ 2.11 การเปรียบเทียบการแจกแจงของแบบปกติและแบบ Gumbel
ที่มา: Mcfadden และ Domeneich (1975) อ้างถึงใน สุทธิพงษ์ มีใย (2536)



รูปที่ 2.12 ผลที่ได้จากแบบจำลอง Probit และ Logit
ที่มา: Kanafani (1983) อ้างถึงใน สุทธิพงษ์ มีใย (2536)

การเลือกรูปแบบการขนส่งโดยใช้แบบจำลองโลจิท สามารถแบ่งวิธีการวิเคราะห์ออกได้เป็น 2 วิธี คือ การวิเคราะห์ระดับรวม (Aggregate Analysis) และ การวิเคราะห์แบบย่อย (Disaggregate Analysis) ซึ่งการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีนี้มีความแตกต่างกันที่หน่วยพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ กล่าวคือ การวิเคราะห์ระดับรวม (Aggregate) จะใช้ข้อมูลในระดับกลุ่มหรือพื้นที่ ซึ่งเป็นการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลในระดับกลุ่ม หรือพฤติกรรมที่ได้จะเป็นค่าเฉลี่ยของกลุ่มคนหรือเป็นข้อมูลระดับพื้นที่ แต่การวิเคราะห์ระดับย่อย (Disaggregate) จะพิจารณาหน่วยวิเคราะห์ในระดับบุคคลหรือระดับองค์กร (Akiva, Meersman, & Voorde, 2013; Tavasszy & Jong, 2014) ทำให้ทราบถึงพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการขนส่งจริงของผู้ใช้บริการ ซึ่งจะกล่าวถึงการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีนี้ในลำดับต่อไป

2.8.3.1 การวิเคราะห์ระดับย่อย (Disaggregate Analysis)

การสร้างแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า ด้วยการวิเคราะห์ระดับย่อยแบบโลจิท คือ การนำความน่าจะเป็นที่บุคคลแต่ละบุคคลจะเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้ามาใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งแต่ละคนจะมีข้อมูลอรรถประโยชน์ (Utility) ของการขนส่งสินค้าแต่ละรูปแบบเพื่อนำมาประกอบการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่ง ทั้งนี้ข้อมูลอรรถประโยชน์สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

ข้อมูลอรรถประโยชน์ส่วนที่กำหนดได้ชัดเจน (Systematic Utility หรือ Non-random Utility) ค่าอรรถประโยชน์นี้สามารถหาได้จากการเก็บข้อมูล ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง เวลาที่ใช้ในการขนส่ง ความถี่ในการขนส่ง ระยะทางในการขนส่งจากต้นทางถึงปลายทาง เป็นต้น

ข้อมูลอรรถประโยชน์แบบสุ่มหรือส่วนที่ไม่สามารถอธิบายได้ (Random Utility) ค่าอรรถประโยชน์ส่วนนี้หาได้จากการสำรวจ อาทิ คุณภาพการบริการ ความชื่นชอบในรูปแบบการขนส่งที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคล เป็นต้น

Oppenheim (1995) กล่าวว่า อรรถประโยชน์รวมของการเดินทางด้วยรูปแบบการเดินทาง i สำหรับผู้ประกอบการรายที่ n มีค่าเท่ากับผลรวมระหว่างค่าอรรถประโยชน์ส่วนที่กำหนดได้ชัดเจน และ ค่าอรรถประโยชน์แบบสุ่ม สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \tag{2.35}$$

เมื่อ U_{in} คือ ค่าอรรถประโยชน์ของรูปแบบการขนส่ง i

V_{in} คือ ค่าอรรถประโยชน์ส่วนที่กำหนดได้ชัดเจน (Systematic Utility) ของรูปแบบการขนส่ง i

ε_{in} คือ ค่าอรรถประโยชน์แบบสุ่ม (Random Utility) ของรูปแบบการขนส่ง i

สมการดังกล่าวจะใช้บนสมมติฐานว่า สถานประกอบการจะเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าที่ก่อให้เกิดอรรถประโยชน์สูงสุด ยกตัวอย่างเช่น กรณีที่มีรูปแบบการขนส่ง 2 รูปแบบ คือ การขนส่งรูปแบบ i และการขนส่งรูปแบบ j และการขนส่งสินค้ารูปแบบ i มีประสิทธิภาพสูงกว่าการขนส่งสินค้ารูปแบบ j นั่นแสดงว่า อรรถประโยชน์ของการขนส่งสินค้ารูปแบบ i มีค่ามากกว่าอรรถประโยชน์ของการขนส่งสินค้ารูปแบบ j โดยแสดงในรูปแบบสมการได้ดังนี้

$$U_{in} > U_{jn} \tag{2.36}$$

กำหนดให้ ค่าความน่าจะเป็นในการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าประเภท i เท่ากับ $P_n(i)$ เขียนเป็นสมการความน่าจะเป็นได้ดังนี้

$$P_n(i) = P\left(U_{in} > U_{jn}\right) \tag{2.37}$$

$$P_n(i) = P\left(V_{in} + \varepsilon_{in} > V_{jn} + \varepsilon_{jn}\right) \tag{2.38}$$

นั่นคือ

$$P_n(i) = P\left(\varepsilon_{in} - \varepsilon_{jn} < V_{jn} - V_{in}\right) \tag{2.39}$$

จากสมการข้างต้น ถึงแม้จะทราบค่าอรรถประโยชน์ส่วนที่ชัดเจนแล้วว่า $V_{in} > V_{jn}$ แต่ยังไม่สามารถระบุได้ว่ารูปแบบการขนส่งสินค้า i และ j รูปแบบใดดีกว่า เนื่องจากอรรถประโยชน์แบบสุ่ม $(\varepsilon_{in}, \varepsilon_{jn})$ ไม่สามารถหาค่าได้ จึงอาศัยค่าผลต่างความน่าจะเป็นของอรรถประโยชน์แบบสุ่มของ i และ j $\left(\varepsilon_{in} - \varepsilon_{jn}\right)$ ที่มีค่าน้อยกว่า ค่าอรรถประโยชน์ส่วนที่ชัดเจนของ j และ i $\left(V_{jn} - V_{in}\right)$ ทั้งนี้สมมติให้ค่า $\varepsilon^* = \varepsilon_{in} - \varepsilon_{jn}$ ซึ่งถ้าหากค่า ε^* มีการกระจายตัว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบกัมเบลล์ (Gumbel Type I Distribution) โดยมีฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (Cumulative Distribution Function) ดังสมการข้างล่างนี้

$$P\left(\varepsilon^{*}\right)=\frac{1}{1+e^{-\mu\varepsilon}} \tag{2.40}$$

โดยที่ μ>0, -α< ε <α จะได้ $P_n(i)=P\left\{U_{in}>U_{jn}\right\}$ ดังนั้น

$$P_n(i)=\frac{e^{V_{in}}}{e^{\mu V_{in}}+e^{\mu V_{jn}}} \tag{2.41}$$

โดยทั่วไปค่า μ จะมีค่าเท่ากับ 1 ดังนั้นจะได้ว่า

$$P_n(i)=\frac{e^{V_{in}}}{e^{V_{in}}+e^{V_{jn}}} \tag{2.42}$$

และ

$$\frac{P_n(i)}{1-P_n(i)}=e^{V_{in}-V_{jn}} \tag{2.43}$$

จากสมการข้างต้นจะเรียกแบบจำลองนี้ว่า “Binary Logit Model” เนื่องจากเป็นแบบจำลองเพื่อพยากรณ์การเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าเพียง 2 รูปแบบเท่านั้น (Hensher & Button, 2008) หากกรณีที่รูปแบบการขนส่งสินค้าที่ต้องการพยากรณ์มีตั้งแต่ 3 รูปแบบขึ้นไปจะเรียกแบบจำลองที่ใช้ในการพยากรณ์นี้ว่า “Multinomial Logit Model” (Washington, Karlaftis, & Mannering, 2011) โดยแบบจำลอง Multinomial Logit Model สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการ (Meyer & Miller, 2001) ได้ดังนี้

$$P_n(i)=\frac{e^{V_{in}}}{\sum_{k} e^{V_{kn}}} \tag{2.44}$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เมื่อ

$$V_{in} = U_{in} - \varepsilon_{in} \tag{2.45}$$

โดยที่ $P_n(i)$ คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้ประกอบการ n จะเลือกขนส่งสินค้าด้วยรูปแบบการขนส่ง i

U_{in} คือ อรรถประโยชน์รวม (Total Utility) ของสถานประกอบการ n ที่เลือกขนส่งสินค้าด้วยรูปแบบการขนส่ง i

V_{in} คือ อรรถประโยชน์ที่ผู้บริหารของสถานประกอบการที่ n ที่เลือกขนส่งสินค้าด้วยรูปแบบการขนส่ง i สามารถวัดความพึงพอใจได้ชัดเจนและรับรู้ได้แน่นอน

ε_{in} คือ อรรถประโยชน์ค่าเชิงสุ่ม(Random Utility) หรือค่าคลาดเคลื่อนที่ไม่สามารถวัดได้แน่นอน ของสถานประกอบการ n ที่เลือกขนส่งสินค้าด้วยรูปแบบการขนส่ง i

k คือ รูปแบบการขนส่งสินค้าทั้งหมดที่ใช้ในการพยากรณ์

Ben-Akiva and R.Lerman (1985) กล่าวว่า ลักษณะการกระจายตัวของค่า ε_{in} ไม่สามารถที่จะประเมินได้ ดังนั้นในการวิเคราะห์จะพิจารณาเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าอรรถประโยชน์ส่วนที่กำหนดได้ชัดเจน (Systematic Utility), $(i > j)$ กับอรรถประโยชน์แบบสุ่ม (Random Utility) ซึ่งอรรถประโยชน์แบบสุ่มนี้ คือ ผลต่างของค่าเฉลี่ยการรบกวน (Disturbances) โดยที่ค่าความแตกต่างเฉลี่ยของการรบกวน (Disturbances) ของรูปแบบการขนส่ง i มีค่ามากกว่า j, $(i > j)$ ดังนั้นสามารถเพิ่มตัวแปรค่าคงที่ (Alternative Specific Constant: ASC) หรือ ค่าความเอนเอียงของการขนส่ง (Bias) เข้าไปรวมกับปัจจัยหรือส่วนประกอบที่ชัดเจนได้ (Systematic Component) โดยผลจากการวิเคราะห์จะไม่เกิดความคลาดเคลื่อน ดังนั้นในการวิเคราะห์จะกำหนดให้ค่าอรรถประโยชน์ส่วนที่กำหนดได้ชัดเจนมีการกระจายตัวเชิงเส้น (Linear Distribution) โดยแสดงให้อยู่ในรูปความสัมพันธ์ของสมการ ได้ดังนี้

$$V_{in} = V(X_{in}) \tag{2.46}$$

$$V_{jn} = V(X_{jn}) \tag{2.47}$$

กำหนดให้

X_{in} คือ เวกเตอร์ของปัจจัย X ของการขนส่งรูปแบบ i ที่เลือกโดยสถานประกอบการ n

X_{jn} คือ เวกเตอร์ของปัจจัย X ของการขนส่งรูปแบบ j ที่เลือกโดยสถานประกอบการ n

จะได้สมการค่าอรรถประโยชน์ส่วนที่กำหนดชัดเจน (Systematic Utility หรือ Non-random Utility) ดังนี้

$$V_{in} = \beta_1 X_{in1} + \beta_2 X_{in2} + ... + \beta_3 X_{in3} \quad (2.48)$$

$$V_{jn} = \beta_1 X_{jn1} + \beta_2 X_{jn2} + ... + \beta_3 X_{jn3} \quad (2.49)$$

โดยที่ค่า β คือ เวกเตอร์ของค่าพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่าจำนวน k ตัว ดังนั้นสามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบของฟังก์ชันโลจีสติค (Logistic Function) ได้ดังนี้

$$P_n(i) = \frac{e^{\beta x_{in}}}{e^{\beta x_{in}} + e^{\beta x_{jn}}} \quad (2.50)$$

สำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองโลจิทด้วยการวิเคราะห์แบบย่อย สามารถประมาณค่าได้โดยใช้วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Method; ML) (Bhat, 2003)

2.8.3.3 คุณสมบัติเฉพาะของแบบจำลองโลจิท (Logit Model)

Ben-Akiva and R.Lerman (1985); (Goulias, 2006) ได้กล่าวถึงแบบจำลองโลจิทว่ามีคุณสมบัติเฉพาะ 3 คุณสมบัติ ประกอบด้วย คุณสมบัติความยืดหยุ่น (Elasticities of Logit) Incremental Multinomial Logit Model และคุณสมบัติ Independence from Irrelevant Alternative: IIA ดังนี้

คุณสมบัติความยืดหยุ่น (Elasticities of Logit) ใช้ทำนายการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทางเลือกหรือความน่าจะเป็นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรอิสระ การ

เปลี่ยนแปลงระดับของการบริการ (Oppenheim, 1995) เช่น ปัจจัยด้านคุณภาพ ปัจจัยด้านราคา ปัจจัยด้านรูปแบบการบริการ เป็นต้น ย่อมส่งผลต่อความต้องการใช้บริการของผู้บริโภค ซึ่งวัดได้จากอัตราการเปลี่ยนแปลงความต้องการใช้บริการของผู้บริโภค ต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอิสระตัวที่สนใจ

The Incremental Multinomial Logit Model ใช้ทำนายพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงความน่าจะเป็นเดิม จากการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรอิสระบางตัว โดยไม่จำเป็นต้องใช้ตัวแปรอิสระทั้งหมดมาหาค่าความน่าจะเป็นใหม่ เช่น ถ้าต้องการทำนายการเปลี่ยนแปลงความน่าจะเป็นที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรอิสระหรือปัจจัย สามารถทำได้โดยใช้ความน่าจะเป็นเดิมที่รู้ค่าแล้วกับค่าที่เปลี่ยนแปลงไปของอรรถประโยชน์โดยไม่จำเป็นต้องคำนวณค่าอรรถประโยชน์ใหม่ทั้งหมด

คุณสมบัติ Independence from Irrelevant Alternative: IIA แสดงถึงความเป็นอิสระของทางเลือก อัตราส่วนความน่าจะเป็นของการเลือกทางเลือกจะไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าของฟังก์ชันอรรถประโยชน์ของทางเลือกสำหรับบุคลใดบุคคลหนึ่ง (Meyer & Miller, 2001) เช่น การเดินทางระหว่างเมืองโดยมีรูปแบบการเดินทางเพียง 2 รูปแบบคือ เดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคล และการเดินทางด้วยรถโดยสารสายสีแดง ดังนั้นโอกาสหรือความน่าจะเป็นที่คนจะเลือกเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลและรถโดยสารสายสีแดงเท่ากับ 0.5 ต่อ 0.5 ถ้าหากเพิ่มรถโดยสารสายสีน้ำเงินเข้าไปในระบบให้เป็นทางเลือกที่ 3 ความน่าจะเป็นที่คนจะเดินทางด้วยรถยนต์ รถโดยสารสายสีแดงและสีน้ำเงิน จะเป็นทางเลือกละ 0.33 แต่ในความเป็นจริงเราไม่สามารถที่จะแบ่งรถโดยสาร 2 สายนี้ให้เป็น 2 ทางเลือกได้ เพราะไม่มีความเป็นอิสระต่อกัน เนื่องจากรถโดยสารทั้ง 2 สายนั้นมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ ต่างกันเพียงแค่สีของรถเท่านั้น นั่นแสดงว่า ความน่าจะเป็นที่ควรจะเกิดขึ้นคือ ความน่าจะเป็นที่คนจะเลือกเดินทางด้วยรถยนต์เท่ากับ 0.5 และความน่าจะเป็นที่คนจะเดินทางด้วยรถโดยสารสายสีแดงเท่ากับ 0.25 และสายสีน้ำเงินเท่ากับ 0.25 แต่ลักษณะนี้ไม่ใช่คุณสมบัติของ Multinomial Logit Model หรือไม่เป็นไปตามสมมติฐาน IIA แต่สามารถแก้ไขโครงสร้างให้มีความเหมาะสมได้โดยการใช้แบบจำลอง Nested Logit

2.8.4 แบบจำลองมิกซ์โลจิท (Mixed Logit Model)

Hensher, Rose, and Greene (2015) กล่าวว่า แบบจำลองมิกซ์โลจิท (Mixed Logit Model) มีชื่อเรียกที่หลากหลาย ได้แก่ “Random-Parameters Logit” “Kernel Logit Model” “Mixed Multinomial Logit Model” หรือ Hybrid Logit Model” แต่ที่นิยมเรียกกันมากที่สุดคือ Mixed Logit Model (MXL) (W.Sloboda, 2009) กล่าวว่าแบบจำลอง Mixed Logit เป็นแบบจำลองที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะด้านสังคมศาสตร์ การเงินการธนาคาร และด้านไบโอเมตริกส์

(Biometrics) หรือด้านชีวภาพที่เป็นการผสมผสานเทคโนโลยีทางด้านชีวภาพและการแพทย์เข้ากับเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์ เพื่อตรวจวัดคุณลักษณะทางกายภาพ (Physical Characteristics) และพฤติกรรม (Behaviors) ที่เป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละคน มาใช้ในการระบุตัวบุคคลนั้น ๆ เช่น การพิสูจน์ลายนิ้วมือและลักษณะใบหน้า เป็นต้น ปัจจุบันมีผู้พัฒนาแบบจำลอง Mixed Logit ในหัวข้อการวิจัยที่แตกต่างกันออกไป เช่น Rouwender and Meijer (2001) พัฒนาแบบจำลองเพื่อศึกษาและกำหนดลักษณะของการอยู่อาศัยและลักษณะของการเกิดงานในพื้นที่ X. Wang and Kockelman (2006) พัฒนาแบบจำลอง Mixed Logit ขึ้นเพื่อศึกษาวิวัฒนาการของการใช้ประโยชน์ที่ดินและระยะเวลาในการครอบครอง และทำการพยากรณ์การใช้ประโยชน์และการครอบครองที่ดินในเขตเมือง รวมถึง Hensher and Greene (2002) ที่ได้พัฒนาแบบจำลอง Mixed Logit เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์การเดินทางในเขตเมืองอีกด้วย

เริ่มแรกแบบจำลอง Mixed Logit ถูกออกแบบมาให้มีความหลากหลาย ภายหลังได้มีการพัฒนาให้มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการพัฒนาแบบจำลองยิ่งขึ้น โดย Srinivasan and Mahmassani (2005) ได้พิสูจน์ให้เห็นว่าแบบจำลอง Mixed Logit มีความสามารถในการพยากรณ์ใกล้เคียงกันกับแบบจำลองอรรถประโยชน์แบบสุ่ม (Random Utility Model) และ Greene (2002)ได้ตั้งข้อสังเกตว่าชุดของตัวแปรที่นำมาทดสอบสามารถนำมาวิเคราะห์ได้ง่ายเมื่อเทียบกับแบบจำลองอื่น ดังนั้น แบบจำลอง Mixed Logit จึงเป็นเทคนิคที่กำลังนิยมนำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองในปัจจุบัน

McFadden and Train (2000) ได้พัฒนาแบบจำลองมิกซ์โลจิท ด้วยการพิจารณาจากฟังก์ชันความน่าจะเป็นจากสมการ

$$T_{in} = \beta_i X_{in} + \varepsilon_{in} \tag{2.51}$$

เมื่อ β_i คือ ค่าพารามิเตอร์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทาง i

X_{in} คือ ปัจจัยที่มีอิทธิผลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทาง i ของคนที่ n

ε_{in} คือ ค่าเชิงสุ่มหรือค่าที่ไม่สามารถวัดได้แน่นอน

สมมติให้ค่าเชิงสุ่ม (ε_{in}) มีการกระจายตัวแบบกัมเบล (Gumbel Type I Distribution) เช่นเดียวกันกับแบบจำลอง Multinomial Logit ดังแสดงในสมการข้างล่างนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

$$P_n(i) = \frac{\exp[\beta_i X_{in}]}{\sum_{\forall I} \exp(\beta_i X_{in})} \quad (2.52)$$

เมื่อ $P_n(i)$ คือ ค่าอรรถประโยชน์ของคนที่ n ที่เดินทางด้วยยานพาหนะ i เมื่อ $(i \in I)$

I คือ ผลลัพธ์ของความเป็นไปได้สำหรับคนที่ n ที่เดินทางด้วยยานพาหนะ i

แต่เนื่องจากแบบจำลอง Mixed Logit เป็นแบบจำลองที่มีการกระจายตัวแบบผสม (Mixing Distribution) ระหว่างพารามิเตอร์ที่กำหนดได้ (Fixed Parameter) และพารามิเตอร์แบบสุ่ม (Random Parameter) ดังนั้น ความน่าจะเป็นในการเดินทางด้วยยานพาหนะ i ของคนที่ n ในสถานการณ์ทางเลือก m สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการ $P_n^m(i)$ (Hensher et al., 2015; Washington et al., 2011) ได้ดังนี้

$$P_n^m(i) = \int_x P_n(i)\, f(\beta|\eta) d\beta \quad (2.53)$$

เมื่อ $f(\beta|\varphi)$ คือ ฟังก์ชันของพารามิเตอร์ที่มีการกระจายตัวแบบผสม

β คือ ค่าสัมประสิทธิ์แบบสุ่ม (Random Coefficient)

η คือ เวกเตอร์ของพารามิเตอร์ฟังก์ชันความหนาแน่นในรูปของค่าเฉลี่ย(Mean) และ ความแปรปรวน (Variance)

เมื่อนำสมการที่ 2.74 แทนค่าลงไปในสมการที่ 2.75 สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ ได้ดังนี้

$$P_n^m(i) = \int_x \frac{\exp[\beta_i X_{in}]}{\sum_{\forall I} \exp(\beta_i X_{in})} f(\beta|\eta) d\beta \quad (2.54)$$

ถ้าเวกเตอร์ค่าสัมประสิทธิ์พารามิเตอร์มีขนาดเท่ากับ K จะต้องทำการอินทริเกรต K ชั้น เพื่อคำนวณหาค่าความน่าจะเป็น ผลที่ได้จะเป็นฟังก์ชันของพารามิเตอร์ของการแจกแจงความน่าจะเป็นของ β และ η ซึ่งก็คือ ค่าคงที่ (Parameters) ที่กำหนดรูปร่าง (Shape) ของการ

กระจายตัว ดังนั้น สัดส่วนความน่าจะเป็นของทางเลือก สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้ (Chalermpong, 2018)

$$\frac{P_n(i)}{P_n(m)} = \frac{\int \frac{e^{X_{in}\beta}}{X_{jn}\beta} f(\beta|\eta) d\beta}{\frac{\sum j \in c_n e^{X_{mn}\beta}}{\sum j \in c_n e^{X_{mn}\beta}} f(\beta|\eta) d\beta} \quad (2.55)$$

เมื่อ P_{ni} คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้บริหารของประกอบการคนที่ n จะเลือกรูปแบบขนส่ง i

$L_{ni}(\beta, \eta_i(\Xi))$ คือ พารามิเตอร์ที่กำหนดรูปร่าง (Shape) ของการกระจายตัว

U_A คือ อรรถประโยชน์ของรูปแบบการขนส่ง A

Hensher, Rose, and Greene (2005) และ Hensher et al. (2015) กล่าวว่า แบบจำลอง Mixed Logit มีคุณสมบัติที่สำคัญคือ ค่าคลาดเคลื่อน (ε_{in}) ใด ๆ จะมีการกระจายตัวแบบสุ่ม (Random Distribution) ซึ่งจากคุณสมบัติข้อนี้ส่งผลให้แบบจำลอง Mixed Logit สามารถอธิบายพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกทางเลือกใด ๆ ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากกว่าแบบจำลอง MNL และ NL

ดังนั้น จากทฤษฎีที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จะนำแบบจำลอง Binary Logit และ Mixed Logit มาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้ประกอบการในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่ผู้ประกอบการขนส่งจะตัดสินใจเลือกขนส่งสินค้าด้วยยานพาหนะใดระหว่างรถบรรทุกและรถไฟที่จะก่อให้เกิดอรรถประโยชน์สูงที่สุดจากสถานการณ์ทางเลือกที่มีในปัจจุบัน

2.9 การประมาณค่าพารามิเตอร์และการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง

2.9.1 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งด้วยวิธีวิเคราะห์ระดับย่อย (Disaggregate Analysis)

การประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งด้วยวิธีวิเคราะห์ระดับย่อยจะใช้วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Method: ML) ในการประมาณค่า โดยขั้นตอนในการประมาณค่าพารามิเตอร์เป็นดังนี้

กรณีที่มีรูปแบบการขนส่งสินค้า 2 รูปแบบ (รูปแบบ i และ j) เมื่อ

$$x_i = \left(C_j - C_i\right) \tag{2.56}$$

และ

$$P_n(i) = \frac{e^{\beta x_{in}}}{e^{\beta x_{in}} + e^{\beta x_{jn}}} \tag{2.57}$$

ขั้นตอนที่ 1: จัดฟังก์ชันความน่าาจะเป็น (Likelihood Function)

$$l\left(\beta_1,...,\beta_k\right) = \prod_{i=1}^{n} P_n(i)^{y_{in}} P_n(j)^{y_{jn}} \tag{2.58}$$

โดยที่ $l(\beta)$ คือ ภาวะน่าจะเป็น (Likelihood Function)

y_{in} คือ 1 หากคนที่ n เลือกรูปแบบการขนส่ง i

0 หากคนที่ n เลือกรูปแบบการขนส่ง j

y_{jn} คือ 1 หากคนที่ n เลือกรูปแบบการขนส่ง j

0 หากคนที่ n เลือกรูปแบบการขนส่ง i

$P_n(i)$ คือ ความน่าจะเป็นที่คนที่ n เลือกรูปแบบการขนส่ง i

$P_n(j)$ คือ ความน่าจะเป็นที่คนที่ n เลือกรูปแบบการขนส่ง j

ขั้นตอนที่ 2: จัดรูปแบบของฟังก์ชันให้อยู่ในรูปแบบ Logarithms

$$L(\beta) = \ln 1(\beta) \tag{2.59}$$

$$\therefore L(\beta) = \sum_{i=1}^{n}\left[y_{in} \ln P_n(i) + y_{jn} \ln P_n(j)\right] \tag{2.60}$$

ขั้นตอนที่ 3: ทำการ Differentiation ฟังก์ชัน $L(\beta)$ เทียบกับ β_k โดยกำหนดให้มีค่าเท่ากับศูนย์ เพื่อทำการหาค่า L สูงสุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

$$\frac{\partial L(\beta)}{\partial \beta_k} = 0 \qquad \text{เมื่อ} \qquad k = 1, 2, 3, \ldots, \mathrm{k} \tag{2.61}$$

กรณีแบบจำลอง Binary Logit จะได้สมการความสัมพันธ์ของ $\frac{\partial L(\beta)}{\partial \beta_k} = 0$ ดังนี้

$$\sum_{i=1}^{n} \left[y_{in} - P_n(i) \right] x_{nk} = 0 \qquad \text{เมื่อ} \qquad k = 1, 2, 3, \ldots, \mathrm{k} \tag{2.62}$$

กรณีแบบจำลอง Multinomial Logit จะได้สมการความสัมพันธ์ของ $\frac{\partial L(\beta)}{\partial \beta_k} = 0$ ดังนี้

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{i \in C_n} \left[y_{in} - P_n(i) \right] x_{ink} = 0 \qquad \text{เมื่อ} \qquad k = 1, 2, 3, \ldots, \mathrm{k} \tag{2.63}$$

กรณีแบบจำลอง Mixed Logit จะประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีการจำลองการสุ่มดึงค่า R ออกมาจากค่าเชิงสุ่ม K แต่ละตัว จากนั้น นำค่า R ใด ๆ มาคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของทางเลือก และคำนวณหาค่าเฉลี่ยของความน่าจะเป็นดังกล่าว (Train, 2003) อ้างถึงใน Meeyai (2018) โดยพารามิเตอร์ใด ๆ คือ $\beta^{(r)}$ แสดงว่า เวกเตอร์ของพารามิเตอร์ใด ๆ จะมีค่าเท่ากับ $K \times 1$ และ $r = 1, \ldots, R$ เมื่อ $\beta^{(r)} = \left[\beta_1^{(r)}, \ldots, \beta_K^{(r)} \right]$ ซึ่งสอดคล้องกับการกระจายตัวแบบสุ่มที่อธิบายด้วยฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง (Probability Density Function)

หากกำหนดให้ ข้อมูลคือ X ความน่าจะเป็นที่ผู้ประกอบการจะเลือกทางเลือกใด ๆ หาได้จาก

$$L_{nsj} = E\left(P_{nsj}\right) \approx \frac{1}{R} \sum_{r=1}^{R} f\left(\beta^{(r)} \middle| X\right) \tag{2.64}$$

การจำลอง Likelihood Function สามารถคำนวณได้โดยใช้ค่าความน่าจะเป็นที่ได้จากสมการ 2.62 ซึ่งค่า Likelihood Function ดังกล่าว คือ ค่าความน่าจะเป็นสูงสุดที่ได้จากการจำลอง หรือเรียก Likelihood Function นี้ว่า “Simulated Maximum Likelihood” (Stern, 1997) อ้างถึงใน Meeyai (2018) โดย Likelihood Function สามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการได้ดังนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

$$LL\left(E\left(L_{ns}\right)\right)=\ln E\left[\prod_{n=1}^{N}\prod_{s\in S_n}\prod_{j\in J_{ns}}\left(P_{nsj}\right)^{y_{nsj}}\right] \tag{2.65}$$

เมื่อ

N	คือ	จำนวนของผู้ตัดสินใจ (ในที่นี้คือผู้บริหาร)
j	คือ	รูปแบบการขนส่งทั้งหมด (รถบรรทุก และ รถไฟ)
S_n	คือ	ชุดของสถานการณ์สมมติที่ผู้บริหารคนที่ n ต้องเผชิญ
Y_{nsj}	คือ	1 ถ้าผู้บริหารคนที่ n เลือกรูปแบบการขนส่ง j จากสถานการณ์สมมติ s อื่น ๆ เท่ากับ 0

จากสมการที่ 2.65 สมมติให้ ผู้บริหารคนที่ n และทางเลือกจากสถานการณ์สมมติ s มีอิสระต่อกัน การจำลองภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Simulated Maximum Likelihood) สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการได้ว่า

$$\begin{aligned} LL\left(E\left(L_{ns}\right)\right)&=\ln E\left[\prod_{n=1}^{N}\prod_{s\in S_n}\prod_{j\in J_{ns}}\left(P_{nsj}\right)^{y_{nsj}}\right] \\ &=\sum_{n=1}^{N}\sum_{s\in S_n}\sum_{j\in J_{ns}}y_{nsj}\ln E\left(P_{nsj}\right) \end{aligned} \tag{2.66}$$

หากสมมติให้ ผู้บริหารคนที่ n และทางเลือกจากสถานการณ์สมมติ s มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวอยู่ในรูปของ Panel data ที่ได้จากแบบสอบถามสถานการณ์สมมติ (SP) ดังนั้น การจำลองภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Simulated Maximum Likelihood) จึงสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการได้ดังนี้ (Meeyai, 2018)

$$\begin{aligned} LL\left(E\left(L_{ns}\right)\right)&=\ln E\left[\prod_{n=1}^{N}\prod_{s\in S_n}\prod_{j\in J_{ns}}\left(P_{nsj}\right)^{y_{nsj}}\right] \\ &=\sum_{n=1}^{N}\ln E\left(\prod_{s\in S_n}\prod_{j\in J_{ns}}\left(P_{nsj}\right)^{y_{nsj}}\right) \end{aligned} \tag{2.67}$$

2.9.2 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง

Hensher et al. (2005) และ Ortúzar et al. (2011) ระบุว่า การตรวจสอบความถูกต้องและตรวจสอบประสิทธิภาพการของแบบจำลองประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. การตรวจสอบเครื่องหมายและขนาดของค่าสัมประสิทธิ์

เครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์จะแสดงอิทธิพลของตัวแปรใด ๆ ที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้บริหารที่จะได้รับจากบริการ ค่าสัมประสิทธิ์ที่มีเครื่องหมายเป็นบวก แสดงว่า ความพึงพอใจที่ได้รับจะสูงขึ้นตามค่าของตัวแปร ถ้าหากมีเครื่องหมายเป็นลบ แสดงให้เห็นว่า ความพึงพอใจจะลดลงหากตัวแปรมีค่าสูงขึ้น

2. การทดสอบสมมติฐานของแบบจำลองโดยรวม

ผู้วิจัยทดสอบสมมติฐานของแบบจำลองโดยรวม จากการคำนวณหาค่า Likelihood Ratio เท่ากับ แล้วนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าวิกฤติไคสแควร์ที่ค่าองศาอิสระใด ๆ ถ้าค่า Likelihood Ratio มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤติไคสแควร์ แสดงว่า เราสามารถปฏิเสธสมมติฐานว่าง และยอมรับสมมติฐานรอง ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หมายความว่า ปัจจัยที่อยู่ในแบบจำลองมีค่าพารามิเตอร์ไม่เท่ากับศูนย์อีกทั้งแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถอธิบายความน่าจะเป็นของตัวแปรตามได้ดี

3. การตรวจสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่านัยสำคัญของตัวแปรอิสระแต่ละตัว

ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระที่นำเข้ามาพิจารณามีความสำคัญหรือมีอิทธิพลต่อแบบจำลองหรือไม่ ด้วยการตรวจสอบจากค่า Wald-statistics ที่เป็นผลลัพธ์จากการสร้างแบบจำลองว่ามีความแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ซึ่งจำนวนข้อมูลที่นำเข้ามาวิเคราะห์มีผลต่อโดยตรงต่อการแสดงผลทางสถิติ (Wald-statistics) กล่าวคือ การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ด้วยวิธีการจำลองภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (The Simulated Maximum Likelihood: LL) ถ้าข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์มีจำนวนมากพอ (500-1000 ตัวอย่าง หรือมากกว่า) (Ortúzar & Willumsen, 2011) การกระจายตัวจะลู่เข้าสู่การกระจายตามรูปแบบที่กำหนด ส่งผลให้ค่า Wald-statistics มีความแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Hensher et al., 2005) ซึ่งบางครั้งค่า Wald-statistics อาจจะมีความแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 การทดสอบนัยสำคัญของค่าพารามิเตอร์จะใช้ค่าสถิติ Wald-statistics ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$Wald-statistics = \frac{\beta_i}{\text{standard error}_i} \tag{2.68}$$

4. การตรวจสอบความสมรูป (Goodness-of-Fit)

การตรวจสอบระดับความสมรูปเป็นการตรวจสอบความสามารถของแบบจำลองที่อธิบายพฤติกรรมของผู้ประกอบการขนส่งสินค้าผู้ใช้บริการรูปแบบการขนส่งสินค้าที่ปรากฏอยู่ในชุดข้อมูลมาใช้ประมาณค่าสัมประสิทธิ์ ซึ่งสามารถวัดได้จากค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง ρ^2 (Rho-Square Index หรือ Likelihood Ratio Index) ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

ค่าดัชนี ρ^2 (Rho-Square Index) กรณีที่แบบจำลองไม่มีค่าคงที่ (Non-Alternative Specific Constant: ASC)

$$\rho^2 = 1 - \frac{LL(\beta)}{LL(0)} \tag{2.69}$$

หรืออาจใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้รับการปรับแก้ตามจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า k ตัว

$$\rho^{-2} = 1 - \frac{LL(\beta) - k}{LL(0)} \tag{2.70}$$

กรณีที่แบบจำลองมีค่าคงที่ (Alternative Specific Constant: ASC) ค่าดัชนี ρ^2 (Rho-Square Index) จะหาได้จาก

$$\rho^2 = 1 - \frac{LL(\beta)}{LL(C)} \tag{2.71}$$

$$\rho^{-2} = 1 - \frac{LL(\beta) - k}{LL(C)} \tag{2.72}$$

โดยที่ ρ^2 คือ ค่า Rho-Square ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1

ρ^{-2} คือ ค่าปรับแก้ (Adjusted Rho-Square)

$LL(\beta)$ คือ ค่าลอการิทึ่มของฟังก์ชันความน่าจะเป็นที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์

$LL(0)$ คือ ค่า Log Likelihood Function เมื่อพารามิเตอร์ทุกตัวมีค่าเท่ากับศูนย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

$LL(C)$ คือ ค่า Log Likelihood Function เมื่อมีเฉพาะค่าคงที่ (Alternative-Specific Constant: ASC)

ดัชนีวัดความสอดคล้อง Rho-Square: ρ^2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (ρ^2) นี้มีลักษณะคล้ายกับค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (R^2) ที่นิยมนำมาใช้วัดความสามารถในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสมการความถดถอย (Regression Equation) และค่าทั้งสองจะสื่อความหมายที่แตกต่างกัน ค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจจะชี้ถึงสัดส่วนความผันแปร (Variation) ของตัวแปรตาม ในขณะที่ดัชนีวัดความสอดคล้อง(ρ^2)จะแสดงถึงความสามารถของแบบจำลองในการอธิบายพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริง ถ้าดัชนี(ρ^2) มีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่า แบบจำลองสามารถอธิบายพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าได้ถูกต้องแม่นยำตรงตามที่สำรวจได้จริง แต่ถ้ามีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าการใช้สามัญสำนึกคาดเดาว่าผู้ประกอบการมีแนวโน้มที่จะเลือกใช้บริการขนส่งสินค้าในแต่ละรูปแบบเท่ากัน สามารถอธิบายพฤติกรรมการเลือกใช้บริการการขนส่งสินค้าได้ถูกต้องเท่ากับการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง

ค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง(ρ^2)จะพิจารณาถึงสัดส่วนของการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าด้วย ตัวอย่างเช่น กรณีที่มีรูปแบบการขนส่ง 2 รูปแบบ คือการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก และ การขนส่งสินค้าทางราง โดยแบบจำลองที่มีค่าสัดส่วนในการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าทั้ง 2 ประเภทเท่ากับ 0.9/0.1 และ มีค่า ρ^2 เท่ากับ 0.55 ซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบจำลองที่มีค่าρ^2 เท่ากับ 0.25 โดยค่าดัชนี ρ^2 น้อยที่สุดสำหรับตรวจสอบแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งแสดงในตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ดัชนี ρ^2 น้อยที่สุดที่ใช้ตรวจสอบแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่ง

สัดส่วนในการเลือกรูปแบบการขนส่งสำหรับสองทางเลือก	ค่าต่ำสุดของ ρ^2
0.50	0.00
0.60	0.03
0.70	0.12
0.80	0.28
0.90	0.53
0.95	0.71

ที่มา: Ortúzar and Willumsen (2011)

5. การตรวจสอบความถูกต้องโดยรวม (The Overall Percent Correction)

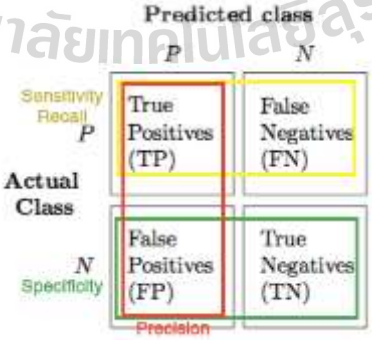
คือ การตรวจสอบว่าร้อยละความถูกต้องของแบบจำลองว่ามีความแตกต่างจากค่าที่ได้จากการสังเกตมากน้อยเพียงใด ถ้าแบบจำลองมีร้อยละความถูกต้องโดยรวมมากแสดงว่าแบบจำลองมีโอกาสที่จะทำนายถูกต้องแม่นยำสูง งานวิจัยนี้ประเมินความถูกต้องของความสามารถในการทำนายด้วยค่าร้อยละความถูกต้องของการพยากรณ์ ดังนี้

$$\%correct = \sum_{n=1}^{N} \frac{W_n}{N} \tag{2.73}$$

เมื่อ W_n คือ ผู้บริหารคนที่ n เลือกใช้รูปแบบการขนส่งสินค้าแบบที่ i มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อแบบจำลองสามารถพยากรณ์ได้ตรงกับที่ผู้บริหารคนที่ n เลือก และมีค่าเท่ากับ 0 ในกรณีอื่น ๆ

2.10 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง

คือ การประเมินผลลัพธ์การทำนายเปรียบเทียบกับผลลัพธ์จริง ๆ ที่เลือกโดยมนุษย์ กล่าวอีกนัยหนึ่งว่า การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง คือ การทดสอบว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับประชากรในพื้นที่นั้นได้ดีจริงหรือไม่ ซึ่งเป็นเกณฑ์การวัดประสิทธิภาพ (Performance) ของแบบจำลองตามหลักของ Machine Learning สามารถสรุปผลการประเมินได้จากเมทริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 Confusion Matrix

ที่มา: https://newbiettn.github.io/2016/08/30/precision-recall-sensitivity-specificity/

เมื่อ True positive (TP) คือ สิ่งที่แบบจำลองทำนายว่าจริง และคนบอกว่าจริง

True negative (TN) คือ สิ่งที่แบบจำลองทำนายว่าไม่จริง และคนบอกว่าไม่จริง

False positive (FP) คือ สิ่งที่แบบจำลองทำนายว่าจริง แต่คนบอกว่าไม่จริง

False negative (FN) คือ สิ่งที่แบบจำลองทำนายว่าไม่จริง แต่คนบอกว่าจริง

เกณฑ์การวัดประสิทธิภาพการทำนาย ประกอบด้วย (1) ค่าความเที่ยงตรง (Precision) คือ ค่าที่แสดงว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นทำนายว่าจริง ถูกต้องเท่าไร (2) ค่าระลึก (Recall หรือ True positive rate) คือ ค่าที่แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ว่าจริง เป็นอัตราส่วนเท่าไรของจริงทั้งหมด (3) ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง (Efficiency measurement: F-Measure) คือ ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของความแม่นยำในการทำนายของแบบจำลอง และ (4) ค่าความถูกต้องในการทำนาย (Accuracy) คือ ค่าที่แสดงว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้ถูกต้องโดยรวมเท่าใด โดยแต่ละค่าสามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$\text{Precision (P)} = \frac{TP}{TP + FP} \tag{2.74}$$

$$\text{Recall (R)} = \frac{TP}{TP + FN} \tag{2.75}$$

$$F\text{-}measure\ (F) = 2 \times \frac{P \times R}{P + R} \tag{2.76}$$

$$\%Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN} \times 100 \tag{2.77}$$

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า

ณกร อินทร์พยุง (2541) ได้พัฒนาแบบจำลองการเลือกพาหนะสำหรับการขนส่งสินค้า กรณีศึกษาการขนส่งสินค้าระหว่างกรุงเทพมหานครและภาคตะวันออกของประเทศไทย ด้วยแบบจำลองจำแนกความสัมพันธ์(Cross-Classification Model) และแบบจำลอง Binary Logit โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับใช้พยากรณ์พฤติกรรมการเลือกยานพาหนะในการขนส่งสินค้าของบริษัทที่ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานครและภาคตะวันออกของประเทศไทย การศึกษานี้ได้สำรวจข้อมูลจากบริษัทขนส่งสินค้า 113 บริษัท ซึ่งขนส่งสินค้าจำพวกข้าว ปูนซีเมนต์ น้ำมัน และคอนเทนเนอร์ เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกพาหนะใน

การขนส่งสินค้า ซึ่งได้แก่ รถบรรทุก รถไฟ และเรือ ผลจากการพัฒนาแบบจำลองจำแนกความสัมพันธ์ (Cross-Classification Model) ซึ่งแบ่งกลุ่มการเลือกยานพาหนะในการขนส่งสินค้าออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 คือ บริษัทต้องขนสินค้าโดยพาหนะเพียงประเภทเดียว (Captive Firms) คือรถบรรทุก (Captive Mode) กลุ่มที่ 2 คือ บริษัทที่สามารถเลือกทางเลือกการขนส่งสินค้าได้มากกว่า 1 ทางเลือก (Non-Captive Mode) พบว่า แบบจำลองจำแนกความสัมพันธ์สามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์การเลือกยานพาหนะของบริษัทที่ขนส่งสินค้าประเภท ข้าว หิน ดิน ทราย และคอนเทเนอร์ได้ เนื่องจากเป็นการพยากรณ์การขนส่งสินค้าจากบริษัทไปยังลูกค้าปลายทาง ผลการพัฒนาแบบจำลองแสดงให้เห็นว่า ร้อยละของปริมาณสินค้าแต่ละประเภทจะขึ้นอยู่กับตัวแปร ด้านปริมาณการขนส่งสินค้า ระยะทางจากบริษัทไปยังสถานีขนส่งสินค้าที่ใกล้ที่สุด และจำนวนรถบรรทุกที่ครอบครอง เมื่อตัวแปรทั้ง 3 เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้บริษัทสามารถเลือกยานพาหนะในการขนส่งสินค้าได้มากกว่า 1 ทางเลือก หรือการถูกบังคับขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกจะลดลง แต่แบบจำลอง Logit เหมาะสมที่จะนำมาใช้พยากรณ์การเลือกยานพาหนะของบริษัทที่ขนส่งสินค้าประเภทปูนซีเมนต์และน้ำมัน เนื่องจากเป็นการขนส่งสินค้าระหว่างคลังสินค้า โดยตัวแปรที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกยานพาหนะในการขนส่งสินค้าของบริษัทที่ขนส่งสินค้าประเภทข้าว และสินค้าประเภทน้ำมัน คือ ปัจจัยด้านค่าใช้จ่าย (Cost) เพียงปัจจัยเดียว หิน ดิน ทราย คือ ปัจจัยด้านค่าใช้จ่าย (Cost) และระดับการให้บริการ (LOS) สินค้าคอนเทเนอร์ คือ ปัจจัยด้านค่าใช้จ่าย (Cost) เวลาในการขนส่ง (Time) และระดับการให้บริการ (LOS) และสินค้าประเภทปูนซีเมนต์ คือ ปัจจัยด้านค่าใช้จ่าย (Cost) และเวลาในการขนส่ง (Time) นอกจากนี้ยังพบว่า แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถพยากรณ์การเลือกพาหนะสำหรับการขนส่งได้ในระดับความถูกต้องที่น่าพอใจ

วสุ ชัยสุข (2547) ทำการศึกษาการขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุกและรถไฟในประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเลือกประเภทการขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุกและรถไฟกับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการตัดสินใจในการเลือกประเภทการขนส่ง ระหว่างกรุงเทพมหานครและปริมณฑลกับจังหวัดต่าง ๆ ภายในประเทศ โดยปัจจัยที่นำมาศึกษาประกอบด้วย ปริมาณสินค้า ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า ระยะเวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้า และมูลค่าความสะดวกในการขนส่ง (พิจารณาความสามารถในด้านการให้บริการ โดยรถบรรทุกพิจารณาจำนวนรถบรรทุกที่จดทะเบียนและพื้นที่ของจังหวัดนั้น ๆ รถไฟพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ ระยะการเดินทางมาขึ้นรถไฟ และพื้นที่ของจังหวัด) ทั้งนี้ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองขึ้น 3 รูปแบบคือ แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Model) แบบจำลองโลจิท (Logit Model) และแบบจำลองยกกำลัง (Power Model) ผลจากการวิจัยพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า ได้แก่ ค่าใช้จ่าย และระยะเวลาที่ใช้ในการขนส่ง

สินค้า นอกจากนี้ผลการวิจัยยังพบว่า แบบจำลองที่มีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้พยากรณ์พฤติกรรมการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าคือ แบบจำลองโลจิท (Logit Model) และเมื่อพิจารณาสัดส่วนในการขนส่งสินค้าของรูปแบบการขนส่งระหว่างรถบรรทุกและรถไฟพบว่ามีสัดส่วนในการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก แสดงว่ายังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้านอกเหนือที่นำมาพิจารณาในแบบจำลองนี้

สุระ พราหมณ์รักษา และคณะ (2557)ได้ทำการประเมินทางเลือกรูปแบบการขนส่งสำหรับกลุ่มสินค้าอะไหล่ยานยนต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งระหว่างทางถนน ทางราง และทางน้ำ เพื่อประเมินทางเลือกรูปแบบการขนส่งที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการได้ดีที่สุด ซึ่งปัจจัยที่เลือกนำมาใช้ในการวิเคราะห์มีจำนวน 8 ปัจจัย ได้แก่ ความถี่ในการขนส่ง อุปกรณ์ยกขน ระยะเวลาในการขนส่ง ราคา การประสานงาน ความปลอดภัย ความยืดหยุ่น และผลสัมฤทธิ์ของงาน ซึ่งปัจจัยทั้งหมดนำมาใช้ในการพิจารณาการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าทั้งทางถนน ทางราง และทางน้ำ ภายใต้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) จากผลการวิจัยพบว่าการขนส่งสินค้าทางถนนได้คะแนนลำดับความสำคัญสูงสุด ตามด้วยราง และทางน้ำ และปัจจัยที่มีความสำคัญ 4 อันดับแรก คือ ปัจจัยด้านความปลอดภัย ผลสัมฤทธิ์ของงาน ความยืดหยุ่น และราคา ทั้งนี้การขนส่งทางถนนยังคงมีคะแนนความสำคัญของปัจจัยด้อยกว่าการขนส่งรูปแบบอื่นในด้านของราคา ความปลอดภัย และผลสัมฤทธิ์ของงาน ซึ่งผู้วิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะว่าหากพัฒนาปัจจัยที่ด้อยกว่านี้ให้ดียิ่งขึ้นจะสามารถตอบสนองความต้องการขนส่งได้ดียิ่งขึ้นในอนาคต

อรรถวิทย์ อุปโยคิน และคณะ (2558) ได้พัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่างเมืองสำหรับรถไฟทางคู่และถนนในเขตพื้นที่ชายแดนจังหวัดเชียงราย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยและพัฒนาแบบจาลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าบริเวณพื้นที่จังหวัดเชียงราย ด้วยทฤษฎี Binary Logit Model ซึ่งผลจากการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าในจังหวัดเชียงราย ได้แก่ เวลาการเดินทางในยานพาหนะ ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง และความตรงต่อเวลา โดยผลการวิเคราะห์แบบจำลอง พบว่า ผู้ประกอบธุรกิจการค้าภายในประเทศจะปรับเปลี่ยนพฤติกรรมมาใช้รถไฟทางคู่ในสัดส่วนร้อยละ 21.17 ขณะที่ผู้ประกอบธุรกิจการค้าระหว่างประเทศในพื้นที่ชายแดนแม่สาย เชียงของ และเชียงแสน จะปรับเปลี่ยนพฤติกรรมมาใช้รถไฟทางคู่ในสัดส่วนร้อยละ 22.60, 30.96 และ 34.19 ตามลำดับ หากในอนาคตผู้ผู้กำกับดูแลด้านกิจการรถไฟสามารถบริหารจัดการลดอัตราค่าขนส่ง และระยะเวลาในการเดินทางลงได้ จะส่งผลให้ผู้ประกอบกิจการด้านการขนส่งปรับเปลี่ยนพฤติกรรมมาใช้ระบบรถไฟในการขนส่งสินค้าเพิ่มมากขึ้น

Feo, Espino, and García (2011) ได้การวิเคราะห์การเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้ประกอบการขนส่งสินค้าชาวสเปนที่ทำการขนส่งสินค้าในทะเลฝั่งยุโรปตะวันตกเฉียงใต้ โดยมีรูปแบบการขนส่งสินค้า 2 ประเภท ได้แก่ รถบรรทุก และ เรือ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดนโยบายในการขนส่งสินค้าที่มีประสิทธิภาพ ด้วยแบบจำลอง “Mixed Logit” ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้ประกอบการ ได้แก่ ปัจจัยด้านค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (Transport Cost) เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้า (Transit Time) ความน่าเชื่อถือ (Reliability) ความถี่ในการขนส่ง (Frequency) ดัชนีของมูลค่าต่อหน่วย (Index of Unit Value) บริการของเรือสินค้า (Maritime Services) ระยะทางจากท่าเรือถึงโรงงาน (Port-to-Door Distance) ความถี่ในการจัดส่งสินค้า (Shipment Frequency) โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 0.48

Masiero and Hensher (2012) ทำการวิเคราะห์ว่าระยะทางในการขนส่งสินค้าส่งผลกระทบต่อค่าของน้ำหนักอรรถประโยชน์จากแบบทดสอบสถานการณ์สมมติ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า ซึ่งปัจจัยที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (Transport Cost) เวลาที่ใช้ในการขนส่ง (Transport Time) ความตรงเวลาในการขนส่ง (Transport Punctuality) และความเสียหายจากการขนส่ง (Damage) โดยใช้แบบจำลอง Multinomial Logit และ Heteroskedastic Panel Multinomial Logit (Panel H-MNL) ในการวิเคราะห์ จากผลการวิจัย พบว่า แบบจำลอง Panel H-MNL มีความสามารถในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตามได้ร้อยละ 34 ซึ่งสามารถอธิบายได้ดีกว่าแบบจำลอง MNL และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าได้แก่ ระยะทางในการขนส่งจากต้นทางถึงปลายทาง และ น้ำหนักต่อหน่วยบรรทุกของการขนส่งในระยะทางที่ไกล เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการเลือกทางเลือก

Shen and Wang (2012) ทำการวิเคราะห์การเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่างรถบรรทุกและรถไฟของกรณีการขนส่งธัญพืชในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการขนส่งสินค้าธัญพืชทางถนนและทางราง ด้วยแบบจำลอง Binary Logit และระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศ (GIS) จากผลการวิจัยพบว่า โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า ได้แก่ น้ำหนักของสินค้า ระยะทางจากต้นทางถึงปลายทาง เวลาที่ใช้ในการเดินทาง และค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ทั้งนี้ผู้ประกอบการจะเลือกขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกมากกว่ารถไฟเมื่อระยะทางในการขนส่งสินค้าจากต้นทางถึงปลายทางมีระยะที่ไม่ไกลนัก และจากการเปรียบเทียบความสามารถในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตามระหว่าง Binary Logit Model และ Linear Regression Model พบว่า แบบจำลอง Binary Logit สามารถการอธิบายผันแปรของตัวแปรตามได้มีประสิทธิภาพดีกว่า

Moschovou and Giannopoulos (2012a) สร้างแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าในประเทศกรีก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่างรถบรรทุกและรถไฟ จากนั้นได้ทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และหาสัดส่วนความน่าจะเป็นในการตัดสินใจเลือกขนส่งสินค้าระหว่างรถบรรทุกและรถไฟ ทั้งนี้ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย โดยการวิเคราะห์ความสำคัญและความพึงพอใจ โดยใช้วิธีวิเคราะห์ Linear Regression Analysis จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์พฤติกรรมการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า โดยใช้ทฤษฎี Disaggregate Logit Analysis ทั้งนี้ได้แบ่งกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) เจ้าของกิจการที่ขนส่งสินค้าเอง และ2) บริษัทรับขนส่งสินค้า จากผลการวิจัยพบว่า เจ้าของกิจการที่ขนส่งสินค้าเอง ให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านการจัดส่งสินค้า (Shipment Life) ความน่าจะเป็นที่สินค้าจะสูญหายและเสียหาย (Probability for Load Loss And Damage) ความพร้อมของอุปกรณ์ในการขนถ่ายสินค้า (Availability of Loading/ Unloading equipment) และความน่าเชื่อถือของการให้บริการ (Reliability Of The Service) เช่น เวลาในการขนส่งสินค้า เป็นต้น และให้ความพึงพอใจกับปัจจัยด้านความพร้อมของอุปกรณ์ในการขนถ่ายสินค้าและความน่าเชื่อถือของการให้บริการ ส่วนบริษัทขนส่งสินค้าให้ความสำคัญต่อปัจจัยความน่าเชื่อถือของการให้บริการ ค่าใช้จ่ายของน้ำหนักบรรทุก ขนาดของสินค้า ความถี่ในการให้บริการ และให้ความพึงพอใจต่อปัจจัยขนาดของสินค้า ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง และความพร้อมของอุปกรณ์ในการขนถ่ายสินค้า และผู้ประกอบการจะเปลี่ยนพฤติกรรมมาเลือกใช้ระบบขนส่งสินค้าทางรางเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 2 ของการขนส่งทั้งหมด จึงสันนิษฐานว่าอาจจะมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องแต่ไม่ได้นำเข้ามาใช้ในการวิจัย

Y. Wang, Ding, Liu, and Xie (2013) ได้ทำการวิเคราะห์การเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่างรัฐระหว่างรถบรรทุกและรถไฟ กรณีศึกษาของรัฐแมรี่แลนด์ สหรัฐอเมริกา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าทั้งรถบรรทุกและรถไฟ โดยการสร้างแบบจำลอง Binary Probit และ Binary Logit เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมการตัดสินใจ วิจัยนี้แบ่งปัจจัยออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ (1) สินค้า (ประเภทสินค้า, VOT, สถานีต้นทางและรูปแบบการค้า) (2) การขนส่งสินค้า (น้ำหนัก, มูลค่า) (3) โครงข่ายการขนส่งสินค้า (ระยะทางสะสม, ระยะทางต่อเที่ยว) และ (4) ค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Cost) ผลจากการวิจัยพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่ง คือ VOT, รูปแบบการค้า (Trade Type), สถานีต้นทาง (Origin), และค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Cost) นอกจากนี้ ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลองพบว่า แบบจำลอง Binary Logit สามารถพยากรณ์พฤติกรรมการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าได้ใกล้เคียงกับแบบจำลอง Binary Probit มาก ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้มีค่าไม่แตกต่างกัน

Reis (2014) ทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าในระยะสั้น โดยใช้แบบจำลอง Agent-Based Model (ABM) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีว่า “ANYLOGIC” Version 6.4.0โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า และนำปัจจัยที่ได้จากการศึกษาไปกำหนดนโยบายในการขนส่งหลายรูปแบบ (รถบรรทุก รถไฟ และเรือ) ระยะสั้นของการขนส่งสินค้าทางเรือ จากผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า คือ ราคาในการขนส่งสินค้าต่อตู้คอนเทนเนอร์ (Price Per Container) เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้า (Transit Time) ความน่าเชื่อถือ (Reliability) และความยืดหยุ่น (Flexibility)

Shi, Hu, Zhou, and Liu (2014) ทำการวิจัยเกี่ยวกับส่วนแบ่งการตลาดของการขนส่งสินค้าทางรางบนกระบวนการทั้งหมดของการขนส่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองโลจิททวินาม (Binary Logit Model) ที่สามารถนำมาหาจำนวนของส่วนแบ่งการตลาดของการขนส่งสินค้าระหว่างการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกและรถไฟในเมืองเซี่ยงไฮ้ ประเทศจีน จากผลการวิจัยพบว่าปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลทำให้ส่วนแบ่งการตลาดของการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟเพิ่มขึ้น ได้แก่ ความเร็วของรถไฟ (Train Speed) เวลาในการขนถ่ายตู้สินค้า (Waiting Time to be Loaded) ปริมาณคอนเทนเนอร์ (Volume Container) และระยะทางในการขนส่งสินค้า (Transport Distance) นั่นคือส่วนแบ่งการตลาดของรถไฟจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วเฉลี่ย ปริมาณคอนเทนเนอร์ หรือ ระยะทางในการขนส่งเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันหากเวลาในการขนถ่ายตู้สินค้าลดลงจะส่งผลทำให้ส่วนแบ่งการตลาดของรถไฟเพิ่มขึ้นด้วย อีกทั้งเมื่อความเร็วเฉลี่ยของรถไฟไม่ต่ำกว่า 50 กิโลเมตร/ชั่วโมง หรือ เวลาในการขนถ่ายตู้สินค้าน้อยกว่า 1.5 วันจะส่งผลให้ส่วนแบ่งการตลาดรถไฟเพิ่มสูงขึ้นกว่า 50%

Arencibia, Feo-Valero, García-Menéndez, and Román (2015) พัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าโดยใช้การทดสอบทางเลือกขั้นสูง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสำหรับการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่างการขนส่งด้วยรถบรรทุก รถไฟ และเรือ ระหว่างประเทศสเปนกับ 4 ประเทศในทวีปยุโรป นั่นคือการขนส่งสินค้าจากเมืองมาดริด (Madrid) ประเทศสเปนไปยังประเทศเนเธอร์แลนด์ (Netherlands) เบลเยียม (Belgium) ฝรั่งเศสตอนเหนือ (Northern France) และ เยอรมันตะวันตก (West Germany) ทั้งนี้ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองเพื่อเปรียบเทียบความเหมาะสมของแบบจำลองระหว่างทฤษฎี Multinomial Logit Model และ Mixed Logit Model ผลจากการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า ได้แก่ ปัจจัยด้านค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้า ความล่าช้า และความถี่ในการขนส่ง ซึ่งแบบจำลอง Mixed Logit Model สามารถอธิบายความผันแปรของตัวแปรตามได้ร้อยละ 18.3 โดยแบบจำลองที่ได้มีประสิทธิภาพมากกว่าแบบจำลอง Multinomial

Logit และจากการนำแบบจำลองไปทำการปรับเทียบพบว่า อาจจะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งสินค้าจากทางถนน มาเป็นทางรางและทางเรือ และจากการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งสินค้านี้จะส่งผลให้การรับและกระจายสินค้าระหว่างประเทศสเปนไปยังสหภาพยุโรปโดยผ่านทางเทือกเขาพีเรนีสที่กั้นระหว่างประเทศสเปนและสหภาพยุโรปได้สะดวกและมีความปลอดภัยมากขึ้น

จากการทบทวนวรรณกรรมที่กล่าวมาข้างต้น และงานวิจัยของนักวิชาการอื่น ๆ ที่ผู้วิจัยได้ศึกษามานี้ สามารถสรุปปัจจัยที่มีอิทธิพลการตัดสินใจการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า ดังแสดงในตารางที่ 2.9 ซึ่งจากการสรุปปัจจัยดังกล่าวมีปัจจัยที่ตรงกับบริบทของพื้นที่ศึกษาจำนวน 12 ปัจจัย ได้แก่

Transport Cost (ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง)	Transit Time (เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้า)
Reliability (ความน่าเชื่อถือ)	Handling Time (เวลาในการขนถ่ายตู้สินค้า)
Frequency (ความถี่ในการให้บริการ)	Distance (ระยะทางในการขนส่งสินค้า)
Delay (ความล่าช้าในการขนส่ง)	Safety (ความปลอดภัยในการขนส่งสินค้า)
Level of Service (ระดับของการบริการ)	Punctuality (ความตรงต่อเวลา)
Flexibility (ความยืดหยุ่น)	Damage and Losses (สินค้าเสียหาย-สูญหาย)

อีกทั้ง จากการทบทวนทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง พบว่า แบบจำลองโลจิทแบบผสม (Mixed Logit Model) เป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสามารถอธิบายถึงพฤติกรรมการตัดสินใจได้ใกล้เคียงกับพฤติกรรมการตัดสินใจของกลุ่มตัวอย่างมากที่สุด ผู้วิจัยในต่างประเทศได้นำแบบจำลองโลจิทแบบผสมมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่างรถบรรทุกและเรือ แต่ยังไม่มีการนำแบบจำลองโลจิทแบบผสมมาพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่างรถบรรทุกกับรถไฟ ดังนั้น งานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงนำแบบจำลอง Mixed logit มาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้ประกอบการผลิตสินค้าเกษตรแปรรูปในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ตารางที่ 2.9 ปัจจัยที่มีอิทธิพลการตัดสินใจการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า

ผู้วิจัย	ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า										
	Transport cost	Transit Time	Reliability	Frequency of service	Distance	Delay	Security	Level of Service	Punctuality	Damage & losses	Flexibility
Upayokin et al., 2015	✓	✓							✓		
Pramraksa et al., 2014	✓	✓		✓			✓				✓
Chaisuk, 2004	✓	✓									
Indra-payong, 1998	✓	✓			✓			✓			
Feo-Valero et al., 2016	✓	✓		✓		✓					
de Jong et al., 2016	✓	✓									
Arencibia et al., 2015	✓	✓		✓		✓			✓		
Reis, 2014	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓
Shi et al., 2014	✓	✓	✓		✓						
Nuzzolo et al., 2013	✓	✓			✓						
Shen et al., 2012	✓	✓			✓						
Moschovou et al., 2012	✓	✓			✓						

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.9 ปัจจัยที่มีอิทธิพลการตัดสินใจการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า (ต่อ)

ผู้วิจัย	ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า										
	Transport cost	Transit Time	Reliability	Frequency of service	Distance	Delay	Security	Level of Service	Punctuality	Damage & losses	Flexibility
Masiero et al., 2012	✓	✓							✓	✓	
Arunotayanun et al., 2011	✓	✓								✓	✓
Danielis et al., 2007	✓	✓		✓							✓
Grue et al., 2006	✓	✓	✓	✓			✓	✓			✓
Zamparini et al., 2011		✓	✓	✓						✓	✓
Rich et al., 2009		✓									
Shinghal et al., 2002		✓	✓	✓							
Cullinane et al., 2000		✓	✓					✓			
Matear et al., 1993				✓							✓
Jeffs et al., 1990		✓	✓		✓		✓				✓
McGinnis, 1989	✓	✓	✓								
Oum, 1979		✓	✓								

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

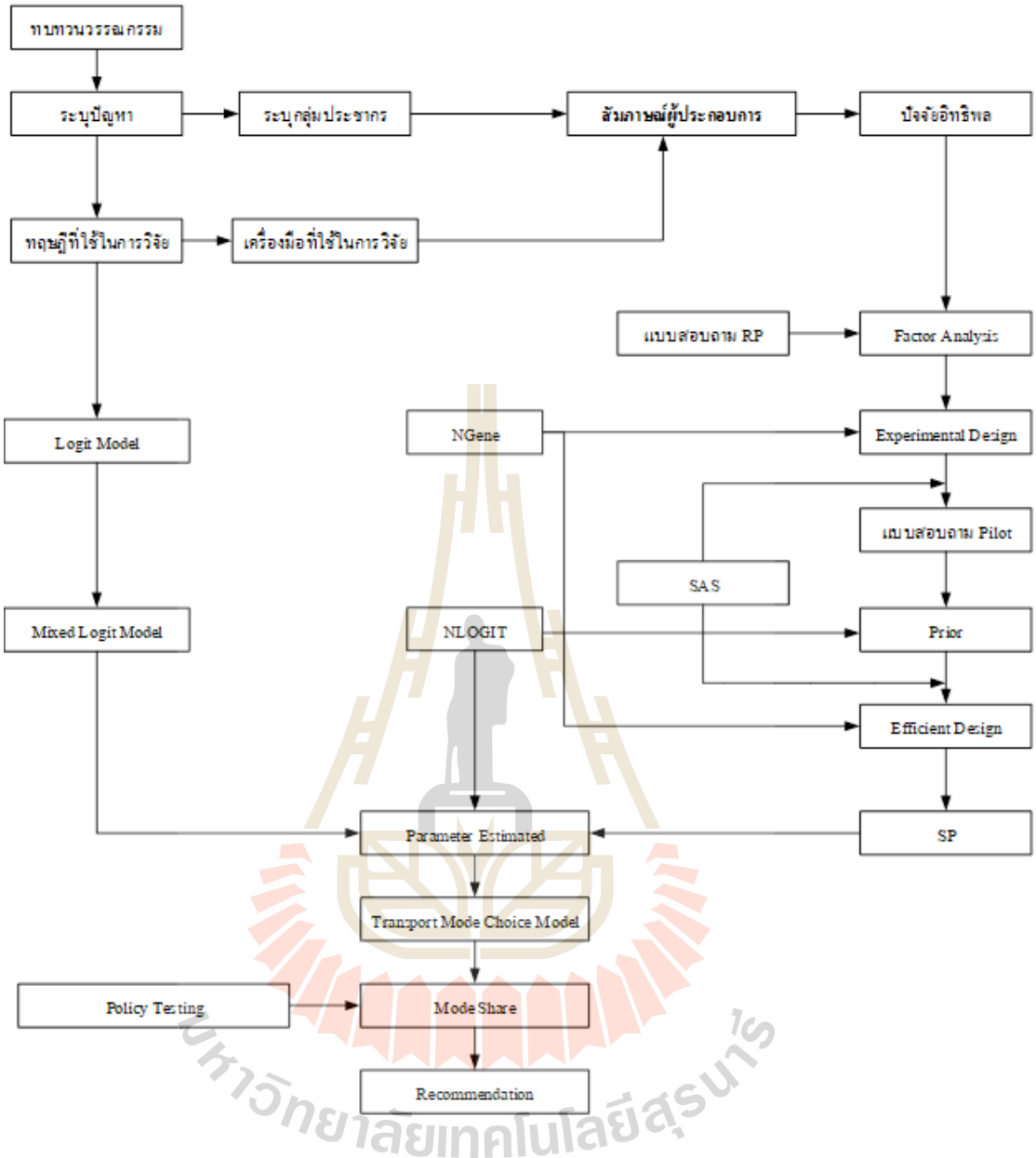
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ 6 ขั้นตอน ได้แก่ ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ระบุปัญหางานวิจัย การวิเคราะห์ปัจจัย การออกแบบสถานการณ์ทดสอบ การพัฒนาแบบจำลองและการประยุกต์ใช้แบบจำลอง สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ ซึ่งผู้วิจัยแสดงกรอบแนวคิดการวิจัยไว้ในรูปที่ 3.1 และวิธีดำเนินการวิจัยในแต่ละขั้นตอนสามารถอธิบายตามลำดับได้ดังนี้

3.1 ขั้นตอนที่ 1 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดด้านการขนส่งสินค้าทางราง โครงข่ายทางรถไฟของประเทศไทย ภาพรวมของรูปแบบการขนส่งสินค้าในปัจจุบัน ประเภทสินค้าและขบวนสินค้าที่ขนส่งด้วยรถไฟ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า แนวคิดส่วนประสมทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการ การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า รวมถึงการทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า

การทบทวนรูปแบบการขนส่งสินค้าเกษตรแปรรูปที่บรรจุในตู้คอนเทนเนอร์ของสถานประกอบการในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า ถูกจำกัดเพียง 2 รูปแบบเท่านั้น คือ การขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกและรถไฟ เนื่องจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีลักษณะภูมิประเทศที่ไม่มีทางออกสู่ทะเล หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “พื้นที่ปิด” (Landlocked Region) ดังนั้น ผู้ประกอบการส่วนใหญ่จึงตัดสินใจขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกเป็นหลักด้วยเหตุผลที่แตกต่างกัน การทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าประกอบด้วย 12 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ปัจจัยด้านค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า เวลาในการขนส่งสินค้า เวลาในการขนถ่ายตู้สินค้า ความน่าเชื่อถือ ความถี่ในการให้บริการ ระยะทางในการขนส่งสินค้า ความล่าช้าในการขนส่ง ความปลอดภัย ระดับการใหบริการ ความตรงต่อเวลา ความยืดหยุ่น และความเสียหายและสูญหายของสินค้าขณะขนส่ง ซึ่งเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับด้านราคาค่าบริการ การให้บริการหรือผลิตภัณฑ์ที่นำเสนอแก่ผู้บริโภค และทำเลที่ตั้ง



รูปที่ 3.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง พบว่า การออกแบบนโยบายเพื่อพัฒนารูปแบบการให้บริการสำหรับธุรกิจบริการ นอกจากจะมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับราคาค่าบริการ การให้บริการหรือผลิตภัณฑ์ที่นำเสนอแก่ผู้บริโภค และทำเลที่ตั้งแล้ว ยังต้องครอบคลุมถึงปัจจัยด้านอื่น ๆ อีกด้วย

นอกจากนี้ การทบทวนการออกแบบสถานการณ์ทดสอบที่ใช้ในการสร้างสถานการณ์สมมติ ยังพบว่า การออกแบบสถานการณ์ทดสอบที่มีประสิทธิภาพจะทำให้ข้อมูลที่รวบรวมได้

เป็นข้อมูลที่ดี ส่งผลให้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นเป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพ รวมถึงการทบทวนแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า พบว่า การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าสำหรับ 2 ทางเลือกมีด้วยกัน 2 แบบจำลอง คือ Binary Logit Model และ Mixed Logit Model

3.2 ขั้นตอนที่ 2 การระบุปัญหา

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนที่ 1 ผู้วิจัยสามารถระบุปัญหาด้านการขนส่งสินค้าทางรางของสถานประกอบการได้ ขั้นตอนที่ 2 ผู้วิจัยจึงทำการวิจัยปัญหา (Research Problem) เพื่อแก้ปัญหาวิจัย (Problem Solving Research) ด้วยการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ สภาพการขนส่งสินค้าของสถานประกอบการในปีที่ทำการวิจัยปัญหา และศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการให้บริการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ เพื่อนำไปพัฒนาแบบจำลอง Binary Logit Model เบื้องต้น ส่งผลให้ผู้วิจัยสามารถระบุปัญหาและกำหนดแนวทางการดำเนินงานวิจัยที่ชัดเจนได้ นอกจากการนำเสนอผลการวิจัยปัญหาแล้ว ผู้วิจัยได้กล่าวถึงการระบุประชากร เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย วิธีรวบรวมข้อมูล การสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ รวมถึงระบุตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งแต่ละขั้นตอนสามารถอธิบายได้ดังนี้

3.2.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของสถานประกอบการ

ในปี พ.ศ. 2559 ผู้วิจัยเริ่มศึกษาข้อมูลของสถานประกอบการที่ผลิตสินค้าเกษตรแปรรูปประเภท แป้งมันสำปะหลัง ข้าวสาร และน้ำตาลที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจากแบบสอบถามการศึกษาความความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบการให้บริการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ โดยทำการศึกษาเกี่ยวกับประเภทสินค้าที่ผลิต กำลังการผลิตต่อวัน จำนวนยานพาหนะที่ใช้ขนส่งสินค้า ลักษณะการดำเนินการขนส่งสินค้า และรูปแบบการขนส่งสินค้าของสถานประกอบการในปีปัจจุบัน จากแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบการให้บริการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ ซึ่งผลจากการศึกษาสามารถอธิบายได้ดังนี้

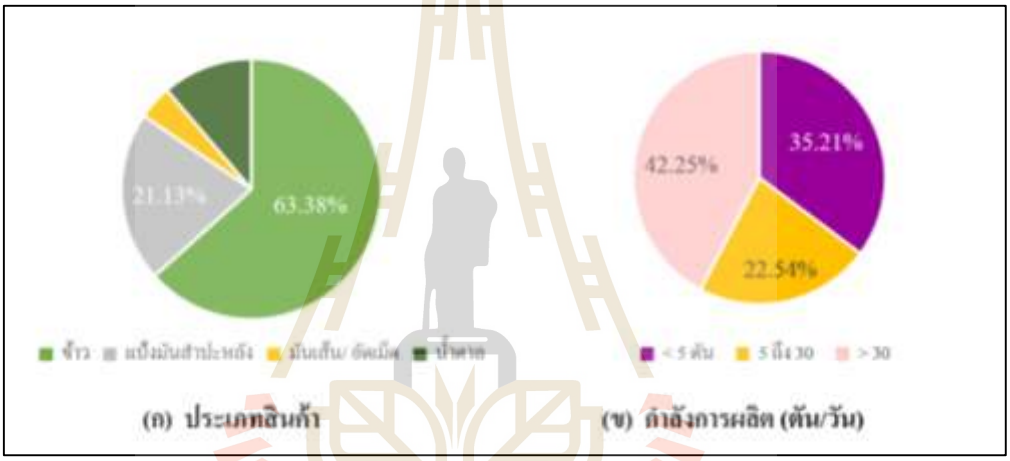
1. ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ

ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการเบื้องต้น พบว่า ผู้ประกอบการที่ให้ข้อมูลจำนวน 71 ราย ได้แก่ ผู้ประกอบการที่ผลิตสินค้าแปรรูปการเกษตรจากมันสำปะหลังจำนวน 18 ราย แบ่งเป็นผู้ประกอบการผลิตแป้งมันสำปะหลังจำนวน 15 ราย (21.43%) ผู้ประกอบการผลิตมันเส้น มันอัดเม็ด และเจ้าของลานมันจำนวน 3 ราย (4.29%) ผู้ประกอบการผลิตข้าวสารจำนวน 45 ราย (63.38%) และสถานประกอบการผลิตน้ำตาลจำนวน 8 ราย (10.90%) ส่วนใหญ่เป็นสถานประกอบการขนาดใหญ่มีกำลังการผลิตมากกว่า 400 ตันต่อวันจำนวน 30 โรงงาน (42.25%) รองลงมาเป็นสถานประกอบการขนาดเล็กมีกำลังการผลิตไม่เกิน 200 ตัน/วันจำนวน 25 โรงงาน

(35.21%) และขนาดกลางมีกำลังการผลิตอยู่ระหว่าง 200-400 ตัน/วัน จำนวน 16 โรงงาน (22.54%)

2. รูปแบบการขนส่งสินค้าในปัจจุบัน

ปริมาณสินค้าที่ขนส่งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 2,825 ตันต่อเดือน รูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่างรถบรรทุก รถไฟ เรือในประเทศ และเรือชายฝั่ง มีสัดส่วนเท่ากับ 1: 0.03: 0.03: 0.13 ปลายทางในการขนส่งสินค้า คือ ท่าเรือแหลมฉบัง ท่าเรือคลองเตย กรุงเทพมหานครและปริมณฑล สมุทรปราการ ชลบุรี ระยอง และสุราษฎร์ธานี ระยะเวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าโดยเฉลี่ย 10-14 ชั่วโมง ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าเฉลี่ยเท่ากับ 600 บาท/ตัน



รูปที่ 3.2 ประเภทสินค้าและกำลังการผลิต

ผู้ตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าร้อยละ 98.59 คือ ผู้บริหารของสถานประกอบการ และร้อยละ 1.41 คือ เจ้าของสินค้า การดำเนินการขนส่งสินค้าในปัจจุบัน พบว่าผู้ประกอบการว่าจ้างบริษัทภายนอกในการขนส่งสินค้าคิดเป็นร้อยละ 67.25 และผู้ประกอบการดำเนินการขนส่งสินค้าด้วยเองคิดเป็นร้อยละ 32.34 ซึ่งผู้ประกอบการที่ดำเนินการขนส่งสินค้าเองส่วนใหญ่จะขนส่งสินค้าด้วยรถพ่วง 18 ล้อและหัวลากบรรทุก คิดเป็นร้อยละ 53.02 และขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก 10 ล้อร้อยละ 34.26 ผู้ประกอบการที่ผลิตแป้งมันสำปะหลัง ข้าวสาร และน้ำตาลผลิตสินค้าเพื่อส่งขายไปยังต่างประเทศเป็นหลัก ส่วนผู้ประกอบการที่ผลิตมันเส้น มันอัดเม็ดและเจ้าของลานมันเน้นขายสินค้าให้แก่กลุ่มลูกค้าภายในประเทศเท่านั้น

ดังนั้น จากการทบทวนและรวบรวมข้อมูลของสถานประกอบการในเบื้องต้น ผู้วิจัยสามารถระบุประชากรที่ใช้ในการศึกษาได้ โดยแสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อที่ 3.2.4

3.2.2 การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการให้บริการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ

ผู้วิจัยเริ่มต้นศึกษาด้วยการวิจัยปัญหา โดยการนำปัจจัยที่รวบรวมได้จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องมาสร้างแบบสอบถามความความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบการให้บริการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ ดังแสดงในภาคผนวก ฉ

การวิเคราะห์ความสำคัญ-ความพึงพอใจของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการให้บริการขนส่งสินค้าทางราง ผู้วิจัยสอบถามจากผู้บริหารของสถานประกอบการที่แปรรูปสินค้าประเภทแป้งมันสำปะหลัง ข้าวสาร และน้ำตาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ผู้บริหารจะประเมินปัจจัยและให้คะแนนความสำคัญความพึงพอใจที่มีต่อปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งการศึกษาในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาเพื่อให้เกิดความเข้าใจและทราบถึงทัศนคติของผู้บริหารที่มีต่อการให้บริการขนส่งสินค้าทางรางในปัจจุบัน

3.2.2.1 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง สำหรับกรณีที่ทราบจำนวนประชากร (Finite Population) ตามสูตรคำนวณของทาโร ยามาเน (Yamane, 1973) โดยกำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้เท่ากับร้อยละ 5 ตามสูตรข้างล่างนี้

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2} \tag{3.1}$$

เมื่อ n คือ ขนาดตัวอย่าง

N คือ จำนวนประชากรทั้งหมด

e คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

ข้อมูลจากสมาคมโรงงานผู้ผลิตมันสำปะหลังภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (2558) สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย (2558) และสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2558) พบว่า ในปี 2559 สถานประกอบการที่ผลิตสินค้าเกษตรแปรรูปจากมันสำปะหลัง ข้าว และอ้อย โรงงานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีจำนวน 1,015 โรงงาน ผู้วิจัยนำข้อมูลนี้มาใช้ในการคำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งสามารถแทนค่าในสูตรข้างต้นได้ดังนี้

$$n = \frac{1,015}{1+1,015(0.05)^2}$$

$$= 286.93$$

$$\approx 287$$

ผู้วิจัยคำนวณหาขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดได้เท่ากับ 287 คน เมื่อทราบขนาดตัวอย่างแล้ว ผู้วิจัยนำข้อมูลของสถานประกอบการมาเรียงลำดับตามกำลังการผลิตโดยเรียงลำดับมากไปหาน้อย และเลือกใช้การสุ่มอย่างมีระบบแบบ Linear Systematic Sampling (ธานินทร์ ศิลป์จารุ, 2555) ในการกำหนดช่วงห่างระหว่างการสุ่มตัวอย่าง เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีประสิทธิภาพ

3.2.2.2 ปัจจัยที่ใช้ในการวิจัย

ปัจจัยที่นำมาใช้ในการออกแบบแบบสอบถามเพื่อวิเคราะห์ปัญหา มีทั้งหมด 12 ปัจจัย ได้แก่

1) ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง
2) เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทาง
3) เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้า
4) ความน่าเชื่อถือ
5) ความถี่ในการให้บริการ
6) ระยะทางในการขนส่งจากโรงงานไปยังสถานีรถไฟ
7) ความล่าช้าในการขนส่ง
8) ความปลอดภัยในการขนส่งสินค้า
9) ระดับของการบริการ
10) ความตรงต่อเวลา
11) ความยืดหยุ่น
12) ความเสียหาย-สูญหาย

ผู้วิจัยออกแบบให้แบบสอบถามฉบับนี้เป็นแบบสอบถามชนิดปลายเปิด (Open Form) ปลายปิด (Close Form) และแบบมาตรประมาณค่า 7 ระดับ (Rating Scale) โดยมีการแบ่งโครงสร้างของแบบสอบถามฉบับนี้ออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของสถานประกอบการและรูปแบบการขนส่งสินค้าในปัจจุบัน ได้แก่ ประเภทสินค้าที่ผลิต กำลังการผลิตต่อวัน จำนวนยานพาหนะที่ใช้ขนส่งสินค้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ลักษณะการดำเนินการขนส่งสินค้า รูปแบบการขนส่งสินค้าในปัจจุบัน ผู้ตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า เป็นต้น ซึ่งเป็นแบบสอบถามชนิดปลายเปิดและปลายปิด

ส่วนที่ 2 เป็นคำถามเกี่ยวกับความความสำคัญและพึงพอใจที่มีต่อปัจจัยต่าง ๆ ของการให้บริการการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ เพื่อให้ผู้บริหารสะท้อนแนวความคิดว่า ปัจจุบันมีความพึงพอใจในการให้บริการของการขนส่งทางรางมากน้อยเพียงใด โดยลักษณะเครื่องมือเป็นแบบมาตรประมาณค่า 7 ระดับ แต่ละระดับมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

น้อยที่สุด	เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ	1
น้อย	เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ	2
ค่อนข้างน้อย	เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ	3
ปานกลาง	เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ	4
ค่อนข้างมาก	เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ	5
มาก	เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ	6
มากที่สุด	เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ	7

ความกว้างของอันตรภาคชั้นสามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

ความกว้างของอันตรภาคชั้น = (คะแนนสูงสุด – คะแนนต่ำสุด)/จำนวนชั้น

= (7-1)/7

= 0.86

ผลจากการคำนวณพบว่า ความกว้างของอันตรภาคชั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.86 ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสามารถทำการแปลความหมายของคะแนนเฉลี่ยของระดับความเห็นด้วยได้ดังนี้

1	ถึง	1.86	หมายความว่า	น้อยที่สุด
1.87	ถึง	2.73	หมายความว่า	น้อย
2.74	ถึง	3.60	หมายความว่า	ค่อยข้างน้อย
3.61	ถึง	4.47	หมายความว่า	ปานกลาง
4.48	ถึง	5.34	หมายความว่า	ค่อนข้างมาก
5.35	ถึง	6.21	หมายความว่า	มาก
6.22	ถึง	7.00	หมายความว่า	มากที่สุด

3.2.2.3 ผลการวิเคราะห์ความสำคัญและความพึงพอใจ (IPA)

การวิเคราะห์ความสำคัญและความพึงพอใจ (Importance Performance Analysis: IPA) ของปัจจัยต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 3.1 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างความสำคัญและความพึงพอใจแสดงในรูปที่ 3.3 แกนตั้งแสดงค่าเฉลี่ยความสำคัญ แกนนอนแสดงค่าเฉลี่ยความพึงพอใจ โดยพื้นที่ของ Quadrant ทั้ง 4 ถูกแบ่งออกด้วยค่าเฉลี่ยของระดับความสำคัญ (Importance) เป็นจุดตัดบนแกน Y มีค่าเท่ากับ 5.096 และ ค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจต่อบริการที่ได้รับ (Performance) เป็นจุดตัดบนแกน X มีค่าเท่ากับ 3.581 เมื่อทราบค่าเฉลี่ยของปัจจัยทั้งหมดจึงได้นำค่าดังกล่าวมาระบุพิกัดลงในแผนภูมิ

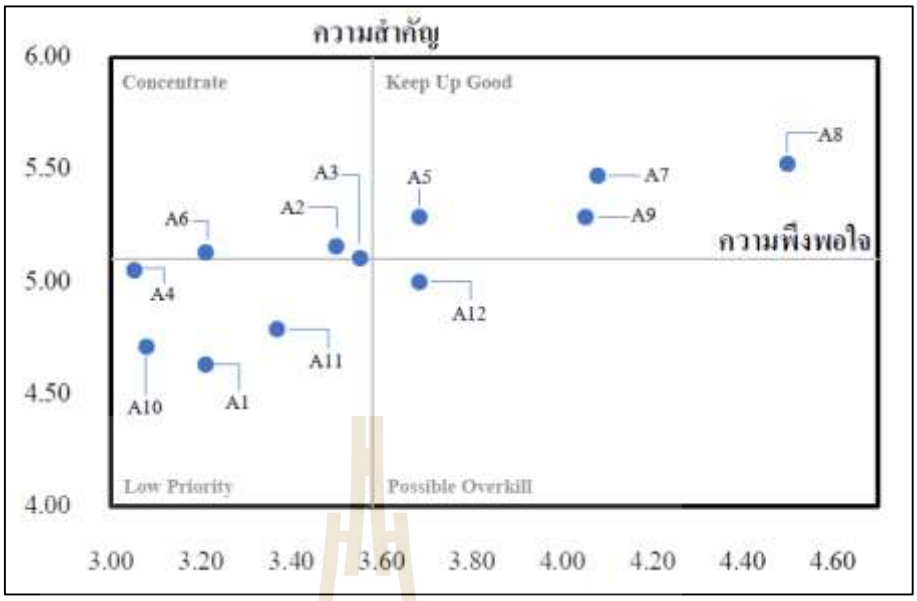
ปัจจัยที่อยู่ในพื้นที่ 1 หรือ Quadrant I เป็นปัจจัยที่ผู้ให้บริการต้องเร่งปรับปรุงให้มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพื่อให้กลุ่มลูกค้าที่ใช้บริการอยู่ยังคงเลือกใช้บริการต่อไปหรือมีความภักดีต่อบริการรวมถึงการดึงดูดให้ผู้ที่สนใจจะใช้บริการหันเลือกใช้บริการเพิ่มขึ้น

ปัจจัยที่อยู่ในพื้นที่ 2 หรือ Quadrant II สะท้อนถึงการให้บริการที่มีประสิทธิภาพสูง ลูกค้ามีความพึงพอใจต่อบริการที่ได้รับ ดังนั้น ผู้ให้บริการควรรักษามาตรฐานการให้บริการให้อยู่ในเกณฑ์ดีต่อไป

ปัจจัยที่อยู่ในพื้นที่ 3 หรือ Quadrant III เป็นปัจจัยที่ผู้ให้บริการต้องเร่งปรับปรุงให้มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพสูงขึ้นรองจากปัจจัยที่อยู่ในพื้นที่ 1 ถึงแม้กลุ่มลูกค้าจะให้ความสำคัญไม่มากแต่ก็มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการในอนาคต

ปัจจัยที่อยู่ในพื้นที่ 4 หรือ Quadrant IV เป็นปัจจัยที่ลูกค้าให้ความสำคัญน้อย อีกทั้งยังมีความพึงพอใจต่อบริการที่ได้รับ ดังนั้น ผู้ให้บริการสามารถจัดสรรงบประมาณการพัฒนาปัจจัยในส่วนนี้ไปพัฒนาส่วนอื่น ๆ ได้

เมื่อนำระดับความสำคัญและความพึงพอใจไปวิเคราะห์ค่าคู่อันดับเพื่อระบุพิกัดตำแหน่งบนแผนภูมิความสัมพันธ์ พบว่า ปัจจัยทั้งหมดปรากฏอยู่ในพื้นทั้ง 4 ของแผนภูมิ ซึ่งปรากฏในพื้นที่ 2 และ 3 มากที่สุดพื้นที่ละ 4 ปัจจัย รองลงมาคือ พื้นที่ 1 จำนวน 3 ปัจจัย และพื้นที่ 4 จำนวน 1 ปัจจัย ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และรายละเอียดผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.3 พิกัดความสำคัญและความพึงพอใจที่มีต่อปัจจัยด้านการให้บริการของรถไฟ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.1 ค่าเฉลี่ยความสำคัญและความพึงพอใจปัจจัยด้านการให้บริการขนส่งสินค้าของรถไฟ

ลำดับที่	สัญลักษณ์	ปัจจัย	ความพึงพอใจ (X)			ความสำคัญ (Y)			พิกัด (XY)	IPA Quadrants
			$\bar{x}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความสำคัญ		
1	A8	ความปลอดภัยในการขนส่ง	4.50	2.01	ค่อนข้างมาก	5.53	2.00	มาก	4.74	II
2	A9	ระดับของการบริการ	4.05	2.13	ปานกลาง	5.29	2.04	ค่อนข้างมาก	4.40	II
3	A12	ความเสียหายและสูญหาย	3.68	2.03	ปานกลาง	5.00	2.09	ค่อนข้างมาก	4.19	IV
4	A7	ความล่าช้าในการขนส่งสินค้า	4.08	2.05	ปานกลาง	5.47	2.08	มาก	4.36	II
5	A1	ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง	3.21	2.98	ค่อนข้างน้อย	4.63	2.01	ค่อนข้างมาก	3.99	III
5	A11	ความยืดหยุ่นของการให้บริการ	3.37	1.93	ค่อนข้างน้อย	4.79	2.06	ค่อนข้างมาก	4.03	III
6	A3	เวลาในการขนถ่ายสินค้า	3.55	1.81	ค่อนข้างน้อย	5.11	1.91	ค่อนข้างมาก	4.03	I
7	A5	ความถี่ในการให้บริการ	3.68	2.03	ปานกลาง	5.29	2.09	ค่อนข้างมาก	4.06	II
8	A10	ความตรงต่อเวลา	3.08	2.01	ค่อนข้างน้อย	4.71	2.22	ค่อนข้างมาก	3.84	III
9	A2	เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทาง	3.50	1.95	ค่อนข้างน้อย	5.16	2.18	ค่อนข้างมาก	3.96	I

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.1 ค่าเฉลี่ยความสำคัญและความพึงพอใจปัจจัยด้านการให้บริการขนส่งสินค้าของรถไฟ (ต่อ)

ลำดับที่	สัญลักษณ์	ปัจจัย	ความพึงพอใจ (X)			ความสำคัญ (Y)			พิกัด (XY)	IPA Quadrants
			$\bar{x}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความสำคัญ		
10	A6	ระยะทางในการขนส่งจากโรงงานไปยังสถานีรถไฟ	3.21	1.98	ค่อนข้างน้อย	5.13	2.02	ค่อนข้างมาก	3.71	I
11	A4	ความน่าเชื่อถือ	4.05	2.13	ปานกลาง	5.05	2.17	ค่อนข้างมาก	3.62	III

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากตารางที่ 3.1 แสดงค่าเฉลี่ยระดับความสำคัญและความพึงพอใจที่ผู้บริหารของสถานประกอบการแสดงทัศนคติปัจจัยด้านการบริการและบริการที่ได้รับ เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย พบว่า ผู้บริหารให้ความสำคัญต่อปัจจัยด้านความปลอดภัยในการขนส่งมากที่สุด ($\bar{X}$ = 5.53, S.D. = 2.00) รองลงมา คือ ปัจจัยด้านความล่าช้าในการขนส่งสินค้า ($\bar{X}$ = 5.47, S.D. = 2.08) ระดับของการบริการ ($\bar{X}$ = 5.29 S.D. = 2.04) ความถี่ในการให้บริการ ($\bar{X}$ = 5.29, S.D. = 2.09) และเวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทาง ($\bar{X}$ = 5.16, S.D. = 2.18)

ผู้บริหารมีความพึงพอใจต่อปัจจัยด้านความปลอดภัยในการขนส่งสินค้าค่อนข้างมาก ($\bar{X}$ = 4.50, S.D. = 2.01) และพึงพอใจต่อปัจจัยด้านความล่าช้าในการขนส่งสินค้า ($\bar{X}$ = 4.08, S.D. = 2.05) ความน่าเชื่อถือ ($\bar{X}$ = 4.05, S.D. =2.13) ระดับของการบริการ ($\bar{X}$ = 4.05, S.D. = 2.13) ความถี่ในการให้บริการ ($\bar{X}$ = 3.68, S.D. = 2.03) และความเสียหายและสูญหาย ($\bar{X}$ = 3.68, S.D. = 2.03) ในระดับปานกลาง

เมื่อพิจารณาพิกัดตำแหน่งของปัจจัยในพื้นที่ที่ 1 (Quadrant I) พบว่า ปัจจัยด้านเวลาในการขนถ่ายสินค้า (A3) เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทาง (A2) และระยะทางในการขนส่งจากโรงงานไปยังสถานีรถไฟ (A6) มีพิกัดอยู่ในพื้นที่นี้ หมายความว่า ปัจจัยกลุ่มนี้มีความสำคัญมากแต่ผู้บริหารมีความพึงพอใจต่อบริการที่ได้รับในระดับต่ำ ผู้ให้บริการต้องเร่งปรับปรุงให้ปัจจัยกลุ่มนี้มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ปัจจัยที่มีพิกัดอยู่ในพื้นที่ที่ 2 (Quadrant II) มีจำนวน 4 ปัจจัย ได้แก่ ความปลอดภัยในการขนส่ง (A8) ระดับของการบริการ (A9) ความล่าช้าในการขนส่งสินค้า (A7) และ ความถี่ในการให้บริการ (A5) ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวของแผนภูมิมีความหมายว่า ปัจจัยกลุ่มนี้มีความสำคัญมากและผู้บริหารของสถานประกอบการมีความพึงพอใจต่อบริการที่ได้รับสูง ดังนั้น ผู้ให้บริการควรรักษามาตรฐานการให้บริการให้อยู่ในเกณฑ์ดีต่อไป

ปัจจัยที่มีพิกัดอยู่ในพื้นที่ที่ 3 (Quadrant III) มีจำนวน 4 ปัจจัย ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (A1) ความยืดหยุ่นของการให้บริการ (A11) ความตรงต่อเวลา (A10) และความน่าเชื่อถือ (A4) หมายความว่า ผู้บริหารของสถานประกอบการให้ความสำคัญและพึงพอใจต่อบริการที่ได้รับในเกณฑ์ต่ำ ผู้ให้บริการควรเร่งปรับปรุงให้มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น รองจากปัจจัยที่อยู่ในพื้นที่ 1 เนื่องจากปัจจัยกลุ่มนี้มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการในอนาคต

ปัจจัยที่มีพิกัดอยู่ในพื้นที่ที่ 4 (Quadrant IV) คือ ความเสียหายและสูญหาย (A12) เป็นปัจจัยที่ลูกค้าให้ความสำคัญน้อย อีกทั้งยังมีความพึงพอใจต่อบริการที่ได้รับ

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การรถไฟแห่งประเทศไทยควรให้ความสำคัญในการพัฒนาปัจจัยที่อยู่ในพื้นที่ที่ 1 อย่างเร่งด่วน ในขณะเดียวกันควรให้

ความสำคัญในการพัฒนาปัจจัยที่อยู่ในพื้นที่ที่ 3 ควบคู่ไปด้วย เนื่องจาก ปัจจัยกลุ่มนี้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อจำนวนผู้เข้ามาใช้บริการและการตัดสินใจเลือกใช้บริการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟในอนาคต

นอกจากนี้ ผลการศึกษายังสามารถสรุปได้ว่า บางปัจจัยที่รวบรวมได้จากการทบทวนวรรณกรรมเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อธุรกิจการให้บริการขนส่งสินค้าทางราง แต่การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกขนส่งสินค้าทางรางตามแนวคิดส่วนประสมทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลร่วมด้วย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องทำการสุ่มสัมภาษณ์ผู้บริหารของสถานประกอบการเพื่อให้ทราบปัจจัยด้านอื่นเพิ่มเติม โดยรายละเอียดการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 3.2.6 และจากผลการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำปัจจัยที่ได้ไปออกแบบสถานการณ์สมมติเพื่อศึกษาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าเบื้องต้น ดังจะกล่าวถึงในลำดับต่อไป

3.2.3 การศึกษาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าเบื้องต้น

วัตถุจากปัญหาวิจัยข้อที่ 2 ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้ประกอบการเบื้องต้นเพื่อเป็นการทบทวนและระบุทฤษฎีที่นำมาใช้ในงานวิจัย แบบสอบถามการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า ดังแสดงในภาคผนวก ช สถานการณ์ทดสอบออกแบบด้วยวิธี Orthogonal Design ผลการออกแบบสถานการณ์ทดสอบแสดงในภาคผนวก ค ขั้นตอนของการศึกษาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าเบื้องต้น สามารถอธิบายได้ดังนี้

3.2.3.1 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากจากผู้บริหารของสถานประกอบการที่แปรรูปสินค้าประเภท แป้งมันสำปะหลัง ข้าวสาร และน้ำตาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ใช้วิธีการคำนวณหาขนาดตัวอย่างแบบสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sample) สำหรับการพัฒนาแบบจำลองการเลือกระดับบุคคล (Discrete Choice Model) มาใช้ในการหาขนาดกลุ่มตัวอย่าง ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่ยอมรับได้ สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อนี้ (Hensher et al., 2005)

$$n \geq \frac{q}{pa^2}\left[\Phi^{-1}\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 \qquad (3.2)$$

เมื่อ n คือ ขนาดตัวอย่าง

q คือ ค่าที่ได้จาก $1-p$

p คือ สัดส่วนของการเลือกตัวเลือกที่แท้จริงจากประชากร

a คือ ระดับความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ของส่วนแบ่งตลาดจริง คิดเป็นร้อยละความแตกต่างระหว่าง $\hat{p}$ และ p

Φ^{-1} คือ ฟังก์ชันผกผันสะสมของการกระจายตัวแบบปกติ

สัดส่วนของการเลือกตัวเลือกที่แท้จริงจากประชากรหรือส่วนแบ่งการตลาด สามารถนำผลการศึกษาในอดีตที่มีลักษณะใกล้เคียงมาใช้ในการประมาณค่าได้ ผู้วิจัยจึงนำค่าประมาณส่วนแบ่งการตลาดจากผลการศึกษาของ ศิรดล ศิริธร และคณะ (2557) มาใช้ในการคำนวณหาจำนวนตัวอย่างที่น้อยที่สุด ซึ่งจากผลการวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า สัดส่วนการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่างรถบรรทุกและรถไฟเท่ากับ 0.33 และ 0.67 ตามลำดับ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสัดส่วนการเลือกรูปแบบดังกล่าวมาแทนค่าลงในสมการที่ 3.4 โดยกำหนดให้ระดับความเชื่อมั่นของการประมาณค่าเท่ากับ 95% ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้เท่ากับ 15% ผลการคำนวณหาขนาดตัวอย่างเพื่อนำมาใช้ในการสำรวจ พบว่า จำนวนตัวอย่างที่น้อยที่สุดที่คำนวณได้ คือ 84 ตัวอย่าง

3.2.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือวิจัยของขั้นตอนนี้ คือ แบบสอบถามสอบถามสถานการณ์สมมติ (SP) ผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์ค่าคู่อันดับ (Quadrant Analysis) ของแบบสอบถาม RP ในหัวข้อที่ 3.2.2 ผู้วิจัยคัดเลือกปัจจัยที่อยู่ใน Quadrant II จำนวน 5 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยด้านความตรงต่อเวลา ความน่าเชื่อถือในการให้บริการ ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ระยะเวลาที่ใช้ในการขนส่ง และระยะทางจากสถานีรถไฟถึงโรงงาน มาใช้ในการออกแบบการสถานการณ์ทดสอบ (Experiment Design) ด้วยวิธี Orthogonal Design แบบ Fractional Factorial Design

ผู้วิจัยจำแนกระดับปัจจัยออกเป็น 3 และ 5 ระดับ เนื่องจากสามารถอธิบายความสัมพันธ์พื้นฐานที่แท้จริงของฟังก์ชันอรรถประโยชน์ได้ (Hensher et al., 2005) อีกทั้งการจำแนกปัจจัยออกเป็นระดับต่าง ๆ มีผลดี คือ ผู้ตอบแบบสอบถามมีทางเลือกในการตัดสินใจเลือกใช้ปัจจัยได้ตามความต้องการ เนื่องจากระดับปัจจัยช่วยให้ผู้ตอบแบบสอบถามสามารถจำลองสถานการณ์การขนส่งและสามารถตัดสินใจได้ว่าจะเลือกการขนส่งรูปแบบใด ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้สามารถแทนให้อยู่ในรูปแบบของสถานการณ์สมมติที่จะเกิดขึ้นจริงเมื่อมีการปรับปรุงเกิดขึ้น และผู้วิจัยกำหนดให้ปัจจัยต่าง ๆ มีระดับปัจจัยดังแสดงในตารางที่ 3.2 ปัจจัยที่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองมีนิยามความหมาย ดังนี้

1. ความตรงต่อเวลา หมายถึง ความสามารถในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทางได้ตรงตามตารางเวลาที่กำหนด มีหน่วยเป็น ชั่วโมง

2. ความน่าเชื่อถือในการให้บริการ หมายถึง ความแน่นอน สม่ำเสมอของการให้บริการของหัวรถจักร มีหน่วยเป็น ร้อยละ

3. ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้ารวมค่าขนถ่ายตู้สินค้าแล้ว มีหน่วยเป็น ร้อยละ

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการขนส่ง หมายถึง เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทางโดยรวมเวลาเคลื่อนย้ายตู้สินค้าแล้ว มีหน่วยเป็น ร้อยละ

5. ระยะทางจากสถานีรถไฟถึงโรงงาน (Distance) หมายถึง ระยะทางระหว่างสถานประกอบการกับสถานีรถไฟที่ใกล้ที่สุด มีหน่วยเป็น กิโลเมตร

จำนวนสถานการณ์ที่ผู้บริหารของสถานประกอบการต้องพิจารณาจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนตัวแปรและการผันแปรของค่าตัวแปรที่สมมุติขึ้น หากต้องการวิเคราะห์ทั้งอิทธิพลโดยตรง (Main Effect) ของแต่ละตัวแปร และอิทธิพลร่วมระหว่างตัวแปร (Interaction Effect) ต้องนำค่าตัวแปรมาผสมผสานกันอย่างเต็มรูปแบบ (Full Factorial Design) (Hensher et al., 2005; Louviere et al., 2000) การผสมผสานกันอย่างเต็มรูปแบบจะทำให้เกิดสถานการณ์ที่แตกต่างกันเกิดขึ้นเท่ากับ L^{MA} เมื่อ L คือ ระดับปัจจัย M คือ จำนวนทางเลือก และ A คือ จำนวนปัจจัย จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสามารถคำนวณหาจำนวนสถานการณ์ที่ผู้ตอบแบบสอบถามต้องพิจารณาเท่ากับ $3^{(2*3)}+5^{(2*2)} = 1,354$ สถานการณ์ วิธีนี้จะช่วยให้สามารถวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าได้อย่างละเอียด แต่จะทำให้มีสถานการณ์ทางเลือกมากเกินกว่าที่ผู้ตอบแบบสอบถามแต่ละคนจะสามารถพิจารณาได้หมด (Hensher et al., 2005) ผู้วิจัยสามารถลดจำนวนสถานการณ์ให้มีจำนวนที่เหมาะสมยิ่งขึ้น โดยการนำตัวแปรมาผสมผสานกับแบบไม่เต็มรูปแบบ วิธีนี้จะทำให้จำนวนสถานการณ์ทางเลือกลดลง และเป็นการผสมผสานโดยจำกัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Correlation) ให้เป็นศูนย์ เพื่อที่จะแยกอิทธิพลของตัวแปรออกจากกันได้อย่างแท้จริง แบบสอบถามส่วนที่ 2 นี้ ผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการผสมผสานแบบไม่เต็มรูปแบบ (Fractional Factorial Design) มาใช้ในการกำหนดสถานการณ์ทางเลือก

ลำดับต่อมา ผู้วิจัยใช้โปรแกรมทางสถิติขั้นสูง (Statistical Package for The Social Science: SPSS) ในการออกแบบชุดทดสอบ ผลการออกแบบได้จำนวนสถานการณ์สมมติที่จำนวน 18 สถานการณ์ดังแสดงในภาคผนวก ค ผู้วิจัยจึงกำหนดให้ผู้ตอบแบบสอบถามพิจารณาสถานการณ์และเลือกตอบสถานการณ์ที่พึงพอใจเพียงคนละ 3 สถานการณ์เท่านั้น

ตารางที่ 3.2 แสดงปัจจัยและระดับของปัจจัยของแต่ละทางเลือก

ปัจจัย	ระดับปัจจัย	รถบรรทุก	รถไฟ
ความตรงต่อเวลา (ชั่วโมง)	1	ระดับปัจจุบัน	+1
	2		+2
	3		+6
ความน่าเชื่อถือ (ร้อยละ)	1	ระดับปัจจุบัน	90
	2		95
	3		100
ค่าใช้จ่าย (ร้อยละ)	1	ระดับปัจจุบัน	ระดับปัจจุบัน
	2		-10
	3		-20
	4		-30
	5		-40
ระยะเวลาในการขนส่ง (%)	1	ระดับปัจจุบัน	ระดับปัจจุบัน
	2		+10
	3		+20
	4		+30
	5		+40
ระยะทางจากสถานีรถไฟถึงโรงงาน (กิโลเมตร)	1	ระดับปัจจุบัน	10
	2		20
	3		30

3.2.3.3 การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ผลผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการส่งแบบสอบถามทางไปรษณีย์และทางโทรศัพท์ กลุ่มตัวอย่างให้ความร่วมมือในการตอบคำถามจำนวน 71 ราย ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ถือว่ามีขนาดเพียงสำหรับการพัฒนาแบบจำลอง (Hensher et al., 2005; Ortúzar & Willumsen, 2011) ผู้วิจัยแบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ด้วยวิธี Split Test ในสัดส่วน 80:20 โดยนำข้อมูลส่วนแรกมาพัฒนาแบบจำลองการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า และข้อมูลส่วนที่สองเก็บไว้สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของการพยากรณ์ ผลการพัฒนาแบบจำลองแสดงในภาคผนวก ฎ และผู้วิจัยนำมาสรุปดังแสดงในตารางที่ 3.3

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.3 ค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า

Attributes	**ค่าพารามิเตอร์**	**t-ratio**	**p-value**
β_0	1.23	7.033	0.00
PUNCT	-.494	-4.974	0.00
DIST	-0.0913	-6.812	0.00
Number of observations			348
Log likelihood function			-175.9123
Restricted log likelihood			-241.2152
ρ^2			0.27072

จากตารางข้างต้น สมการฟังก์ชันอรรถประโยชน์ที่ได้จากการวิเคราะห์ คือ

$$U_R = 1.23 - (0.494)PUNCT - (0.0913)DIST \quad (3.3)$$

เมื่อ U_R คือ ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ของรูปแบบการขนส่งทางราง

PUNCT คือ ความตรงต่อเวลา (ชั่วโมง)

DIST คือ ระยะห่างจากโรงงานถึงสถานีรถไฟ (กิโลเมตร)

3.2.3.4 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง

ขั้นตอนที่ 1 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง

ผู้วิจัยตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองด้วยการพิจารณาเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง โดยแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นนี้มีเครื่องหมายที่ถูกต้องเป็นไปตามที่กำหนด แสดงว่าแบบจำลองนี้มีความถูกต้องในเรื่องเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์

ขั้นตอนที่ 2 ทดสอบสมมติฐานของแบบจำลองโดยรวม

ผู้วิจัยทดสอบสมมติฐานของแบบจำลองโดยรวมจากการคำนวณหาค่า Likelihood Ratio ได้เท่ากับ 130.6058 เมื่อนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าวิกฤติไคสแควร์ (df=2) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.99 ซึ่งค่า Likelihood Ratio มีค่ามากกว่าค่าวิกฤติไคสแควร์ แสดงว่า เราสามารถปฏิเสธสมมติฐานว่าง ได้อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 หมายความว่า ตัวแปรต้นที่อยู่ภายในแบบจำลองสามารถอธิบายความน่าจะเป็นของตัวแปรตามได้ดี

ขั้นตอนที่ 3 การประมาณค่าพารามิเตอร์และการตรวจสอบนัยสำคัญทางสถิติ

การประมาณค่าพารามิเตอร์ (β) ที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลอง พบว่าค่าพารามิเตอร์ของปัจจัยด้านความตรงต่อเวลา (PUNCT) มีค่าเท่ากับ -0.494 หมายความว่า หากปัจจัยนี้เพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะส่งผลให้ผู้บริหารของสถานประกอบการตัดสินใจขนส่งสินค้าด้วยรถไฟลดลง 0.494

ค่าพารามิเตอร์ (β) ของปัจจัยด้านระยะห่างจากโรงงานถึงสถานีรถไฟ (DIST) มีค่าเท่ากับ -0.0913 หมายความว่า หากปัจจัยนี้เพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะส่งผลให้ผู้บริหารของสถานประกอบการตัดสินใจขนส่งสินค้าด้วยรถไฟลดลง 0.5853

อีกทั้ง สมการอรรถประโยชน์แสดงให้เห็นว่า แบบจำลองมีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1.23 หมายความว่า นอกจากปัจจัยด้านความตรงต่อเวลาและปัจจัยด้านระยะห่างจากโรงงานถึงสถานีรถไฟ ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้บริหารของสถานประกอบการ

เมื่อทดสอบความมีนัยสำคัญ พบว่า ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (Sig<0.05) แสดงว่า ปัจจัยด้านความตรงต่อเวลา และ ระยะห่างจากโรงงานถึงสถานีรถไฟมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ขั้นตอนที่ 4 การตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลอง (Goodness of Fit)

ผู้วิจัยตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลอง พบว่า ρ^2 ของแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 0.27072 แสดงว่า แบบจำลองสามารถอธิบายความผันแปรของค่าตัวแปรตอบสนองได้ร้อยละ 27.072 ซึ่งเป็นค่าที่ไม่มากแต่ถือว่ายอมรับได้ (Ortúzar et al., 2011)

ขั้นตอนที่ 5 ร้อยละความถูกต้องของการพยากรณ์

ผู้วิจัยนำร้อยละความถูกต้องของการพยากรณ์มาใช้ในการพิจารณาแบบจำลอง เพื่อทดสอบว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้องในการทำนายมากน้อยเพียงใด ถ้าค่าร้อยละความถูกต้องมีค่ามาก แสดงว่า ความถูกต้องในการทำนายของแบบจำลองมีมากด้วย ผู้วิจัยได้นำแบบจำลองที่ได้มาคำนวณหาค่าร้อยละของการพยากรณ์ถูกต้องกับชุดคำถามจำนวน 13 ชุด (Choice Tasks) คิดเป็น 39 ข้อ ผลการพยากรณ์ความถูกต้องพบว่า ทางเลือกที่มีความน่าจะเป็นสูงที่สุดจะเป็นทางเลือกที่ถูกเลือกนั้นถูกต้อง 15 ข้อ จากทั้งหมด 39 ข้อ คิดเป็นสัดส่วนการพยากรณ์ถูกต้องร้อยละ 38.46% ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ค่อนข้างต่ำ สามารถอธิบายได้ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ความถูกต้องในการพยากรณ์

การพยากรณ์	ผู้บริหารเลือก		ร้อยละความถูกต้อง (%)
	รถบรรทุก	รถไฟ	
รถบรรทุก	6	16	= 6/22 (27.27%)
รถไฟ	8	9	= 9/17 (52.94%)

จากผลการตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองและร้อยละความถูกต้องของการพยากรณ์ แสดงให้เห็นว่า แบบจำลอง Binary Logit ที่พัฒนาขึ้นไม่สามารถอธิบายพฤติกรรมการตัดสินใจได้ใกล้เคียงกับพฤติกรรมตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้ประกอบการ อาจเป็นเพราะ ผู้บริหารแต่ละคนมีมุมมองหรือมีทัศนคติต่อปัจจัยต่าง ๆ ของแต่ละทางเลือกแตกต่างกันจึงมีเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าที่แตกต่างกัน รวมถึงการมีข้อจำกัดในด้านต่าง ๆ ที่แตกต่างกันด้วย เช่น ข้อจำกัดด้านข้อมูล เวลา ทรัพยากรการเงินและสภาพแวดล้อม เป็นต้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความคลาดเคลื่อนของอรรถประโยชน์ที่ผู้บริหารแต่ละคนได้รับจากละทางเลือกใด ๆ จะต้องมีการแจกแจงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกัน และเป็นอิสระต่อกัน ทั้งระหว่างทางเลือกและระหว่างผู้เลือก

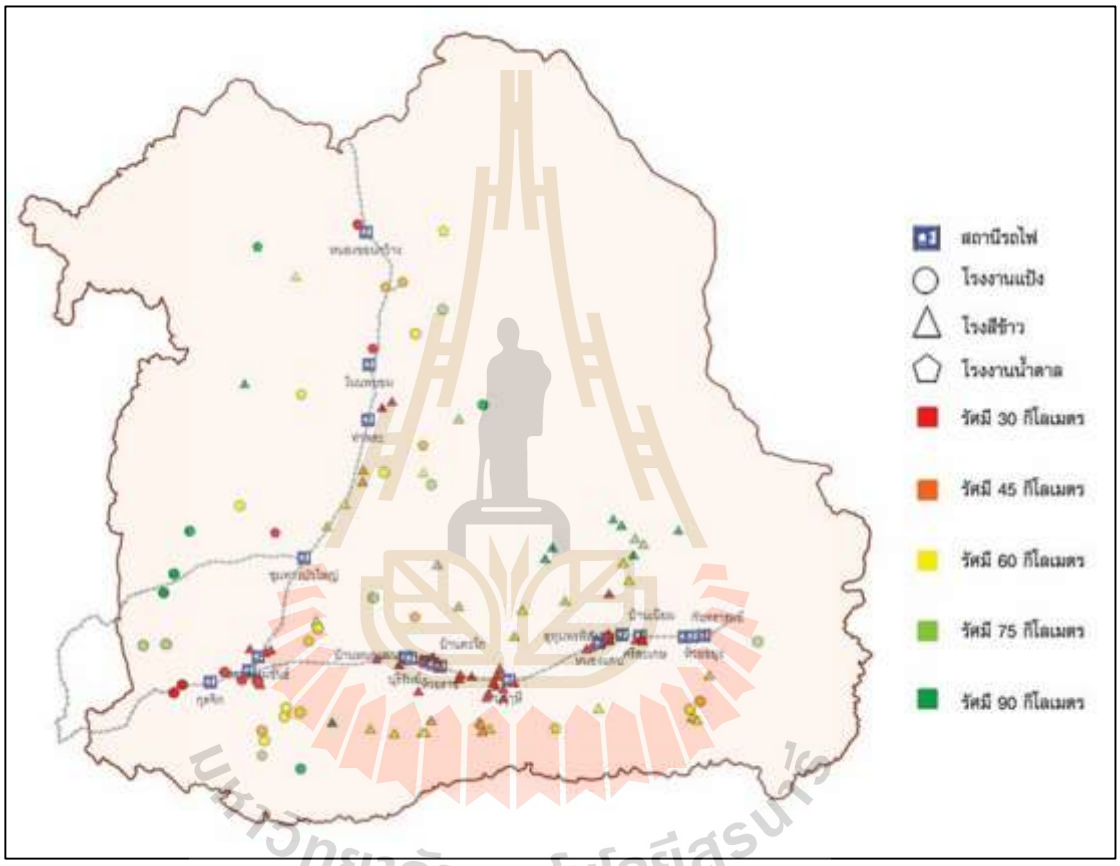
แบบจำลอง Mixed Logit เป็นแบบจำลองที่ถูกพัฒนาขึ้นมาให้มีความเหมาะสมต่อการพยากรณ์พฤติกรรมการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าได้ใกล้เคียงกับแบบจำลองอรรถประโยชน์เชิงสุ่ม (Random Utility Function) (Srinivasan, K. and Mahmassani, H., 2005) เนื่องจาก แบบจำลอง Mixed Logit สมมติให้พารามิเตอร์มีการแจกแจงแบบผสมระหว่างพารามิเตอร์ที่กำหนดได้ (Fixed Parameter) กับพารามิเตอร์แบบสุ่ม (Random Parameter) ส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนของอรรถประโยชน์มีการแจกแจงแบบสุ่ม และเป็นอิสระต่อกันอย่างแท้จริง จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้แบบจำลอง Mixed Logit มีความสามารถในการพยากรณ์ความน่าจะเป็นในการเลือกรูปแบบการขนส่งใด ๆ ได้ใกล้เคียงกับพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกของบุคคลนั้น ๆ มากยิ่งขึ้น (Hensher et al., 2015; Washington et al., 2011)

ดังนั้น การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นการนำแบบจำลอง Mixed Logit Model มาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า เพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์การเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าต่อไป

3.2.4 ประชากร

ประชากรในงานวิจัยนี้ คือ ผู้บริหารของสถานประกอบการที่แปรรูปสินค้าประเภท แป้งมันสำปะหลัง ข้าวสาร และน้ำตาลที่มีสถานประกอบการตั้งอยู่ในพื้นที่ภาค

ตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ผู้บริหาร ในที่นี้หมายถึง ผู้มีอำนาจตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า ได้แก่ ผู้บริหารระดับสูง (Chief Executive Officer: CEO) ผู้บริหารด้านการขนส่งสินค้า (Chief Transport Officer: CTO) ผู้บริหารด้านโลจิสติกส์ (Chief Logistics Officer: CLO) ของโรงงาน หรือ ผู้จัดการแผนกขนส่งสินค้าที่ได้รับมอบอำนาจในการตัดสินใจจากผู้บริหารระดับสูงภายในองค์กร ตำแหน่งที่ตั้งของสถานประกอบการแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ที่ตั้งของสถานประกอบการแป้งมันสำปะหลัง ข้าว และน้ำตาลในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
ที่มา: ศิรดล ศิริธร และคณะ (2557)

3.2.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยนี้มีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 3 ประเภท คือ แบบสัมภาษณ์แบบสอบถามความพอใจ (RP) และแบบสอบถามสถานการณ์สมมติ (SP) เครื่องมือวิจัยมีทั้งหมด 4 ฉบับ ได้แก่ (1) แบบสัมภาษณ์ (2) แบบสอบถามความสนใจเลือกใช้รถไฟในการขนส่งสินค้า (RP) (3)

แบบสอบถามสถานการณ์สมมติเชิงทดสอบ: แบบสอบถามสถานการณ์จำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระกว่างรถบรรทุกกับรถไฟทางคู่ (SP1) (4) แบบสอบถามสถานการณ์สมมติที่นำไปใช้งานจริง: แบบสอบถามการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า (SP2) การออกแบบเครื่องมือวิจัยแต่ละฉบับมีรายละเอียดดังนี้

3.2.5.1 แบบสัมภาษณ์

จากหัวข้อที่ 3.2.2 ผลที่ได้จากการแก้ปัญหาวิจัยในเบื้องต้น แสดงให้เห็นว่า นอกจากปัจจัยด้านการให้บริการขนส่งสินค้าสินค้าของรถไฟแล้ว ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรถไฟในการขนส่งสินค้าตามแนวคิดส่วนประสมทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการร่วมอยู่ ผู้วิจัยจึงทำการสุ่มสัมภาษณ์ผู้บริหารของสถานประกอบการในลักษณะการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview)

การสัมภาษณ์เชิงลึกนี้ ผู้วิจัยออกแบบให้เป็นการสัมภาษณ์แบบเปิดกว้าง ไม่จำกัดคำตอบ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “การสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง” (Non -Structured Interview) ผู้วิจัยออกแบบแนวคำถามหรือประเด็นในการสัมภาษณ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้ดังที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น

ประเด็นคำถามมุ่งเน้นให้ผู้บริหารแสดงทัศนคติ มุมมองที่สะท้อนถึงลักษณะ กระบวนการ และวิธีการให้บริการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกและรถไฟในปัจจุบัน ทัศนคติที่มีต่อการให้บริการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ ปัจจัยสนับสนุนให้ผู้ประกอบการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งจากรถบรรทุกมาเป็นรถไฟ รวมถึงประเด็นสัมภาษณ์ในระดับนโยบายด้านการพัฒนารูปแบบการขนส่งสินค้า ซึ่งเป็นแบบสัมภาษณ์เชิงคุณภาพ (Quantitative Interview) เพื่อขอความคิดเห็นเกี่ยวกับรูปแบบการขนส่งที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบันและแนวทางการพัฒนารูปแบบการให้บริการของการขนส่งสินค้าทางรางในเขตพื้นที่ต่าง ๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

3.2.5.2 แบบสอบถามความสนใจเลือกใช้รถไฟในการขนส่งสินค้า (RP)

แบบสอบถามฉบับนี้ สร้างขึ้นเพื่อศึกษาข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ รูปแบบการขนส่งสินค้าในปัจจุบัน และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ ดังแสดงในภาคผนวก ซ โดยเนื้อหาของแบบสอบถามนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ ๆ ได้แก่

1) ข้อมูลเบื้องต้นของสถานประกอบการ ประกอบด้วยเนื้อหาคำถามได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิต กำลังการผลิตเฉลี่ย ช่วงเวลาที่ผลิต ภูมิภาคที่ทำการขนส่งสินค้าไปขาย ทวีปที่ส่งสินค้าออกไปจำหน่าย ท่าเรือที่ใช้บริการขนส่งสินค้า การเข้าถึงบริการขนส่งสินค้าทางราง ประสบการณ์การขนส่งสินค้าทางราง รวมถึงระยะทางจากโรงงานไปยังสถานีรถไฟ

2) พฤติกรรมการขนส่งสินค้าของสถานประกอบการในปัจจุบัน เนื้อหาในแบบสอบถามประกอบด้วย รูปแบบการขนส่งสินค้าในปัจจุบัน ผู้กำหนดรูปแบบการขนส่งสินค้า สัดส่วนการจัดส่งสินค้าไปยังลูกค้า ระยะทางที่ขนส่งโดยเฉลี่ย ช่วงเวลาที่ทำการขนส่ง ความล่าช้าในการจัดส่งสินค้าสูงสุดที่ยอมรับได้ ความถี่ในการขนส่งสินค้า ลักษณะการบรรทุกเพื่อขนส่งสินค้า ขนาดตู้คอนเทนเนอร์ที่ใช้บรรจุสินค้าเพื่อขนส่ง ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า เป็นต้น

3) การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและบริการของรถไฟ ข้อคำถามในส่วนนี้เป็นการแสดงระดับความคิดเห็นที่ผู้บริหารมีต่อปัจจัยต่าง ๆ ในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและบริการของรถไฟ

3.2.5.3 แบบสอบถามสถานการณ์สมมติเชิงทดสอบ (SP1: Pilot Test)

ผู้วิจัยออกแบบให้แบบสอบถามสถานการณ์จำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่างรถบรรทุกกับรถไฟทางคู่เป็นแบบสอบถามชนิดตอบด้วยตนเองซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ฌ ผู้วิจัยนำแบบสอบถามฉบับนี้ไปใช้ในการสำรวจข้อมูลกับกลุ่มผู้ประกอบการที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างแต่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง โดยแบบสอบถามฉบับนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 เป็นคำถามเกี่ยวกับข้อมูลเบื้องต้นของสถานประกอบการ ได้แก่ ประเภทสินค้าที่ผลิต ปริมาณการผลิตเฉลี่ยต่อวัน ภูมิภาคที่ส่งสินค้าไปขายภายในประเทศ รูปแบบการขนส่งในปัจจุบัน โดยลักษณะเครื่องมือเป็นแบบปลายปิด

ส่วนที่ 2 เป็นสถานการณ์สมมติการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่างรถบรรทุกกับรถไฟ แบบสอบถามส่วนนี้ เป็นสถานการณ์สสมิตที่ผู้วิจัยออกแบบขึ้นจากปัจจัยต่าง ๆ ผู้ตอบแบบสอบถามจะเลือกสถานการณ์สมมติที่พึงพอใจ โดยลักษณะเครื่องมือเป็นแบบปลายปิด

3.2.5.4 แบบสอบถามสถานการณ์สมมติที่นำไปใช้งานจริง (SP2)

แบบสอบถามการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าฉบับนี้มีลักษณะคล้ายกันกับแบบสอบถามฉบับข้างต้น แต่ผู้วิจัยนำไปใช้สำรวจข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง ดังแสดงในภาคผนวก ญ แบบสอบถามประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

1) เบื้องต้นของสถานประกอบการ ประกอบด้วยเนื้อหาคำถาม ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิต กำลังการผลิตเฉลี่ย ภูมิภาคที่กระจายสินค้าไปจำหน่าย การส่งสินค้าไปขายยังทวีปต่าง ๆ ทั่วโลก และรูปแบบการขนส่งที่ใช้บริการอยู่ในปัจจุบัน

2) สถานการณ์สมมติการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า ผู้วิจัยสร้างชุดคำถามขึ้นดังแสดงในภาคผนวก ง แต่ละสถานการณ์จะประกอบด้วยปัจจัยต่าง ๆ และมีระดับของ

ปัจจัยที่แตกต่างกันออกไป ผู้บริหารจะเลือกสถานการณ์สมมติที่พึงพอใจ โดยลักษณะเครื่องมือเป็นแบบปลายปิด

3.2.5.5 วิธีการรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการขออนุมัติและรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ดังเอกสารที่แสดงในภาคผนวก ฑ เพื่อเป็นการปกป้องศักดิ์ศรี สิทธิ ความปลอดภัย และรักษาผลประโยชน์ของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด (ผู้ให้ข้อมูล)

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีรวบรวมข้อมูลแบบด้วยมือ (Manual Data Collection) ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. ผู้วิจัยขอให้สาขาวิชาฯ ทำบันทึกข้อความขอความอนุเคราะห์ผู้บริหารของสถานประกอบการต่าง ๆ ตามรายชื่อที่กำหนด

2. สร้างรหัสของแบบสอบถามตามรายชื่อโรงงานที่กำหนดไว้

3. ส่งบันทึกข้อความขอความอนุเคราะห์ เอกสารชี้แจงการทำวิจัย หนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย และสำเนาแบบสอบถาม พร้อมซองจดหมายสำหรับส่งเอกสารกลับ ซึ่งเอกสารทั้งหมดนี้ผู้วิจัยส่งไปยังผู้บริหารของโรงงานนั้น ๆ ทางไปรษณีย์ ทั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดช่วงเวลาสำหรับรอรับแบบสอบถามที่ตอบกลับมาเป็นระยะเวลา 1 เดือน ภายหลังจากที่ส่งแบบสอบถามออกไป

4. เมื่อผู้วิจัยได้รับและรวบรวมแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างแล้ว ผู้วิจัยนำแบบสอบถามดังกล่าวมาตรวจสอบความถูกต้องพร้อมลงรหัสและบันทึกข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

5. หากมีการส่งแบบสอบถามกลับมาประมาณ 20 - 40% ผู้วิจัยจะทำการเช็ครายชื่อกลุ่มตัวอย่างที่ยังไม่ตอบกลับ ผู้วิจัยจะส่งแบบสอบถามนี้ไปอีกเป็นครั้งที่ 2 และทำการรวบรวบข้อมูลเหมือนในขั้นตอนที่ 4 อีกครั้ง ในขั้นตอนนี้ใช้เวลาในการรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมอีก 1 เดือน จนกระทั่งข้อมูลที่รวบรวมได้เป็นข้อมูลที่มีความสมบูรณ์สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ในลำดับต่อไปได้

3.2.6 การสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมจากสัมภาษณ์ผู้บริหารของสถานประกอบการจำนวน 6 ท่านโดยแบ่งเป็นสถานประกอบการที่ผลิตแป้งมันสำปะหลัง ข้าวสาร และน้ำตาล สถานประกอบการละ 2 ท่าน ผู้บริหารของสถานประกอบการทั้งหมดให้ความร่วมมือในการสัมภาษณ์เป็นอย่างดี ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยสรุปได้ดังนี้

ผู้บริหารมีความสนที่จะใช้รถไฟในการขนส่งสินค้า โดยเฉพาะเมื่อการพัฒนาโครงข่ายทางคู่แล้วเสร็จ อย่างไรก็ตาม ผู้บริหารหลายท่านที่เคยมีประสบการณ์ในการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟยังมีความวิตกกังวลในหลายเรื่อง เนื่องจากเคยมีประสบการณ์ในการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟและประสบปัญหา ซึ่งส่งผลเสียหายต่อสถานประกอบการมาแล้ว ยกเว้นเพียงบางสถานประกอบการที่สามารถขนส่งสินค้าทางรางได้อย่างราบรื่น แต่ก็ยังสามารถขนส่งสินค้าได้ในปริมาณที่จำกัด

ในปัจจุบันภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีตัวแทนผู้ส่งสินค้า (Freight Forwarder) เพียงรายเดียวจึงไม่สามารถให้บริการได้อย่างทั่วถึง ผู้บริหารของสถานประกอบการขนาดใหญ่บางรายเคยลงทุนซื้ออุปกรณ์ยกขนและล้อเลื่อนไปประจำไว้ที่สถานีรถไฟแต่ไม่สามารถขนส่งสินค้าได้เนื่องจากประสบกับปัญหาด้านการบริหารจัดการการเดินรถของการรถไฟ ส่งผลให้ผู้ประกอบการขาดความเชื่อมั่น ซึ่งผู้บริหารคนดังกล่าวแสดงทัศนคติว่าการเสาะหาคนกลางหรือผู้ที่มาทำหน้าที่บริหารจัดการขนส่งทางรางให้จะสามารถช่วยแบ่งเบาภาระความรับผิดชอบแก่ผู้ผลิตและสร้างความมั่นใจในการขนส่งได้ตรงเวลาและมีประสิทธิภาพ

ประเด็นสำคัญที่ได้จากการสัมภาษณ์ คือ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟยังไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่ามีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกถึงแม้ว่าค่าระวางจะแสดงให้เห็นว่ามีราคาที่แตกต่างจากการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกอย่างชัดเจน แต่การขนส่งสินค้าทางรางยังต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในขนถ่ายตู้สินค้าขณะเปลี่ยนถ่ายจากรถบรรทุกสู่ย่านกองเก็บตู้สินค้าที่สถานีรถไฟในแต่ละครั้งอีกด้วย

ประเด็นที่ผู้บริหารมีความวิตกกังวลเช่นเดียวกัน คือ การบริหารจัดการทรัพยากรหัวรถจักรและล้อเลื่อนส่งผลโดยตรงต่อความแน่นอนของการเดินรถ และความถี่ในการให้บริการ นอกจากนี้ยังแสดงทัศนคติต่อที่สอดคล้องกันในด้านความได้เปรียบที่จะมีสถานีรถไฟตั้งอยู่ใกล้สถานประกอบการ รวมทั้งความเป็นไปได้ในการลากรางเข้าสู่สถานประกอบการ รวมถึงการให้บริการแบบ One Stop Service ในสถานีรถไฟ ส่วนประเด็นที่เห็นแตกต่างกัน ได้แก่ คุณภาพการบรรจุสินค้าและการปนเปื้อน รวมทั้งความเชื่อมั่นในระบบการขนส่งทางถนนและทางรางที่แตกต่างกัน

ภายหลังจากการสัมภาษณ์ผู้บริหารทั้ง 6 ท่านสำเร็จลง ผู้วิจัยพบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรถไฟในการขนส่งสินค้าเพิ่มขึ้นอีก 20 ปัจจัย ได้แก่ ความสะอาดของสถานีรถไฟ การแบ่งพื้นที่ระหว่างผู้โดยสารและพื้นที่สำหรับรับ-ส่งสินค้า ลานจอดรถสำหรับรถบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่ การให้บริการแบบ One Stop Service มีตู้บรรทุกสินค้าที่สะอาด มีแคร่ให้บริการอย่างเพียงพอ มีอุปกรณ์และเทคโนโลยีที่ทันสมัยในกระบวนการรับฝากสินค้า อุปกรณ์ยกขนตู้สินค้า สามารถชำระเงินค่าบริการได้หลายช่องทาง สามารถตรวจสอบสถานะสินค้าระหว่างการขนส่งผ่าน

ระบบออนไลน์ได้ มีหน่วยงานที่ทำหน้าที่บริหารจัดการตารางการขนส่งสินค้าให้แต่ละบริษัท เวลาและค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายตู้สินค้า มีโควต้าสำหรับปริมาณการขนส่งสินค้าต่อเที่ยว มีคลังสินค้าให้บริการในรูปแบบของ Cross docking ที่สถานีต้นทางและปลายทาง พนักงานสามารถให้ข้อมูล/ คำแนะนำ และตอบข้อซักถามได้อย่างชัดเจน พนักงงานเอาใจใส่ กระตือรือร้นและเต็มใจให้บริการ มีการสอบถามความพึงพอใจหลังใช้บริการและนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงบริการ การโฆษณาประชาสัมพันธ์ผ่านช่องทางต่าง ๆ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ สื่อสิ่งพิมพ์ และเวบไซด์ มีประกันภัยให้ความคุ้มครองที่เหมาะสมกับมูลค่าของสินค้ากรณีที่สินค้าสูญหายหรือเสียหายจากการขนส่ง รวมถึงการมีส่วนลดหรือโปรโมชั่น ซึ่งปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้น เป็นปัจจัยที่ครอบคลุมและสอดคล้องตามแนวคิดส่วนประสมทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการ ผู้วิจัยสรุปปัจจัยและความหมายของปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมและการสัมภาษณ์ผู้บริหารของประกอบการไว้ในตารางที่ 3.10

ปัจจัยที่รวบรวมได้จากการสัมภาษณ์ครั้งนี้ ผู้วิจัยนำไปใช้ในการออกแบบเครื่องมือวิจัยเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบดังจะกล่าวถึงในลำดับต่อไป รวมถึงการนำปัจจัยที่ได้ไปวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า ซึ่งผลการวิเคราะห์ปัจจัยแสดงรายละเอียดไว้ในบทที่ 4

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.5 ปัจจัยและความหมายปัจจัย

ลำดับที่	ชื่อปัจจัย	ที่มา	ความหมาย	หน่วย
ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม (P1: Physical Evidence)				
1	ความสะอาด (Clean)	การสัมภาษณ์	อาคาร ห้องน้ำ พื้นที่ภายในสถานี รวมถึงลานกองเก็บตู้สินค้ามีความสะอาดเป็นระเบียบ	ตัวแปรหุ่น
2	การจราจร (Traffic)	การสัมภาษณ์	การจัดการจราจรภายในสถานีรถไฟเพื่ออำนวยความสะดวกแก่การเข้าใช้ของรถบรรทุกและผู้โดยสาร	ตัวแปรหุ่น
3	แบ่งพื้นที่ (Zoning)	การสัมภาษณ์	การแบ่งพื้นที่ให้บริการระหว่างผู้โดยสารและผู้แทนของสถานประกอบการ เพื่อความสะดวกรวดเร็วและเกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อการให้บริการ	ตัวแปรหุ่น
ปัจจัยด้านกระบวนการบริการ (P2: Process)				
4	ระบบบริการแบบเบ็ดเสร็จ (One stop service)	การสัมภาษณ์	ระบบบริหารจัดการการขนส่งแบบครบวงจร โดยนำหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเข้ามาอยู่ภายในอาคารสำนักงานขนส่งสินค้าของสถานีรถไฟ	ตัวแปรหุ่น
5	อุปกรณ์และเทคโนโลยีที่ทันสมัยในกระบวนการรับฝากสินค้า (Equipment)	การสัมภาษณ์	อุปกรณ์ยกขนตู้สินค้าที่มีความทันสมัย สามารถขนถ่ายตู้สินค้าได้ในเวลาอันรวดเร็ว	ตัวแปรหุ่น
6	สถานะสินค้า (Status)	การสัมภาษณ์	ความสามารถในการตรวจสอบสถานะของสินค้าที่ทำการขนส่งในครั้งนั้นได้เป็นระยะ ๆ ด้วยวิธีการโทรเช็ค หรือเช็คด้วยระบบ GPS และทุกครั้งที่ทำการขนส่งสินค้า	ตัวแปรหุ่น

ตารางที่ 3.5 ปัจจัยและความหมายปัจจัย (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อปัจจัย	ที่มา	ความหมาย	หน่วย
7	เทคโนโลยีรับฝากสินค้า (Storage technology)	การสัมภาษณ์	การนำอุปกรณ์และเทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามาใช้ในกระบวนการรับฝากสินค้า เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการรับฝากสินค้าลง เช่น ระบบ RFID, EDI หรือ Barcode	ตัวแปรหุ่น
ปัจจัยด้านความสามารถในการให้บริการของสถานีรถไฟ (P3: Product)				
8	ความถี่ในการขนส่ง (Frequency)	Arencibia et al. (2015) Pramraksa et al. (2014) และการสัมภาษณ์	จำนวนรอบหรือความถี่ของการให้บริการขนส่งสินค้า	ครั้ง/วัน; ครั้ง/สัปดาห์
9	ความตรงต่อเวลา (Punctuality)	Arencibia et al. (2015) Masiero et al. (2012) Shen et al. (2012) และการสัมภาษณ์	การขนส่งสินค้าจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทางได้ตรงตามตารางเวลาหรือตามที่สัญญาไว้ แบ่งเป็นช่วงได้ดังนี้ 0 -20 นาที = ตรงเวลาเทียบเท่ากับรถบรรทุก, ช้ากว่า 30 นาที, 1 ชม., 1.30 ชม., 2 ชม., และ 3 ชม.	ร้อยละ
10	เวลาในการขนส่ง (Transit time)	Arencibia et al. (2015) Kofteci et al. (2010) Masiero et al. (2012) Shen et al. (2012) และการสัมภาษณ์	เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้า กรณีรถบรรทุก คือ เวลาในการขนส่งจากโรงงานผู้ผลิตไปยังปลายทางแบบ Door-to-Door กรณีรถไฟ คือ เวลาในการขนส่งจากสถานีรถไฟไปยังปลายทาง ซึ่งรวมถึงเวลาในการขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์	ชั่วโมง/เที่ยว
11	ความน่าเชื่อถือ (Reliability)	Feo et al. (2011) Kofteci et al. (2010) และการสัมภาษณ์	ความสามารถในการให้บริการได้ครบถ้วน ตรงเวลาตามที่สัญญา และสม่ำเสมอ สามารถสร้างความน่าเชื่อถือไว้วางใจแก่ผู้ใช้บริการได้ เช่น ความสม่ำเสมอของจำนวนแคร่บรรทุก	ร้อยละ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.5 ปัจจัยและความหมายปัจจัย (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อปัจจัย	ที่มา	ความหมาย	หน่วย
ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม (P1: Physical Evidence)				
11	ความน่าเชื่อถือ (Reliability)	Feo et al. (2011) Kofteci et al. (2010) และการสัมภาษณ์	ความสามารถในการให้บริการได้ครบถ้วน ตรงเวลาตามที่สัญญา และสม่ำเสมอ สามารถสร้างความน่าเชื่อถือไว้วางใจแก่ผู้ใช้บริการได้ เช่น ความสม่ำเสมอของจำนวนแคร่บรรทุก	ร้อยละ
12	โควต้าในการขนส่งสินค้า (Qouta)	การสัมภาษณ์	มีโควต้าสาหรับปริมาณการขนส่งสินค้าต่อเที่ยว	ตัวแปรหุ่น
13	ความเสียหายและการสูญหาย (Damage and losses)	Kofteci et al. (2010) Masiero et al. (2012) Shen et al. (2012) Shi et al. (2014) และการสัมภาษณ์	ความเสียหายหรือการสูญหายของสินค้าที่เกิดขึ้นระหว่างการขนส่งสินค้าจากสถานีรถไฟต้นทางถึงสถานีรถไฟปลายทาง	ร้อยละ
14	พนักงานจัดตารางเวลาขนส่งสินค้า (Scheduling staff)	การสัมภาษณ์	มีหน่วยงานที่ทำหน้าที่บริหารจัดการตารางการขนส่งสินค้าที่สถานีรถไฟ เพื่อให้สามารถทราบถึงปริมาณของสินค้าที่ขนส่ง เวลาในการเคลื่อนย้ายสินค้าจากโรงงานมายังสถานีรถไฟ เวลาที่จะขนถ่ายสินค้า อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือ อาจจะเป็นหลายอย่างพร้อมกันดังที่กล่าวมาข้างต้น เพื่อให้เหมาะสมและเป็นไปตามความต้องการในแต่ละครั้งได้อย่างทันท่วงที	ตัวแปรหุ่น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.5 ปัจจัยและความหมายปัจจัย (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อปัจจัย	ที่มา	ความหมาย	หน่วย
ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม (P1: Physical Evidence)				
15	ความสะดวก (Convenience)	ณกรณ์ อินทร์พยุง (2541) และการสัมภาษณ์	ความสะดวกในการเปลี่ยนถ่ายตู้สินค้าจากรถบรรทุกสู่ราง ทั้งนี้คือ ความพร้อมของอุปกรณ์ยกขนสินค้า เช่น (1) เครนขาสูง (Gantry Crane) และ (2) รถยกตู้คอนเทนเนอร์ (Reach Stacker) (1) (2)	ตัวแปรหุ่น
16	ความพร้อมในการใช้งาน (Availability)	เจริญ วาริพันธน์ (2550) และการสัมภาษณ์	มีแคร่บรรทุกสำหรับใช้วางตู้คอนเทนเนอร์ให้บริการที่สถานีรถไฟในจำนวนที่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า (1)	ตัวแปรหุ่น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.5 ปัจจัยและความหมายปัจจัย (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อปัจจัย	ที่มา	ความหมาย	หน่วย
ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม (P1: Physical Evidence)				
17	คลังสินค้า (Warehouse)	Pramraksa et al. (2014) และการสัมภาษณ์	สถานที่ที่สถานีรถไฟต้นทางและปลายทางจัดเตรียมไว้สำหรับพักตู้คอนเทนเนอร์ในรูปแบบ cross docking เพื่อรอการเคลื่อนย้ายตู้คอนเทนเนอร์ของลูกค้า	ตัวแปรหุ่น
ปัจจัยด้านราคาค่าบริการ				
18	ค่าขนส่งสินค้า (Transport cost)	Arencibia et al. (2015) Kofteci et al. (2010) และการสัมภาษณ์	ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าจากโรงงานผู้ผลิตไปยังปลายทาง ได้แก่ ไอซีดีลาดกระบัง, สถานีรถไฟแหลมฉบัง, ท่าเรือแหลมฉบัง, หรือ ท่าเรือกรุงเทพ ฯลฯ แบบ Door-to-Door	บาท/ตู้/เที่ยว
19	ค่าเคลื่อนย้ายตู้สินค้า (Handling cost)	Arencibia et al. (2015) Kofteci et al. (2010) และการสัมภาษณ์	ค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายสินค้า (Handling Cost) และค่าลากตู้สินค้า	บาท/ตู้/เที่ยว
20	ค่าขนส่งสินค้าสุทธิ (Total cost)	การสัมภาษณ์	ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าจากโรงงานผู้ผลิตไปยังปลายทางที่รวมค่าขนถ่ายและเคลื่อนย้ายตู้สินค้า	บาท/ตู้/เที่ยว
ปัจจัยด้านทำเลที่ตั้ง				
21	การเข้าถึงบริการ (Accessibility)	ณกรณ์ อินทร์พยุง (2541) และการสัมภาษณ์	ความสะดวกในการเข้าถึงบริการ หมายถึงความสามารถในการเข้าไปใช้บริการสถานีรถไฟของรถบรรทุก เช่น ความกว้างของช่องจราจร	ตัวแปรหุ่น
22	ระยะทาง (Distance)	การสัมภาษณ์	ระยะทางจากโรงงานถึงสถานีรถไฟ	กิโลเมตร

ตารางที่ 3.5 ปัจจัยและความหมายปัจจัย (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อปัจจัย	ที่มา	ความหมาย	หน่วย
ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม (P1: Physical Evidence)				
23	โครงข่ายรถไฟในปัจจุบัน (Network)	การสัมภาษณ์	สถานีรถไฟอยู่บนเส้นทางขนส่งเดิม	กิโลเมตร
ปัจจัยด้านผู้ให้บริการ				
24	การให้คำแนะนำ (Suggestion)	การสัมภาษณ์	ความสามารถในการให้ข้อมูล คำแนะนำ และตอบข้อซักถามต่อลูกค้าได้อย่างแม่นยำและชัดเจน	ตัวแปรหุ่น
25	ความเอาใจใส่ (Attention)	การสัมภาษณ์	ความเอาใจใส่ กระตือรือร้น พูดจาด้วยวาจาที่สุภาพ และเต็มใจให้บริการของพนักงาน	ตัวแปรหุ่น
26	การสอบถามหลังใช้บริการ (Performance)	การสัมภาษณ์	การสอบถามความพึงพอใจหลังใช้บริการและนาข้อเสนอแนะมาปรับปรุง	ตัวแปรหุ่น
ปัจจัยด้านการส่งเสริมบริการ				
27	โฆษณา (Advertising)	การสัมภาษณ์	การส่งข่าวสารประชาสัมพันธ์ไปยังโรงงานผ่านช่องทางต่าง ๆ ได้แก่ วิทยุ โทรทัศน์ สื่อสิ่งพิมพ์ และเวบไซต์	ตัวแปรหุ่น
28	ประกันภัยสินค้า (Insurance)	การสัมภาษณ์	การประกันภัยคุ้มครองสินค้าที่ในอัตราที่เหมาะสมกับมูลค่าของสินค้ากรณีที่สินค้าสูญหายหรือเสียหายจากการขนส่ง	ตัวแปรหุ่น
29	ส่วนลด (Promotion)	การสัมภาษณ์	การจัดให้มีส่วนลดแก่โรงงานที่มียอดจัดส่งในปริมาณมากและสม่ำเสมอ	ตัวแปรหุ่น

3.3 ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์องค์ประกอบ

ขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยกล่าวถึงการระบุขนาดกลุ่มตัวอย่าง ปัจจัยที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การสร้างเครื่องมือ การหาประสิทธิภาพเครื่องมือวิจัย และการเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยคำนวณกลุ่มตัวอย่างจากหลักการของ Hair et al. (2014) ซึ่งแนะนำว่า การวิเคราะห์ปัจจัยควรมีจำนวนตัวอย่างสำหรับการประมาณค่าอย่างน้อย 10 เท่าของจำนวนตัวแปรสังเกตได้จึงจะส่งผลให้การวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือ

3.3.2 ปัจจัยที่ใช้ในการวิจัย

ปัจจัยที่นำมาออกแบบแบบสอบถามความสนใจเลือกใช้รถไฟในการขนส่งสินค้าประกอบด้วย ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมของสถานีรถไฟ (Physical Evidence: P1) กระบวนการบริการ (Process: P2) การให้บริการของรถไฟ (Product: P3) ราคาค่าบริการ (Price: P4) ทำเลที่ตั้งของสถานีรถไฟ (Place: P5) ผู้ให้บริการ (People: P6) และการส่งเสริมบริการ (Promotion: P7) ซึ่งเป็นปัจจัยที่สอดคล้องตามแนวคิดส่วนประสมทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการ (Armstrong et al., 2015; Booms et al., 1981; Kotler et al., 2013) 7 องค์ประกอบข้างต้นมีตัวชี้วัดรวม 29 ตัวชี้วัดดังนี้

1) ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมของสถานีรถไฟ (P1)

1. ความสะอาดของสถานีรถไฟ
2. ภายในสถานีรถไฟมีการแบ่งพื้นที่ระหว่างผู้โดยสารและพื้นที่สำหรับรับ-ส่งสินค้า
3. ภายในสถานีรถไฟมีพื้นที่ลานจอดรถบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่

2) ปัจจัยด้านกระบวนการบริการ (P2)

4. ให้บริการแบบ One Stop Service
5. มีอุปกรณ์และเทคโนโลยีที่ทันสมัยในกระบวนการรับฝากสินค้า
6. สามารถชำระเงินค่าบริการได้หลายช่องทาง
7. สามารถตรวจสอบสถานะสินค้าระหว่างการขนส่งผ่านระบบออนไลน์ได้

3) การให้บริการของรถไฟ (P3)

8. ความเพียงพอของจำนวนรอบหรือความถี่ของเที่ยวรถไฟต่อวัน
9. ความแน่นอน สม่ำเสมอในการเดินรถ ทำให้การขนส่งแน่นอน ตรงเวลา
10. มีตู้บรรทุกสินค้าที่สะอาดและแคร่ให้บริการอย่างเพียงพอ
11. มีหน่วยงานที่ทำหน้าที่บริหารจัดการตารางการขนส่งสินค้าให้แต่ละบริษัท

12. มีโควต้าสำหรับปริมาณการขนส่งสินค้าต่อเที่ยว

13. ที่สถานีรถไฟมีเครนหรืออุปกรณ์ยกขนตู้คอนเทนเนอร์ที่มาตรฐานให้บริการ

14. เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์

15. เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทาง (แบบ Door to door)

16. สินค้าไม่เสียหายหรือสูญหาย

17. มีคลังสินค้าให้บริการในรูปแบบของ Cross docking ที่สถานีต้นทางและปลายทาง

4) ราคาค่าบริการ (P4)

18. ความเหมาะสมของราคาค่าขนส่งตามระยะทางของสินค้าแต่ละประเภท

19. ความเหมาะสมของค่าบริการขนย้ายตู้คอนเทนเนอร์

20. ความเหมาะสมของค่าขนส่งสุทธิ (รวมค่าขนย้ายตู้คอนเทนเนอร์)

5) ทำเลที่ตั้งของสถานีรถไฟ (P5)

21. มีความสะดวกในการเข้าถึงสถานีรถไฟ

22. สถานีรถไฟอยู่ใกล้โรงงาน

23. สถานีรถไฟอยู่บนเส้นขนส่งเดิม

6) ผู้ให้บริการ (P6)

24. พนักงานสามารถให้ข้อมูล/ คำแนะนำ และตอบข้อซักถามได้อย่างชัดเจน

25. ความเอาใจใส่ กระตือรือร้น และเต็มใจให้บริการ

26. มีการสอบถามความพึงพอใจหลังใช้บริการและนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุง

7) การส่งเสริมบริการ (P7)

27. การโฆษณาประชาสัมพันธ์ผ่านช่องทางต่าง ๆ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ สื่อสิ่งพิมพ์และเวบไซด์

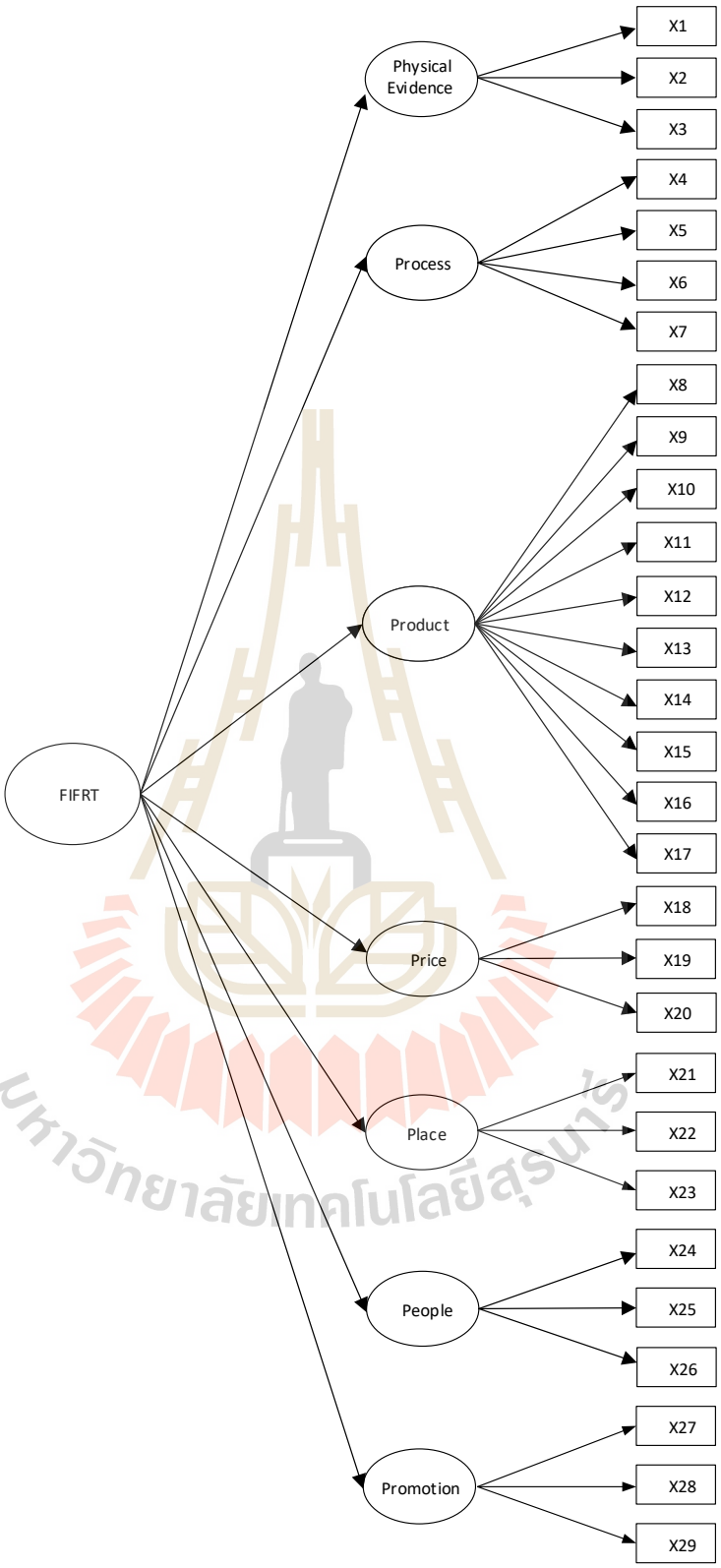
28. มีประกันภัยให้ความคุ้มครองที่เหมาะสมกับมูลค่าของสินค้า กรณีที่สินค้าสูญหายหรือเสียหายจากการขนส่ง

29. มีส่วนลดหรือโปรโมชั่น

ตัวแปรตาม

คือ ความสนใจที่จะขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.3 โครงสร้างปัจจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3.3 การสร้างเครื่องมือวิจัย

แบบสอบถามชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อรวบรวมและศึกษาข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ รูปแบบการขนส่งสินค้าในปัจจุบัน และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ ดังนั้น เพื่อเป็นการอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้บริหารของสถานประกอบการ ผู้วิจัยจึงการออกแบบแบบสอบถามฉบับนี้เป็นแบบสอบถามชนิดปลายเปิด ปลายปิด และแบบมาตรประมาณค่า 7 ระดับ โดยมีการแบ่งโครงสร้างของแบบสอบถามฉบับนี้ออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 เป็นแบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้นของสถานประกอบการ ประกอบด้วย ประเภทสินค้า กำลังการผลิต ช่วงเวลาที่ทำการผลิต ภูมิภาคที่ส่งไปขายให้ลูกค้าภายในประเทศทวีปที่ส่งสินค้าไปขาย เป็นต้น โดยลักษณะเครื่องมือเป็นแบบปลายปิด

ส่วนที่ 2 เป็นคำถามด้านพฤติกรรมการขนส่งสินค้าในปัจจุบันของสถานประกอบการ เช่น ยานพาหนะที่ใช้ขนส่งในปัจจุบัน ผู้กำหนดรูปแบบการขนส่งสินค้า เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้า ความถี่ในการขนส่งสินค้า ปริมาณสินค้าที่ขนส่งออกจากโรงงาน ปลายทางในการขนส่งสินค้า เป็นต้น แบบสอบถามส่วนนี้มีลักษณะเครื่องมือเป็นแบบปลายเปิด และปลายปิด

ส่วนที่ 3 เป็นคำถามด้านระดับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและบริการของรถไฟ เพื่อให้ผู้บริหารแสดงความคิดเห็นว่า รถไฟควรพัฒนาปัจจัยด้านต่าง ๆ มากน้อยเพียงใด ลักษณะเครื่องมือเป็นมาตรประมาณค่า ซึ่งกำหนดไว้ 7 ระดับ แต่ละระดับมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

เห็นด้วยมากที่สุด	เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ	7
เห็นด้วยมาก	เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ	6
เห็นด้วยค่อนข้างมาก	เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ	5
เห็นด้วยปานกลาง	เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ	4
เห็นด้วยค่อยข้างน้อย	เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ	3
เห็นด้วยน้อย	เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ	2
เห็นด้วยน้อยที่สุด	เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ	1

ความกว้างของอันตรภาคชั้นที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 0.86 ดังนั้นผู้วิจัยจึงแปลความหมายของคะแนนเฉลี่ยของระดับความเห็นด้วยได้ดังนี้

1	ถึง	1.86	หมายความว่า	เห็นด้วยน้อยที่สุด
1.87	ถึง	2.73	หมายความว่า	เห็นด้วยน้อย
2.74	ถึง	3.60	หมายความว่า	เห็นด้วยค่อยข้างน้อย

3.61	ถึง	4.47	หมายความว่า	เห็นด้วยปานกลาง
4.48	ถึง	5.34	หมายความว่า	เห็นด้วยค่อนข้างมาก
5.35	ถึง	6.21	หมายความว่า	เห็นด้วยมาก
6.22	ถึง	7.00	หมายความว่า	เห็นด้วยมากที่สุด

3.3.4 การหาประสิทธิภาพเครื่องมือวิจัย

การประเมินประสิทธิภาพของแบบสอบถาม ผู้วิจัยหาค่าความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบถามหรือค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามในแบบสอบถามที่สร้างขึ้นกับวัตถุประสงค์การวิจัยหรือเนื้อหา (Index of Item Objective Congruence: IOC) ผลการคำนวณความตรงและวิเคราะห์ความเชื่อมั่น (Reliability) ของเครื่องมือวิจัยจากค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นครอนบาคอัลฟ่า (Cronbach's Alpha Coefficient of Reliability) มีขั้นตอนและรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.4.1 หาค่าความตรงเชิงเนื้อหา

ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1) ผู้วิจัยศึกษาและจัดทำร่างแบบสอบถาม เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

2) ผู้วิจัยทำบันทึกข้อความขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิด้านสถิติและการวิจัย ด้านวิศวกรรมขนส่งและโลจิสติกส์ รวมถึงด้านการตลาด โดยผู้วิจัยติดต่อขอความอนุเคราะห์ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 9 ท่าน ดังแสดงในภาคผนวก ก

3) ผู้วิจัยนำส่งแบบสอบถามไปยังผู้เชี่ยวชาญทุกท่านเพื่อตรวจประเมินความเที่ยงของเนื้อหาและรายการคำถามของแบบสอถามทางไปรษณีย์

4) เมื่อผู้เชี่ยวชาญส่งแบบประเมินกลับมายังผู้วิจัย ผู้วิจัยได้นำคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละท่าน (คะแนนประกอบด้วย -1 0 และ 1) ไปคำนวณหาค่า IOC โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \tag{3.4}$$

เมื่อ x_i คือ คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละท่าน

n คือ จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการคำนวณ พบว่า ข้อคำถามของแต่ละแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคะแนนอยู่ระหว่าง 0.875 - 1.00 แสดงว่า ข้อคำถามที่สร้างขึ้นมีความเที่ยงเชิงเนื้อหา มีความชัดเจนและสอดคล้องกับสิ่งที่ต้องการวัด ผู้วิจัยสามารถนำแบบสอบถามนี้ไปหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวิจัยได้ต่อไป

3.3.4.2 การหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวิจัย

แบบสอบถามที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้นเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) ผู้วิจัยจึงใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นครอนบาคอัลฟ่า (Cronbach's alpha coefficient of reliability) ในการบ่งบอกระดับค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม เพื่อบ่งชี้ว่าเนื้อหาของข้อคำถามในแบบสอบถามฉบับนี้มีมิติเดียวกันและสามารถวัดค่าได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยต้องการ งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น ตามขั้นตอนดังนี้

1) ผู้วิจัยนำร่างแบบสอบถามไปทดลองเก็บรวบรวมข้อมูลกับผู้ประกอบการแปรรูปสินค้าประเภทต่าง ๆ และผู้ประกอบการขนส่งที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน

2) นำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นครอนแบคอัลฟา ตามสูตร

$$\alpha = \frac{n}{n\text{-}1}\left\{1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right\} \qquad (3.5)$$

เมื่อ α คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

n คือ จำนวนข้อคำถาม

S_i^2 คือ คะแนนความแปรปรวนของข้อคำถามแต่ละข้อ

S_t^2 คือ คะแนนความแปรปรวนของข้อคำถามทั้งฉบับ

ผลการคำนวณ พบว่า แบบสอบถามที่สร้างขึ้นมีระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.915 หมายความว่า แบบสอบถามมีระดับความเชื่อมั่นอยู่ในระดับดีมาก ผู้วิจัยจึงนำแบบสอบถามชุดนี้ไปใช้เพื่อการเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป ซึ่งผลการวิเคราะห์ปัจจัยผู้วิจัยกล่าวไว้ในบทที่ 4

3.4 ขั้นตอนที่ 4 การออกแบบสถานการณ์ทดสอบ

3.4.1 การออกแบบสถานการณ์สมมติเชิงทดลอง (Pilot Test)

ขั้นตอนที่ 1 ปัจจัยที่และระดับปัจจัย

ผู้วิจัยนำค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรแฝงที่ได้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับที่ 2 (Secondary Confirmatory Factor Analysis: SCFA) มาเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย และคัดเลือกตัวบ่งชี้หรือปัจจัยประเภท Generic Variable ที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบต่อตัวแปรแฝงนั้นมากที่สุดมาสร้างสถานการณ์สมมติ ปัจจัยต่าง ๆ ประกอบด้วย ปัจจัยด้านระยะทางจากสถานีรถไฟถึงโรงงาน (Distance) พนักงานจัดตารางขนส่งตู้สินค้า (Scheduling Staff) ความตรงต่อเวลา (Punctuality) เวลาที่ใช้ในการขนส่ง (Transport Time) เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์ (Handing Time) และค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (Transport Cost) ผู้วิจัยออกแบบให้ปัจจัยต่าง ๆ มีระดับปัจจัยเท่ากับ 2 และ 3 ระดับ ดังแสดงตารางในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.6 ปัจจัยและระดับของปัจจัยระหว่างรถบรรทุกและรถไฟ

ปัจจัย	ระดับปัจจัย	รถบรรทุก	รถไฟ
ระยะทางจากสถานีรถไฟถึงโรงงาน	1	ระดับปัจจุบัน	15
(กิโลเมตร)	2		30
	3		45
พนักงานจัดตารางขนส่งตู้สินค้า	1	ระดับปัจจุบัน	มี
	2		ไม่มี
ความตรงต่อเวลา (%)	1	ระดับปัจจุบัน	100
	2		95
	3		90
เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์	1	ระดับปัจจุบัน	0.5
(ชั่วโมง)	2	0.5	1
	3	1	1.5
ระยะทางจากสถานีรถไฟถึงโรงงาน	1	ระดับปัจจุบัน	15
(กิโลเมตร)	2		30
	3		45

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.6 ปัจจัยและระดับของปัจจัยระหว่างรถบรรทุกและรถไฟ (ต่อ)

ปัจจัย	ระดับปัจจัย	รถบรรทุก	รถไฟ
พนักงานจัดตารางขนส่งตู้สินค้า	1	ระดับปัจจุบัน	มี
	2		ไม่มี
ความตรงต่อเวลา (%)	1	ระดับปัจจุบัน	100
	2		95
	3		90
เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์ (ชั่วโมง)	1	ระดับปัจจุบัน	0.5
	2	0.5	1
	3	1	1.5
เวลาที่ใช้ในการขนส่ง (ชั่วโมง)	1	ระดับปัจจุบัน	มากกว่ารถบรรทุก 2 ชม.
	2		มากกว่ารถบรรทุก 3 ชม.
	3		มากกว่ารถบรรทุก 4 ชม.
ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (บาท)	1	ระดับปัจจุบัน	น้อยกว่ารถบรรทุก 20%
	2		น้อยกว่ารถบรรทุก 25%
	3		น้อยกว่ารถบรรทุก 30%

ปัจจัยต่าง ๆ มีความหมายดังนี้

(1) ระยะทางจากสถานีรถไฟถึงโรงงาน (Distance) หมายถึง ระยะทางระหว่างสถานประกอบการกับสถานีรถไฟที่มีรัศมีที่ใกล้สถานประกอบการมากที่สุด มีหน่วยเป็น กิโลเมตร

(2) พนักงานจัดตารางขนส่งตู้สินค้า (Scheduling Staff) หมายถึง สถานีรถไฟแต่ละแห่งมีพนักงานที่ทำหน้าที่จัดตารางเวลาในการขนส่งสินค้าให้แต่ละบริษัท เป็นตัวแปรหุ่น มี หรือ ไม่มี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(3) ความตรงต่อเวลา (Punctuality) หมายถึง การขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทางได้ตรงตามตารางเวลา มีหน่วยเป็น ร้อยละ

(4) เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์ (Handing Time) หมายถึง เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายตู้สินค้าขึ้นลงตลอดเส้นทางการขนส่ง มีหน่วยเป็น ชั่วโมง

(5) เวลาที่ใช้ในการขนส่ง (Transport Time) หมายถึง เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจากสถานประกอบการต้นทางไปยังสถานีปลายทาง (โรงงานหรือท่าเรือ) มีหน่วยเป็น ชั่วโมง

(6) ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (Transport Cost) หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทางโดยรวมค่าขนถ่ายตู้สินค้าแล้ว มีหน่วยเป็น บาท/เที่ยว

ขั้นตอนที่ 2 ระบุจำนวนสถานการณ์สมมติ

ผู้วิจัยนำระดับปัจจัยต่าง ๆ ไปคำนวณหาจำนวนสถานการณ์สมมติที่มีประสิทธิภาพด้วยโปรแกรม SAS (University Edition) ผลการคำนวณพบว่า จำนวนสถานการณ์สมมติที่เหมาะสมที่ส่งผลให้ค่า D-Efficiency มีค่ามากที่สุด (100%) คือ 18 และ 36 สถานการณ์ ผู้วิจัยจึงกำหนดให้สถานการณ์สมมติที่ต้องการออกแบบมีจำนวน 36 สถานการณ์ โดยแต่ละคนตอบคำถามคนละ 6 สถานการณ์

ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบสถานการณ์สมมติ

ผู้วิจัยออกแบบชุดทดสอบแบบ Orthogonal Design โดยการนำตัวแปรมาผสมผสานกับแบบไม่เต็มรูปแบบ (Fractional Factorial Design) ด้วยโปรแกรม N-Gene ผลการออกแบบชุดทดสอบสถานการณ์สมมติแสดงในภาคผนวก ง

ขั้นตอนที่ 4 การประมาณค่าพารามิเตอร์

ผู้วิจัยนำสถานการณ์สมมติที่สร้างขึ้นไปออกแบบแบบสอบถามสถานการณ์สมมติเชิงทดสอบ (Pilot Test) ดังแสดงในภาคผนวก ฌ เพื่อนำไปเก็บรวบรวมข้อมูลกับผู้ประกอบการที่มีรูปแบบการดำเนินธุรกิจใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งมีผู้ประกอบการให้ความร่วมมือตอบแบบสอบถามจำนวน 15 ราย ผู้วิจัยนำข้อมูลที่รวบรวมได้ไปทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยโปรแกรม NLOGIT ในการสร้างแบบจำลอง Mixed Logit ผลการพัฒนาแบบจำลองแสดงในภาคผนวก ฎ ผู้วิจัยกำหนดเครื่องหมายของตัวแปรใด ๆ ไว้ในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 เครื่องหมายค่าสัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์

พารามิเตอร์	เครื่องหมาย	ความหมาย
TTAB	+	มีพนักงานที่ทำหน้าที่จัดตารางเวลาในการขนส่งสินค้าให้แต่ละบริษัท
DIST	+/-	ระยะทางจากสถานประกอบการถึงสถานีรถไฟ (กิโลเมตร)
DISTA	+	สถานประกอบการอยู่ห่างจากสถานีรถไฟไม่เกิน 15 กิโลเมตร
DISTB	-	สถานประกอบการอยู่ห่างจากสถานีรถไฟมากกว่า 15 กิโลเมตร
PUNCT	+/-	สัดส่วนของการขนส่งสินค้าได้ตรงตามตารางเวลาที่กำหนด
PUNCTA	+	สัดส่วนของการขนส่งสินค้าได้ตรงตามตารางเวลาที่กำหนด 100%
PUNCTB	+	สัดส่วนของการขนส่งสินค้าได้ตรงตามตารางเวลาที่กำหนด 95%
CT	-	เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์ (ชั่วโมง)
ODT	-	เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทาง (ชั่วโมง)
ODC	-	ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทาง (บาท/เที่ยว)

การพัฒนาแบบจำลอง Mixed Logit จะต้องกำหนดรูปแบบการกระจายตัวของพารามิเตอร์ใด ๆ ซึ่งมีเกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้ (1) เครื่องหมายของพารามิเตอร์เป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่ และ (2) ค่า Wald Statistics ของพารามิเตอร์ใด ๆ ต้องไม่อยู่ในช่วงวิกฤติ รวมถึงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพารามิเตอร์นั้นต้องมีนัยสำคัญทางสถิติ ถ้าหากไม่เป็นไปตามเกณฑ์ดังกล่าว Hensher et al., 2005 แนะนำว่า ควรกำหนดให้พารามิเตอร์นั้นมีการแจกแจงในรูปแบบอื่น หรือควรพิจารณาให้พารามิเตอร์ดังกล่าวเป็นพารามิเตอร์คงที่ ซึ่งหากข้อมูลมีขนาดเล็ก (น้อยกว่า 500 ตัวอย่าง) ค่า Wald Statistics อาจไม่สามารถนำมาร่วมพิจารณาได้เสมอไป เนื่องจากการแจกแจงของพารามิเตอร์ไม่สามารถลู่เข้าสู่การแจกแจงตามที่กำหนดได้ ซึ่งถือว่าเป็นภาวะที่สามารถเกิดขึ้นได้ (Hensher et al., 2015; Ortúzar & Willumsen, 2011)

ขั้นตอนในการพัฒนาแบบจำลอง Mixed Logit จาก Pilot Data เพื่อหาค่า Prior เพื่อนำไปสร้างชุดทดสอบแบบ Efficient Design มีขั้นตอนและรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดรูปแบบสมการ Utility Function ของรถบรรทุกและรถไฟ

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดลักษณะการกระจายตัวของพารามิเตอร์ โดยกำหนดให้ DISTB TTAB PUNCTA มีการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม (Uniform: u) เนื่องจากเป็นตัวแปร Dummy และ CT ODT และ ODC มีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal: n)

ขั้นตอนที่ 3 เลือกใช้ Halton Sequences ในการสุ่มดึงค่า R เพื่อสร้างฟังก์ชันความน่าจะเป็น กำหนดให้มีการสุ่มดึงจำนวน 100 ครั้ง

ขั้นตอนที่ 4 กำหนดให้มีการทำซ้ำจำนวน 100 ครั้ง

ขั้นตอนที่ 5 กำหนดจำนวนสถานการณ์ทดสอบที่จะให้ผู้ตอบแต่ละคนตอบคำถาม ในที่นี้ออกแบบให้ผู้ตอบแบบสอบถามแต่ละคนจะตอบคำถาคนละ 12 สถานการณ์

ขั้นตอนที่ 6 การพัฒนาแบบจำลอง เมื่อเขียนคำสั่งเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงเริ่มพัฒนาแบบจำลอง ผลที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองพบว่า แบบจำลองไม่สามารถแสดงผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ เนื่องจากการประมาณค่าเมทริกซ์ความแปรปรวนเกิดการ Error ซึ่งสาเหตุเกิดจากการกำหนดรูปแบบการกระจายตัวของพารามิเตอร์ไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมของการกระจายตัวของข้อมูลจริง (Hensher et al, 2015) ผู้วิจัยจึงกลับไปเปลี่ยนรูปแบบการกระจายตัวของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในขั้นตอนที่ 2 และเริ่มต้นการพัฒนาแบบจำลองใหม่อีกครั้ง โดยกำหนดให้คำสั่งทุกอย่างคงเดิม

ผู้วิจัยปรับรูปแบบการกระจายตัวของปัจจัยในขั้นตอนที่ 2 โดยกำหนดให้ DISTB PUNCTA CT ODT และ ODC มีการกระจายตัวแบบปกติ (n) และกำหนดให้ TTAB ไม่เป็นพารามิเตอร์แบบสุ่ม (Non-stochastic: c) ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์แสดงไว้ในภาคผนวก ฏ ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ดังกล่าว พบว่า เครื่องหมายของพารามิเตอร์เป็นไปตามที่กำหนด เมื่อพิจารณาค่า Wald-Statistics พบว่า ค่า Wald-Statistics ของปัจจัย DISTB PUNCTA CT ODT และ TTAB อยู่ในช่วงวิกฤติ (±1.96) ยกเว้น ODC

ลำดับต่อมา คือ การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองโดยรวม จากการเปรียบเทียบค่า Likelihood Ratio ที่คำนวณได้ซึ่งมีค่าเท่ากับ 39.29 กับค่าวิกฤติไคสแควร์ที่องศาอิสระ 11 เท่ากับ 19.7 โดยค่า Likelihood Ratio มีค่ามากกว่าค่าวิกฤติไคสแควร์ แสดงว่าสามารถปฏิเสธสมมติฐานว่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ไปใช้ออกแบบสถานการณ์สมมติแบบ Efficient Design ต่อไป

3.4.2 การออกแบบสถานการณ์ทดสอบแบบมีประสิทธิภาพ (Efficient Design)

การสร้างสถานการณ์ทดสอบแบบมีประสิทธิภาพ มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ปัจจัยที่และระดับปัจจัย

ผู้วิจัยใช้วิธีคัดเลือกปัจจัยเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 3.4.1 แต่ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยนำปัจจัยด้านเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์มารวมเข้ากับปัจจัยด้านเวลาที่ใช้ในการขนส่ง และกำหนดให้เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์ของรถบรรทุกเป็นเวลาที่แต่ละสถานประกอบการดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน ดังนั้น ปัจจัยที่นำมาใช้ในการออกแบบระดับปัจจัยจึงมีทั้งหมด 5 ปัจจัย

และผู้วิจัยออกแบบให้ปัจจัยต่าง ๆ มีระดับปัจจัยเท่ากับ 2 และ 3 ระดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.8 ปัจจัยต่าง ๆ มีความหมายดังนี้

1) ระยะทางจากสถานีรถไฟถึงโรงงาน (Distance) หมายถึง ระยะทางระหว่างสถานประกอบการกับสถานีรถไฟที่มีรัศมีที่ใกล้สถานประกอบการมากที่สุด มีหน่วยเป็น กิโลเมตร

2) พนักงานจัดตารางขนส่งตู้สินค้า (Scheduling Staff) หมายถึง สถานีรถไฟแต่ละแห่งมีพนักงานที่ทำหน้าที่จัดตารางเวลาในการขนส่งสินค้าให้แต่ละบริษัท เป็นตัวแปรหุ่น มี หรือ ไม่มี

3) ความตรงต่อเวลา (Punctuality) หมายถึง การขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทางได้ตรงตามเวลาที่กำหนด มีหน่วยเป็น ร้อยละ

4) เวลาที่ใช้ในการขนส่ง (Transport time) หมายถึง เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจากสถานประกอบการต้นทางไปยังสถานีปลายทาง (โรงงานหรือท่าเรือ) ซึ่งรวมเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายตู้สินค้า มีหน่วยเป็น ชั่วโมง

5) ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (Transport cost) หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทางโดยรวมค่าขนถ่ายตู้สินค้าแล้ว มีหน่วยเป็น บาท

ตารางที่ 3.8 แสดงปัจจัยและระดับของปัจจัยระหว่างรถบรรทุกและรถไฟ

ปัจจัย	ระดับปัจจัย	รถบรรทุก	รถไฟ
ระยะทางจากสถานีรถไฟ	1	ระดับปัจจุบัน	15
ถึงโรงงาน (กิโลเมตร)	2		30
	3		45
พนักงานจัดตารางขนส่งตู้สินค้า	1	ระดับปัจจุบัน	มี
	2		ไม่มี
ความตรงต่อเวลา (%)	1	ระดับปัจจุบัน	100
	2		95
	3		90
เวลาที่ใช้ในการขนส่ง (ชั่วโมง)	1	ระดับปัจจุบัน	มากกว่ารถบรรทุก 2 ชม.
	2		มากกว่ารถบรรทุก 3 ชม.
	3		มากกว่ารถบรรทุก 4 ชม.
ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า	1	ระดับปัจจุบัน	น้อยกว่ารถบรรทุก 20%
(บาท)	2		น้อยกว่ารถบรรทุก 25%
	3		น้อยกว่ารถบรรทุก 30%

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขั้นตอนที่ 2 ระบุจำนวนสถานการณ์สมมติ

ผู้วิจัยนำระดับปัจจัยต่าง ๆ ไปคำนวณหาจำนวนสถานการณ์สมมติที่มีประสิทธิภาพด้วยโปรแกรม SAS (University Edition) (SAS Institute Inc., 2018) ผลการคำนวณพบว่า จำนวนสถานการณ์สมมติที่เหมาะสมที่ส่งผลให้ค่า D-Efficiency มีค่ามากที่สุด (100%) คือ 18 และ 36 สถานการณ์ ผู้วิจัยจึงกำหนดให้สถานการณ์สมมติที่ต้องการออกแบบมีจำนวน 36 สถานการณ์ ผู้บริหารแต่ละคนตอบคำถามคนละ 6 ข้อ การออกแบบสถานการณ์สมมติประเภทนี้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในกลุ่มผู้วิจัยด้านการพัฒนาแบบจำลองทางเลือก (Hensher et al., 2015) ข้อมูลที่รวบรวมได้เป็นข้อมูลประเภท Panel Data

ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบสถานการณ์สมมติ

การออกแบบชุดทดสอบที่ผ่านมา ผู้วิจัยพบว่า การออกแบบสถานการณ์ชุดทดสอบด้วยวิธี Orthogonal Design มีข้อเสีย คือ (1) มีโอกาสที่ปัจจัยในชุดสถานการณ์สมมติจะมีระดับปัจจัยซ้ำกัน ส่งผลให้ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่ไม่มีประสิทธิภาพ (Arencibia et al., 2015) จากสถานการณ์สมมติที่สร้างขึ้นในขั้นตอนข้างต้น (ตัวอย่างสถานการณ์สมมติดังกล่าวแสดงในตารางที่ 3.9) สามารถสังเกตเห็นว่า สถานการณ์สมมติที่ 1 และ 2 มีระดับปัจจัยซ้ำกันถึง 4 ปัจจัย ได้แก่ ความตรงต่อเวลา ความน่าเชื่อถือ ระยะเวลาในการขนส่งและระยะทาง (2) สถานการณ์ทางเลือกบางสถานการณ์ของทางเลือกใด ๆ แสดงให้เห็นว่า มีลักษณะเด่นกว่าอีกทางเลือกหนึ่งอย่างชัดเจน หรือกล่าวได้ว่า รูปแบบการขนส่ง ก ดีกว่า รูปแบบการขนส่ง ข อย่างเห็นได้ชัด ซึ่งสอดคล้องกับการออกแบบการทดลองของ Hensher et al (Hensher et al., 2015)

ขั้นตอนการออกแบบชุดทดสอบ Efficient Design ผู้วิจัยนำค่า Prior ที่ได้จากการประมาณค่าพารามิเตอร์ในขั้นตอนที่ 3.4.1 (ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์แสดงในภาคผนวก ฎ) มาใช้ในการออกแบบสถานการณ์ทดสอบด้วยโปรแกรม N-Gene ดังแสดงไว้ในภาคผนวก จ ผู้วิจัยกำหนดให้จำนวนสถานการณ์สมมติเท่ากับ 36 สถานการณ์และ 36 สถานการณ์นี้แบ่งชุดทดสอบออกเป็น 6 ชุด นั้นหมายความว่า ผู้ตอบแบบสอบถามแต่ละคนจะตอบคำถามคนละ 6 สถานการณ์ เน้นการพิจารณาค่า D-efficient Design เพื่อหาค่าความแปรปรวนร่วมที่น้อยที่สุดของการประมาณค่าพารามิเตอร์ (D-error) โดยข้อมูลของงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลประเภท Panel Data ดังนั้น การออกแบบชุดทดสอบ Efficient Design มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดให้รูปแบบการขนส่งสินค้ามี 2 ทางเลือก คือ รถบรรทุก และ รถไฟ
2. กำหนดให้สถานการณ์ทดสอบเท่ากับ 36 สถานการณ์
3. กำหนดให้ชุดทดสอบแต่ละชุดประกอบด้วยข้อคำถาม 6 ข้อ
4. ใช้วิธีการสุ่มดึงค่า R แบบ Holton Sequences โดยกำหนดให้จำนวนการสุ่มดึงเท่ากับ 100 รอบ ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการสุ่มดึงค่า R ด้วยวิธี Holton Sequences เนื่องจากการ Holton

Sequences สามารถกำหนดให้จำนวนรอบของการสุ่มดึงมีจำนวนรอบน้อย ๆ ได้ (25 รอบ) อีกทั้งผลการสุ่มดึงค่า R สามารถให้ค่าประมาณที่มีประสิทธิภาพได้ หลักการทำงานของ Holton Sequences จะทำการสุ่มดึงค่า R อย่างชาญฉลาด กล่าวคือ ถ้ากำหนดให้จำนวนการสุ่มเท่ากับ 100 หรือ 1,000 Holton Sequences จะใช้ Dimension ต่ำ และใช้ค่า Prime เท่ากับ 2 3 และ 61 67 ซึ่งส่งผลให้พารามิเตอร์ในแบบจำลองมีนัยสำคัญทางสถิติ (Hensher et al., 2015)

5. กำหนดให้ชุดสถานการณ์ทดสอบเป็นแบบ efficient Design โดยข้อมูลเป็นประเภท Panel Data

6. เขียนสมการ Utility Function ของรถบรรทุกและรถไฟ ซึ่งในขั้นตอนที่ 6 นี้ ผู้วิจัยกำหนดให้ตัวแปรต่าง ๆ มีการกระจายตัวดังนี้ ตัวแปรด้านเวลาในการขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์ (CT) เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจากต้นทางถึงปลายทาง (ODT) ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าจากต้นทางถึงปลายทาง (ODC) มีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution: n) และตัวแปรด้านระยะทางจากสถานประกอบการถึงสถานีรถไฟ (DIST) ความตรงต่อเวลา (PUNCT) รวมถึงปัจจัยด้านพนักงานจัดตารางขนส่งตู้สินค้า (TTAB) ซึ่งเป็นตัวแปรหุ่น (Dummy) มีการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution: u) ทั้งนี้ การกำหนดรูปแบบการกระจายตัวของพารามิเตอร์ใด ๆ ควรออกแบบให้มีความสอดสอดคล้องกับลักษณะการแจกแจงของพารามิเตอร์นั้น ๆ (Hensher et al.,2015)

ผลการออกแบบชุดทดสอบ พบว่า ค่าความแปรปรวนร่วมที่น้อยที่สุดของการประมาณค่าพารามิเตอร์ (D-error) มีค่าเท่ากับ 0.977 ซึ่งสอดคล้องกับค่า D-error วิกฤติสำหรับชุดทดสอบที่มีระดับปัจจัยเท่ากับ 2 และ 3 ระดับ (0.933 และ 1.280) (Hensher et al., 2015) แสดงว่า ชุดสถานการณ์ทางเลือกที่สร้างขึ้นเป็นเครื่องมือที่มีคุณภาพเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นเครื่องมือวิจัย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำชุดสถานการณ์ทางเลือกนี้ไปสร้างแบบสอบถามการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของสถานประกอบการในลำดับต่อไป

ตารางที่ 3.9 สถานการณ์ทางเลือกที่นำตัวแปรมาผสมผสานแบบไม่เต็มรูปแบบ (Fractional Factorial Design)

สถานการณ์	ความตรงต่อเวลา	ความน่าเชื่อถือ	ค่าใช้จ่าย	ระยะเวลาในการขนส่ง	ระยะทางจากโรงงานถึงสถานีรถไฟ
1	ถึงปลายทางช้ากว่า 2 ชม.	95%	ถูกกว่ารถบรรทุก 40%	เท่ากับรถบรรทุก	20 กิโลเมตร
2	ถึงปลายทางช้ากว่า 2 ชม.	95%	ถูกกว่ารถบรรทุก 10%	เท่ากับรถบรรทุก	20 กิโลเมตร
3	ถึงปลายทางช้ากว่า 6 ชม.	90%	ถูกกว่ารถบรรทุก 40%	มากกว่ารถบรรทุก 10%	10 กิโลเมตร
4	ถึงปลายทางช้ากว่า 2 ชม.	95%	ถูกกว่ารถบรรทุก 30%	มากกว่ารถบรรทุก 20%	10 กิโลเมตร
5	ถึงปลายทางช้ากว่า 1 ชม.	95%	ถูกกว่ารถบรรทุก 40%	มากกว่ารถบรรทุก 40%	30 กิโลเมตร
6	ถึงปลายทางช้ากว่า 2 ชม.	100%	ถูกกว่ารถบรรทุก 40%	มากกว่ารถบรรทุก 30%	10 กิโลเมตร
7	ถึงปลายทางช้ากว่า 2 ชม.	90%	ถูกกว่ารถบรรทุก 30%	มากกว่ารถบรรทุก 40%	10 กิโลเมตร
8	ถึงปลายทางช้ากว่า 6 ชม.	95%	ถูกกว่ารถบรรทุก 20%	มากกว่ารถบรรทุก 40%	20 กิโลเมตร
9	ถึงปลายทางช้ากว่า 6 ชม.	90%	ถูกกว่ารถบรรทุก 10%	มากกว่ารถบรรทุก 30%	20 กิโลเมตร

3.5 ขั้นตอนที่ 5 พัฒนาแบบจำลองและการประยุกต์ใช้แบบจำลอง

หลังจากที่ผู้วิจัยนำแบบสอบถามการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้บริหาร ผู้วิจัยนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้ประกอบการในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยแบบจำลองถูกพัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติขั้นสูง (NLOGIT) การพัฒนาแบบจำลอง มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คือ กำหนดโครงสร้างของแบบจำลอง

ขั้นตอนที่ 2 คือ การตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรที่นำเข้ามาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Correlation) ตัวแปรคู่ใดมีค่าความสัมพันธ์ระหว่างกันมากกว่า 0.5 ผู้วิจัยจะคัดเลือกเพียง 1 ปัจจัยที่คาดว่าเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าเข้ามาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

ขั้นตอนที่ 3 คือ การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองโดยพิจารณาจาก ความถูกต้องโดยรวมของแบบจำลอง เครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์พารามิเตอร์ที่อยู่ภายในแบบจำลอง การตรวจสอบนัยสำคัญทางสถิติของตัวแปรอิสระ และพิจารณาความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่สถานประกอบการตัดสินใจเลือกใช้การขนส่งของแต่ละรูปแบบ

ขั้นตอนสุดที่ 4 คือ การตรวจสอบความถูกต้องของการพยากรณ์ และการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยการพัฒนาแบบจำลองและการประยุกต์ใช้แบบจำลอง การพัฒนาแบบจำลองและการประยุกต์ใช้แบบจำลองผู้วิจัยกล่าวไว้ในบทที่ 5

3.6 ขั้นตอนที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยสรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย และเสนอแนะแนวทางที่ได้จากการวิจัยให้หน่วยงานที่เกี่ยวสามารถนำผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองไปเป็นแนวทางในการออกแบบนโยบายการพัฒนารูปแบบการให้บริการที่มีประสิทธิภาพได้ในลำดับต่อไป ผู้วิจัยสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะไว้ในบทที่ 6

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบ

บทนี้นำเสนอผลการวิเคราะห์องค์ประกอบจากแบบสอบถามความสนใจเลือกใช้รถไฟในการขนส่งสินค้า เพื่อตอบวัตถุประสงค์งานวิจัยข้อที่ (1) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าทางรางของผู้ประกอบการ โดยกล่าวถึงข้อมูลทั่วไปและสภาพการขนส่งสินค้าของสถานประกอบการในปัจจุบันและผลการวิเคราะห์องค์ประกอบ ส่วนสุดท้ายของบทนำเสนอปัจจัยปัจจัยสามารถนำไปพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในด้านต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

4.1 ข้อมูลและสภาพปัจจุบันของการขนส่งสินค้าเกษตรของสถานประกอบการ

ข้อมูลและสภาพปัจจุบันของการขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ของผู้ประกอบการในภาคตะวันออกเฉียงเหนือสำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยนำเสนอผลที่ได้จากการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรถไฟในการขนส่งสินค้า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

4.1.1 ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ

ผู้บริหารของสถานประกอบการที่ผลิตข้าวสาร แป้งมันสำปะหลัง และน้ำตาล ได้ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามจำนวน 400 ราย คิดเป็น 75.48% ของจำนวนสถานประกอบการทั้งหมด (571 ราย) (Office of Commodity Standards, 2018; The Thai Tapioca Development Institute Under The Patronage of HRH Princess Maha Chakri Sirindhorn, 2018) โดยส่วนใหญ่ผู้ประกอบการที่ผลิตข้าวสาร และผู้บริหารของสถานประกอบการขนาดใหญ่มีกำลังการผลิตมากกว่า 30 ตันต่อวัน ดังสัดส่วนที่แสดงในตารางที่ 4.1 ผู้ประกอบการที่ตอบคำถามส่วนใหญ่ผลิตสินค้าตามคำสั่งซื้อของลูกค้า และขนส่งสินค้าที่ผลิตได้ไปขายในทุกภูมิภาคของประเทศ ภูมิภาคที่นำสินค้าเกษตรแปรรูปเหล่านี้ไปใช้ในการอุปโภคบริโภคมากที่สุด คือ กรุงเทพมหานครและปริมณฑล รองลงมา คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากภูมิภาคดังกล่าวมีประชากรสูงเป็นอันดับต้น ๆ ของประเทศจึงส่งผลให้มีความต้องการในการอุปโภคบริโภคสูงกว่าภูมิภาคอื่น ๆ อีกทั้ง เป็นที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มที่สำคัญของประเทศอีกด้วย

สินค้าเกษตรแปรรูปดังกล่าวมีสัดส่วนการส่งออกไปขายยังต่างประเทศ 58.93% ลูกค้าหลักอยู่ในทวีปเอเชีย ยุโรป อเมริกาเหนือ และตะวันออกกลาง ประเทศต่าง ๆ นำเข้าสินค้าดังกล่าวเพื่อบริโภคภายในประเทศ รวมถึงนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม สิ่งทอ ไม้อัด กาว กระดาษ สารให้ความหวาน เป็นต้น ท่าเรือหลักที่ผู้ประกอบการนิยมใช้เพื่อส่งออก คือ ท่าเรือคลองเตย ท่าเรือแหลมฉบังรวมถึง ICD ลาดกระบัง

นอกจากนี้ เกือบครึ่งหนึ่งของปริมาณการผลิตทั้งหมดเป็นสินค้าส่วนเกินจากโควต้าการส่งออกซึ่งถูกนำมาขายเพื่อเป็นสินค้าอุปโภคบริโภคภายในประเทศ ผู้ประกอบการใช้วิธีการกระจายสินค้าไปยังลูกค้าปลายทางด้วยรถบรรทุกเป็นหลัก อีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่ได้จากการวิเคราะห์แบบสำรวจ คือ การเข้าถึงบริการ ผลจากการสำรวจ พบว่า ผู้ประกอบการกว่าหนึ่งในห้าไม่ทราบว่ารถไฟให้บริการขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ แต่ผู้ประกอบการที่เหลือส่วนใหญ่ทราบว่ามีบริการดังกล่าว ผู้ประกอบการกลุ่มนี้มีด้วยกัน 3 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 คือ ทราบว่ารถไฟให้บริการขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์และเคยใช้บริการ แต่ปัจจุบันเลิกใช้แล้ว (32.71%) เนื่องจากการให้บริการไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ประกอบการได้ กลุ่มที่ 2 คือ ทราบถึงบริการดังกล่าวและยังคงใช้บริการขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ด้วยรถไฟอยู่ (4.64%) และกลุ่มที่ 3 คือ ผู้ประกอบการที่ไม่เคยใช้บริการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ (41.30%) เนื่องจากผู้ประกอบการกลุ่มดังกล่าวให้เหตุผลว่า การขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ทางรถไฟมีขั้นตอนที่ยุ่งยาก ซับซ้อน ค่ายกขนตู้สินค้ามีราคาค่อนข้างสูง อีกทั้งยังไม่สามารถขนส่งสินค้าไปยังลูกค้าปลายทางในลักษณะของ Door to door service ได้ กอปรกับผู้ประกอบการส่วนใหญ่มีรถบรรทุกเป็นของตัวเองด้วย สถานประกอบการส่วนใหญ่ตั้งอยู่ห่างจากสถานีรถไฟเป็นระยะไม่ถึง 30 กิโลเมตรแต่ก็ยังมีสถานประกอบการจำนวนมากที่ตั้งอยู่ห่างจากสถานีรถไฟเกินกว่า 90 กิโลเมตร ปัจจัยด้านระยะทางการเข้าถึงสถานีรถไฟนี้มีแนวโน้มว่าจะเป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจเลือกใช้รถไฟสำหรับการขนส่งสินค้า

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ

ข้อมูลทั่วไป		ข้าว	แป้งมันสำปะหลัง	น้ำตาล	ความถี่	ร้อยละ
สถานประกอบการ	โรงสีข้าว	376			376	87.24
	แป้งมันสำปะหลัง		38		38	8.82
	น้ำตาล			17	17	3.94
กำลังการผลิต	น้อยกว่า 200 ตัน/วัน	8			8	1.86
	200 - 400 ตัน/วัน	86			86	19.95
	มากกว่า 400 ตัน/วัน	282	38	17	337	78.19

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป		ข้าว	แป้งมันสำปะหลัง	น้ำตาล	ความถี่	ร้อยละ
เดือนที่ผลิตสินค้า	มกราคม-มีนาคม	18		3	21	4.87
	เมษายน-มิถุนายน	10			10	2.32
	ตุลาคม-มีนาคม	11			11	2.55
	ตลอดปี	95			95	22.04
	ผลิตตามคำสั่งซื้อ	242	38	14	294	68.21
ภูมิภาคที่ขายในประเทศ	กรุงเทพและปริมณฑล	83	9	2	94	21.81
	ภาคกลาง	8	1	2	11	2.55
	ภาคตะวันออก	5	2	1	8	1.86
	ภาคเหนือ	1			1	0.23
	ภาคใต้	15		5	20	4.64
	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	64	8		72	16.71
	ส่งขายทั่วประเทศ	200	18	7	225	52.20
ภูมิภาคที่ส่งออก	เอเชีย	127	24	7	158	36.66
	ยุโรป	39		5	44	10.21
	แอฟริกา	0	3		3	0.70
	ออสเตรเลีย และอเมริกาเหนือ	5			5	1.16
	ยุโรป และตะวันออกกลาง	6		3	9	2.09
	ยุโรป อเมริกาเหนือ และอเมริกาใต้	13	4		17	3.94
	อเมริกาเหนือ และตะวันออกกลาง	16		2	18	4.18
	ขายในประเทศเท่านั้น	170	7		177	41.07
ท่าเรือที่ใช้บริการ	ท่าเรือคลองเตย	65		2	67	15.55
	ท่าเรือแหลมฉบัง	30	4	11	45	10.44
	ไอซีดีลาดกระบัง	22	6		28	6.50
	ท่าเรือแหลมฉบัง, ท่าเรือคลองเตย, ไอซีดีลาดกระบัง	15	17		32	7.42
	มาบตาพุต, ไอซีดีลาดกระบัง, ท่าเรือเกาะสีชัง	3	5	3	11	2.55
	ไม่ได้ใช้บริการท่าเรือ	240	7	1	248	57.54

สถาบันเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ (ต่อ)

	ข้อมูลทั่วไป	ข้าว	แป้งมันสำปะหลัง	น้ำตาล	ความถี่	ร้อยละ
การเข้าถึงบริการ	1) ไม่ทราบว่ารถไฟให้บริการขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์	88	4		92	21.35
	2) ทราบว่ารถไฟให้บริการขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์	288	34	17	339	78.65
	2.1 เคยใช้บริการ แต่ตอนนี้เลิกขนส่งด้วยรถไฟแล้ว	137	3	1	141	32.71
	2.2 ยังคงใช้บริการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ	9	2	9	20	4.64
	2.3 ไม่เคยขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ	142	29	7	178	41.30
ระยะทางจากโรงงานถึงสถานีรถไฟ	น้อยกว่า 30 กม.	213	24	7	244	56.61
	31 - 60 กม.	43	6	6	55	12.76
	61 - 90 กม.	10		4	14	3.25
	มากกว่า 90 กม.	110	8		118	27.38

4.1.2 ส่วนที่ 2 สภาพการขนส่งสินค้าของสถานประกอบการในปัจจุบัน

ส่วนที่ 2 เป็นการสอบถามถึงสภาพการขนส่งสินค้าในปัจจุบัน ผู้วิจัยสอบถามเกี่ยวกับรูปแบบการขนส่งสินค้า ผู้กำหนดรูปแบบการขนส่ง รูปแบบการจัดส่งสินค้า ปริมาณที่ขนส่งต่อครั้ง ระยะทางที่ขนส่งภายในประเทศ เวลาที่ใช้ในการขนส่ง เป็นต้น ผลการวิเคราะห์สัดส่วนของสภาพการขนส่งสินค้าแสดงในตารางที่ 4.2

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมได้ไปวิเคราะห์หาค่าทางสถิติ ผลการวิเคราะห์ในส่วนนี้ พบว่า ผู้บริหารของสถานประกอบการส่วนใหญ่ขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก มีเพียง 4.87% และ 2.55% ที่มีสัดส่วนการขนส่งสินค้าทางรถไฟ และทางเรือตามลำดับ ส่วนใหญ่ลูกค้าจะเป็นผู้กำหนดรูปแบบการขนส่ง ผู้ประกอบการมักจะดำเนินการขนส่งสินค้าโดยการจ้างบริษัทขนส่งสินค้าทั้งหมดหรือบางส่วน นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ยังแสดงให้เห็นว่า ผู้บริหารของสถานประกอบการมากกว่า 40% มีรถบรรทุกเป็นของตนเอง สินค้าที่ขนส่งในแต่ละเที่ยวส่วนใหญ่มีปริมาณไม่เกิน 50 ตัน ระยะทางที่ใช้ในการขนส่งส่วนใหญ่ อยู่ในช่วง 501 – 750

กิโลเมตร เนื่องจากผู้ประกอบการส่วนใหญ่ขนส่งสินค้าไปยังปลายทางที่กรุงเทพและปริมณฑล การขนส่งสินค้าจากโรงงานไปยังปลายทางส่วนใหญ่จะใช้เวลาราว 8 – 16 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.2 สภาพการขนส่งสินค้าของสถานประกอบการในปัจจุบัน

ข้อมูลทั่วไป		ข้าว	แป้งมันสำปะหลัง	น้ำตาล	ความถี่	ร้อยละ
รูปแบบการขนส่งสินค้า	รถบรรทุก	352	32	15	399	92.58
	ไฟ	15	4	2	21	4.87
	เรือ	9	2		11	2.55
ผู้กำหนดรูปแบบ	ลูกค้า	132	10	5	147	34.11
การขนส่ง	ผู้บริหาร	102	15	3	120	27.84
	ผู้จัดการแผนกขนส่งสินค้า	29	2	3	34	7.89
	ทั้ง 3 กรณี	113	11	6	130	30.16
รูปแบบการจัดส่งสินค้า	จัดส่งเอง (100%)	43	3		49	11.37
	จ้างบริษัทขนส่ง (100%)	182	19	8	209	48.49
	จัดส่งเองและจ้างบริษัทขนส่ง	148	16	9	173	40.14
ปริมาณสินค้าที่ขนส่ง	ไม่เกิน 50 ตัน	236	22	10	268	62.18
(ต่อครั้ง)	50 – 100 ตัน	68	10	3	81	18.79
	มากกว่า 100 ตัน	72	6	4	82	19.03
ระยะทางที่ขนส่งภายใน	น้อยกว่า 250 กม.	19	9		28	6.50
ประเทศ	250 – 500 กม.	110	23	4	137	31.79
	501 – 750 กม.	206	3	13	222	51.51
	มากกว่า 750 กม.	41	3		44	10.21
เวลาที่ใช้ในการขนส่ง	น้อยกว่า 8 ชม.	42	17		59	13.69
	8 – 16 ชม.	248	12	11	271	62.88
	16 – 24 ชม.	61	9	4	74	17.17
	มากกว่า 24 ชม.	25		2	27	6.26
ช่วงเวลาที่ขนส่งสินค้า	06:01 – 12:00 น.	10			10	2.32
	12:01 – 18:00 น.	136	10	3	149	34.57
	18:01 – 24:00 น.	77	4		81	18.79
	24:01 – 06:00 น.	8	3		11	2.55
	24 ชม.	145	21	14	180	41.76
ความล่าช้าสูงสุด	ไม่เกิน 1 ชม.	94	3		97	22.51
ที่ยอมรับได้	1 - 2 ชม.	85	3		88	20.42
(กรณีขนส่งสินค้าไปยังปลายทาง)	ไม่เกิน 2.01 - 3 ชม.	50	8	3	61	14.15
	ไม่เกิน 3.01 - 4 ชม.	65	12	4	84	19.49
	มากกว่า 4 ชม.	47	2		49	11.37
	รับไม่ได้ทุกกรณี	35	10	7	52	12.06

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.2 สภาพการขนส่งสินค้าของสถานประกอบการในปัจจุบัน (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป		ข้าว	แป้งมันสำปะหลัง	น้ำตาล	ความถี่	ร้อยละ
ความล่าช้าสูงสุด	ไม่เกิน 1 ชม.	94		1	95	22.04
ที่ยอมรับได้	1 - 2 ชม.	148	7	7	162	37.59
(กรณีรอบรรทุกมารับ	ไม่เกิน 2.01 - 3 ชม.	40	9		49	11.37
สินค้าที่โรงงาน)	ไม่เกิน 3.01 - 4 ชม.	47	8		55	12.76
	มากกว่า 4 ชม.	30	7	1	38	8.82
	รับไม่ได้ทุกกรณี	17	7	8	32	7.42
ความถี่	มากกว่า 1 ครั้ง/วัน	148	25	17	190	44.08
ในการขนส่งสินค้า	วันละครั้ง	46			46	10.67
	2 – 3 วัน/ครั้ง	76	6		82	19.03
	สัปดาห์ละครั้ง	20			20	4.64
	แล้วแต่คำสั่งซื้อ	86	7		93	21.58
ปัจจุบันใช้ตู้คอนเทนเนอร์ขนส่งสินค้า	ใช้	72	8	11	91	21.11
	ไม่ใช้	304	30	6	340	78.89
ขนาดตู้คอนเทนเนอร์	20 ฟุต	44	5	7	56	61.54
ที่ใช้	40 ฟุต	28	3	4	35	38.46
ค่าขนส่งสินค้า	ไม่เกิน 6,000		3		3	3.30
(บาท/ตู้)	6,000 – 12,000	22	5	4	31	34.07
	12,001 – 18,000	32		3	35	38.46
	มากกว่า 18,000	18		4	22	24.18
ค่าขนส่งสินค้า	ไม่เกิน 6,000	44	1		45	13.24
(บาท/เที่ยว)	6,000 – 12,000	177	25	1	203	59.71
	12,001 – 18,000	64	4	2	70	20.59
	มากกว่า 18,000	19		3	22	6.47

4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ผู้วิจัยนำแบบสอบถามความสนใจเลือกใช้รถไฟในการขนส่งสินค้าไปสำรวจกับกลุ่มตัวอย่าง ผู้บริหารของสถานประกอบการให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามจำนวน 431 ราย คิดเป็น 75.22% ของจำนวนสถานประกอบการทั้งหมด (571 โรงงาน) จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าทางรางของผู้ประกอบการในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบว่า ตัวชี้วัดด้านความต้องการให้สินค้าไม่เสียหายหรือสูญหายมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{X}$ = 5.155, S.D. = 2.030) รองลงมา คือ ตัวชี้วัดด้านความเหมาะสมของราคาขนส่งสุทธิที่รวมค่าขนย้ายตู้คอนเทนเนอร์ ($\bar{X}$ = 5.153, S.D. = 2.009) และตัวชี้วัดด้านความสะอาดของสถานีรถไฟมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ ($\bar{X}$ = 3.937, S.D. = 1.821) ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาลักษณะการแจกแจงของข้อมูลความเบ้ (Skewness) และความโด่ง (Kurtosis) พบว่า ตัวชี้วัดแทบทุกตัวมีค่าความเบ้เป็นลบ มีค่าระหว่าง -0.104 ถึง -0.888 แสดงว่า ข้อมูลมีการแจกแจงในลักษณะเบ้ซ้าย จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า คะแนนแต่ละปัจจัย (Mode) มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย (Mean) มีเพียงปัจจัยด้านความสะอาดของสถานีรถไฟปัจจัยเดียวเท่านั้นที่มีค่าความเบ้เป็นบวก (Sk=0.033) และเมื่อพิจารณาค่าความโด่ง พบว่า ตัวชี้วัดทุกตัวมีค่าความโด่งเป็นลบ ค่าความโด่งที่ได้มีค่าระหว่าง -0.334 ถึง -1.330 นั่นคือ ความโด่งมีลักษณะค่อนข้างต่ำ แสดงว่าตัวชี้วัดหรือปัจจัยเหล่านี้มีการกระจายตัวของข้อมูลสูง อีกทั้งงานวิจัยนี้ใช้วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation: MLE) ซึ่งมีข้อกำหนดว่า ข้อมูลต้องมีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ทั้งนี้สามารถพิจารณาได้จากค่าความเบ้และความโด่งของข้อมูล โดยค่าความเบ้ต้องมีค่าน้อยกว่า 3.0 และค่าความโด่งต้องน้อยกว่า 10.0 จากผลการวิเคราะห์ที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ (Kline, 2011) เหมาะสมที่จะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันต่อไป

ตารางที่ 4.3 ค่าสถิติพื้นฐาน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเบ้ ค่าความโด่ง และค่าระดับของตัวแปรสังเกตได้

รหัส	ตัวชี้วัด	M	SD	Sk	Ku	ระดับ
	องค์ประกอบที่ 1: สภาพแวดล้อม					
X1	ความสะอาดของสถานีรถไฟ	3.937	1.821	0.033	-0.714	ปานกลาง
X2	แบ่งพื้นที่ระหว่างผู้โดยสารและพื้นที่สำหรับรับ-ส่งสินค้า	4.148	1.802	-0.226	-0.669	ปานกลาง
X3	มีพื้นที่ลานจอดรถบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่	4.162	1.998	-0.104	-1.101	ปานกลาง
	องค์ประกอบที่ 2: กระบวนการบริการ					
X4	ให้บริการแบบ One Stop Service	4.499	2.000	-0.298	-1.005	ค่อนข้างมาก
X5	มีอุปกรณ์และเทคโนโลยีที่ทันสมัยในกระบวนการรับฝากสินค้า	4.480	1.931	-0.262	-0.941	ค่อนข้างมาก
X6	สามารถชำระเงินค่าบริการได้หลายช่องทาง	4.631	1.911	-0.483	-0.653	ค่อนข้างมาก
X7	สามารถตรวจสอบสถานะสินค้าระหว่างการขนส่งผ่านระบบออนไลน์ได้	4.645	1.916	-0.496	-0.724	ค่อนข้างมาก
	องค์ประกอบที่ 3: การให้บริการของรถไฟ					
X8	ความเพียงพอของจำนวนรอบหรือความถี่ของเที่ยวรถไฟต่อวัน	4.390	1.990	-0.253	-1.039	ปานกลาง
X9	ความแน่นอน สม่ำเสมอในการเดินรถ ทำให้การขนส่งแน่นอนตรงเวลา	4.708	1.950	-0.367	-0.900	ค่อนข้างมาก
X10	มีตู้บรรทุกสินค้าที่สะอาดและแคร่ให้บริการอย่างเพียงพอ	4.742	1.954	-0.415	-0.837	ค่อนข้างมาก

M = Mean, SD = Standard deviation, Sk = Skewness, Ku = Kurtosis

ตารางที่ 4.3 ค่าสถิติพื้นฐาน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเบ้ ค่าความโด่ง และค่าระดับของตัวแปรสังเกตได้ (ต่อ)

รหัส	ตัวชี้วัด	M	SD	Sk	Ku	ระดับ
	องค์ประกอบที่ 6: ผู้ให้บริการ					
X11	มีหน่วยงานที่ทำหน้าที่บริหารจัดการตารางการขนส่งสินค้าให้แต่ละบริษัท	4.705	1.938	-0.628	-0.663	ค่อนข้างมาก
X12	มีโควต้าสำหรับปริมาณการขนส่งสินค้าต่อเที่ยว	4.439	1.978	-0.396	-0.978	ปานกลาง
X13	ที่สถานีรถไฟมีเครนหรืออุปกรณ์ยกขนตู้คอนเทนเนอร์ที่มาตรฐานไว้คอยให้บริการ	4.759	2.208	-0.512	-1.170	ค่อนข้างมาก
X14	เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์	4.689	2.169	-0.526	-1.096	ค่อนข้างมาก
X15	เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทาง(แบบ door to door)	4.752	2.151	-0.488	-1.152	ค่อนข้างมาก
X16	สินค้าไม่เสียหายหรือสูญหาย	5.155	2.030	-0.888	-0.402	ค่อนข้างมาก
X17	มีคลังสินค้าให้บริการในรูปแบบของ cross docking ที่สถานีต้นทางและปลายทาง	5.002	2.040	-0.680	-0.783	ค่อนข้างมาก
	องค์ประกอบที่ 4: ราคาค่าบริการ					
X18	ความเหมาะสมของราคาค่าขนส่งตามระยะทางของสินค้าแต่ละประเภท	5.095	1.887	-0.787	-0.334	ค่อนข้างมาก
X19	ความเหมาะสมของค่าบริการขนย้ายตู้คอนเทนเนอร์	5.146	1.932	-0.843	-0.352	ค่อนข้างมาก
X20	ความเหมาะสมของค่าขนส่งสุทธิ (รวมค่าขนย้ายตู้คอนเทนเนอร์)	5.153	2.009	-0.864	-0.412	ค่อนข้างมาก
X24	พนักงานสามารถให้ข้อมูล/ คำแนะนำ และตอบข้อซักถามได้อย่างชัดเจน	4.763	2.147	-0.560	-0.988	ค่อนข้างมาก
X25	ความเอาใจใส่ กระตือรือร้น และเต็มใจให้บริการ	4.803	2.084	-0.552	-0.972	ค่อนข้างมาก
X26	มีการสอบถามความพึงพอใจหลังใช้บริการและนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุง	4.819	2.084	-0.589	-0.928	ค่อนข้างมาก
	องค์ประกอบที่ 7: การส่งเสริมบริการ					
X27	โฆษณาประชาสัมพันธ์ผ่านช่องทางต่าง ๆ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ สื่อสิ่งพิมพ์ และเวบไซด์	4.469	2.059	-0.446	-0.963	ปานกลาง
X28	มีประกันภัยให้ความคุ้มครองที่เหมาะสมกับมูลค่าของสินค้ากรณีที่สินค้าสูญหายหรือเสียหายจากการขนส่ง	4.933	2.111	-0.660	-0.873	ค่อนข้างมาก
X29	มีส่วนลดหรือโปรโมชั่น	4.513	2.245	-0.366	-1.330	ค่อนข้างมาก

M = Mean, SD = Standard deviation, Sk = Skewness, Ku = Kurtosis

4.2.1 ความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง (Reliability)

ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ของแต่ละองค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบด้านสิ่งแวดล้อม (Physical Evidence) กระบวนการบริการ (Process) การให้บริการของรถไฟ (Product) ราคาค่าบริการ (Price) ที่ตั้ง (Place) ผู้ให้บริการ (People) และการส่งเสริมบริการ (Promotion) มีค่าระหว่าง 0.920 – 0.993 เมื่อนำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์การพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟ่าของครอนบาคหากมีค่ามากกว่า 0.60 ถือว่ายอมรับได้ (Hume et al., 2006) แต่ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟ่าของครอนบาคของแบบจำลองมีค่ามากกว่า 0.7 ซึ่งถือว่าดี (Raykov et al., 2006) ความน่าเชื่อถือของแบบจำลองพิจารณาจากค่าเฉลี่ยความแปรปรวน (Average Variance Extracted: AVE) และ ค่าความเที่ยงขององค์ประกอบ (Construct Reliability: CR) จากแบบจำลองพบว่า องค์ประกอบทั้ง 7 ตัว ได้แก่ องค์ประกอบด้านสภาพแวดล้อม (Physical Evidence) กระบวนการบริการ (Process) การให้บริการของรถไฟ (Product) ราคาค่าบริการ (Price) สถานที่ (Place) บุคลากร (People) และ การส่งเสริมบริการ (Promotion) มีค่าเฉลี่ยความแปรปรวนระหว่าง 0.547 – 0.989 และมีค่าความเที่ยงขององค์ประกอบระหว่าง 0.932 – 0.994 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ซึ่งกำหนดให้ค่าเฉลี่ยความแปรปรวนต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (Kasantikul, 2001) และค่าความเที่ยงขององค์ประกอบต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.7 (J. Hair et al., 2010) จะเห็นได้ว่า แบบจำลองนี้มีสอดคล้องตามเกณฑ์การพิจารณา ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟ่าของครอนบาค ค่าเฉลี่ยความแปรปรวน และค่าความเที่ยงของตัวแปรแฝง

ตัวแปรแฝง (Latent)	Cronbach's Alpha (α)	AVE	CR
สภาพแวดล้อม (Physical evidence)	0.920	0.873	0.932
กระบวนการบริการ (Process)	0.977	0.944	0.980
การให้บริการของรถไฟ (Product)	0.921	0.547	0.937
ราคาค่าบริการ (Price)	0.993	0.989	0.994
ทำเลที่ตั้งของสถานีรถไฟ (Place)	0.938	0.943	0.979
ผู้ให้บริการ (People)	0.980	0.958	0.979
การส่งเสริมบริการ (Promotion)	0.959	0.922	0.972

4.2.2 ความกลมกลืนของแบบจำลองการวัด (Model Fit Indices)

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลและตรวจสอบความกลมกลืนของแบบจำลองการวัดกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในภาพรวม พบว่า ค่าสถิติทดสอบ Chi-Square Test SRMR RMSEA CFI และ TLI ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด การตรวจสอบความตรงของพารามิเตอร์แต่ละตัวแสดงให้เห็นว่า ค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรสังเกตได้จำนวน 10 ตัว มีค่าเข้าใกล้ศูนย์หรือไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Non-significance) ได้แก่ (X3) มีพื้นที่ลานจอดรถบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่ (X4) ให้บริการแบบ One Stop Service (X8) ความพอเพียงของจำนวนรอบหรือความถี่ของเที่ยวรถไฟต่อวัน (X10) มีตู้บรรทุกสินค้าที่สะอาดและแคร่ให้บริการอย่างเพียงพอ (X12) มีโควตาสำหรับปริมาณการขนส่งสินค้าต่อเที่ยว (X13) ที่สถานีรถไฟมีเครนหรืออุปกรณ์ยกขนตู้คอนเทนเนอร์ที่มาตรฐานไว้คอยให้บริการ (X16) สินค้าไม่เสียหายหรือสูญหาย (X17) มีคลังสินค้าให้บริการในรูปแบบ Cross Docking ที่สถานีต้นทางและปลายทาง (X20) ความเหมาะสมของค่าขนส่งสุทธิ และ (X26) มีการสอบถามถึงความพึงพอใจหลังใช้บริการ ดังนั้นจึงสรุปว่า ตัวแปรสังเกตได้กลุ่มนี้ไม่มีอิทธิพลต่อตัวแปรแฝงภายนอก เนื่องจากค่าพารามิเตอร์หรือค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย (β) มีค่าไม่แตกต่างจากศูนย์ ($|t| < 1.96$) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 ดังนั้น ผู้วิจัยจึงตัดตัวแปรสังเกตได้ที่มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ออกจากแบบจำลองการวัด (J. Hair et al., 2010) ส่งผลให้ตัวแปรสังเกตได้มีจำนวนลดลงเหลือ 19 ตัว ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 ค่าสถิติทดสอบของแบบจำลองการวัด

ดัชนี	ค่าจากการวิเคราะห์	ค่าวิกฤติ
Chi-square, χ^2	141.618	
Degree of freedom, *df*	81	
χ^2/df	1.748	< 2
$p-value$	0.001	> 0.05
Root mean square error of approximation, *RMSEA*	0.042	< 0.07
Standardized root mean residual, *SRMR*	0.012	≥ 0.08
Comparative fit index, *CFI*	0.996	> 0.92
Tucker-Lewis index, *TLI*	0.992	> 0.92

ที่มา: Hair et al., 2010

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้วิจัยทำการปรับแบบจำลองด้วยค่าดัชนีปรับเปลี่ยน (Modification Index: MI) และตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง รวมถึงพิจารณาค่าน้ำหนักปัจจัย (Factor Loadings) ของแบบจำลอง ผลลัพธ์ของการปรับแก้แบบแบบจำลองและตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของแบบจำลองการวัด โดยพิจารณาจากค่าสถิติต่าง ๆ พบว่า ค่าสถิติทดสอบไคสแควร์ $\chi^2 = 141.618$, ที่องศาอิสระ $df = 81$, $\chi^2/df = 1.748$, $p-value < 0.001$ ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ (Root mean square of approximation) $RMSEA = 0.042$, ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของเศษเหลือในรูปคะแนนมาตรฐาน (Standardized root mean residual) $SRMR = 0.012$ ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนเปรียบเทียบ (Comparative fit index) $CFI = 0.996$ และ ค่าดัชนี (Tucker-Lewis index) $TLI = 0.992$ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

เมื่อทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์กับค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืน ซึ่งกำหนดให้ χ^2 (df) ควรจะมีค่า $p-value > 0.05$ χ^2/df ควรมีค่าน้อยกว่า 2 $RMSEA$ ควรมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.06 $SRMR$ ควรมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.08 CFI ควรมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.95 TLI ควรมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.95 ค่าสถิติทั้งหมดของแบบจำลองการวัดมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ตามเกณฑ์ที่กำหนด และค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 19 ตัวมีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ยกเว้นค่า Chi-square Test เนื่องจากค่า χ^2 มีความไวต่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (n>200) การทดสอบนี้จึงมีแนวโน้มที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก แต่เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างในการศึกษานี้มีขนาดใหญ่ (n=431) ผู้วิจัยจึงนำค่าสถิติตัวอื่นมาร่วมพิจารณา สามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองการวัดมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์ดี (J. Hair et al., 2010) โดยมีผลในลักษณะนี้ปรากฏในงานวิจัยของ Al-Refaie (2015); Jenatabadi and Ismail (2014); Jomnonkwao and Ratanavaraha (2016); Lai et al. (2002); Moore (2005) และ Watthanaklang et al. (2016)

4.2.3 แบบจำลองการวัด (Measurement Model)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับที่ 1 (First-order Confirmatory Factor Analysis: FOCFA) พบว่า ตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 19 ตัว เป็นตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงทั้ง 7 ตัว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานระหว่าง 0.819 – 0.998 ดังแสดงในรูปที่ 4.1 กล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า องค์ประกอบทั้ง 19 ตัว เป็นตัวบ่งชี้ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกขนส่งสินค้าทางรางของสถานประกอบการได้อย่างมีความหมาย คำอธิบายรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับแต่ละปัจจัยมีดังนี้

(1) ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม สามารถวัดได้ด้วยตัวแปรสังเกตได้ 2 ตัวแปร มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานอยู่เท่ากับ 0.960 และ 0.908 ตัวแปรสังเกตได้ที่มีน้ำหนักองค์ประกอบมากที่สุด คือ (X1) ความสะอาดของสถานี

(2) ปัจจัยด้านกระบวนการบริการ (Process) สามารถวัดได้ด้วยตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัวแปร มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานอยู่ในช่วง 0.954 - 0.989 ตัวแปรสังเกตได้ที่มีน้ำหนักองค์ประกอบมากที่สุด คือ (X5) มีอุปกรณ์และเทคโนโลยีที่ทันสมัยในการรับฝาก รองลงมา คือ (X7) สามารถตรวจสอบสถานะสินค้าระหว่างการขนส่งผ่านระบบออนไลน์ได้

(3) องค์ประกอบด้านการให้บริการของรถไฟ (Product) ประกอบด้วย ตัวแปรสังเกตได้ 4 ตัวแปร มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานระหว่าง 0.819 - 0.920 ตัวแปรสังเกตได้ที่มีน้ำหนักองค์ประกอบมากที่สุดคือ (X11) เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายตู้สินค้า รองลงมาคือ (X14) เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์

(4) องค์ประกอบด้านราคาค่าบริการ (Price) ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 2 ตัวแปร มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานเท่ากับ 0.991 และ 0.998 ตัวแปรสังเกตได้ที่มีน้ำหนักองค์ประกอบมากที่สุด คือ (X19) ราคาค่าขนย้ายตู้สินค้า

(5) องค์ประกอบด้านสถานที่ (Place) ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัวแปร มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานระหว่าง 0.902 - 0.997 ตัวแปรสังเกตได้ที่มีน้ำหนักองค์ประกอบมากที่สุด คือ (X21) ความสะดวกในการเข้าถึงบริการ รองลงมาคือ (X22) สถานีรถไฟอยู่ใกล้โรงงาน

(6) องค์ประกอบด้านบุคลากร (People) สามารถวัดได้ด้วยตัวแปรสังเกตได้ 2 ตัวแปร มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานอยู่เท่ากับ 0.980 และ 0.978 ตัวแปรสังเกตได้ที่มีน้ำหนักองค์ประกอบมากที่สุด คือ (X24) พนักงานให้ข้อมูลหรือคำแนะนำได้ชัดเจน

(7) องค์ประกอบด้านการส่งเสริมบริการ (Promotion) สามารถวัดได้ด้วยตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัวแปร มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.942 - 0.964 ตัวแปรสังเกตได้ที่มีน้ำหนักองค์ประกอบมากที่สุด คือ (X27) การโฆษณาประชาสัมพันธ์ผ่านช่องทางต่าง ๆ รองลงมา คือ (X28) มีประกันภัยคุ้มครองที่เหมาะสมกับมูลค่าของสินค้าในกรณีที่สินค้าสูญหายหรือเสียหายจากการขนส่ง

สำหรับแบบจำลองการวัดปัจจัยเชิงยืนยันลำดับที่สอง (SOCFA) เป็นการวิเคราะห์เพื่อสะท้อนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงภายในที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าทางรางกับตัวแปรแฝงภายนอก ซึ่งตัวแปรแฝงภายนอกที่กล่าวถึงทั้ง 7 ตัว มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 นั่นแสดงให้เห็นว่า ตัวแปรดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการวัดระดับความสำคัญของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าได้อย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังพบว่า (Place) ปัจจัยด้านสถานที่เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกขนส่งสินค้าด้วยรถไฟมากที่สุด รองลงมา คือ (People) ปัจจัยด้านผู้ให้บริการ และ (Promotion) ปัจจัยด้านการส่งเสริมบริการ ส่วน (Physical Evidence) ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมเป็นมีอิทธิพลต่อการเลือกขนส่งสินค้าด้วยรถไฟน้อยที่สุด

จากที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า ตัวแปรสังเกตได้ของแบบจำลองการวัดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกขนส่งสินค้าทางรางของสถานประกอบการในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานมากกว่า 0.5 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (J. Hair et al., 2010) และตัวแปรสังเกตได้ส่วนใหญ่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานมากกว่า 0.6 ขึ้นไปถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี (Kline, 2011)

ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันสามารถนำมาเขียนสมการความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงภายในกับตัวแปรแฝงภายนอกได้ดังสมการที่ 4.1 และเขียนสมการความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงภายนอกกับตัวแปรสังเกตได้ที่มีอิทธิพลต่อการเลือกขนส่งสินค้าทางรางได้ดังแสดงในสมการที่ 4.2 ถึง 4.8

$$\begin{aligned} FIRFT = {} & 0.701(\mathrm{P}_1) + 0.758(\mathrm{P}_2) + 0.898(\mathrm{P}_3) + 0.884(\mathrm{P}_4) \\ & + 0.974(\mathrm{P}_5) + 0.945(\mathrm{P}_6) + 0.921(\mathrm{P}_7) \end{aligned} \tag{4.1}$$

$$\mathrm{P}_1 = 0.960\bar{x}_1 + 0.908\bar{x}_2 \tag{4.2}$$

$$\mathrm{P}_2 = 0.989\bar{x}_5 + 0.954\bar{x}_6 + 0.971\bar{x}_7 \tag{4.3}$$

$$\mathrm{P}_3 = 0.819\bar{x}_9 + 0.920\bar{x}_{11} + 0.864\bar{x}_{14} + 0.859\bar{x}_{15} \tag{4.4}$$

$$\mathrm{P}_4 = 0.991\bar{x}_{18} + 0.998\bar{x}_{19} \tag{4.5}$$

$$\mathrm{P}_5 = 0.997\bar{x}_{21} + 0.917\bar{x}_{22} + 0.902\bar{x}_{23} \tag{4.6}$$

$$\mathrm{P}_6 = 0.980\bar{x}_{24} + 0.978\bar{x}_{26} \tag{4.7}$$

$$\mathrm{P}_7 = 0.964\bar{x}_{27} + 0.952\bar{x}_{28} + 0.942\bar{x}_{29} \tag{4.8}$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

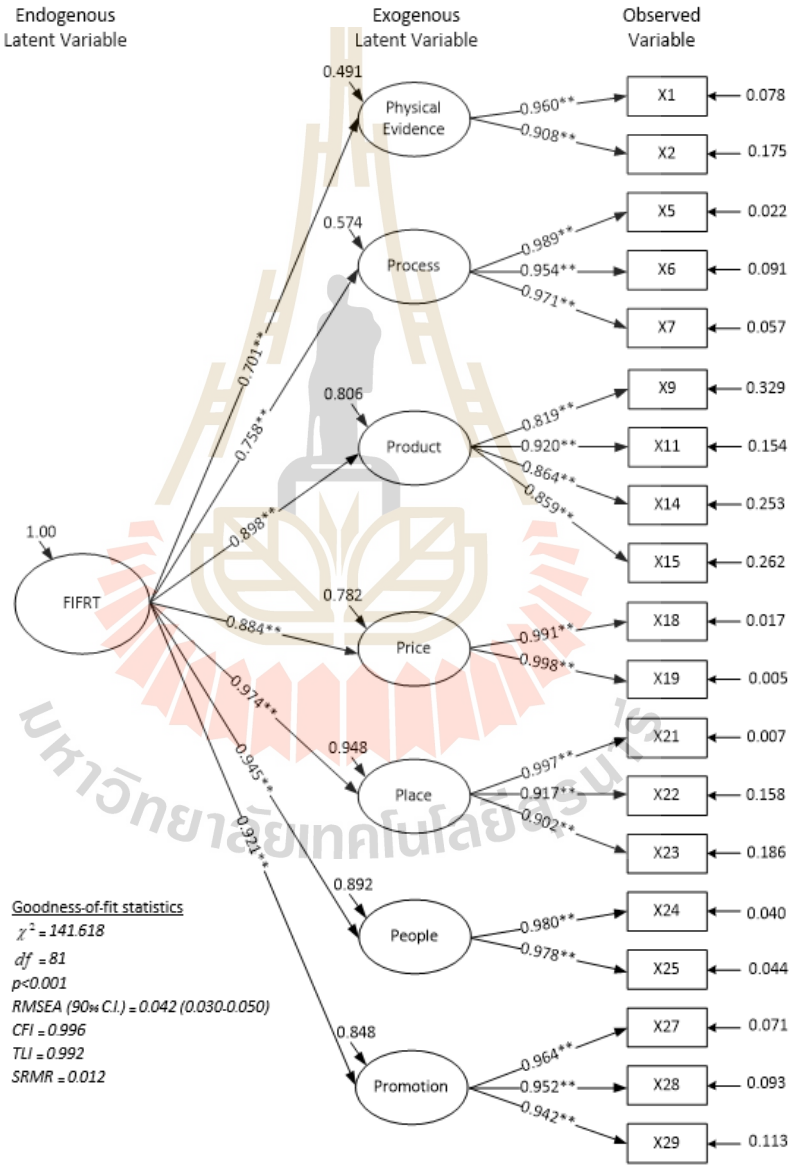
ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับที่ 2 ของแบบจำลองการวัด

รหัส	ตัวชี้วัด	Factor Loadings	SE	t-value	R^2	Error Variance
	องค์ประกอบที่ 1: สภาพแวดล้อม (Physical Evidence)					
X1	ความสะอาดของสถานีรถไฟ	0.960	0.008	123.398	0.922	0.078
X2	แบ่งพื้นที่ระหว่างผู้โดยสารและพื้นที่สำหรับรับ-ส่งสินค้า	0.908	0.011	83.866	0.825	0.175
	องค์ประกอบที่ 2: กระบวนการบริการ (Process)					
X5	มีอุปกรณ์และเทคโนโลยีที่ทันสมัยในกระบวนการรับฝากสินค้า	0.989	0.002	460.536	0.978	0.022
X6	สามารถชำระเงินค่าบริการได้หลายช่องทาง	0.954	0.005	207.656	0.909	0.091
X7	สามารถตรวจสอบสถานะสินค้าระหว่างการขนส่งผ่านระบบออนไลน์ได้	0.971	0.003	298.641	0.943	0.057
	องค์ประกอบที่ 3: การให้บริการของรถไฟ (Product)					
X9	ความแน่นอน สม่ำเสมอในการเดินรถ ทำให้การขนส่งแน่นอน ตรงเวลา	0.819	0.017	49.264	0.671	0.329
X11	มีหน่วยงานที่ทำหน้าที่บริหารจัดการตารางการขนส่งสินค้าให้แต่ละบริษัท	0.920	0.009	107.736	0.846	0.154
X12	มีโควต้าสำหรับปริมาณการขนส่งสินค้าต่อเที่ยว	0.864	0.012	69.631	0.747	0.253
X14	เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์	0.859	0.013	68.197	0.738	0.262
X15	เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทาง((แบบ door to door)	0.819	0.017	49.264	0.671	0.329
	องค์ประกอบที่ 4: ราคาค่าบริการ (Price)					
X18	ความเหมาะสมของราคาค่าขนส่งตามระยะทางของสินค้าแต่ละประเภท	0.991	0.001	733.02	0.983	0.017
X19	ความเหมาะสมของค่าบริการขนย้ายตู้คอนเทนเนอร์	0.998	0.001	875.83	0.995	0.005
	องค์ประกอบที่ 5: ทำเลที่ตั้งของสถานีรถไฟ (Place)					
X21	มีความสะดวกในการเข้าถึงสถานีรถไฟ	0.997	0.004	263.87	0.993	0.007
X22	สถานีรถไฟอยู่ใกล้โรงงาน	0.917	0.008	114.09	0.842	0.158
X23	สถานีรถไฟอยู่บนเส้นขนส่งเดิม	0.902	0.011	80.762	0.814	0.186
	องค์ประกอบที่ 6: ผู้ให้บริการ (People)					
X24	พนักงานสามารถให้ข้อมูล/ คำแนะนำ และตอบข้อซักถามได้อย่างชัดเจน	0.980	0.003	332.927	0.960	0.040
X25	ความเอาใจใส่ กระตือรือร้น และเต็มใจให้บริการ	0.978	0.003	322.778	0.956	0.044
X27	โฆษณาประชาสัมพันธ์ผ่านช่องทางต่าง ๆ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ สื่อสิ่งพิมพ์ และเว็บไซต์	0.964	0.005	206.55	0.929	0.071

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับที่ 2 ของแบบจำลองการวัด (ต่อ)

รหัส	ตัวชี้วัด	Factor Loadings	SE	t-value	R^2	Error Variance
X28	มีประกันภัยให้ความคุ้มครองที่เหมาะสมกับมูลค่าของสินค้า กรณีที่สินค้าสูญหายหรือเสียหายจากการขนส่ง	0.952	0.005	190.07	0.907	0.093
X29	มีส่วนลดหรือโปรโมชั่น	0.942	0.006	165.72	0.887	0.113



รูปที่ 4.1 โครงสร้างของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับที่ 2

บทที่ 5
แบบจำลองและการประยุกต์ใช้งานแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า

การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า ผู้วิจัยนำปัจจัยที่ได้จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับที่ 2 มาออกแบบระดับปัจจัยและสถานการณ์ทดสอบที่มีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยนำข้อมูลที่รวบรวมจากแบบสอบถามการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้ามาพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า บทนี้นำเสนอผลการพัฒนาแบบจำลองและการใช้งานแบบจำลองโลจิทในรูปแบบต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 หลักการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า

การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้ประกอบการในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ถูกพัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติขั้นสูง การพัฒนาแบบจำลองเริ่มต้นด้วยการกำหนดโครงสร้างของแบบจำลอง ขั้นตอนต่อมา คือ การตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรที่นำเข้ามาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Correlation) ตัวแปรคู่ใดมีค่าความสัมพันธ์มากกว่า 0.5 ผู้วิจัยจะคัดเลือกเพียง 1 ปัจจัยที่คาดว่าเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าเข้ามาพัฒนาแบบจำลอง หลังจากนั้นตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง โดยพิจารณาเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง การตรวจสอบนัยสำคัญทางสถิติของตัวแปรอิสระ ลักษณะการกระจายตัวของพารามิเตอร์ การตรวจสอบร้อยละความถูกต้องของการพยากรณ์ และการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง ขั้นตอนสุดท้าย คือ พิจารณาความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่ผู้บริหารของสถานประกอบการตัดสินใจเลือกขนส่งสินค้าด้วยยานพาหนะประเภทต่าง ๆ จากแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด

5.2 ปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบสถานการณ์ทดสอบ

ปัจจัยที่นำมาใช้ออกแบบสถานการณ์ทดสอบ (SP) ของชุดทดสอบนี้ ผู้วิจัยนำมาจากผลวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับที่สอง (Second-order Confirmatory Factor Analysis: SCFA) ของแบบสอบถามปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรถไฟในการขนส่งสินค้าในหัวข้อที่ 4.3 การวิเคราะห์ พบว่า ปัจจัยภายในที่อยู่ในตัวแปรแฝงด้านผู้ให้บริการ (People) การส่งเสริมบริการ (Promotion) กระบวนการบริการ (Process) และสภาพแวดล้อม (Physical Evidence) เป็นปัจจัยที่มี

มาตรวัดแบบ Nominal Scale หรือเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ การรถไฟแห่งประเทศไทยควรนำปัจจัยเหล่านี้ไปใช้ในการออกแบบนโยบายวางแผนพัฒนารูปแบบการให้บริการในระยะกลางและระยะยาว เนื่องจากจะต้องทุ่มงบประมาณจำนวนมากเพื่อปรับปรุงให้ปัจจัยเหล่านี้ให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ซึ่งอาจต้องใช้เวลากว่า 5 ปี หรือ 10 ปี อย่างไรก็ตาม ปัจจัยภายในที่อยู่ในตัวแปรแฝงด้านทำเลที่ตั้งของสถานีรถไฟ (Place) การให้บริการของรถไฟ (Product) และราคาค่าบริการ (Price) เป็นปัจจัยที่สามารถจำแนกให้อยู่ในรูปของตัวเลขได้ (Generic Number) กล่าวคือ ปัจจัยเหล่านี้สามารถนำมาออกแบบระดับปัจจัยจากข้อมูลพื้นฐานที่มีอยู่ได้ อีกทั้งปัจจัยกลุ่มนี้เป็นปัจจัยเฉพาะด้านการให้บริการของรถไฟ เมื่อผู้วิจัยพัฒนาแบบจำลองแล้วเสร็จ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องหรือการรถไฟฯ สามารถนำปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองไปกำหนดเป็นข้อปฏิบัติหรือเป็นแนวทางเพื่อพัฒนารูปแบบการให้บริการของสถานีขนส่งสินค้าทางรางได้ทันที

ผู้วิจัยคัดเลือกตัวแปรสังเกตุได้จากค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานที่มีค่ามากที่สุดของแต่ละตัวบ่งชี้มาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง ได้แก่ ระยะทางจากโรงงานถึงสถานีรถไฟ การมีพนักงานจัดตารางเวลาการขนส่งสินค้าให้แต่ละบริษัท ความตรงต่อเวลาในการขนส่งสินค้า เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์ เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทาง ค่าบริการขนย้ายตู้คอนเทนเนอร์ และราคาค่าขนส่งตามระยะทาง ทั้งนี้ผู้วิจัยนำปัจจัยด้านเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์และเวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทาง รวมเป็นตัวแปรตัวเดียวกัน คือ ปัจจัยด้านเวลา นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้รวมปัจจัยด้านค่าบริการเคลื่อนย้ายตู้คอนเทนเนอร์ และราคาค่าขนส่งตามระยะทางให้เป็นตัวแปรตัวเดียวกัน คือ ปัจจัยด้านค่าใช้จ่าย เพื่อสะท้อนความรู้สึกของผู้ประกอบการต่อเวลาและค่าใช้จ่ายรวมในการขนส่งและลดความซับซ้อนของแบบสอบถาม

ดังนั้น การพัฒนาแบบจำลองจึงมีปัจจัยที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์จำนวน 5 ตัวแปร ได้แก่ ระยะทางจากโรงงานถึงสถานีรถไฟ พนักงานจัดตารางเวลาการขนส่งสินค้าให้แต่ละบริษัท ความตรงต่อเวลาในการขนส่งสินค้า เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้ารวมเวลาขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์ และค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้ารวมค่าขนย้ายตู้คอนเทนเนอร์ โดยปัจจัยด้านระยะทางจากโรงงานถึงสถานีรถไฟ ความตรงต่อเวลาในการขนส่งสินค้า และมีพนักงานจัดตารางเวลาการขนส่งสินค้าให้แต่ละบริษัท ผู้วิจัยออกแบบให้ตัวแปรดังกล่าวอยู่ในรูปของตัวแปรหุ่น ส่วนปัจจัยด้านเวลาและค่าใช้จ่ายออกแบบให้อยู่ในรูปของตัวแปรประเภทตัวเลข เนื่องจาก เวลา มีหน่วยการวัดเป็น ชั่วโมง และค่าใช้จ่าย มีหน่วยการวัดเป็น บาท

5.3 สถิติเชิงพรรณนา

การสำรวจของหน่วยงานภาครัฐในปี พ.ศ. 2561 พบว่า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีสถานประกอบการที่ผลิตสินค้าเกษตรแปรรูปทั้ง 3 ประเภท จำนวน 571 โรงงาน ประกอบด้วยสถานประกอบการขนาดเล็กและขนาดกลางจำนวน 473 โรงงาน และสถานประกอบการขนาดใหญ่จำนวน 98 โรงงาน (Office of Commodity Standards, 2018; The Thai Tapioca Development Institute Under The Patronage of HRH Princess Maha Chakri Sirindhorn, 2018) จากสถิติดังกล่าว ผู้วิจัยได้ส่งแบบสอบถามสถานการณ์ทดสอบ (เครื่องมือวิจัยในขั้นตอนที่ 4.5) ไปยังผู้บริหารของสถานประกอบการทั้งหมด 98 ราย ผลการเก็บรวบรวมข้อมูล แสดงไว้ในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ

ข้อมูลทั่วไป	รายการ	ข้าว	แป้งมันสำปะหลัง	น้ำตาล	ความถี่	ร้อยละ
สถานประกอบการ	โรงสีข้าว	25			25	56.82
	แป้งมันสำปะหลัง		9		9	20.45
	น้ำตาล			10	10	22.73
กำลังการผลิต	น้อยกว่า 200 ตัน/วัน				0	0.00
	200-400 ตัน/วัน				0	0.00
	มากกว่า 400 ตัน/วัน	25	9	10	44	100.00
ลูกค้าในประเทศ	กรุงเทพและปริมณฑล	15	4	5	24	28.24
	ภาคกลาง	9	4	6	19	22.35
	ภาคตะวันออก/ตก	2	3	2	7	8.24
	ภาคใต้	8	1	2	11	12.94
	ภาคเหนือ	1	1	0	2	2.35
	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	12	6	4	22	25.88
ส่งออกไปขายยังต่างประเทศ	ส่งออก	7	8	4	19	43.18
	ขายในประเทศเท่านั้น	18	2	5	25	56.82
ประสบการณ์การขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ	1. ไม่มี	13	7	3	23	52.27
	2. มี และยังใช้อยู่	10	2	2	14	31.82
	3. มี แต่เลิกใช้แล้ว	2	1	4	7	15.91
สัดส่วนการขนส่งสินค้า	1. (100:0)	2	1		3	6.82
(จัดส่งเอง:จ้างบริษัทขนส่ง)	2. (95:5)	3			3	6.82
	3. (90:10)	1	1		2	4.55
	4. (80:20)	4	1		5	11.36
	5. (70:30)				0	0.00
	6. (60:40)	2		1	3	6.82
	7. (40:60)				0	0.00
	8. (30:70)		1		1	2.27

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	รายการ	ข้าว	แป้งมันสำปะหลัง	น้ำตาล	ความถี่	ร้อยละ
สัดส่วนการขนส่งสินค้า	9. (20:80)	3	1		4	9.09
(จัดส่งเอง):(จ้างบริษัทขนส่ง)	10. (10:90)	4			4	9.09
	11. (5:95)				0	0.00
	12. (0:100)	6	5	8	19	43.18

จากตารางที่ 5.1 แสดงให้เห็นว่า ผู้บริหารที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามจำนวน 44 คน ได้แก่ ผู้บริหารของโรงสีข้าวจำนวน 25 คน (56.82%) ผู้บริหารของโรงแป้งมันสำปะหลังจำนวน 9 คน (20.45%) และ ผู้บริหารของโรงงานน้ำตาลจำนวน 10 คน (22.73%) ซึ่งเป็นผู้บริหารของสถานประกอบการขนาดใหญ่มีกำลังการผลิตมากกว่า 400 ตันต่อวัน ลูกค้าในประเทศส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลจำนวน 24 ราย (28.24%) รองลงมาคือ ลูกค้าที่อยู่ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน 22 ราย (25.88%) ภาคกลางจำนวน 19 ราย (22.35%) และภาคใต้จำนวน 11 ราย (12.94%) สถานประกอบการจำนวน 25 แห่ง (56.82%) ผลิตเพื่อจำหน่ายภายในประเทศเท่านั้น แต่สถานประกอบการจำนวน 19 แห่ง (43.18%) ผลิตเพื่อเน้นการจำหน่ายไปยังทวีปต่าง ๆ ทั่วโลก

จากการให้ข้อมูลของผู้บริหาร พบว่า ผู้บริหารจำนวน 23 คน (52.27%) ไม่เคยขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ ผู้บริหารจำนวน 7 คน (15.91%) เคยขนส่งสินค้าด้วยรถไฟแต่ปัจจุบันเลิกใช้บริการแล้ว โดยผู้บริหารกลุ่มทั้งสองกลุ่มนี้ให้เหตุผลที่ไม่ดำเนินการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟว่าสถานประกอบการตั้งอยู่ห่างจากสถานีรถไฟที่มีย่านกองเก็บตู้สินค้ามากกว่า 90 กิโลเมตร หากต้องดำเนินการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟผู้บริหารจะต้องจัดหารถบรรทุกในการเคลื่อนย้ายตู้คอนเทนเนอร์จากสถานประกอบการไปยังสถานีรถไฟ และต้องจ่ายค่ายกตู้สินค้าจากรถบรรทุกเพื่อนำตู้ไปยังลานกองเก็บตู้สินค้า และเมื่อรถไฟขบวนขนส่งสินค้ามาถึงสถานีต้องจ่ายค่าเคลื่อนย้ายตู้สินค้าจากลานกองเก็บตู้สินค้าที่สถานีรถไฟขึ้นแคร่บรรทุก และเมื่อขบวนขนส่งสินค้าเดินทางไปถึงสถานีรถไฟปลายทางต้องจ่ายค่าเคลื่อนย้ายตู้สินค้าจากรถไฟไปยังลานกองเก็บตู้สินค้าและจากลานกองเก็บตู้สินค้าขึ้นรถบรรทุก ในขณะเดียวกันผู้บริหารจะต้องจัดหารถบรรทุกเพื่อมารับตู้สินค้าที่สถานีรถไฟไปยังปลายทางที่ต้องการ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีความยุ่งยากซับซ้อน รวมถึงผู้บริหารจะต้องจัดสรรบุคคลหรือจัดจ้างเจ้าหน้าที่บริหารจัดการโลจิสติกส์ด้านการขนส่งสินค้าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้สถานประกอบการมีค่าใช้จ่ายสูงขึ้นเช่นกัน เมื่อผู้บริหารคิดค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนรวมแล้วพบว่าต้องใช้เวลายาวนานหลายปีกว่าจะถึงจุดคุ้มทุน ผู้บริหารกลุ่มนี้จึงยังคงดำเนินการ

ขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกต่อไป กระบวนการขนส่งสินค้าที่กล่าวมาข้างต้น สามารถอธิบายได้ดังแสดงในรูปที่ 5.1

รูปที่ 5.1 ขั้นตอนการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ

นอกจากนี้ยังพบว่า ผู้บริหารจำนวน 14 ราย (31.82%) มีประสบการณ์ในการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟและปัจจุบันก็ยังคงใช้รถไฟในการขนส่งสินค้าอยู่ เนื่องจากปลายทางในการขนส่งสินค้าอยู่ห่างจากสถานประกอบการเป็นระยะทางมากกว่า 400 กิโลเมตรซึ่งเป็นการขนส่งในระยะไกล อีกทั้งสถานประกอบการของผู้บริหารกลุ่มนี้ตั้งอยู่ห่างจากสถานีรถไฟที่มีลานกองเก็บตู้สินค้าไม่เกิน 45 กิโลเมตร ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกจากสถานประกอบการไปยังสถานีรถไฟมีราคาย่อมเยา และเมื่อพิจารณาค่าระว่างของการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟรวมค่าเคลื่อนย้ายตู้สินค้าในขั้นตอนต่าง ๆ พบว่า มีค่าใช้จ่ายถูกกว่าการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกเกือบเท่าตัว ดังนั้น ผู้บริหารกลุ่มดังกล่าวจึงหันมาใช้รถไฟในการขนส่งสินค้ามากขึ้น กอปรกับสถานประกอบการบางแห่งได้มีการว่าจ้างบริษัทโลจิสติกส์เป็นผู้บริหารจัดการและดำเนินการขนส่งสินค้าส่วนใหญ่ด้วยรถไฟ สินค้าที่เหลือจากกรอบการขนส่งดังกล่าวจะดำเนินการขนส่งด้วยรถบรรทุก เมื่อผู้บริหารรวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดแล้วพบว่า การเพิ่มสัดส่วนการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟและลดสัดส่วนการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกลงทำให้ค่าใช้จ่ายรวมในการขนส่งสินค้าของสถานประกอบการลดลงจากในอดีตกว่าร้อยละ 40 จึงส่งผลให้การขนส่งสินค้าด้วยรถไฟเป็นที่นิยมมากกว่ารถบรรทุก

ผลการตอบแบบสอบถามในส่วนที่ 1 ยังสะท้อนให้เห็นว่า สถานประกอบการจำนวน 19 แห่ง (43.18%) ขนส่งสินค้าทั้งหมดจากโรงงานไปยังปลายทางโดยการว่าจ้างบริษัทขนส่ง (100%) เนื่องจากสถานประกอบการผลิตสินค้าตามคำสั่งซื้อของลูกค้า (Made-to-order) ส่งผลให้การผลิตสินค้าในแต่ครั้งมีปริมาณไม่แน่นอน ทำให้ปริมาณสินค้าที่ต้องดำเนินการขนส่งในแต่ละครั้งจึงมีปริมาณไม่แน่นอนตามไปด้วย ลูกค้ากลุ่มนี้ส่วนใหญ่เป็นโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร ห้างสรรพสินค้า และร้านค้าปลีก เป็นต้น ดังนั้น ผู้บริหารของสถานประกอบการจึงตัดสินใจเลือกใช้รถบรรทุกในการขนส่งสินค้าการขนส่งสินค้า เนื่องจากมุ่งเน้นการขนส่งแบบ Door-to-

Door ด้วยรถขนส่งที่มีขนาดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณสินค้าที่ต้องจัดส่ง ผู้บริหารของสถานประกอบการจึงว่าจ้างบริษัทขนส่งในการดำเนินการขนส่งสินค้าเพื่อความสะดวกในการบริหารจัดการ

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ผู้บริหารของสถานประกอบการส่วนใหญ่ขนส่งสินค้าไปขายในภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศเป็นหลัก ด้วยการขนส่งแบบ Door-to-Door Service เนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร ห้างสรรพสินค้า และร้านค้าปลีกต่าง ๆ มีทำเลที่ตั้งอยู่ในบนโครงข่ายถนน การขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกจึงสามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้และการขนส่งสินค้าในแต่ละเที่ยวมีปริมาณที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับคำสั่งซื้อของลูกค้า ดังนั้น ผู้บริหารบางส่วนจึงต้องจัดส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกหรือรถกระบะบรรทุกเพื่อให้สินค้าไปถึงมือลูกค้าตรงตามเวลาที่กำหนด ส่วนผู้ประกอบการที่ขนส่งสินค้าไปขายยังต่างประเทศส่วนใหญ่หันมาขนส่งสินค้าด้วยรถไฟมากขึ้น เนื่องจากค่าใช้จ่ายถูกกว่ารถบรรทุก

5.4 แบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า

การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้บริหารของสถานประกอบการ พัฒนาขึ้นจากผลการตอบแบบสอบถามสถานการณ์ทดสอบ (Stated Preference: SP) Hensher et al. (2005) กล่าวว่า หลักการในการตอบแบบสอบถามสถานการณ์ทดสอบนั้น ผู้ตอบแบบสอบถามจะต้องพิจารณาเฉพาะปัจจัยที่มีอยู่ในสถานการณ์ทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นหรือกำหนดให้เท่านั้น โดยไม่นำปัจจัยอื่น ๆ นอกเหนือจากนี้มาเป็นส่วนหนึ่งในการพิจารณาสถานการณ์ทดสอบที่พึงพอใจ เมื่อผู้ตอบแบบสอบถามพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ของแต่ละสถานการณ์ทดสอบแล้ว ผู้ตอบแบบสอบถามจะเลือกสถานการณ์ทดสอบที่พอใจที่สุด อย่างไรก็ตาม แบบสอบถามสถานการณ์ทดสอบที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้เป็นสถานการณ์ทดสอบที่มีประสิทธิภาพ (Efficient Design) ดังนั้น โอกาสที่ปัจจัยในชุดสถานการณ์ทดสอบจะมีระดับปัจจัยซ้ำกันมีค่าเป็นศูนย์ ส่งผลให้ข้อมูลที่รวบรวมได้เป็นข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยกำหนดให้ผู้ตอบแบบสอบถามแต่ละคนตอบเลือกตอบสถานการณ์ทดสอบที่พึงพอใจคนละ 6 สถานการณ์เท่านั้น

การเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ ผู้บริหารให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามจำนวน 44 ราย จากการตรวจสอบข้อมูล พบว่า มีผู้บริหารของสถานประกอบการเลือกตอบเฉพาะสถานการณ์ทดสอบที่เป็นรถบรรทุกและรถไฟทั้ง 6 สถานการณ์ มีจำนวนรวม 25 ราย แบ่งเป็นผู้บริหารที่เลือกตอบเฉพาะสถานการณ์ที่เป็นรถบรรทุก จำนวน 15 ราย และเลือกตอบเฉพาะสถานการณ์ที่เป็นรถไฟจำนวน 10 ราย ซึ่งจากคำกล่าวของ Hensher et al. (2005) สะท้อนให้เห็นว่า ข้อมูลสถานการณ์ทดสอบที่ได้จากผู้บริหารกลุ่มนี้เป็นข้อมูลที่มีความเอนเอียง (Bias) ไม่ควรนำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

ตารางที่ 5.2 เครื่องหมายค่าสัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์

พารามิเตอร์	เครื่องหมาย	ความหมาย
TFO	+	การเป็นเจ้าของรถบรรทุก
TTAB	+	มีพนักงานที่ทำหน้าที่จัดตารางเวลาในการขนส่งสินค้าให้แต่ละบริษัท
DIST	+	สถานประกอบการอยู่ห่างจากสถานีรถไฟตามระยะทางที่กำหนด
DISTA	+	สถานประกอบการอยู่ห่างจากสถานีรถไฟไม่เกิน 15 กิโลเมตร
DISTB	+	สถานประกอบการอยู่ห่างจากสถานีรถไฟตั้งแต่ 15 กิโลเมตรขึ้นไป
PUNCT	+	สัดส่วนของการขนส่งสินค้าได้ตรงตามตารางเวลาที่กำหนด
PUNCTT	+	สัดส่วนของการขนส่งสินค้าได้ตรงตามตารางเวลาที่กำหนดของรถบรรทุก
PUNCTR	+	สัดส่วนของการขนส่งสินค้าได้ตรงตามตารางเวลาที่กำหนดของรถไฟ
PUNCTA	+	สัดส่วนของการขนส่งสินค้าได้ตรงตามตารางเวลาที่กำหนด 100%
PUNCTB	+	สัดส่วนของการขนส่งสินค้าได้ตรงตามตารางเวลาที่กำหนด 95%
CT	-	เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์ (ชั่วโมง)
CTT	-	เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์ของรถบรรทุก (ชั่วโมง)
CTR	-	เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์ของรถไฟ (ชั่วโมง)
ODT	-	เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทาง (ชั่วโมง)
ODTT	-	เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทางของรถบรรทุก (ชั่วโมง)
ODTR	-	เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทางของรถไฟ (ชั่วโมง)
ODC	-	ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทาง (บาท/เที่ยว)
ODCT	-	ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทางของรถบรรทุก (บาท/เที่ยว)
ODCR	-	ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทางของรถไฟ (บาท/เที่ยว)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ดังนั้น เพื่อเป็นการทดสอบสมมติฐานข้างต้น ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลจำนวน 210 สถานการณ์ มาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าด้วยวิธี Mixed Logit Model และประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยโปรแกรม NLOGIT โดยเครื่องหมายขอพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองทั้งหมดแสดงไว้ในตารางที่ 5.2

5.4.1 การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าครั้งที่ 1

การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าครั้งที่ 1 มีขั้นตอนในการพัฒนาแบบจำลอง ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การแบ่งข้อมูล

ผู้วิจัยนำสถานการณ์ทดสอบทั้งหมด 44 ชุด (264 สถานการณ์) มาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ด้วยวิธีการสุ่มแบบ Split Test ในสัดส่วน 80:20 ข้อมูลส่วนแรก ผู้วิจัยนำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองจำนวน 35 ชุด (210 สถานการณ์) ซึ่งจากจำนวนสถานการณ์ทดสอบดังกล่าวถือว่าเป็นข้อมูลที่มีขนาดเพียงพอสำหรับการนำมาพัฒนาแบบจำลอง (Hensher et al., 2005; Ortúzar et al., 2011) และส่วนที่ 2 ผู้วิจัยนำมาใช้ในการทดสอบความถูกต้องของการพยากรณ์จำนวน 9 ชุด (54 สถานการณ์)

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดรูปแบบการกระจายตัวของพารามิเตอร์

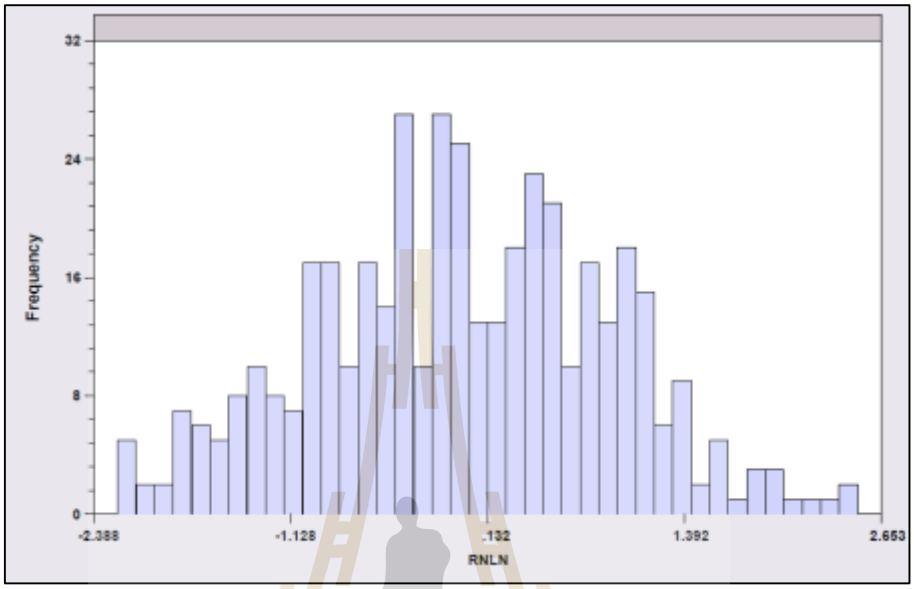
การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้ประกอบการแปรรูปสินค้าเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้วย Mixed Logit Model ผู้วิจัยต้องทราบว่า พารามิเตอร์แต่ละตัวมีการกระจายตัวในลักษณะใด โดยทั่วไปปัจจัยหรือพารามิเตอร์จะมีลักษณะการกระจายตัว 6 รูปแบบ ได้แก่ การกระจายตัวแบบปกติ หรือ Normal (n) การกระจายตัวแบบ Lognormal (l) การกระจายตัวแบบ Uniform (u) การกระจายตัวแบบ Triangular (t) และการกระจายตัวแบบ Non-Stochastics (c) รวมถึงเป็น Fixed Parameter (Hensher et al., 2005) อีกทั้ง ผู้วิจัยแยกพารามิเตอร์ด้านเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์ เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทาง ค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายตู้สินค้า และค่าใช่จ่ายในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทางของรถบรรทุกและรถไฟออกจากกันชัดเจน

พารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสามารถกำหนดให้มีลักษณะการกระจายตัวดังนี้

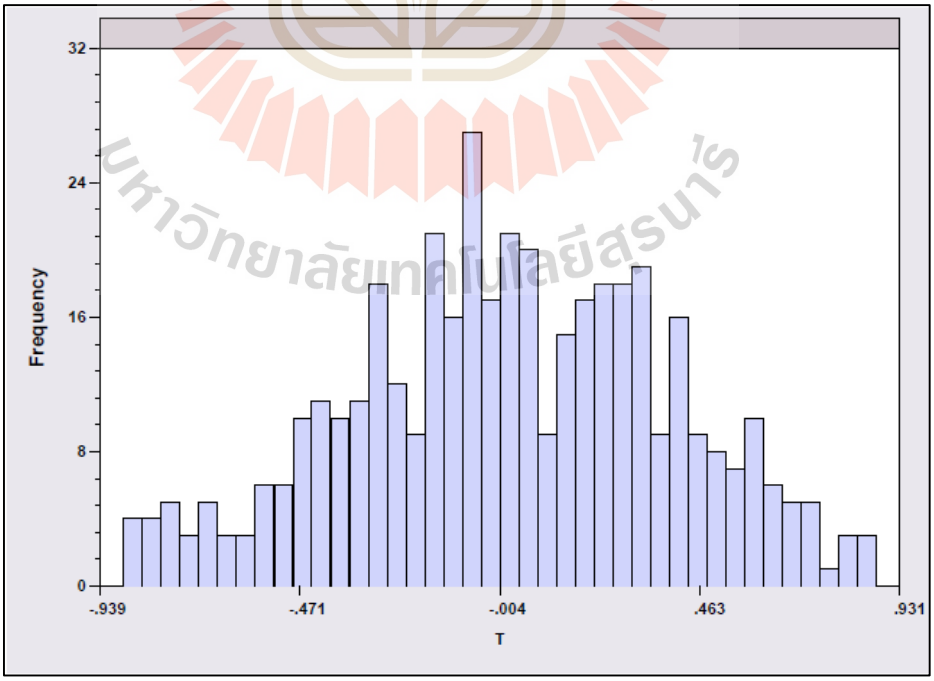
1. TFO TTAB DISTA DISTB PUNCTA และ PUNCTB กำหนดให้มีการกระจายตัวแบบ Uniform (u) เนื่องจากเป็นตัวแปรหุ่น (Dummy Variable)

2. PUNCT CT CTT CTR ODT ODTT ODTR ODC ODCT และ ODCR สามารถกำหนดให้มีการกระจายตัวแบบปกติ (n) หรือมีการกระจายตัวแบบ Triangular (t) เนื่องจากการกระจายตัวทั้งสองรูปแบบมีลักษณะใกล้เคียงกัน สำหรับงานวิจัยนี้การกระจายตัวของ

ข้อมูลมีลักษณะการกระจายตัวทั้งแบบ Normal Distribution และแบบ Triangular Distribution แสดงในรูปที่ 5.2 และรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.2 การกระจายตัวของข้อมูลแบบ Normal Distribution



รูปที่ 5.3 การกระจายตัวของข้อมูลแบบ Triangular Distribution

ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาแบบจำลอง Mixed Logit

มีลำดับการพัฒนาแบบจำลอง ดังนี้

ลำดับที่ 1: ผู้วิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ TFO การกระจายตัวแบบ Uniform (u) เนื่องจากเป็นตัวแปรหุ่น (Dummy Variable) ปัจจัย TTAB DISTA และ PUNCTA เป็น Fixed Parameter ผลการพัฒนาแบบจำลอง (แสดงในตารางที่ 5.3 Model 1) พบว่า เครื่องหมายหน้าพารามิเตอร์ทุกตัวถูกต้อง พารามิเตอร์ PUNCTA มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 พารามิเตอร์ TTAB มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และพารามิเตอร์ DISTA มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 แต่พารามิเตอร์ TFO และ ASCRAIL ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจายตัวของพารามิเตอร์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ TFO มีการกระจายตัวแบบ Uniform พบว่า มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และค่า Wald statistics ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่อยู่ในช่วงวิกฤติ แสดงว่า การกระจายตัวในลักษณะนี้สอดคล้องกับข้อมูลจริง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเพิ่มการกำหนดรูปแบบการกระจายตัวของพารามิเตอร์อื่นเพิ่มเข้ามาในขั้นตอนต่อไป

ลำดับที่ 2: ผู้วิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ TFO DISTA และ PUNCTA การกระจายตัวแบบ Uniform (u) ผลการพัฒนาแบบจำลอง (แสดงในตารางที่ 5.3 Model 2) พบว่า เครื่องหมายหน้าพารามิเตอร์ทุกตัวมีความถูกต้อง พารามิเตอร์ DISTA และ PUNCTA มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 แต่พารามิเตอร์ TFO และ ASCRAIL ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจายตัวของพารามิเตอร์ พบว่า PUNCTA มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ TFO มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และค่า Wald statistics ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่อยู่ในช่วงวิกฤติ แสดงว่า การกระจายตัวในลักษณะนี้สอดคล้องกับข้อมูลจริง มีเพียง DISTA ที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงปรับเปลี่ยนรูปแบบการกระจายตัวในขั้นตอนต่อไป

ลำดับที่ 3: ผู้วิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ TFO TTAB DISTA และ PUNCTA การกระจายตัวแบบ Uniform (u) และปัจจัยอื่น ๆ เป็น Fixed Parameter ผลการพัฒนาแบบจำลอง (แสดงในตารางที่ 5.4 Model 3) พบว่า เครื่องหมายหน้าพารามิเตอร์ทุกตัวมีความถูกต้อง พารามิเตอร์ PUNCTA มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พารามิเตอร์ TTAB มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 แต่พารามิเตอร์ TFO DISTA และ ASCRAIL ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจายตัวของพารามิเตอร์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ TFO มีการกระจายตัวแบบ Uniform พบว่า TFO มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และค่า Wald statistics ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่อยู่ในช่วงวิกฤติ แสดงว่า การกระจายตัวในลักษณะนี้สอดคล้องกับข้อมูลจริง แต่ TTAB DISTA และ PUNCTA ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ทั้งที่ข้อมูลของพารามิเตอร์เหล่านี้อยู่ในรูปของตัวแปรหุ่น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงปรับเปลี่ยนรูปแบบการกระจายตัวในขั้นตอนต่อไป

ลำดับที่ 4: ผู้วิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ TFO TTAB มีการกระจายตัวแบบ Uniform ปัจจัย ODTR มีการกระจายตัวแบบปกติ ปัจจัย DISTA และ PUNCTA เป็น Fixed Parameter ผลการพัฒนาแบบจำลอง (แสดงในตารางที่ 5.4 Model 4) พบว่า เครื่องหมายหน้าพารามิเตอร์แทบทุกตัวมีความถูกต้อง ยกเว้นปัจจัย TFO มีเครื่องหมายเป็นลบส่งผลให้แบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองที่ไม่มีความน่าเชื่อถือ สาเหตุเกิดจากการนำพารามิเตอร์ ODTR เพิ่มเข้ามาในสมการอรรถประโยชน์ของรถไฟ จึงส่งผลให้พารามิเตอร์ TFO ODTR และ TTAB มีความสัมพันธ์กันสูง โดย TFO และ ODTR มีความสัมพันธ์กันเท่ากับ 0.904 TTAB และ ODTR มีความสัมพันธ์กันเท่ากับ 0.840 นอกจากนี้เมื่อพิจารณาการมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่า พารามิเตอร์ PUNCTA และ ODTR มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 พารามิเตอร์ DISTA แต่พารามิเตอร์ TFO TTAB และ ASCRAIL ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้ง เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจายตัวของพารามิเตอร์ พบว่า ODTR มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และค่า Wald statistics ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่อยู่ในช่วงวิกฤติ แสดงว่า การกระจายตัวในลักษณะนี้สอดคล้องกับข้อมูลจริง แต่ TFO และ TTAB ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนั้น ผู้วิจัยจึงปรับเปลี่ยนรูปแบบการกระจายตัวในขั้นตอนต่อไป

ลำดับที่ 5: ผู้วิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ TFO และ PUNCTA มีการกระจายตัวแบบ Uniform ปัจจัย ODTT และ ODTR มีการกระจายตัวแบบ Triangular ปัจจัย DISTA และ PUNCTA กำหนดให้เป็น Fixed Parameter ผลการพัฒนาแบบจำลอง (แสดงในตารางที่ 5.5 Model 5) พบว่า เครื่องหมายหน้าพารามิเตอร์ทุกตัวมีความถูกต้องตามที่กำหนด แต่พารามิเตอร์ต่าง ๆ ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ หมายความว่า พารามิเตอร์ที่อยู่ในสมการอรรถประโยชน์นี้ไม่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจขนส่งสินค้าของผู้บริหาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจายตัวของพารามิเตอร์ พบว่า ค่า P-value ของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และค่า Wald statistic มีค่าอยู่ในช่วงวิกฤติ แสดงให้เห็นว่า จำนวนข้อมูลที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองมีขนาดเล็ก จึงส่งผลให้พารามิเตอร์ดังกล่าวมีการแจกแจงไม่เป็นไปตามที่ตั้งสมมติฐานไว้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงปรับเปลี่ยนรูปแบบการกระจายตัวอีกครั้งในขั้นตอนต่อไป

ลำดับที่ 6: ผู้วิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ TFO TTAB DISTA และ PUNCTA มีการกระจายตัวแบบ Uniform ปัจจัย ODCR มีการกระจายตัวแบบ Triangular ผลการพัฒนาแบบจำลอง (แสดงในตารางที่ 5.5 Model 6) พบว่า เครื่องหมายหน้าพารามิเตอร์ทุกตัวมีความถูกต้อง เมื่อพิจารณาการมีนัยสำคัญทางสถิติพบว่า พารามิเตอร์ PUNCTA มีนัยสำคัญทางสถิติที่

ระดับ 0.05 พารามิเตอร์ ODCR มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 แต่พารามิเตอร์ TFO DISTA และ ASCRAIL ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจายตัวของพารามิเตอร์ พบว่า ODCR และ PUNCTA มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 พารามิเตอร์ DISTA มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 และค่า Wald statistics ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่อยู่ในช่วงวิกฤติ แสดงว่า การกระจายตัวในลักษณะนี้สอดคล้องกับข้อมูลจริง แต่ TFO ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่า TFO มีการกระจายตัวแบบ Uniform แต่ไม่สามารถลู่เข้าสู่ภาวะการกระจายตัวดังกล่าวได้ เนื่องจากข้อมูลมีขนาดเล็ก (น้อยกว่า 500 สถานการณ์) ซึ่งถือว่าเป็นปกติของข้อมูลขนาดเล็ก แต่แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นก็สามารถเป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพได้ (Hensher et al., 2015; Ortúzar & Willumsen, 2011)

ลำดับที่ 7: ผู้วิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ TFO TTAB และ PUNCT มีการกระจายตัวแบบ Uniform ผลการพัฒนาแบบจำลองพบว่า ไม่สามารถประมาณค่าได้ (Error) เนื่องจากไม่มี Inverse Matrix

ลำดับที่ 8: ผู้วิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ TFO TTAB มีการกระจายตัวแบบ Uniform ปัจจัย ODTR มีการกระจายตัวแบบปกติ ผลการพัฒนาแบบจำลองพบว่า ไม่สามารถประมาณค่าได้ (Error) เนื่องจากไม่มี Inverse Matrix

ลำดับที่ 9: ผู้วิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ TFO TTAB มีการกระจายตัวแบบ Uniform ปัจจัย ODTR มีการกระจายตัวแบบ Triangular ผลการพัฒนาแบบจำลองพบว่า ไม่สามารถประมาณค่าได้ (Error) เนื่องจากไม่มี Inverse Matrix

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้มีการเปลี่ยนกำหนดการกระจายตัวของพารามิเตอร์จนครบทุกรูปแบบแล้วแต่ก็ไม่มี Inverse Matrix ผู้วิจัยจึงหยุดการพัฒนาแบบจำลองและการหาร้อยละของการพยากรณ์ถูกต้องและประสิทธิภาพของแบบจำลองในขั้นตอนต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 5.3 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรและค่าสถิติของแบบจำลอง Mixed Logit 1 และ 2

Attributes	**Model 1**		**Model 2**	
	Coefficient (Wald statistic)	**SD (Wald statistic)**	**Coefficient (Wald statistic)**	**SD (Wald statistic)**
Random parameters in utility functions				
TFO	1.94320	7.01228***	0.89669	8.95384**
	(0.00)	(4.24)	(0.00)	(2.37)
DISTA	-	-	1.79488*	4.45493
			(1.66)	(1.15)
PUNCTA	-	-	3.55886*	19.8500***
			(1.78)	(3.60)
Nonrandom parameters in utility functions				
ASCRAIL	-2.44895	-	1.40244	-
	(0.00)		(0.00)	
TTAB	1.76333**	-	-	-
	(2.53)			
DISTA	1.28047*	-	-	-
	(1.88)			
PUNCTA	3.55020***	-	-	-
	(3.78)			
Number of observations	210		210	
Log likelihood function	-82.18744		-82.62112	
Restricted log likelihood	-145.56091		-145.56091	
McFadden Pseudo-R^2	0.4353742		0.4323949	

หมายเหตุ ***, **, * คือ มีนัยสำคัญที่ระดับ 1%, 5%, 10%, S.D. คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าที่อยู่ใน (…) คือ ค่า Wald statistic ซึ่งมีความหมายเดียวกันกับ ค่า t-statistics

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 5.4 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรและค่าสถิติของแบบจำลอง Mixed Logit 3 และ 4

Attributes	**Model 3**		**Model 4**	
	Coefficient (Wald statistic)	**SD (Wald statistic)**	**Coefficient (Wald statistic)**	**SD (Wald statistic)**
Random parameters in utility functions				
TFO	3.58383	14.6785**	-3.84721	4.92502
	(0.00)	(2.48)	(0.00)	(0.78)
TTAB	3.60922*	3.01677	1.17108	6.02622
	(1.77)	(0.73)	(1.43)	(1.61)
ODTR	-	-	-1.05649***	1.30363**
			(-2.70)	(2.03)
DISTA	3.25365	5.56935	-	-
	(1.34)	(0.62)		
PUNCTA	6.87769**	17.6114	-	-
	(2.17)	(0.99)		
Nonrandom parameters in utility functions				
ASCRAIL	-4.08957	-	-	-
	(0.00)			
ASCTRUCK	-	-	-3.34146	-
			(0.00)	
DISTA	-	-	1.61944*	-
			(1.89)	
PUNCTA	-	-	3.72559***	-
			(3.79)	
Number of observations	210		210	
Log likelihood function	-74.73073		-77.50178	
Restricted log likelihood	-145.56091		-145.56091	
McFadden Pseudo-R^2	0.4866017		0.4675646	

หมายเหตุ ***, **, * คือ มีนัยสำคัญที่ระดับ 1%, 5%, 10%, S.D. คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าที่อยู่ใน (…) คือ ค่า Wald statistic ซึ่งมีความหมายเดียวกันกับ ค่า t-statistics

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 5.5 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรและค่าสถิติของแบบจำลอง Mixed Logit 5 และ 6

Attributes	**Model 5**		**Model 6**	
	Coefficient (Wald statistic)	**SD (Wald statistic)**	**Coefficient (Wald statistic)**	**SD (Wald statistic)**
Random parameters in utility functions				
TFO	14.8545	30.7629	4.03357	7.23548
	(0.00)	(0.52)	(0.00)	(0.72)
ODTT	-3.85560	13.2281	-0.00090*	0.00474***
	(-0.65)	(0.85)	(-1.70)	(4.63)
ODCR	-0.00065	0.00524	-	-
	(-0.25)	(1.24)		
DISTA			3.04271	16.6671*
			(1.17)	(1.81)
PUNCTA	10.2824	17.9231	17.4678**	42.0314***
	(1.20)	(0.10)	(2.44)	(3.74)
Nonrandom parameters in utility functions				
ASCRAIL	-15.3603	-	-4.53932	-
	(0.00)		(0.00)	
DISTA	1.32623	-	-	-
	(1.14)			
Number of observations	210		210	
Log likelihood function	-71.75821		-74.62536	
Restricted log likelihood	-145.60541		-145.56091	
McFadden Pseudo-R^2	0.5070228		0.4873255	

หมายเหตุ ***, **, * คือ มีนัยสำคัญที่ระดับ 1%, 5%, 10%, S.D. คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าที่อยู่ใน (…) คือ ค่า Wald statistic ซึ่งมีความหมายเดียวกันกับ ค่า t-statistics

ขั้นตอนที่ 4 การหาร้อยละของการพยากรณ์ถูกต้อง

ทุกแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นในขั้นตอนที่ 3 เมื่อการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองใด ๆ แล้วเสร็จ ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองด้วยการพิจารณาเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ การประมาณค่าพารามิเตอร์และการตรวจสอบนัยสำคัญทางสถิติ การตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลอง (Goodness of Fit) เพื่อคัดกรองและคัดเลือก

แบบจำลอง ดังนั้น ขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยนำแบบจำลองที่คัดเลือกไว้ทั้ง 5 แบบจำลองมาหาร้อยละของการพยากรณ์ถูกต้อง (แบบจำลองที่ 4 ไม่นำมาตรวจสอบเนื่องจากเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ไม่เป็นไปตามที่กำหนด) การหาร้อยละของการพยากรณ์ถูกต้อง ผู้วิจัยนำข้อมูลส่วนที่ 2 จำนวน 54 สถานการณ์ที่แบ่งเก็บไว้จากขั้นตอนที่ 1 มาใช้ในการทดสอบการพยากรณ์ ผู้วิจัยแสดงไว้ในตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 ความถูกต้องในการพยากรณ์ของแบบจำลอง

แบบจำลองที่	การพยากรณ์	ผู้บริหารเลือก		ร้อยละความถูกต้อง (%)
		รถบรรทุก	รถไฟ	
1	รถบรรทุก	0	0	= 0 (0%)
	รถไฟ	14	40	= 40/54 (74.074%)
2	รถบรรทุก	0	0	= 0 (0%)
	รถไฟ	14	40	= 40/54 (74.074%)
3	รถบรรทุก	0	0	= 0 (0%)
	รถไฟ	14	40	= 40/54 (74.074%)
5	รถบรรทุก	0	0	= 0 (0%)
	รถไฟ	N/A	N/A	= N/A
6	รถบรรทุก	0	0	= 0 (0%)
	รถไฟ	N/A	N/A	= N/A

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลการหาร้อยละความถูกต้องในการพยากรณ์ของแบบจำลอง Mixed Logit ข้างต้น พบว่า แบบจำลองที่ 1 ถึง 3 มีความสามารถในการพยากรณ์ได้ดีเฉพาะรถไฟ โดยสามารถพยากรณ์การเลือกรถไฟได้สูงถึง 40 สถานการณ์ แต่ไม่สามารถการพยากรณ์การเลือกรถบรรทุกได้เลย นอกจากนี้ แบบจำลองที่ 5 และ 6 ไม่สามารถพยากรณ์การเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าได้ทั้ง 2 ทางเลือก จากผลการหาร้อยละความถูกต้องในการพยากรณ์แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีลักษณะของ Under-Fitting กล่าวคือ ถ้านำแบบจำลองนี้ไปพยากรณ์ผลลัพธ์ที่ได้จะไม่ค่อยถูกต้องหรือไม่ใกล้เคียงกับคำตอบจริง นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาความสอดคล้องของแบบจำลอง (Goodness of Fit) พบว่า แบบจำลองมีค่าความสอดคล้องสูงเมื่อเทียบกับจำนวนข้อมูลที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง ซึ่งค่า Psuedo-R^2 ของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นทั้ง 5 แบบจำลองนี้ สะท้อนให้เห็นว่า แบบจำลองที่สร้างขึ้นเกิดปัญหา Over-Fitting เนื่องจากแบบจำลองมีความแปรปรวนสูง จึงส่งผลให้แบบจำลองมีความสามารถในการพยากรณ์ได้ถูกต้องแม่นยำ แต่แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นเป็นแบบจำลองที่ไม่มีประสิทธิภาพ สาเหตุเกิดจากข้อมูลที่นำมาพัฒนาแบบจำลองครั้งที่ 1 มีความเอนเอียงมาก ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานของ Hensher et al. (2005)

การพัฒนาแบบจำลองครั้งที่ 1 สรุปได้ว่า แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอสำหรับนำไปพยากรณ์การเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้บริหารของสถานประกอบการที่ผลิตแป้งมันสำปะหลัง ข้าวสาร และน้ำตาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้ ผู้วิจัยพิจารณาพัฒนาแบบจำลองอีกครั้ง ซึ่งการพัฒนาแบบจำลอง Mixed Logit ในลำดับต่อไป ผู้วิจัยไม่นำข้อมูลที่ผู้บริหารเลือกตอบเฉพาะสถานการณ์ที่เป็นรถบรรทุกและรถไฟจำนวน 25 ชุด มาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง วิธีการคัดเลือกข้อมูลกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป เมื่อคัดเลือกข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงพัฒนาแบบจำลองขึ้นใหม่อีกครั้ง

5.4.2 การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าครั้งที่ 2

การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าครั้งที่ 2 ผู้วิจัยนำข้อมูลทั้งหมดที่รวบรวมได้มาทำการ Clean Data โดยคัดเลือกเฉพาะข้อมูลที่ผู้บริหารเลือกตอบทั้งสถานการณ์ทดสอบที่เป็นรถบรรทุกและรถไฟมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง (การเอาข้อมูลที่เป็น Outlier ออก) พบว่ามีทั้งหมด 19 ชุด การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าครั้งที่ 2 มีขั้นตอนในการพัฒนาแบบจำลอง ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การแบ่งข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง Mixed Logit ครั้งนี้มีจำนวน 19 ชุด (114 สถานการณ์) ผู้วิจัยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ด้วยวิธีการสุ่มแบบ Split Test ในสัดส่วน 70:30 ข้อมูลส่วนแรก ผู้วิจัยนำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองจำนวน 13 ชุด (78 สถานการณ์) ซึ่ง

จากจำนวนสถานการณ์ทดสอบดังกล่าวถือว่าเป็นข้อมูลที่มีขนาดเพียงพอสำหรับการนำมาพัฒนาแบบจำลอง (Hensher et al., 2005; Ortúzar et al., 2011) และส่วนที่ 2 ผู้วิจัยนำมาใช้ในการทดสอบความถูกต้องของการพยากรณ์จำนวน 9 ชุด (54 สถานการณ์)

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดรูปแบบการกระจายตัวของพารามิเตอร์

จากการตรวจสอบลักษระการกระจายตัวของข้อมูลพบว่า ข้อมูลที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองครั้งนี้มีการกระจายตัวแบบ Uniform (u) Normal (n) Triangular (t) ดังนั้น การกำหนดรูปแบบการกระจายตัวของพารามิเตอร์ต่าง ๆ สามารถกำหนดให้มีการกระจายตัวตามลักษณะที่กล่าวมาในข้างต้น นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดให้เป็น Non-Stochastics (c) และ Fixed Parameter ได้ (Hensher et al., 2015) การพัฒนาแบบจำลองครั้งนี้ ผู้วิจัยนำเฉพาะพารามิเตอร์ด้านการให้บริการของแต่ละทางเลือกเข้ามาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองเท่านั้น โดยไม่นำพารามิเตอร์ด้านเศรษฐกิจและสังคม นั่นคือ การเป็นเจ้าของรถบรรทุก (Truck Fleet Owner: TFO) เข้ามาร่วมพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าในครั้งนี้ ดังนั้น แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นจากข้อมูลชุดนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ดีกับผู้บริหารกลุ่มที่ไม่มีรถขนส่งสินค้าเป็นของตนเอง รวมถึงผู้บริหารกลุ่มที่สนใจจะเพิ่มสัดส่วนการขนส่งสินค้าทางรางให้มากขึ้น

พารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสามารถกำหนดให้มีลักษณะการกระจายตัว ดังนี้

1. TTAB DISTA DISTB PUNCTA และ PUNCTB กำหนดให้มีการกระจายตัวแบบ Uniform (u) เนื่องจากเป็นตัวแปรหุ่น (Dummy Variable)

2. CTT CTR ODTT ODTR ODCT และ ODCR สามารถกำหนดให้มีการกระจายตัวแบบปกติ (n) และแบบ Triangular (t) นอกจากนี้ ยังสามารถกำหนดให้พารามิเตอร์ใด ๆ เป็นค่าคงที่ (Non-stochastics) หรือเป็น Fixed Parameter ได้

ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาแบบจำลอง Mixed Logit

มีลำดับการพัฒนาแบบจำลอง ดังนี้

ลำดับที่ 1: ผู้วิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ ODTT การกระจายตัวแบบ Triangular (t) พารามิเตอร์ TTAB ODTR ODCR และ PUNCTA เป็น Fixed Parameter ผลการพัฒนาแบบจำลอง (แสดงในตารางที่ 5.7 Model 7) พบว่า เครื่องหมายหน้าพารามิเตอร์ทุกตัวถูกต้องเป็นไปตามที่กำหนด พารามิเตอร์ PUNCTA มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แต่พารามิเตอร์ ODTT TTAB ODTR ODCR และ ASCRAIL ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่าพารามิเตอร์ที่อยู่ในสมการอรรถประโยชน์ของแบบจำลองนี้มีเพียง PUNCTA เท่านั้นที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจขนส่งสินค้าของผู้บริหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณา

ค่าพารามิเตอร์ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจายตัวของพารามิเตอร์ พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และค่า Wald statistics ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วงวิกฤติ แสดงว่าการกระจายตัวในลักษณะ Triangular ไม่สอดคล้องกับการกระจายตัวของข้อมูลจริง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเปลี่ยนพารามิเตอร์ที่ใช้ในการกำหนดรูปแบบการกระจายตัวและพัฒนาแบบจำลองในลำดับต่อไป

ลำดับที่ 2: ผู้วิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ ODCT การกระจายตัวแบบปกติ พารามิเตอร์ TTAB ODTR ODCR และ PUNCTA เป็น Fixed Parameter ผลการพัฒนาแบบจำลอง (แสดงในตารางที่ 5.7 Model 8) พบว่า เครื่องหมายหน้าพารามิเตอร์ทุกตัวถูกต้อง พารามิเตอร์ PUNCTA มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 TTAB มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ODCT และ ODTR มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 แต่พารามิเตอร์ ODCR และ ASCRAIL ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่า พารามิเตอร์ PUNCTA TTAB ODCT และ ODTR มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจขนส่งสินค้าของผู้บริหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจายตัวของพารามิเตอร์พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และค่า Wald statistics ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วงวิกฤติ แสดงว่าการกระจายตัวที่กำหนดไม่สอดคล้องกับการกระจายตัวของข้อมูลจริง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเปลี่ยนรูปแบบการกระจายตัวและเพิ่มพารามิเตอร์เข้ามาอีก จากนั้นจึงทำการพัฒนาแบบจำลองในลำดับต่อไป

ลำดับที่ 3: ผู้วิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ ODCT การกระจายตัวแบบ Triangular และ ODTR มีการกระจายตัวแบบปกติ ส่วนพารามิเตอร์ TTAB ODCR และ PUNCTA กำหนดให้เป็น Fixed Parameter ผลการพัฒนาแบบจำลอง (แสดงในตารางที่ 5.8 Model 9) พบว่า เครื่องหมายหน้าพารามิเตอร์ทุกตัวถูกต้อง พารามิเตอร์ PUNCTA มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 TTAB มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ODCT และ ODTR มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 แต่พารามิเตอร์ ODCR และ ASCRAIL ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่า พารามิเตอร์ ODCR และ ASCRIAL ไม่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจขนส่งสินค้าของผู้บริหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจายตัวของพารามิเตอร์ พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่า การกระจายตัวที่กำหนดไม่สอดคล้องกับการกระจายตัวของข้อมูลจริง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเปลี่ยนรูปแบบการกระจายตัวและพัฒนาแบบจำลองในลำดับต่อไป

ลำดับที่ 4: ผู้วิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ ODCT และ ODTR มีการกระจายตัวแบบปกติ ส่วนพารามิเตอร์ TTAB ODCR และ PUNCTA กำหนดให้เป็น Fixed Parameter ผลการพัฒนาแบบจำลอง (แสดงในตารางที่ 5.8 Model 10) พบว่า เครื่องหมายหน้าพารามิเตอร์ทุกตัวถูกต้อง พารามิเตอร์ PUNCTA มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 TTAB มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ODCT และ ODTR มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 แต่พารามิเตอร์ ODCR และ ASCRAIL ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่า พารามิเตอร์ PUNCTA TTAB ODCT และ ODTR มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจขนส่งสินค้าของผู้บริหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกับแบบจำลองที่ 9 เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจายตัวของพารามิเตอร์ พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และค่า Wald statistics ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วงวิกฤติ แสดงว่า การกระจายตัวที่กำหนดไม่สอดคล้องกับการกระจายตัวของข้อมูลจริง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเพิ่มพารามิเตอร์เข้ามาในการกำหนดรูปแบบการกระจายตัวและพัฒนาแบบจำลองในลำดับต่อไป

ลำดับที่ 5: ผู้วิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ ODCT ODTR และ ODCR มีการกระจายตัวแบบปกติ ส่วนพารามิเตอร์ TTAB ODCR และ PUNCTA กำหนดให้เป็น Fixed Parameter ผลการพัฒนาแบบจำลอง (แสดงในตารางที่ 5.9 Model 11) พบว่า เครื่องหมายหน้าพารามิเตอร์ทุกตัวถูกต้อง พารามิเตอร์ PUNCTA มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 TTAB มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พารามิเตอร์ ODCT ODTR ODCR และ ASCRAIL ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่า พารามิเตอร์ PUNCTA และ TTAB เป็นพารามิเตอร์มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจขนส่งสินค้าของผู้บริหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจายตัวของพารามิเตอร์ พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และค่า Wald statistics ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วงวิกฤติ แสดงว่าการกระจายตัวที่กำหนดไม่สอดคล้องกับการกระจายตัวของข้อมูลจริง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเพิ่มพารามิเตอร์เข้ามาในการกำหนดรูปแบบการกระจายตัวและพัฒนาแบบจำลองในลำดับต่อไป

ลำดับที่ 6: ผู้วิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ TTAB มีการกระจายตัวแบบ Uniform พารามิเตอร์ ODCT ODTR และ ODCR กระจายตัวแบบปกติ ส่วน PUNCTA กำหนดให้เป็น Fixed Parameter ผลการพัฒนาแบบจำลอง (แสดงในตารางที่ 5.9 Model 12) พบว่า เครื่องหมายหน้าพารามิเตอร์ทุกตัวถูกต้อง พารามิเตอร์ TTAB และ ODTR มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ODCT มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 พารามิเตอร์ ODCR PUNCTA และ ASCRAIL ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่า พารามิเตอร์ TTAB ODTR และ ODCT เป็นพารามิเตอร์มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้บริหารอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจายตัวของพารามิเตอร์ พบว่า TTAB มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และค่า Wald statistics ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่มีค่าอยู่ในช่วงวิกฤติ แสดงว่า การกระจายตัวที่กำหนดสอดคล้องกับลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลจริง แต่การกระจายตัวของ ODCT ODTR และ ODCR ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และค่า Wald statistics ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วงวิกฤติ แสดงว่า การกระจายตัวที่กำหนดไม่สอดคล้องกับการกระจายตัวของข้อมูลจริง สาเหตุเกิดจากจำนวนข้อมูลหลังจาก Clean Data มีขนาดเล็กมากจึงส่งผลให้การกระจายตัวของข้อมูลไม่สามารถลู่เข้าสู่การกระจายตัวในลักษณะที่กำหนดได้ส่งผลให้การกระจายตัวของพารามิเตอร์ดังกล่าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเปลี่ยนรูปแบบการกระจายตัวของพารามิเตอร์ดังกล่าวและพัฒนาแบบจำลองอีกครั้งในลำดับต่อไป

ลำดับที่ 7: ผู้วิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ TTAB มีการกระจายตัวแบบ Uniform พารามิเตอร์ ODCT ODTR และ ODCR กระจายตัวแบบ Triangular ส่วน PUNCTA กำหนดให้เป็น Fixed Parameter ผลการพัฒนาแบบจำลอง (แสดงในตารางที่ 5.9 Model 12) พบว่า ไม่สามารถประมาณค่าได้ (Error) เนื่องจากไม่มี Inverse Matrix

ลำดับที่ 8: ผู้วิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ TTAB PUNCTA มีการกระจายตัวแบบ Uniform ปัจจัย ODCT มีการกระจายตัวแบบปกติ ODTR และ ODCR มีการกระจายตัวแบบปกติ ผลการพัฒนาแบบจำลองพบว่า ไม่สามารถประมาณค่าได้ (Error) เนื่องจากไม่มี Inverse Matrix

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้มีการเปลี่ยนกำหนดการกระจายตัวของพารามิเตอร์จนครบทุกรูปแบบแล้วแต่ก็ไม่มี Inverse Matrix ผู้วิจัยจึงหยุดการพัฒนาแบบจำลองและการหาร้อยละของการพยากรณ์ถูกต้องและประสิทธิภาพของแบบจำลองในขั้นตอนต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 5.7 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรและค่าสถิติของแบบจำลอง Mixed Logit 7 และ 8

Attributes	**Model 7**		**Model 8**	
	Coefficient (Wald-Statistic)	**S.D. (Wald-Statistic)**	**Coefficient (Wald-Statistic)**	**S.D. (Wald-Statistic)**
Random parameters in utility functions				
ODTT	-0.55184 (-0.95)	0.03090 (0.05)	-	-
ODCT	-	-	-0.00072* (-1.85)	-0.000036531 (1.39)
Nonrandom parameters in utility functions				
ASCRAIL	-0.25129 (-0.11)	-	-1.52284 (-0.96)	-
TTAB	1.17320 (1.15)	-	1.30134** (1.99)	-
ODTR	-0.42717 (-1.20)	-	-0.61286* (-1.92)	-
ODCR	-0.000063245 (-0.15)	-	-0.00043 (-1.03)	-
PUNCTA	2.20976*** (2.61)	-	2.48631*** (3.33)	-
Number of observations	78		78	
Log likelihood function	-45.71031		-43.63311	
Restricted log likelihood	-54.06548		-54.06548	
McFadden Pseudo-R^2	0.1545379		0.1929581	

หมายเหตุ ***, **, * คือ มีนัยสำคัญที่ระดับ 1%, 5%, 10%, S.D. คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าที่อยู่ใน (…) คือ ค่า Wald statistic ซึ่งมีความหมายเดียวกันกับ ค่า t-statistics

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 5.8 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรและค่าสถิติของแบบจำลอง Mixed Logit 9 และ 10

Attribute	**Model 9**		**Model 10**	
	Coefficient (Wald-Statistic)	**S.D. (Wald-Statistic)**	**Coefficient (Wald-Statistic)**	**S.D. (Wald-Statistic)**
Random parameters in utility functions				
ODCT	-0.00073*	0.00074	-0.00073*	0.00030
	(-1.83)	(0.95)	(-1.84)	(0.90)
ODTR	-0.66448*	1.00724	-0.66020*	0.41475
	(-1.87)	(0.81)	(-1.88)	(0.78)
Nonrandom parameters in utility functions				
ASCRAIL	-1.63501	-	-1.61477	-
	(-1.00)		(-0.99)	
TTAB	1.42606**	-	1.41395**	-
	(2.05)		(2.04)	
ODCR	-0.00039	-	-0.00039	-
	(-0.91)		(-0.93)	
PUNCTA	2.51524***	-	2.50325***	-
	(3.31)		(3.30)	
Number of observations	78		78	
Log likelihood function	-43.06617		-43.13075	
Restricted log likelihood	-54.06548		-54.06548	
McFadden Pseudo-R^2	0.2034442		0.2022497	

หมายเหตุ ***, **, * คือ มีนัยสำคัญที่ระดับ 1%, 5%, 10%, S.D. คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าที่อยู่ใน (…) คือ ค่า Wald statistic ซึ่งมีความหมายเดียวกันกับ ค่า t-statistics

ตารางที่ 5.9 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรและค่าสถิติของแบบจำลอง Mixed Logit 11 และ 12

Attributes	**Model 11**		**Model 12**	
	Coefficient (Wald-Statistic)	**S.D. (Wald-Statistic)**	**Coefficient (Wald-Statistic)**	**S.D. (Wald-Statistic)**
Random parameters in utility functions				
TTAB	-	-	4.14946**	6.14997***
			(2.45)	(2.78)
ODCT	-0.00082	0.00148	-0.00184*	0.00344
	(-1.17)	(1.31)	(-1.90)	(1.22)
ODTR	-0.79300	0.73444	-1.85539**	2.82164
	(-1.50)	(0.87)	(-2.44)	(0.54)
ODCR	-0.00042	0.00162	-0.00094	0.00269
	(-0.68)	(1.32)	(-0.87)	(1.27)
Nonrandom parameters in utility functions				
ASCRAIL	-1.61318	-	-1.86221	-
	(-0.73)		(-0.28)	
TTAB	1.67187**	-	-	-
	(1.98)			
PUNCTA	2.90694***	-	4.69603	-
	(2.95)		(1.41)	
Number of observations	78		78	
Log likelihood function	-42.53073		-37.38542	
Restricted log likelihood	-54.06548		-54.06548	
McFadden Pseudo-R^2	0.2133477		0.3085160	

หมายเหตุ ***, **, * คือ มีนัยสำคัญที่ระดับ 1%, 5%, 10%, S.D. คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าที่อยู่ใน (…) คือ ค่า Wald statistic ซึ่งมีความหมายเดียวกันกับ ค่า t-statistics

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขั้นตอนที่ 4: การหาร้อยละของการพยากรณ์ถูกต้อง

ขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยนำแบบจำลองที่คัดเลือกไว้ทั้ง 6 แบบจำลองมาหาร้อยละของการพยากรณ์ถูกต้อง การหาร้อยละของการพยากรณ์ถูกต้อง ผู้วิจัยนำข้อมูลส่วนที่ 2 จำนวน 36 สถานการณ์ที่แบ่งไว้ในขั้นตอนที่ 1 มาใช้ในการทดสอบการพยากรณ์ ผู้วิจัยแสดงไว้ในตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 ความถูกต้องในการพยากรณ์ของแบบจำลอง

แบบจำลองที่	การพยากรณ์	ผู้บริหารเลือก		ร้อยละความถูกต้อง (%)
		รถบรรทุก	รถไฟ	
7	รถบรรทุก	12	14	= 12/26 (46.154%)
	รถไฟ	5	5	= 5/10 (50.000%)
8	รถบรรทุก	13	15	= 13/28 (46.429%)
	รถไฟ	4	4	= 4/8 (50.00%)
9	รถบรรทุก	13	15	= 13/28 (46.429%)
	รถไฟ	4	4	= 4/8 (50.00%)
10	รถบรรทุก	13	15	= 13/28 (46.429%)
	รถไฟ	4	4	= 4/8 (50.00%)
11	รถบรรทุก	13	15	= 13/28 (46.429%)
	รถไฟ	4	4	= 4/8 (50.00%)
12	รถบรรทุก	12	12	= 12/24 (50.000%)
	รถไฟ	5	7	= 7/12 (58.333%)

ผลการหาร้อยละความถูกต้องในการพยากรณ์ของแบบจำลอง Mixed Logit ข้างต้น พบว่า แบบจำลองที่ 7 และแบบจำลองที่ 12 มีความสามารถในการพยากรณ์รถบรรทุกและรถไฟได้ โดยแบบจำลองที่ 12 สามารถพยากรณ์การเลือกรถบรรทุกได้สูงสุด 12 สถานการณ์ และสามรถพยากรณ์การเลือกรถไฟได้ 7 สถานการณ์ โดยแบบจำลองที่ 12 มีความสามารถในการพยากรณ์ถูกต้องสูงถึง 19 สถานการณ์ หากคิดร้อยละการพยากรณ์ถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 52.778 ในขณะที่แบบจำลองที่ 7 มีร้อยละการพยากรณ์ถูกต้องเฉลี่ยเพียง 47.22 เท่านั้น

จากการหาค่าร้อยละการพยากรณ์ถูกต้อง พบว่า แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้ยังคงมีความสามารถในการพยากรณ์การเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้บริหารได้ถูกต้องเพียง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ครึ่งหนึ่งเท่านั้น อย่างไรก็ตาม การการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการค้นหาแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยได้กล่าวถึงในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง

นอกจากการหาหาร้อยละความถูกต้องในการพยากรณ์ของแบบจำลองแล้ว อีกเกณฑ์หนึ่งที่ผู้วิจัยนำมาร่วมพิจารณาเพื่อหาแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพ คือ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง Mixed Logit ที่พัฒนาขึ้นทั้ง 6 แบบจำลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นแบบจำลองใดเป็นแบบจำลองมีประสิทธิภาพสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับประชากรในพื้นที่จริงได้อย่างเหมาะสมหรือไม่ ซึ่งผู้วิจัยนำหลักการตรวจสอบประสิทธิภาพแบบจำลองของ Machine Learning มาใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลอง ขั้นตอนของการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองมีขั้นตอนทั้งหมด 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนแรก คือ การนำผลการทำนายของแบบจำลอง (Predicted) กับผลการตอบคำถามของผู้บริหาร (Actual) มาเขียนลงใน Confusion Matrix ดังแสดงในตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 Confusion Matrix Class I และ Class II ของแบบจำลองที่ 7 ถึง 12

แบบจำลองที่	Class I (รถบรรทุก)		Actual Class: รถบรรทุก	Actual Class: รถไฟ	Class II (รถไฟ)		Actual Class: รถไฟ	Actual Class: รถบรรทุก
7	Predicted Class	รถบรรทุก	12	14	Predicted Class	รถไฟ	5	5
		รถไฟ	5	5		รถบรรทุก	14	12
8	Predicted Class	รถบรรทุก	13	15	Predicted Class	รถไฟ	4	4
		รถไฟ	4	4		รถบรรทุก	15	13
9	Predicted Class	รถบรรทุก	13	15	Predicted Class	รถไฟ	4	4
		รถไฟ	4	4		รถบรรทุก	15	13
10	Predicted Class	รถบรรทุก	13	15	Predicted Class	รถไฟ	4	4
		รถไฟ	4	4		รถบรรทุก	15	13
11	Predicted Class	รถบรรทุก	13	15	Predicted Class	รถไฟ	4	4
		รถไฟ	4	4		รถบรรทุก	15	13
12	Predicted Class	รถบรรทุก	12	12	Predicted Class	รถไฟ	7	5
		รถไฟ	5	7		รถบรรทุก	12	12

TP True Positive FP False Positive FN False Negative TN True Negative

ขั้นตอนที่สอง คือ การนำผลที่ได้จากตารางที่ 5.15 ไปคำนวณหาค่า (1) ค่าความเที่ยงตรง (Precision) คือ ค่าที่แสดงว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นทำนายว่าจริง ถูกต้องเท่าไร (2) ค่าระลึก (Recall หรือ True positive rate) คือ ค่าที่แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ว่าจริง เป็นอัตราส่วนเท่าไรของจริงทั้งหมด (3) ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง (Efficiency measurement: F-Measure) คือ ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของความแม่นยำในการทำนายของแบบจำลอง (4) ค่าความถูกต้องในการทำนาย (Accuracy) คือ ค่าที่แสดงว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้ถูกต้องโดยรวมเท่าใด (สมการคำนวณหาค่าต่าง ๆ แสดงรายละเอียดไว้ในหัวที่ 2.10) โดย Confusion Matrix และ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง แสดงไว้ในตารางที่ 5.11 และ 5.12

จากตาราง Confusion Matrix ข้างต้น แสดงให้เห็นว่า ผลการทำนายของแบบจำลองกับผลการตอบคำถามของผู้บริหาร เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันแล้วพบว่า แบบจำลองที่ 12 มีความสามารถในการทำนายรถบรรทุกที่อยู่ใน Class I ได้ถูกต้องจำนวน 12 ข้อ และสามารถทำนายรถไฟซึ่งอยู่ใน Class II ได้ถูกต้องจำนวน 7 ข้อ ซึ่งสอดคล้องกับผลการหาค่าร้อยละการพยากรณ์ถูกต้องในขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนต่อไปคือการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลอง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.12 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ 7 ถึง 12

Model	**Index**	**Class I: รถบรรทุก**		**Class II: รถไฟ**	
		Value	(%)	Value	(%)
7	Precision (P)	0.462	46.154	0.500	50.00
	Recall (R)	0.706	70.588	0.263	26.316
	F-Measure (F)	**0.558**	**55.814**	**0.345**	**34.483**
	Accuracy (A)	**0.472**	**47.222**		
8	Precision (P)	0.464	46.429	0.500	50.00
	Recall (R)	0.765	76.471	0.211	21.053
	F-Measure (F)	**0.578**	**57.778**	**0.296**	**29.63**
	Accuracy (A)	**0.472**	**47.222**		
9	Precision (P)	0.464	46.429	0.500	50.00
	Recall (R)	0.765	76.471	0.211	21.053
	F-Measure (F)	**0.578**	**57.778**	**0.296**	**29.63**
	Accuracy (A)	**0.472**	**47.222**		

ตารางที่ 5.12 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ 7 ถึง 12 (ต่อ)

Model	**Index**	**Class I: รถบรรทุก**		**Class II: รถไฟ**	
		Value	(%)	Value	(%)
10	Precision (P)	0.464	46.429	0.500	50.00
	Recall (R)	0.765	76.471	0.211	21.053
	F-Measure (F)	**0.578**	**57.778**	**0.296**	**29.63**
	Accuracy (A)	**0.472**	**47.222**		
11	Precision (P)	0.464	46.429	0.500	50.00
	Recall (R)	0.765	76.471	0.211	21.053
	F-Measure (F)	**0.578**	**57.778**	**0.296**	**29.63**
	Accuracy (A)	**0.472**	**47.222**		
12	Precision (P)	0.5	50	0.583	58.333
	Recall (R)	0.706	70.588	0.368	36.842
	F-Measure (F)	**0.585**	**58.537**	**0.452**	**45.161**
	Accuracy (A)	**0.528**	**52.778**		

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบพบว่า แบบจำลองที่ 12 มี (1) ค่าความเที่ยงตรง (Precision) หรือ ค่าที่แสดงว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นทำนายว่าเลือกรถบรรทุกและผู้บริหารตอบรถบรรทุกถูกต้องร้อยละ 50.00% และแบบจำลองทำนายว่าเลือกรถไฟและผู้บริหารตอบรถไฟถูกต้องร้อยละ 58.33% (2) ค่าระลึก (Recall หรือ True positive rate) หรือค่าที่แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ว่าเลือกรถบรรทุกและรถไฟเป็นร้อยละ 70.588 และ ร้อยละ 36.84% ของจริงทั้งหมด (3) ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง (Efficiency measurement: F-Measure) หรือค่าประสิทธิภาพโดยรวมของความแม่นยำในการทำนายของแบบจำลอง แบบจำลองที่มีคุณภาพจะมีความสามารถทำนายทางเลือกต่าง ๆ ได้แม่นยำเท่า ๆ กันหรือใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ แบบจำลองที่ 12 มีค่าประสิทธิภาพโดยรวมของความแม่นยำในการทำนายรถบรรทุกและรถไฟเท่ากับ 58.54% และ 45.16% ตามลำดับ เมื่อนำค่า F-Measure ของแบบจำลองที่ 12 ไปเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่ 7 พบว่า ค่า F-Measure หรือประสิทธิภาพโดยรวมของความแม่นยำในการทำนายรถบรรทุกและรถไฟของแบบจำลองที่ 12 มีค่าใกล้เคียงกันมากกว่าแบบจำลองที่ 7 รวมถึง (4) ค่าความถูกต้อง

โดยรวมในการทำนาย (Accuracy) พบว่า แบบจำลองที่ 12 มีความถูกต้องโดยรวมในการทำนายสูงกว่าแบบจำลองอื่น ๆ โดยมีค่าเท่ากับ 52.78%

อย่างไรก็ตาม ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองยังสะท้อนให้เห็นว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นในครั้งที่ 2 นี้ยังมีประสิทธิภาพโดยรวมในการทำนายไม่มากพอที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับประชากรในพื้นที่จริง ผู้วิจัยพิจารณาพัฒนาแบบจำลองอีกครั้ง ซึ่งได้กล่าวถึงในลำดับต่อไป

5.4.3 การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าครั้งที่ 3

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าในครั้งนี้ คือ ข้อมูลชุดเดียวกันกับที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองในหัวข้อที่ 5.4.2 แตกต่างกันที่พารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง กล่าวคือ การพัฒนาแบบจำลองครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ด้านเวลาและค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าของรถบรรทุกและรถไฟเป็นพารามิเตอร์ตัวเดียวกัน เนื่องจาก ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ในกลุ่มของเวลาและค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าจากการพัฒนาแบบจำลองที่ผ่านมามีค่าใกล้เคียงกันมาก สะท้อนให้เห็นว่า ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ของแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่างรถบรรทุกและรถไฟสามารถใช้พารามิเตอร์ตัวเดียวกันได้ การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าครั้งที่ 3 มีขั้นตอนในการพัฒนาแบบจำลอง ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การแบ่งข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง Mixed Logit ครั้งนี้มีจำนวน 19 ชุด (114 สถานการณ์) ผู้วิจัยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ด้วยวิธีการสุ่มแบบ Split Test ในสัดส่วน 70:30 ข้อมูลส่วนแรกจำนวน 13 ชุด (78 สถานการณ์) ผู้วิจัยนำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง ซึ่งจากจำนวนสถานการณ์ทดสอบดังกล่าวถือว่าเป็นข้อมูลที่มีขนาดเพียงพอสำหรับการนำมาพัฒนาแบบจำลอง (Hensher et al., 2005; Ortúzar et al., 2011) และส่วนที่ 2 ผู้วิจัยนำมาใช้ในการทดสอบความถูกต้องของการพยากรณ์จำนวน 9 ชุด (54 สถานการณ์)

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดรูปแบบการกระจายตัวของพารามิเตอร์

จากการตรวจสอบลักษระการกระจายตัวของข้อมูลพบว่า ข้อมูลที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองครั้งนี้มีการกระจายตัวแบบ Uniform (u) Normal (n) Lognormal (l) Triangular (t) ดังนั้น การกำหนดรูปแบบการกระจายตัวของพารามิเตอร์ต่าง ๆ สามารถกำหนดให้มีการกระจายตัวตามลักษณะที่กล่าวมาในข้างต้น นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดให้เป็น Non-Stochastics (c) และ Fixed Parameter ได้ (Hensher et al., 2015) การพัฒนาแบบจำลองครั้งนี้ ผู้วิจัยนำเฉพาะพารามิเตอร์ด้านการให้บริการของแต่ละทางเลือกเข้ามาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองเท่านั้น โดย

ไม่นำพารามิเตอร์ด้านเศรษฐกิจและสังคมเข้ามาร่วมพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า คือ การเป็นเจ้าของรถบรรทุก (Truck Fleet Owner: TFO) พารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสามารถกำหนดให้มีลักษณะการกระจายตัว ดังนี้

1. TTAB DISTA DISTB PUNCTA และ PUNCTB กำหนดให้มีการกระจายตัวแบบ Uniform (u) เนื่องจากเป็นตัวแปรหุ่น (Dummy Variable)

2. CT ODT ODC สามารถกำหนดให้มีการกระจายตัวแบบ Normal (n) Lognormal (l) และแบบ Triangular (t) นอกจากนี้ ยังสามารถกำหนดให้พารามิเตอร์ใด ๆ เป็นค่าคงที่ (Non-stochastics) หรือเป็น Fixed Parameter ได้

ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาแบบจำลอง Mixed Logit

มีลำดับการพัฒนาแบบจำลอง ดังนี้

ลำดับที่ 1: ผู้วิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ TTAB การกระจายตัวแบบ Uniform พารามิเตอร์ ODC กระจายตัวแบบ Lognormal พารามิเตอร์ ODT PUNCTA และ PUNCTB เป็น Fixed Parameter ผลการพัฒนาแบบจำลอง (แสดงในตารางที่ 5.17 Model 13) พบว่า เครื่องหมายหน้าพารามิเตอร์ทุกตัวถูกต้องเป็นไปตามที่กำหนด พารามิเตอร์ ODC มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 พารามิเตอร์ PUNCTA มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 แต่พารามิเตอร์ TTAB ODT PUNCTB และ ASCRAIL ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่า มีเพียง ODC และ PUNCTA เท่านั้นที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้บริหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจายตัวของพารามิเตอร์ พบว่า รูปแบบการกระจายตัวของพารามิเตอร์ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และค่า Wald statistics ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วงวิกฤติ แสดงว่า การกระจายตัวในลักษณะที่กำหนดไม่สอดคล้องกับการกระจายตัวของข้อมูลจริง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงปรับเปลี่ยนรูปแบบการกระจายตัวของพารามิเตอร์ รวมถึงเพิ่มพารามิเตอร์ที่ใช้ในการกำหนดรูปแบบการกระจายตัวเข้ามาและพัฒนาแบบจำลองอีกครั้งในลำดับต่อไป

ลำดับที่ 2: ผู้วิจัยกำหนดให้ พารามิเตอร์ ODC และ ODT กระจายตัวแบบปกติ พารามิเตอร์ PUNCTA กระจายตัวแบบ Uniform พารามิเตอร์ TTAB เป็นค่าคงที่ และ PUNCTB เป็น Fixed Parameter ผลการพัฒนาแบบจำลอง (แสดงในตารางที่ 5.17 Model 14) พบว่า เครื่องหมายหน้าพารามิเตอร์ทุกตัวถูกต้องเป็นไปตามที่กำหนด พารามิเตอร์ PUNCTA มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 พารามิเตอร์ ODT ODC มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พารามิเตอร์ TTAB และ PUNCTB มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 แต่พารามิเตอร์ ASCRAIL ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่า TTAB ODT ODC PUNCTA และ PUNCTB

เป็นปัจจัยมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้บริหารของสถานประกอบการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจายตัวของพารามิเตอร์ พบว่า พารามิเตอร์แทบทุกตัวมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และค่า Wald statistics ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่มีค่าอยู่ในช่วงวิกฤติ ยกเว้น TTAB ที่มีค่าเท่ากับศูนย์เนื่องจากถูกกำหนดให้เป็น Fixed Parameter แสดงว่า การกระจายตัวในลักษณะที่กำหนดสอดคล้องกับการกระจายตัวของข้อมูลจริงและสามารถลู่เข้าสู่ภาวะการกระจายตัวที่กำหนดได้ ผู้วิจัยจึงเพิ่มพารามิเตอร์ที่ใช้ในการกำหนดรูปแบบการกระจายตัวเข้ามาอีกเพื่อค้นหาแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพและพัฒนาแบบจำลองอีกครั้งในลำดับต่อไป

ลำดับที่ 3: ผู้วิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ TTAB PUNCTA และ PUNCTB กระจายตัวแบบ Uniform พารามิเตอร์ ODC กระจายตัวแบบ Triangular พารามิเตอร์ ODT เป็น Fixed Parameter ผลการพัฒนาแบบจำลอง (แสดงในตารางที่ 5.18 Model 15) พบว่า เครื่องหมายหน้าพารามิเตอร์ทุกตัวถูกต้องเป็นไปตามที่กำหนด อย่างไรก็ตาม เครื่องหมายของพารามิเตอร์ ASCRAIL มีเครื่องหมายเป็น บวก หมายความว่า ผู้บริหารส่วนใหญ่มีทัศนคติเชิงลบต่อค่าใช้จ่ายและเวลาที่ใช้ในการขนส่งมากที่สุด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ปัจจัยด้านค่าใช้จ่ายและเวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าเป็นปัจจัยเชิงลบที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกและรถไฟมากที่สุด ส่วนปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความถี่ในการให้บริการ โควต้าสำหรับปริมาณการขนส่งสินค้าต่อเที่ยว รวมถึงการมีเครนหรืออุปกรณ์ยกขนตู้คอนเทนเนอร์ที่มาตรฐานไว้คอยให้บริการขนถ่ายตู้สินค้าเป็นปัจจัยที่ผู้บริหารของสถานประกอบการสามารถบริหารจัดการได้ จึงไม่มีอิทธิพลเชิงลบต่อการตัดสินใจเลือกขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ หรือหากมีอิทธิพลเชิงลบก็มีค่าเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้น เครื่องหมายของพารามิเตอร์ ASCRAIL จึงสามารถเป็นได้ทั้ง บวก และ ลบ นอกจากนี้ เมื่อพิจารณานัยสำคัญทางสถิติของพารามิเตอร์ พบว่า พารามิเตอร์ ODC และ ODT มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่พารามิเตอร์ TTAB PUNCTA PUNCTB และ ASCRAIL ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่า พารามิเตอร์ ODC และ ODT เป็นพารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจขนส่งสินค้าของผู้บริหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้ง เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจายตัวของพารามิเตอร์ พบว่า PUNCTA มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ ODC มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 รวมถึงค่า Wald statistics ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่มีค่าอยู่ในช่วงวิกฤติที่ระดับ 0.05 และ 0.10 แสดงว่า การกระจายตัวของ PUNCTA และ ODC ในลักษณะที่กำหนดสอดคล้องกับข้อมูลจริง แต่พารามิเตอร์ TTAB และ PUNCTB ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 รวมถึงค่า Wald statistics ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วงวิกฤติ แสดงว่า รูปแบบการกระจายตัวที่กำหนดไม่สอดคล้องกับการกระจายตัวของข้อมูลจริง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเพิ่มพารามิเตอร์ที่ใช้ในการ

กำหนดรูปแบบการกระจายตัวเข้ามา รวมถึงเปลี่ยนรูปแบบการกระจายตัวและพัฒนาแบบจำลองอีกครั้ง

ลำดับที่ 4: ผู้วิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ TTAB PUNCTA และ PUNCTB กระจายตัวแบบ Uniform พารามิเตอร์ ODC กระจายตัวแบบ Triangular พารามิเตอร์ ODT เป็น Non-Stochastics ผลการพัฒนาแบบจำลอง (แสดงในตารางที่ 5.18 Model 16) พบว่า เครื่องหมายหน้าพารามิเตอร์ทุกตัวถูกต้องเป็นไปตามที่กำหนด พารามิเตอร์ ODC และ ODT มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พารามิเตอร์ TTAB มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 แต่พารามิเตอร์ PUNCTA PUNCTB และ ASCRAIL ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่า พารามิเตอร์ ODC ODT และ TTAB เป็นพารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจขนส่งสินค้าของผู้บริหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม เครื่องหมายของพารามิเตอร์ ASCRAIL ของแบบจำลองนี้มีเครื่องหมายเป็น บวก หมายความว่า ปัจจัยด้านค่าใช้จ่ายและเวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าเป็นปัจจัยเชิงลบที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกและรถไฟมากที่สุด แต่ปัจจัยด้านความถี่ในการให้บริการ ระยะทางจากโรงงานถึงสถานีรถไฟ ความล่าช้า โควต้าของปริมาณการขนส่งสินค้าต่อเที่ยว รวมถึงการมีเครนหรืออุปกรณ์ยกขนตู้คอนเทนเนอร์ที่มาตรฐานไว้คอยให้บริการขนถ่ายตู้สินค้าเป็นปัจจัยที่ผู้บริหารสามารถบริหารจัดการได้จึงไม่มีอิทธิพลเชิงลบต่อการตัดสินใจเลือกขนส่งสินค้าด้วยรถไฟเช่นเดียวกันกับแบบจำลองที่ 15 เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจายตัวของพารามิเตอร์พบว่า ODC มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ PUNCTA มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 อีกทั้งค่า Wald statistics ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่มีค่าอยู่ในช่วงวิกฤติ แสดงว่า การกระจายตัวของ PUNCTA และ ODC ในลักษณะที่กำหนดสอดคล้องข้อมูลจริง แต่พารามิเตอร์ TTAB และ PUNCTB ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และค่า Wald statistics ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วงวิกฤติ แสดงว่า ไม่สามารถลู่เข้าสู่ภาวะ Uniform ได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงปรับเปลี่ยนรูปแบบการกระจายตัวและพัฒนาแบบจำลองอีกครั้ง

ลำดับที่ 5: ผู้วิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ TTAB PUNCTA และ PUNCTB กระจายตัวแบบ Uniform พารามิเตอร์ ODT กระจายตัวแบบ Triangular และกำหนดให้พารามิเตอร์ ODC เป็น Fixed Parameter ผลการพัฒนาแบบจำลอง (แสดงในตารางที่ 5.19 Model 17) พบว่า เครื่องหมายหน้าพารามิเตอร์ทุกตัวถูกต้องเป็นไปตามที่กำหนด พารามิเตอร์ ODT และ PUNCTA มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 แต่พารามิเตอร์ TTAB PUNCTB และ ASCRAIL ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากผลการประมาณค่านี้ สามารถอธิบายได้ว่า พารามิเตอร์ ODC ODT และ TTAB เป็นพารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจขนส่ง

สินค้าของผู้บริหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจายตัวของพารามิเตอร์ พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ค่า Wald statistics ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วงวิกฤติ แต่เครื่องหมายหน้าพารามิเตอร์ถูกต้องทุกตัว แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลมีขนาดเล็ก (น้อยกว่า 500 สถานการณ์) จึงไม่สามารถลู่เข้าสู่ภาวะการกระจายตัวที่กำหนดได้แต่จากผลการพัฒนาแบบจำลองเบื้องต้นสะท้อนให้เห็นว่า การกระจายตัวของข้อมูลมีลักษณะการกระจายสอดคล้องตามที่กำหนด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงปรับเปลี่ยนรูปแบบการกระจายตัวเพื่อทดสอบ Model Fit ที่ดีกว่าเดิมและพัฒนาแบบจำลองอีกครั้ง

ลำดับที่ 6: ผู้วิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ TTAB PUNCTA และ PUNCTB กระจายตัวแบบ Uniform พารามิเตอร์ ODT กระจายตัวแบบปกติ และกำหนดให้พารามิเตอร์ ODC เป็น Fixed Parameter ผลการพัฒนาแบบจำลอง (แสดงในตารางที่ 5.19 Model 18) พบว่า เครื่องหมายหน้าพารามิเตอร์ทุกตัวถูกต้องเป็นไปตามที่กำหนด พารามิเตอร์ TTAB ODT PUNCTA และ ODC มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 แต่พารามิเตอร์ PUNCTB และ ASCTRUCK ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากผลการประมาณค่าพารามิเตอร์สามารถอธิบายได้ว่า พารามิเตอร์ TTAB ODT PUNCTA และ ODC เป็นพารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจขนส่งสินค้าของผู้บริหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจายตัวของพารามิเตอร์ พบว่า มีเพียงพารามิเตอร์ PUNCTA เท่านั้นที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 ค่า Wald statistics ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่มีค่าอยู่ในช่วงวิกฤติ รวมถึงผลการประมาณค่าของพารามิเตอร์ พบว่าเครื่องหมายหน้าพารามิเตอร์ถูกต้องทุกตัว แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองมีขนาดเล็ก (น้อยกว่า 500 สถานการณ์) จึงไม่สามารถลู่เข้าสู่ภาวะการกระจายตัวที่กำหนดได้ ซึ่งถือว่าเป็นปกติของข้อมูลขนาดเล็ก แต่แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นก็สามารถเป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพได้ (Hensher et al., 2015; Ortúzar & Willumsen, 2011) เมื่อผู้วิจัยพัฒนาแบบจำลองและตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองเสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองในลำดับต่อไป

ตารางที่ 5.13 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรและค่าสถิติของแบบจำลอง Mixed Logit 13 และ 14

Attributes	**Model 13**		**Model 14**	
	Coefficient (Wald-Statistic)	**S.D. (Wald-Statistic)**	**Coefficient (Wald-Statistic)**	**S.D. (Wald-Statistic)**
Random parameters in utility functions				
TTAB	1.29080 (0.45)	2.32616 (1.58)	1.52968* (1.69)	0.00 (Fixed Parameter)
ODT	-	-	-1.00746** (-2.14)	1.07198** (2.30)
ODC	-7.94475*** (-3.92)	0.09375 (0.16)	-0.00206** (-2.19)	0.00221** (2.28)
PUNCTA	-	-	7.04935*** (3.37)	5.06677** (2.28)
Nonrandom parameters in utility functions				
ASCRAIL	-1.38294 (-0.08)	-	-3.10112 (-1.24)	-
ODT	-0.44454 (-0.22)	-	-	-
PUNCTA	2.83676* (1.81)	-	-	-
PUNCTB	0.51708 (0.14)	-	2.09310* (1.88)	-
Number of observations	78		78	
Log likelihood function	-43.53048		-37.78856	
Restricted log likelihood	-54.06548		-54.06548	
McFadden Pseudo-R^2	0.1948563		0.3010594	

หมายเหตุ ***, **, * คือ มีนัยสำคัญที่ระดับ 1%, 5%, 10%, S.D. คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าที่อยู่ใน (…) คือ ค่า Wald statistic ซึ่งมีความหมายเดียวกันกับ ค่า t-statistics

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 5.14 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรและค่าสถิติของแบบจำลอง Mixed Logit 15 และ 16

Attributes	Model 15		Model 16	
	Coefficient (Wald-Statistic)	S.D. (Wald-Statistic)	Coefficient (Wald-Statistic)	S.D. (Wald-Statistic)
Random parameters in utility functions				
TTAB	2.40670	2.01159	3.47016*	3.03875
	(1.54)	(0.63)	(1.74)	(0.93)
ODT	-	-	-3.16579**	0.00
			(-2.23)	(Fixed Parameter)
ODC	-0.00175**	0.00057*	-0.00191**	0.00037**
	(-2.50)	(1.68)	(-2.19)	(2.02)
PUNCTA	9.20527	19.9901**	5.14658	19.4630*
	(1.61)	(1.99)	(1.43)	(1.79)
PUNCTB	1.63985	22.7681	2.01707	11.6132
	(0.32)	(1.41)	(0.55)	(1.54)
Nonrandom parameters in utility functions				
ASCRAIL	5.38872	-	3.49030	-
	(0.63)		(0.77)	
ODT	-3.00751**	-	-	-
	(-2.40)			
Number of observations	78		78	
Log likelihood function	-31.41107		-32.27733	
Restricted log likelihood	-54.06548		-54.06548	
McFadden Pseudo-R^2	0.4190180		0.4029955	

หมายเหตุ ***, **, * คือ มีนัยสำคัญที่ระดับ 1%, 5%, 10%, S.D. คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าที่อยู่ใน (…) คือ ค่า Wald statistic ซึ่งมีความหมายเดียวกันกับ ค่า t-statistics

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 5.15 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรและค่าสถิติของแบบจำลอง Mixed Logit 17 และ 18

Attributes	**Model 17**		**Model 18**	
	Coefficient (Wald-Statistic)	**S.D. (Wald-Statistic)**	**Coefficient (Wald-Statistic)**	**S.D. (Wald-Statistic)**
Random parameters in utility functions				
TTAB	3.86190	2.83947	3.39484*	1.39877
	(1.50)	(0.76)	(1.71)	(0.37)
ODT	-2.03936*	1.98659	-1.88581*	1.78483
	(-1.87)	(1.33)	(-1.76)	(1.53)
PUNCTA	7.74112*	24.2731	9.59224*	19.9047*
	(1.70)	(1.45)	(1.91)	(1.94)
PUNCTB	0.67624	19.2992	2.76285	10.2403
	(0.16)	(1.28)	(0.93)	(1.15)
Nonrandom parameters in utility functions				
ASCRAIL	-1.27749	-	-	-
	(-0.28)			
ASCTRUCK	-	-	4.02796	-
			(0.85)	
ODC	-0.00050	-	-0.00070*	-
	(-1.35)		(-1.78)	
Number of observations	78		78	
Log likelihood function	-35.11534		-35.17730	
Restricted log likelihood	-54.06548		-54.06548	
McFadden Pseudo-R^2	0.3505036		0.3493574	

หมายเหตุ ***, **, * คือ มีนัยสำคัญที่ระดับ 1%, 5%, 10%, S.D. คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าที่อยู่ใน (…) คือ ค่า Wald statistic ซึ่งมีความหมายเดียวกันกับ ค่า t-statistics

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขั้นตอนที่ 4: การหาร้อยละของการพยากรณ์ถูกต้อง

ขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยนำแบบจำลองข้างต้นทั้ง 6 แบบจำลองมาหาร้อยละของการพยากรณ์ถูกต้อง การหาร้อยละของการพยากรณ์ถูกต้องนั้น ผู้วิจัยนำข้อมูลส่วนที่ 2 จำนวน 36 สถานการณ์ที่แบ่งเก็บไว้จากขั้นตอนที่ 1 มาใช้ในการทดสอบการพยากรณ์ ผลการหาค่าร้อยละของการพยากรณ์ถูกต้องแสดงไว้ในตารางที่ 5.20

ตารางที่ 5.16 ความถูกต้องในการพยากรณ์ของแบบจำลอง

แบบจำลองที่	การพยากรณ์	ผู้บริหารเลือก		ร้อยละความถูกต้อง (%)
		รถบรรทุก	รถไฟ	
13	รถบรรทุก	17	19	= 17/19 (47.22%)
	รถไฟ	0	0	= 0/0 (0.00%)
14	รถบรรทุก	13	15	= 13/28 (46.429%)
	รถไฟ	4	4	= 4/8 (50.00%)
15	รถบรรทุก	14	12	= 14/26 (53.85%)
	รถไฟ	3	7	= 7/10 (70.00%)
16	รถบรรทุก	13	8	= 13/21 (61.90%)
	รถไฟ	4	11	= 11/15 (73.33%)
17	รถบรรทุก	12	11	= 12/23 (52.174%)
	รถไฟ	5	8	= 8/13 (61.538%)
18	รถบรรทุก	12	9	= 12/21 (57.143%)
	รถไฟ	5	10	= 10/15 (66.667%)

ผลการหาร้อยละความถูกต้องในการพยากรณ์ของแบบจำลอง Mixed Logit พบว่า แบบจำลองที่ 13 มีความสามารถในการพยากรณ์เฉพาะรถบรรทุกเท่านั้น ในขณะที่แบบจำลองที่ 14 ถึง 18 มีความสามารถในการพยากรณ์ได้ทั้งรถบรรทุกและรถไฟ แบบจำลองที่มีความสามารถในการพยากรณ์ได้ถูกต้องสูงสุด คือ แบบจำลองที่ 16 รองลงมาคือแบบจำลองที่ 18 ซึ่งทั้ง 2 แบบจำลองมีความสามารถในการพยากรณ์ถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 24 และ 22 สถานการณ์ตามลำดับ จากทั้งหมด 36 สถานการณ์ อีกทั้งแบบจำลองที่ 16 มีค่าความสอดคล้องของแบบจำลอง (Goodness of Fit) เท่ากับ 40.030% ซึ่งมีค่าความสอดคล้องค่อนข้างสูง ในขณะที่แบบจำลองที่ 18 มีค่าความสอดคล้องของแบบจำลองเท่ากับ 34.94% ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเปรียบเทียบ

ประสิทธิภาพของแบบจำลองเพื่อให้ทราบว่าแบบจำลองใดเป็นแบบจำลองที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับประชากรในพื้นที่จริงได้อย่างเหมาะสมต่อไป

ขั้นตอนที่ 5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง

นอกจากการหาร้อยละความถูกต้องในการพยากรณ์ของแบบจำลองแล้ว อีกเกณฑ์หนึ่งที่ผู้วิจัยนำมาร่วมพิจารณาเพื่อหาแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพ คือ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง Mixed Logit ที่พัฒนาขึ้นทั้ง 6 แบบจำลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นแบบจำลองใดเป็นแบบจำลองมีประสิทธิภาพสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับประชากรในพื้นที่จริงได้อย่างเหมาะสม ซึ่งผู้วิจัยนำหลักการตรวจสอบประสิทธิภาพแบบจำลองของ Machine Learning มาใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลอง ขั้นตอนของการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองมีขั้นตอนทั้งหมด 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนแรก คือ การนำผลการทำนายของแบบจำลอง (Predicted) กับผลการตอบคำถามของผู้บริหาร (Actual) มาเขียนลงใน Confusion Matrix ดังแสดงในตารางที่ 5.21 ขั้นตอนที่สอง คือ การนำผลที่ได้จากตารางที่ 5.15 ไปคำนวณหาค่า (1) ค่าความเที่ยงตรง (Precision) หรือ ค่าที่แสดงว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นทำนายว่าจริง ถูกต้องเท่าไร (2) ค่าระลึก (Recall หรือ True positive rate) หรือ ค่าที่แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ว่าจริง เป็นอัตราส่วนเท่าไรของจริงทั้งหมด (3) ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง (Efficiency measurement: F-Measure) หรือ ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของความแม่นยำในการทำนายของแบบจำลอง (4) ค่าความถูกต้องในการทำนาย (Accuracy) หรือ ค่าที่แสดงว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้ถูกต้องโดยรวมเท่าใด (สมการในคำนวณหาค่าต่าง ๆ แสดงรายละเอียดไว้ในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.10) โดย Confusion Matrix และการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง แสดงไว้ในตารางที่ 5.21 และ 5.22

ตารางที่ 5.17 Confusion Matrix Class I และ Class II ของแบบจำลองที่ 13 ถึง 18

แบบจำลองที่	Class I (รถบรรทุก)		Actual Class: รถบรรทุก	Actual Class: รถไฟ	Class II (รถไฟ)		Actual Class: รถไฟ	Actual Class: รถบรรทุก
13	Predicted Class	รถบรรทุก	17	19	Predicted Class	รถไฟ	0	0
		รถไฟ	0	0		รถบรรทุก	19	17

TP True Positive FP False Positive FN False Negative TN True Negative

ตารางที่ 5.17 Confusion Matrix Class I และ Class II ของแบบจำลองที่ 13 ถึง 18 (ต่อ)

แบบจำลองที่	Class I (รถบรรทุก)		Actual Class	
			รถบรรทุก	รถไฟ
14	Predicted Class	รถบรรทุก	13	15
		รถไฟ	4	4
15	Predicted Class	รถบรรทุก	14	12
		รถไฟ	3	7
16	Predicted Class	รถบรรทุก	13	8
		รถไฟ	4	11
17	Predicted Class	รถบรรทุก	12	11
		รถไฟ	5	8
18	Predicted Class	รถบรรทุก	12	9
		รถไฟ	5	10

แบบจำลองที่	Class II (รถไฟ)		Actual Class	
			รถไฟ	รถบรรทุก
14	Predicted Class	รถไฟ	4	4
		รถบรรทุก	15	13
15	Predicted Class	รถไฟ	7	3
		รถบรรทุก	12	14
16	Predicted Class	รถไฟ	11	4
		รถบรรทุก	8	13
17	Predicted Class	รถไฟ	8	5
		รถบรรทุก	11	12
18	Predicted Class	รถไฟ	10	5
		รถบรรทุก	9	12

TP True Positive FP False Positive FN False Negative TN True Negative

จากตาราง Confusion Matrix ข้างต้น แสดงให้เห็นว่า ผลการทำนายของแบบจำลองกับผลการตอบคำถามของผู้บริหาร เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันแล้วพบว่า แบบจำลองที่ 16 และ 18 มีความสามารถในการทำนายได้สูงกว่าแบบจำลองอื่น ๆ โดยแบบจำลองที่ 16 และ 18 สามารถทำนายได้ว่าผู้บริหารเลือกตอบรถบรรทุกที่อยู่ใน Class I ได้ถูกต้องจำนวน 13 และ 12 ข้อ รวมถึงมีสามารถทำนายรถไฟซึ่งอยู่ใน Class II ได้ถูกต้องจำนวน 11 และ 10 ข้อ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการหาค่าร้อยละการพยากรณ์ถูกต้องในขั้นตอนที่ 4 สะท้อนให้เห็นว่า แบบจำลองที่ 16 มีความสามารถในการทำนายการเลือกรถบรรทุกและรถไฟได้ดีกว่าแบบจำลองที่ 18 โดยทำนายว่าผู้บริหารเลือกตอบรถบรรทุก 24 สถานการณ์ และเลือกตอบรถไฟ 12 สถานการณ์ (สัดส่วนจริงของการเลือกรถบรรทุกต่อรถไฟเท่ากับ 17 ต่อ 19) เมื่อนำผลการทำนายมาเปรียบเทียบกับการเลือกตอบของผู้บริหารพบว่า แบบจำลองที่ 16 ทำนายว่าผู้บริหารเลือกรถบรรทุกและผู้บริหารตอบว่าเป็นรถบรรทุกจำนวน 13 สถานการณ์ และทำนายว่าผู้บริหารเลือกรถไฟและผู้บริหารตอบว่าเป็นรถไฟจำนวน 11 สถานการณ์ นอกจากนี้ แบบจำลองที่ 16 ยังมีความสามารถในการทำนายการเลือกรถไฟได้สูงกว่าแบบจำลองที่ 18 โดย ผู้วิจัยแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองไว้ในตารางที่ 5.22

ตารางที่ 5.18 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ 13 ถึง 18

Model	**Index**	**Class I: รถบรรทุก**		**Class II: รถไฟ**	
		value	(%)	value	(%)
13	Precision (P)	0.472	47.222	#DIV/0!	#DIV/0!
	Recall (R)	1.000	100.000	0	0
	F-Measure (F)	**0.642**	**64.151**	**#DIV/0!**	**#DIV/0!**
	Accuracy (A)	**0.472**	**47.222**		
14	Precision (P)	0.464	46.429	0.500	50.000
	Recall (R)	0.765	76.471	0.211	21.053
	F-Measure (F)	**0.578**	**57.778**	**0.296**	**29.630**
	Accuracy (A)	**0.472**	**47.222**		
15	Precision (P)	0.538	53.846	0.700	70.000
	Recall (R)	0.824	82.353	0.368	36.842
	F-Measure (F)	**0.651**	**65.116**	**0.483**	**48.276**
	Accuracy (A)	**0.583**	**58.333**		
16	Precision (P)	0.619	61.905	0.733	73.333
	Recall (R)	0.765	76.471	0.579	57.895
	F-Measure (F)	**0.684**	**68.421**	**0.647**	**64.706**
	Accuracy (A)	**0.667**	**66.667**		
17	Precision (P)	0.522	52.174	0.615	61.538
	Recall (R)	0.706	70.588	0.421	42.105
	F-Measure (F)	**0.600**	**60.00**	**0.500**	**50.000**
	Accuracy (A)	**0.556**	**55.556**		
18	**Precision (P)**	**0.571**	**57.143**	**0.667**	**66.667**
	Recall (R)	**0.706**	**70.588**	**0.526**	**52.632**
	F-Measure (F)	**0.632**	**63.158**	**0.588**	**58.824**
	Accuracy (A)	**0.611**	**61.111**		

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากตารางข้างต้น ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองตามหลักการของ Machine Learning แสดงให้เห็นว่า แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถในการแสดงค่าเดิมเมื่อทำการวัดซ้ำหลาย ๆ ครั้งภายใต้เงื่อนไขการวัดแบบเดิม (Precision) โดยแบบจำลองที่ 16 สามารถให้ผลทำนายการเลือกรถบรรทุกได้เท่ากับ 0.619 (61.905%) และรถไฟเท่ากับ 0.733 (73.33%) ในขณะที่แบบจำลองที่ 18 สามารถให้ผลทำนายการเลือกรถบรรทุกได้ถูกต้องเท่ากับ 0.571 (57.14%) และรถไฟเท่ากับ 0.667 (66.67%) ผลการเปรียบเทียบข้างต้นแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่ 16 มีความสามารถในการแสดงค่าเดิมของการเลือกรถบรรทุกและรถไฟสูงกว่าแบบจำลองที่ 18 นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้พิจารณาค่าระลึก (Recall) หรือค่าที่แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ว่าเป็นรถบรรทุกและรถไฟในอัตราส่วนร้อยละเท่าใดของการเลือกรถบรรทุกและรถไฟทั้งหมด (แบบจำลองทำนายได้ว่าจริงเป็นอัตราส่วนเท่าไรของจริงทั้งหมด) พบว่า แบบจำลองที่ 16 มีความสามารถในการทำนายได้ว่าจริงเป็นสัดส่วนที่สูงกว่าแบบจำลองที่ 18 โดยสามารถทำนายได้ว่าเป็นรถบรรทุกเท่ากับ 0.765 (76.471%) ของการเลือกรถบรรทุกทั้งหมด และทำนายได้ว่าเป็นรถไฟเท่ากับ 0.579 (57.895%) ของการเลือกรถไฟทั้งหมด ในขณะที่แบบจำลองที่ 18 ทำนายได้ว่าเป็นรถบรรทุกเท่ากับ 0.706 (70.58%) ของการเลือกรถบรรทุกทั้งหมด และทำนายได้ว่าเป็นรถไฟเท่ากับ 0.526 (52.63%) ของการเลือกรถไฟทั้งหมด ผลการเปรียบเทียบนี้ สะท้อนให้เห็นว่าแบบจำลองที่ 16 มีประสิทธิภาพในการทำนายการเลือกรถบรรทุกและรถไฟในอัตราส่วนที่เคียงกับการเลือกรถบรรทุกและรถไฟจริงทั้งหมด (แบบจำลองทำนายได้ว่าจริงเป็นอัตราส่วนเท่าไรของจริงทั้งหมด) สูงกว่าแบบจำลองที่ 18 ลำดับต่อมา ผู้วิจัยพิจารณาค่าประสิทธิภาพโดยรวม (F-Measure) ของความแม่นยำในการทำนายการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่างรถบรรทุกและรถไฟ พบว่า แบบจำลองที่ 16 มีความแม่นยำในการทำนายรถบรรทุกและรถไฟเท่ากับ 0.684 (68.421%) และ 0.647 (64.706%) ในขณะที่แบบจำลองที่ 18 มีความแม่นยำในการทำนายรถบรรทุกและรถไฟเท่ากับ 0.632 (63.16%) และ 0.588 (58.88%) ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่า แบบจำลองที่ 16 มีความแม่นยำในการทำนายการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่างรถบรรทุกและรถไฟมากกว่าแบบจำลองที่ 18 และลำดับสุดท้าย ผู้วิจัยพิจารณาค่าความถูกต้องในการทำนาย (Accuracy) พบว่า แบบจำลองที่ 16 มีค่าความถูกต้องในการทำนายสูงกว่าแบบจำลองที่ 18 ซึ่งมีค่าความถูกต้องในการทำนายเท่ากับ 0.667 (66.67%) งานวิจัยที่ผ่านมา ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองจากค่าความสอดคล้องของแบบจำลอง (Goodness of Fit) และความถูกต้องโดยรวมหรือร้อยละของการพยากรณ์ถูกต้อง (The Overall Percent Correction) เป็นหลัก ซึ่งการพิจารณาเพียงค่าความสอดคล้องของแบบจำลองไม่เพียงพอที่จะยืนยันได้ว่าแบบจำลองที่มีค่าความสอดคล้องมากที่สุด คือ แบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดเสมอไป (Novakovic´ et al., 2017)

งานวิจัยนี้นำหลักการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำนายของแบบจำลองเข้ามาร่วมพิจารณาแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพด้วย ซึ่งค่าความสอดคล้องของแบบจำลอง ร้อยละของการพยากรณ์ถูกต้อง รวมถึงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองที่กล่าวมาข้างต้น แสดงให้เห็นว่า แบบจำลองที่ 16 สามารถอธิบายพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าได้ถูกต้องแม่นยำใกล้เคียงกับข้อมูลที่จากการสำรวจจริง ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองที่ 16 เป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์การเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้ประกอบการในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้ต่อไป

5.5 การประยุกต์ใช้งานแบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า

แบบจำลอง Logit ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้พยากรณ์การเลือกพาหนะในการขนส่งสินค้าของผู้บริหารของสถานประกอบการซึ่งเป็นผู้มีอำนาจในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งได้หลายทางเลือก (Non-Captive Mode) การใช้งานแบบจำลองส่วนใหญ่นิยมนำมาในการพยากรณ์ระยะสั้น เช่น การทดสอบนโยบายด้านการขนส่งสินค้า ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไปนี้

จากผลการพัฒนาแบบจำลองที่ 16 ดังแสดงในตารางที่ 5.18 สามารถนำมาเขียนสมการฟังก์ชันอรรถประโยชน์ได้ดังนี้

$$U_T = -(0.00191)ODC + (5.14658)PUNCTA \tag{5.1}$$

$$U_R = 3.49030 + (3.47016)TTAB - (3.16579)ODT + (5.14658)PUNCTA + (2.01707)PUNCTB \tag{5.2}$$

เมื่อ U_T คือ ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ของการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก

U_R คือ ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ของการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ

$TTAB$ คือ พนักงานจัดตารางการขนส่งสินค้า (ตัวแปรหุ่น) มี เท่ากับ 1 ไม่มี เท่ากับ 0

ODT คือ เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้า (ชั่วโมง)

ODC คือ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (บาท)

$PUNCTA$ คือ ความตรงต่อเวลา (ตัวแปรหุ่น) สัดส่วนของการขนส่งสินค้าได้ตรงตามตารางเวลาที่กำหนด 100% เท่ากับ 1 อื่น ๆ เท่ากับ 0

PUNCTB คือ ความตรงต่อเวลา (ตัวแปรหุ่น) สัดส่วนของการขนส่งสินค้าได้ตรงตามตารางเวลาที่กำหนด 95% เท่ากับ 1 อื่น ๆ เท่ากับ 0

5.5.1 สมการอรรถประโยชน์และความน่าจะเป็นในการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า

ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองที่ 16 สามารถนำไปแทนค่าลงในสมการฟังก์ชันอรรถประโยชน์ที่ 5.1 และ 5.2 เพื่อคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้บริหารได้ ผู้วิจัยวิเคราะห์โอกาสในการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าจากสถานการณ์ทดสอบที่ 1 ของชุดคำถามที่ 2 ดังแสดงในตารางที่ 5.19 และสามารถนำค่าต่าง ๆ ไปแทนลงในสมการที่ 5.3 และ 5.4 ได้ดังนี้

ตารางที่ 5.19 สถานการณ์ทดสอบในชุดคำถามที่ 2

สถานการณ์ทดสอบที่	การขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก			การขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ				
	ODC	ODT	PUNCTA	ODC	ODT	TTAB	PUNCTA	PUNCTB
1	21,000	10.5	1	15,750	13	1	0	1
2	21,000	13	1	21,000	10	1	0	0
3	21,000	10	1	16,800	13	1	0	0
4	21,000	13	1	21,000	10.5	0	1	0
5	21,000	10.5	1	16,800	14	0	0	0
6	21,000	14	1	21,000	11	1	0	1

จากตารางข้างต้น สามารถนำมาเขียนเป็นสมการฟังก์ชันอรรถประโยชน์ได้ดังนี้

$$U_T = -0.00191(21,000) + 5.14658(1) \quad (5.3)$$

$$U_T = -34.963$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

$$U_R = 3.49030 + 3.47016(1) - 3.16579(13) + 5.14658(0) + 2.01707(1) \quad (5.4)$$

$$U_R = -35.684$$

เมื่อทราบค่าอรรถประโยชน์ของรถบรรทุกและรถไฟแล้ว สามารถคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่สถานประกอบการจะตัดสินใจเลือกใช้การขนส่งสินค้าทางรางได้ ความน่าจะเป็นที่ผู้บริหารสถานประกอบการจะเลือกขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกและความน่าจะเป็นที่จะเลือกขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ คือ

$$P_T = \frac{e^{U_T}}{e^{U_T} + e^{U_R}} \quad (5.5)$$

$$P_T = \frac{e^{-34.963}}{e^{-34.963} + e^{-35.684}} \quad (5.6)$$

$$P_T = 0.66474 \quad (5.7)$$

ผลการคำนวณที่ได้ในสมการที่ 5.7 สามารถพยากรณ์ได้ว่า ผู้บริหารรายนี้เลือกขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก เนื่องจากความน่าจะเป็นในการเลือกรถบรรทุกเท่ากับ 66.47% ซึ่งเป็นการพยากรณ์ที่ถูกต้องสอดคล้องกับผลที่เกิดขึ้นจริง ดังนั้น ความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่สถานประกอบการตัดสินใจเลือกใช้การขนส่งสินค้าทางรางสามารถคำนวณได้จาก

$$P_R = 1 - P_T \quad (5.8)$$

$$P_R = 0.33526 \quad (5.9)$$

จากสมการข้างต้นแสดงให้เห็นว่า โอกาสที่ผู้บริหารของสถานประกอบการตัดสินใจเลือกใช้การขนส่งสินค้าทางรางเท่ากับ 33.53%

5.5.2 ผลกระทบด้านการกำหนดนโยบายด้านการขนส่งสินค้า

ผู้วิจัยนำปัจจัยต่าง ๆ ที่อยู่ภายในแบบจำลองมาศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงนโยบายทางด้านการขนส่งสินค้าเป็นการพยากรณ์การเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าที่จะเกิดขึ้นในอนาคตตามนโยบายต่าง ๆ ที่จะกำหนดขึ้น ซึ่งการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงนโยบายทำให้ทราบสัดส่วนของการเลือกยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งสินค้าแต่ละประเภท อีกทั้งข้อมูลเหล่านี้จะช่วยให้หน่วยงานของรัฐทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องสามารถออกแบบหรือจัดการระบบขนส่งให้ตอบสนองต่อความต้องการของสถานประกอบการได้ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กำหนดกรณีตัวอย่างในการพัฒนาระบบขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ซึ่งเป็นสินค้าที่มีการแข่งขันกันระหว่างรถบรรทุกและรถไฟ ดังจะกล่าวถึงในลำดับต่อไป

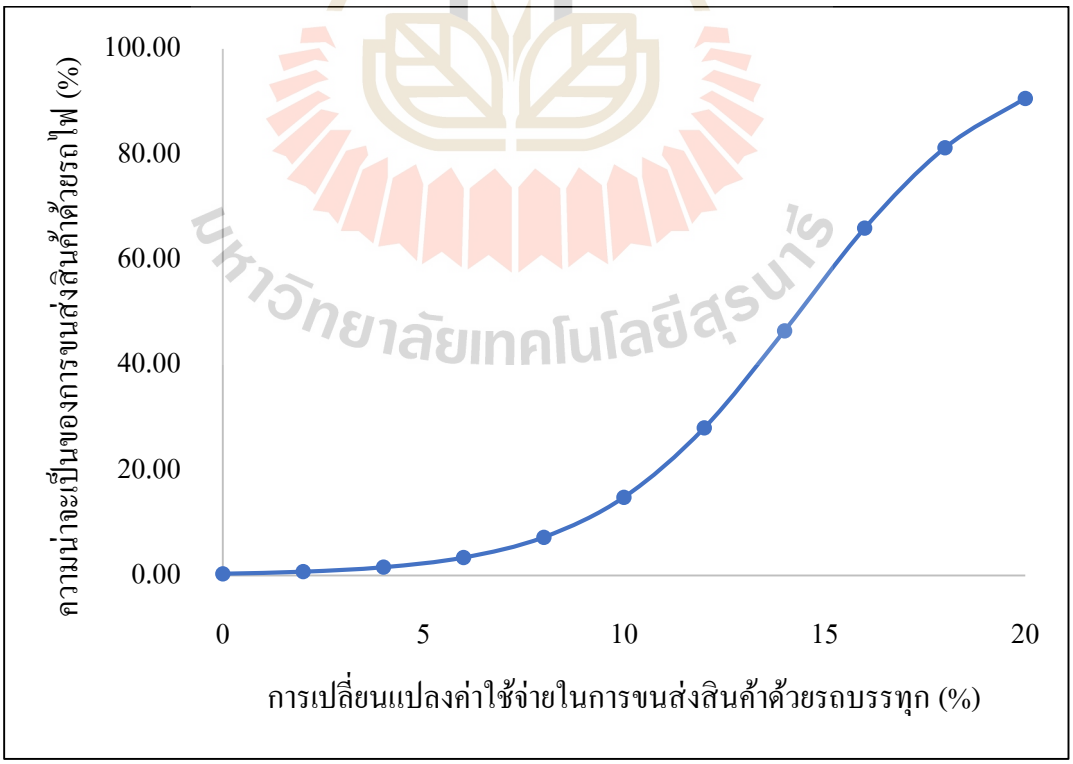
ผู้วิจัยวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงของตัวแปรแต่ละตัวที่ส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจของผู้บริหารแต่ละสถานประกอบการในการเลือกพาหนะในการขนส่งสินค้า เพื่อทำให้ทราบว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกพาหนะในการขนส่งสินค้ามากที่สุด ในปัจจุบันประชาชนมีสัดส่วนการเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลเพิ่มมากขึ้นและขณะเดียวกันการขนส่งสินค้าทางถนนก็มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย สาเหตุหลักเกิดจากการเดินทางหรือการขนส่งสินค้าทางถนนมีความสะดวกกว่ารูปแบบอื่น จากความสะดวกสบายดังกล่าวส่งผลให้มีปริมาณจราจรคับคั่งและทำให้เวลาในการเดินทางหรือขนส่งสินค้าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

(1) การเปลี่ยนแปลงด้านค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า

จากตารางที่ 5.19 ผู้วิจัยนำสถานการณ์ที่ 1 ของชุดคำถามที่ 2 มาใช้ในการจำลองสถานการณ์ โดยกำหนดให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกในปีปัจจุบันมีมีอัตราค่าขนส่ง 21,000 บาทต่อ 1 TEU เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจากต้นทางถึงปลายทาง 10 ชั่วโมง 30 นาที ซึ่งในปีอนาคตอันใกล้ ตัวแปรด้านค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (Transport cost) ของการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกจะเพิ่มขึ้น 20% โดยกำหนดให้เพิ่มขึ้นปีละ 2% แต่ค่าใช้จ่ายและเวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟมีค่าคงที่ ทั้งนี้ในสถานการณ์ดังกล่าวค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟเท่ากับ 15,750 บาท ต่อ 1 TEU และเวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจากต้นทางถึงปลายทางเท่ากับ 13 ชั่วโมง การวิเคราะห์ความอ่อนไหวนี้ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของค่าตัวแปรแสดงในตารางที่ 5.20 และรูปที่ 5.4

ตารางที่ 5.20 ความอ่อนไหวของตัวแปรค่าใช้จ่ายของการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก

ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก (%)	ความน่าจะเป็นของการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ (%)
0	0.31
2	0.70
4	1.55
6	3.39
8	7.25
10	14.85
12	28.00
14	46.45
16	65.92
18	81.19
20	90.59



รูปที่ 5.4 ผลกระทบของต้นทุนการขนส่งทางรถบรรทุกต่ออัตราร้อยละของการขนส่งทางรถไฟ

จากรูปที่ 5.4 แสดงให้เห็นว่า ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้ามีค่าความอ่อนไหวมากหรือเปลี่ยนแปลงได้ง่ายเนื่องจากกราฟมีความชันค่อนข้างมาก กล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าเพียงเล็กน้อยมีอิทธิพลต่อการเลือกยานพาหนะในการขนส่งสินค้าอย่างมาก ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ค่าความอ่อนไหวข้างต้น สามารถอธิบายได้ว่าเมื่อใดก็ตามที่ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 จะส่งผลรถบรรทุกมีส่วนแบ่งทางการตลาดร้อยละ 85.15 และเมื่อใดที่ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกเพิ่มขึ้นร้อยละ 16 จะส่งผลให้ผู้บริหารของสถานประกอบการลดการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกลงเหลือเพียงร้อยละ 34.08 และหันมาเพิ่มสัดส่วนการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟมากขึ้น

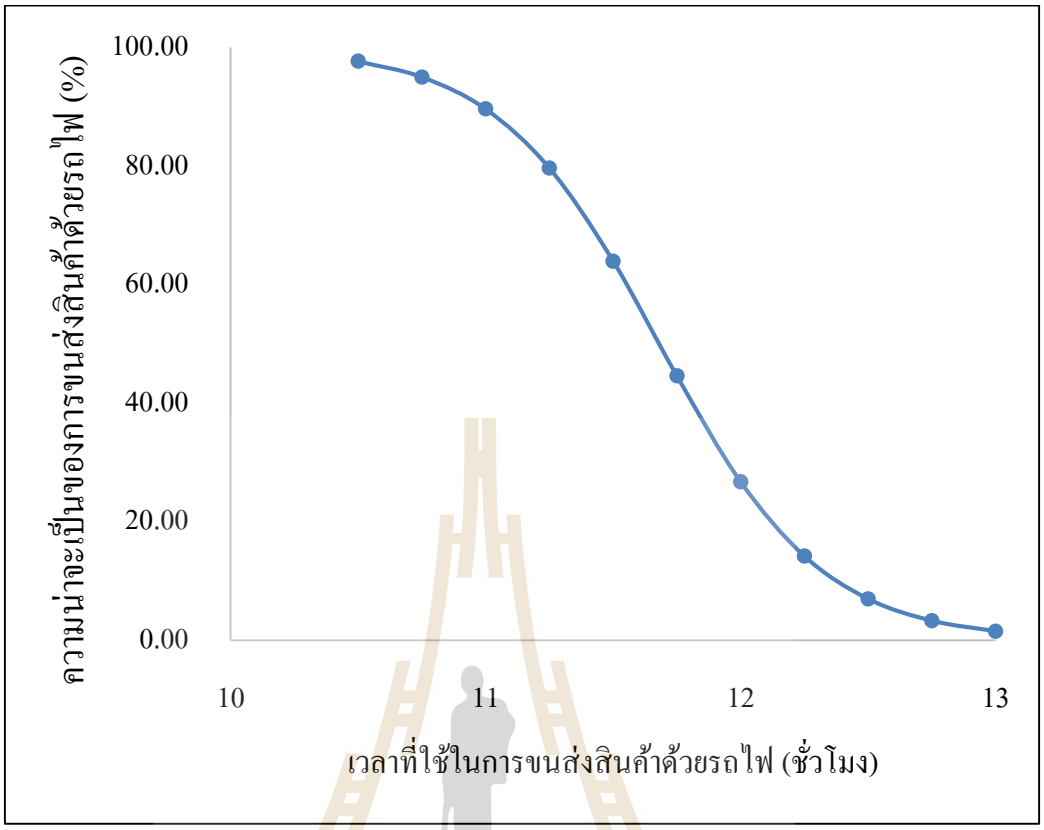
(2) การปรับปรุงเวลาของการขนส่งสินค้าทางราง

ผู้วิจัยสมมติว่า รถไฟใช้เวลาในการขนส่งสินค้าเท่ากับ 13 ชั่วโมง รถไฟจะมีส่วนแบ่งทางการตลาดเท่ากับร้อยละ 1.51 ถ้าหากรถไฟใช้เวลาในการขนส่งสินค้าลงได้อีก 30 นาที ถึง 1 ชั่วโมง รถไฟจะมีส่วนแบ่งการตลาดเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 6.97 และ 26.72 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5.25 และ ในรูปที่ 5.5 แสดงให้เห็นว่า ความเร็วในการขนส่งสินค้าของรถไฟมีค่าความอ่อนไหวหรือมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกขนส่งสินค้าของผู้บริหารเป็นอย่างมากเช่นเดียวกับค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า

ตารางที่ 5.21 ความน่าจะเป็นที่สถานประกอบการจะขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ

เวลาในการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ (ชม.:นาที)	**ความน่าจะเป็นของการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ (%)**
10:30	97.68
10:45	95.02
11:00	89.63
11:15	79.66
11:30	63.97
11:45	44.58
12:00	26.72
12:15	14.18
12:30	6.97
12:45	3.28
13:00	1.51

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 5.5 ความน่าจะเป็นของการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟเมื่อเวลาในการขนส่งเปลี่ยนแปลงไป

(3) การปรับปรุงความตรงต่อเวลาของการขนส่งสินค้าทางราง

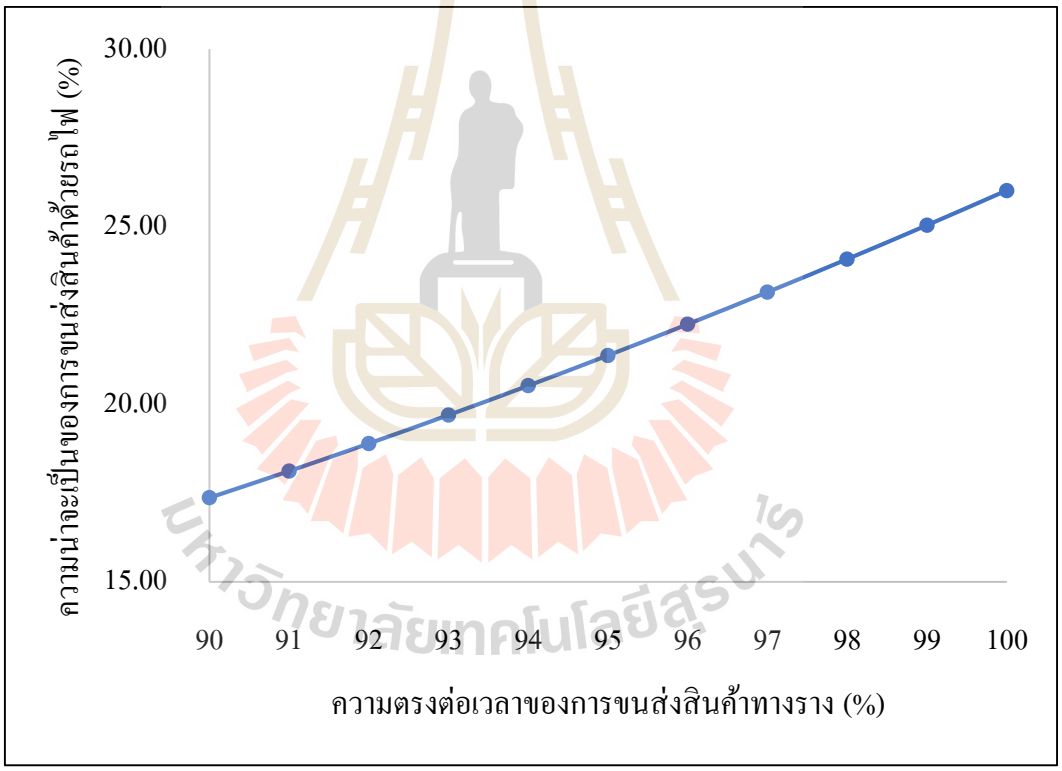
ผู้วิจัยสมมติให้ การขนส่งสินค้าทางรางมีความตรงต่อเวลาระหว่าง 90 ถึง 100% และปัจจัยอื่น ๆ เป็นค่าคงที่ ผลการวิเคราะห์พบว่า ถ้ารถไฟปรับปรุงความตรงต่อเวลาของการให้บริการขนส่งได้ร้อยละ 95 รถไฟจะมีสัดส่วนความน่าจะเป็นที่ผู้ประกอบการจะหันมาขนส่งสินค้าทางรางร้อยละ 21.3 แต่ถ้าการรถไฟฯ สามารถปรับปรุงการให้บริการให้มีความตรงต่อเวลาได้ 100% รถไฟจะมีส่วนแบ่งการตลาดเป็นร้อยละ 26.01 ดังแสดงในตารางที่ 5.26 และในรูปที่ 5.6

ตารางที่ 5.22 การปรับปรุงความตรงต่อเวลาของการให้บริการของรถไฟ

ความตรงต่อเวลาของการขนส่งทางราง (%)	ความน่าจะเป็นของการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ (%)
90	17.37
91	18.12
92	18.89
93	19.69

ตารางที่ 5.22 การปรับปรุงความตรงต่อเวลาของการให้บริการของรถไฟ (ต่อ)

ความตรงต่อเวลาของการขนส่งทางราง (%)	ความน่าจะเป็นของการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ (%)
94	20.52
95	21.37
96	22.25
97	23.15
98	24.08
99	25.04
100	26.01



รูปที่ 5.6 ความน่าจะเป็นของการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟเมื่อความตรงต่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป

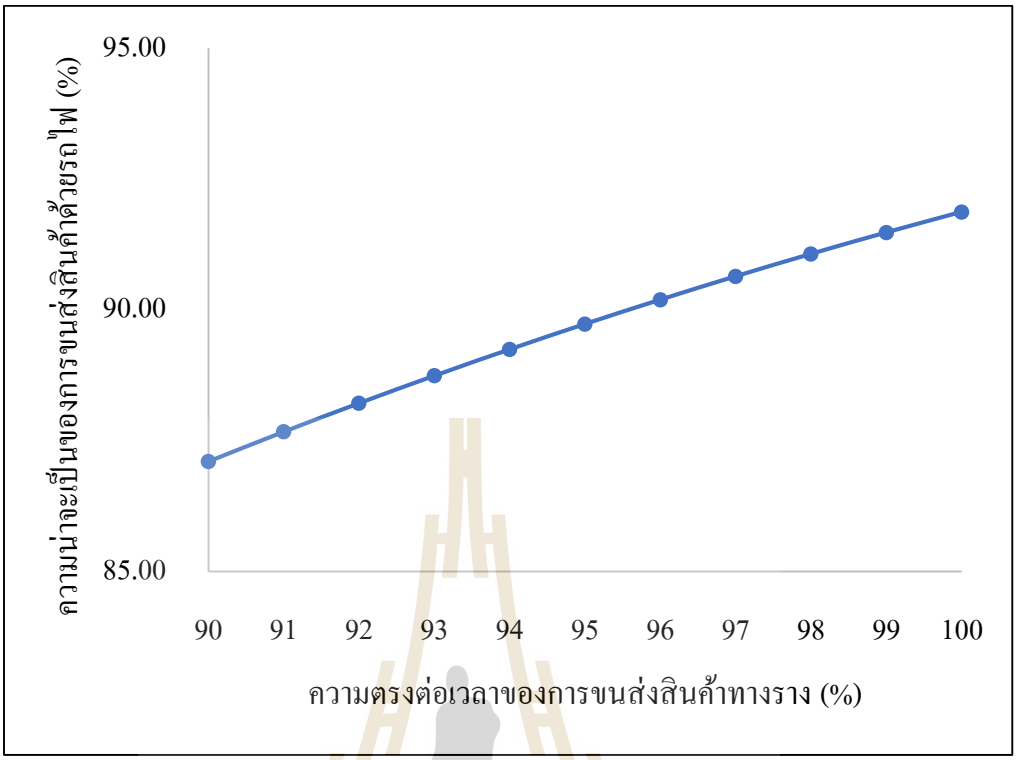
(4) การมีพนักงานจัดตารางการขนส่งสินค้า

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสมมติต่ออีกว่า ถ้าสถานีรถไฟทุกสถานีที่ให้บริการขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์มีพนักงานสำหรับจัดตารางการขนส่งสินค้าให้แต่ละสถานประกอบการ พบว่า ผู้ประกอบการจะเพิ่มสัดส่วนการขนส่งทางรางเพิ่มขึ้นอีก กล่าวคือ ถ้าการขนส่งสินค้าทางรางมีระดับความน่าเชื่อถือในการให้บริการขนส่ง 100% เท่ากับรถบรรทุก และมีพนักงานจัดตารางเวลาในการขนส่งสินค้าให้แต่ละบริษัทเพื่อให้การขนส่งสินค้าทางรางมีการจัดการที่ดีเป็นระบบและมีความชัดเจนและแน่นอนยิ่งขึ้น ผู้ประกอบการจะหันมาขนส่งสินค้าทางรางคิดเป็นร้อยละ 91.87 ดังแสดงในตารางที่ 5.27 และรูปที่ 5.7

ตารางที่ 5.23 ส่วนแบ่งการตลาดของรถไฟ เมื่อมีพนักงานจัดตารางการขนส่งสินค้า

ความตรงต่อเวลาของการขนส่งทางราง (%)	ส่วนแบ่งการตลาดของรถไฟ (%)
90	87.10
91	87.67
92	88.22
93	88.74
94	89.25
95	89.73
96	90.19
97	90.64
98	91.07
99	91.48
100	91.87

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 5.7 โอกาสที่ผู้บริหารจะขนส่งสินค้าทางราง เมื่อมีพนักงานจัดตารางการขนส่งสินค้า

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกยานพาหนะในการขนส่งสินค้า ได้แก่ เวลา ค่าใช้จ่าย ความน่าเชื่อถือ และพนักงานจัดตารางขนส่งสินค้า สามารถอธิบายเพิ่มเติมได้ดังนี้

(1) เวลาและค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า สามารถสังเกตได้ว่า ตัวแปรดังกล่าวเป็นตัวแปรที่อยู่ในฟังก์ชันอรรถประโยชน์ นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังสังเกตเห็นว่าถ้าตัวแปรอื่น ๆ ของการขนส่งแต่ละรูปแบบมีค่าคงที่หรือมีค่าเท่ากัน ผู้บริหารของสถานประกอบการจะเลือกพาหนะในการขนส่งสินค้าที่มีเวลาและค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการขนส่งน้อยที่สุด

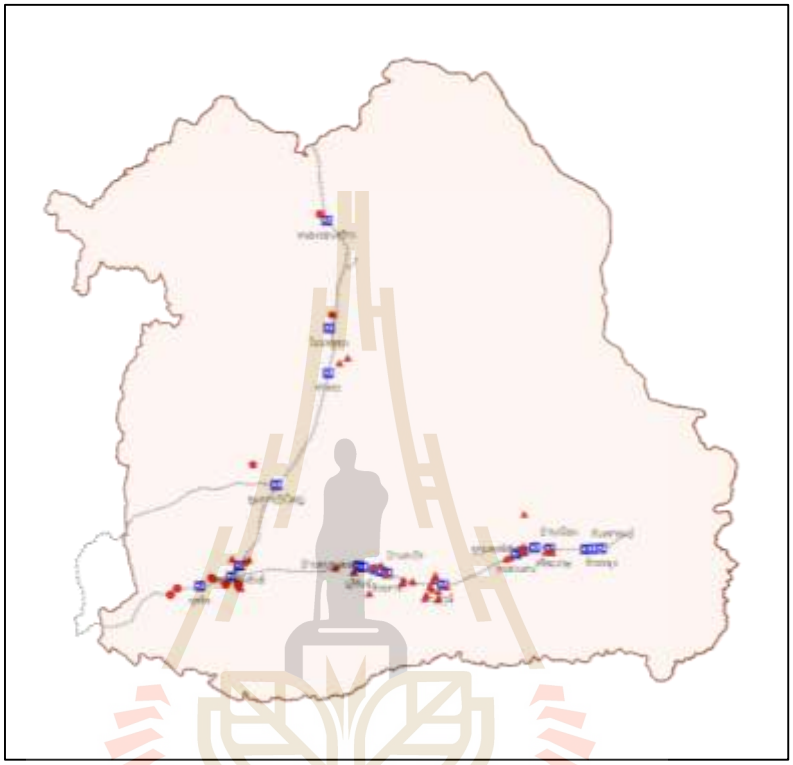
(2) ความน่าเชื่อถือในการให้บริการขนส่งสินค้า เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญมากไม่น้อยไปกว่าเวลาและค่าใช้จ่าย เนื่องจากการสินค้าที่ขนส่งไปยังลูกค้าจะต้องอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ และสินค้าต้องถึงมือผู้รับตรงตามเวลาที่กำหนดตามที่ระบุในสัญญาซื้อขาย ดังนั้นผู้บริหารของสถานประกอบการจึงต้องการความแน่นอน เชื่อถือได้ ถ้าการรถไฟสามารถปรับปรุงความน่าเชื่อถือของการให้บริการขนส่งสินค้าได้เท่าเทียมกับรถบรรทุก จะส่งผลให้ผู้ประกอบการหันมาให้มาขนส่งสินค้าด้วยรถไฟมากขึ้น

(3) พนักงานจัดตารางขนส่งสินค้าเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรถไฟในการขนส่งสินค้า ข้อดีของปัจจัยนี้ คือ ผู้บริหารของสถานประกอบการสามารถควบคุมเวลา อัตราการผลิต การบริหารจัดการทรัพยากรบุคคล จำนวนเที่ยวของการขนส่ง รวมถึงการบริหารจัดการรูปแบบการขนส่งสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากที่ผ่านมา สถานประกอบการบางแห่งมีความผิดพลาดในการประสานงานด้านเวลาในการขนส่งสินค้า อีกทั้ง ความไม่ชัดเจนด้านจำนวนตู้สินค้าที่แต่ละบริษัทสามารถขนส่งได้ในแต่ละเที่ยว ส่งผลให้ตู้สินค้าของบางบริษัทเกิดการตกหล่น ตู้สินค้าไม่ได้ถูกจัดส่งตามวันเวลาที่ระบุไว้ในใบขนส่ง ลูกค้าไม่ได้รับสินค้าตามที่ระบุไว้ สถานประกอบการจะต้องชดเชยค่าเสียหายที่เกิดขึ้นทั้งหมดและส่งผลถึงความน่าเชื่อถือทางธุรกิจ ดังนั้น ปัจจัยนี้จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรถไฟในการขนส่งสินค้า ถึงแม้จะเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจไม่มากเท่าใดก็ตาม

งานวิจัยที่ผ่านมาของ ศิรดล ศิริธร และคณะ (2557) แสดงให้เห็นว่า มีสถานประกอบการแปรรูปสินค้าเกษตรประเภท ข้าว แป้งมันสำปะหลัง และน้ำตาล ที่ตั้งอยู่ห่างจากสถานีรถไฟเป็นระยะทาง 30 กิโลเมตร จำนวน 73 โรงงาน ดังแสดงในรูปที่ 5.8 สถานประกอบการดังกล่าวมีกำลังการผลิตเฉลี่ยตั้งแต่ 30 ตันต่อวัน จนถึง 1,000 ตันต่อวัน สถานประกอบการทั้ง 3 ประเภทมีปริมาณสินค้าคอนเทนเนอร์ที่ต้องดำเนินการขนส่งเฉลี่ยรวมวันละ 20,500 ตัน จำแนกเป็นข้าวสารจำนวน 11,696.22 ตัน แป้งมันสำปะหลัง 6,326.41 ตัน และน้ำตาล 2,492.11 ตัน ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5.24 จากตัวเลขดังกล่าว ผู้วิจัยประมาณการว่า ในปีอนาคตมีผู้บริหารของสถานประกอบการหันมาเลือกรถไฟในการขนส่งสินค้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ของสถานประกอบการทั้งหมด นั่นคือ การรถไฟแห่งประเทศไทยจะมีสินค้าคอนเทนเนอร์เข้ามาใช้บริการประมาณ 1,025 ตัน แสดงให้เห็นว่า จะมีสินค้าคอนเทนเนอร์มาใช้บริการรถไฟเพื่อขนส่งสินค้าเฉลี่ยวันละ 48 ตู้ (1 TEU เท่ากับ สินค้าที่บรรจุในตู้คอนเทนเนอร์ความยาว 20 ฟุต มีน้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 21.7 ตัน) นั่นคือ การรถไฟแห่งประเทศไทยจะต้องจัดเตรียมแคร่บรรทุกเพื่อรองรับปริมาณสินค้าคอนเทนเนอร์ที่จะเข้ามาใช้บริการวันละ 24 แคร่ โดยรถไฟ 1 ขบวนสามารถลากล้อเลื่อนหรือแคร่บรรทุกได้ 15 แคร่ (คิดเป็นตู้คอนเทนเนอร์จำนวน 30 ตู้) หมายความว่า รฟท. จะต้องมีขบวนรถไฟสำหรับขนส่งสินค้าจำนวนไม่น้อยกว่า 2 ขบวนต่อวันจึงจะเพียงพอต่อความต้องการขนส่งสินค้า

ถ้าปีอนาคตมีผู้บริหารของสถานประกอบการหันมาเลือกรถไฟในการขนส่งสินค้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 ของสถานประกอบการทั้งหมด แสดงว่า การรถไฟแห่งประเทศไทยจะมีสินค้าคอนเทนเนอร์เข้ามาใช้บริการประมาณ 2,050 ตัน หรือจะมีสินค้าคอนเทนเนอร์มาใช้บริการรถไฟเพื่อขนส่งสินค้าเฉลี่ยวันละ 95 ตู้ ดังนั้น การรถไฟแห่งประเทศไทยจะต้องจัดเตรียมแคร่บรรทุกเพื่อรองรับปริมาณสินค้าคอนเทนเนอร์ที่จะเข้ามาใช้บริการวันละ 48 แคร่ โดยรถไฟ 1 ขบวน

สามารถลากล้อเลื่อนหรือแคร่บรรทุกได้ 15 แคร่ (คิดเป็นตู้คอนเทนเนอร์จำนวน 30 ตู้) หมายความว่า รฟท. จะต้องมีขบวนรถไฟสำหรับขนส่งสินค้าจำนวนไม่น้อยกว่า 4 ขบวนต่อวัน จึงจะสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคได้สูงสุด



รูปที่ 5.8 พิกัดของสถานประกอบการที่ตั้งอยู่ห่างจากสถานีรถไฟเป็นระยะทาง 30 กิโลเมตร
ที่มา: ศิรดล ศิริธร และคณะ (2557)

ตารางที่ 5.24 กำลังการผลิตรอบสถานีรถไฟที่ระยะ 30 กิโลเมตร

สถานีรถไฟ	สถานประกอบการ (แห่ง)	กำลังการผลิตรอบสถานี (ตัน/วัน)	กำลังการผลิต (ตัน/วัน)		
			ข้าว	แป้งมันสำปะหลัง	น้ำตาล
กุดจิก	5	937.47		937.47	
ชุมทางบ้านจิระ	12	4,357.53	1,775.34	2,582.19	
สระธรรมขันธ์	11	4,110.96	1,775.34	2,335.62	
บ้านหนองตาด	7	1,360.11	1,360.11		

ตารางที่ 5.24 กำลังการผลิตรอบสถานีรถไฟที่ระยะ 30 กิโลเมตร (ต่อ)

สถานีรถไฟ	สถานประกอบการ (แห่ง)	กำลังการผลิตรอบสถานี (ตัน/วัน)	กำลังการผลิต (ตัน/วัน)		
			ข้าว	แป้งมันสำปะหลัง	น้ำตาล
ห้วยราช	9	1,503.12	1,503.12		
บุฤาษี	13	3,131.51	3,131.51		
หนองแคน	7	1,104.66	1,104.66		
กุดจิก	5	937.47		937.47	
ชุมทางบ้านจิระ	12	4,357.53	1,775.34	2,582.19	
สระธรรมขันธ์	11	4,110.96	1,775.34	2,335.62	
บ้านหนองตาด	7	1,360.11	1,360.11		
ห้วยราช	9	1,503.12	1,503.12		
บุฤาษี	13	3,131.51	3,131.51		
หนองแคน	7	1,104.66	1,104.66		
บ้านโนนผึ้ง	0	0			
ห้วยขยุง	0	0			
ท่าพระ	2	364.93	364.93		
โนนพยอม	1	808.37			808.37
ชุมทางบัวใหญ่	2	1,305.07	657.53		647.54
หนองขอนกว้าง	1	295.89		295.89	
หินดาษ	3	1,235.12	23.67	175.24	1,036.21
รวม	**73**	20,514.74	**11,696.22**	**6,326.41**	**2,492.11**

ผลการกำหนดนโยบายด้านการให้บริการขนส่งสินค้าของรถไฟที่กล่าวมาข้างต้น แสดงให้เห็นว่า การกำหนดนโยบายต่าง ๆ มีผลกระทบโดยตรงต่อส่วนแบ่งทางการตลาด หรือสัดส่วนการเลือกยานพาหนะในการขนส่งสินค้า หากการรถไฟฯ ปรับปรุงปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง สะท้อนให้เห็นว่า ถ้าในปีอนาคตค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกปรับตัวสูงขึ้นร้อยละ 10 จะส่งผลให้ปริมาณการขนส่งสินค้าทางรถไฟเพิ่มขึ้นร้อยละ 14.85 ถ้าปรับปรุงให้เวลาในการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟลดลงเหลือเพียง 12 ชั่วโมงจะส่งผลให้ปริมาณการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟมี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สัดส่วนเพิ่มขึ้นร้อยละ 26.72 หากการรถไฟฯ ปรับปรุงการให้บริการขนส่งสินค้าได้ตรงตามเวลาที่กำหนด (100%) จะส่งผลให้ปริมาณการขนส่งสินค้าทางรถไฟเพิ่มขึ้นร้อยละ 26.01 นอกจากนี้ถ้าการรถไฟฯ มีพนักงานจัดตารางการขนส่งสินค้ารวมถึงสามารถขนส่งสินค้าได้ตรงตามเวลาที่กำหนด (100%) จะส่งผลให้ปริมาณการขนส่งสินค้าทางรถไฟเพิ่มขึ้นร้อยละ 91.94 เมื่อพิจารณาทั้ง 4 ทางเลือก การรถไฟฯ ควรจัดให้ปัจจัยด้านเวลาในการขนส่งสินค้า และปัจจัยด้านพนักงานจัดตารางการขนส่งสินค้าเป็นปัจจัยที่ต้องได้รับการปรับปรุงอย่างเร่งด่วน เนื่องจากส่งผลให้ปริมาณการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟเพิ่มสูงขึ้น รองลงมา ควรพิจารณาจัดทำนโยบายปรับปรุงค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า และการขนส่งสินค้าให้ตรงตามเวลาที่กำหนด

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำมาใช้ในการกำหนดนโยบายเพื่อวางแผนพัฒนารูปแบบการให้บริการการขนส่งสินค้าทางรางในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้เป็นอย่างดี รวมถึงแบบจำลอง Mixed Logit ที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถนำมาพยากรณ์การเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้ประกอบการในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้อย่างมีประสิทธิภาพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยเรื่อง การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้ระบบขนส่งสินค้าเกษตรแปรรูปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ครั้งนี้ มีจุดประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าทางราง 2) เพื่อพัฒนาแบบจำลองสำหรับพยากรณ์การเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้บริหารของสถานประกอบการ ในบทที่ผ่านมา ผู้วิจัยนำเสนอขั้นตอนวิธีดำเนินงานวิจัย การวิเคราะห์องค์ประกอบ การพัฒนาแบบจำลอง รวมถึงการประยุกต์ใช้งานแบบจำลอง สำหรับบทสุดท้ายนี้ผู้วิจัยสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ ดังนี้

6.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าทางราง

ผู้วิจัยรวบรวมปัจจัยจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง การทบทวนวรรณกรรมพบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าจำนวน 12 ปัจจัย นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่ไปสัมภาษณ์ผู้บริหารของสถานประกอบการตัวอย่างจำนวน 6 ท่าน จากการสัมภาษณ์สามารถรวบรวมปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้บริหารในพื้นที่ศึกษาได้เพิ่มขึ้นรวมเป็น 29 ปัจจัย ซึ่งปัจจัยดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดส่วนประสมทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการ (The Marketing Mix)

งานวิจัยที่ผ่าน ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งใด ๆ ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ความสำคัญและความพึงพอใจ (Importance – Performance Analysis: IPA) อย่างไรก็ตามเทคนิคดังกล่าวไม่สามารถสะท้อนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงกับปัจจัยต่าง ๆ ได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเทคนิควิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันมาใช้ในการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าทางรางของผู้ประกอบการผลิตสินค้าเกษตรแปรรูปในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จากผลการวิเคราะห์ในบทที่ 4 สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยด้านการให้บริการขนส่งทางรางตามทฤษฎีแนวคิดส่วนประสมทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจของผู้บริโภค (Bukova et al., 2017) โดยปัจจัยด้านทำเลที่ตั้งของสถานีรถไฟ (Place) เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรถไฟในการขนส่งสินค้ามากที่สุด ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Zeybek (2018) ที่กล่าวว่า ระยะทางระหว่างสถานีรถไฟกับผู้ใช้บริการมีอิทธิพลต่อระดับความพึงพอใจและโอกาสในการเข้ามาใช้บริการมากที่สุด นอกจากนี้ปัจจัยดังกล่าวยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Tanaka et al. (2019) ที่พบว่า ตำแหน่ง

ที่ตั้งของสถานีรถไฟที่เหมาะสมสะดวกแก่การเข้าถึงจะส่งผลให้ผู้โดยสารเข้ามาใช้บริการสถานีรถไฟนั้นมากขึ้น

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้ารองลงมา คือ ปัจจัยด้านผู้ให้บริการ (People) และปัจจัยด้านการส่งเสริมบริการ (Promotion) ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Indra-payong (1998); Jeffs and Hills (1990); Moschovou and Giannopoulos (2012); Nuzzolo and Comi (2014); Reis (2014); Rolko and Friedrich (2017) และ Shi et al. (2014) ซึ่งสามารถอธิบายเพิ่มเติมได้ว่า ถ้าการรถไฟแห่งประเทศไทยหรือหน่วยงานที่กำหนดทิศทางการพัฒนาการขนส่งของประเทศ เช่น กระทรวงคมนาคม หรือ สำนักนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กำหนดนโยบายระยะเร่งด่วนในการพัฒนาทำเลที่ตั้งของสถานีรถไฟรวมถึงย่านกองเก็บตู้คอนเทนเนอร์ (Container Yard) สถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่อง (Inland Container Depot: ICD) และ ท่าเรือบก (Dry Port) ให้สอดคล้องกับความหนาแน่นของโรงงานและปริมาณสินค้าที่จะเข้ามาใช้บริการจะส่งผลให้มีผู้มาใช้บริการเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ยังพบปัจจัยที่มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้น คือ การจัดอบรมให้ความรู้แก่พนักงานในด้านต่าง ๆ พนักงานสามารถให้ข้อมูล/คำแนะนำ และ ตอบข้อซักถามได้อย่างชัดเจน การปลูกฝังให้บุคลากรทุกคนในองค์กรมีจิตบริการ (Service mind) การบริการที่ดีจะส่งผลให้ผู้ประกอบการเกิดความประทับใจ พึงพอใจและกลับมาใช้บริการขนส่งสินค้าอีก ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kushwaha and Agrawal (2015) กล่าวว่า การให้บริการที่ดีของพนักงานจะส่งผลให้องค์กรสามารถรักษาฐานลูกค้าเดิมและดึงดูดลูกค้าใหม่ได้ รวมถึงปัจจัยด้านการโฆษณาประชาสัมพันธ์ผ่านช่องทางต่าง ๆ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ สื่อสิ่งพิมพ์ และเว็บไซต์ เกี่ยวกับรูปแบบการให้บริการ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งและเคลื่อนย้ายตู้สินค้า ความถี่ในการให้บริการ ฯลฯ เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สามารถดึงดูดให้ผู้ประกอบการหันมาเลือกขนส่งสินค้าด้วยรถไฟเพิ่มขึ้นหลังจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานแล้วเสร็จ โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Abril and Rodriguez-Cánovas (2016) ที่พบว่า การโฆษณาประชาสัมพันธ์สินค้าด้วยฉลากที่สวยสะดุดตา อีกทั้งยังมีรายละเอียดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์และระบุราคาสินค้าที่ชัดเจนลงในฉลากจะส่งผลให้ยอดขายสินค้าของแบรนด์นั้นเพิ่มสูงขึ้น

อย่างไรก็ตาม ปัจจัยที่การรถไฟแห่งประเทศไทยควรให้ความสำคัญไม่น้อยไปกว่าปัจจัยที่กล่าวถึงในข้างต้น คือ การพัฒนาการให้บริการของรถไฟ (product) และ ราคาค่าบริการ (price) โดยกำหนดให้เป็นนโยบายการพัฒนาในระยะกลาง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Feo-Valero et al. (2016) และ Jensen et al. (2019) นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสะท้อนให้เห็นว่า ถ้าหากการรถไฟแห่งประเทศไทยมีหน่วยงานที่ทำหน้าที่บริหารจัดการตารางการขนส่งสินค้าให้แต่ละโรงงานจะส่งผลให้บริษัทต่าง ๆ สามารถผลิต บรรจุ และขนส่งสินค้ามาถึงสถานีรถไฟให้ทันเวลาพอดี ซึ่งแต่ละบริษัทสามารถบริหารสินค้าคงคลังได้อย่างมีประสิทธิภาพและต้นทุนโลจิสติกส์ของบริษัทลดลง

ส่งผลให้ผู้บริหารระดับสูงของสถานประกอบการตัดสินใจเพิ่มสัดส่วนการขนส่งทางรางให้สูงขึ้น ยิ่งไปกว่านั้น ความเหมาะสมของอัตราค่ายกขนตู้คอนเทนเนอร์รวมกับอัตราค่าขนส่งสินค้าของรถไฟมีอิทธิพลเชิงบวกต่อการตัดสินใจของผู้ประกอบการ เนื่องจากในปัจจุบันค่าขนถ่ายตู้สินค้าและค่าระวางมีอัตราค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับอัตราค่าขนส่งของรถบรรทุก รวมถึงการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกมีข้อได้เปรียบด้านเวลาและการเข้าถึงต้นทางและปลายทางแบบ Door to door

ดังนั้น การรถไฟแห่งประเทศไทยควรศึกษาต้นทุนของการขนส่งรูปแบบอื่นเปรียบเทียบกับอัตราค่าบริการในปัจจุบัน การกำหนดราคาค่าบริการอาจจะตั้งราคาเพื่อเจาะตลาด (Penetration pricing) ซึ่งเป็นการตั้งราคาระดับต่ำ ส่งเสริมให้ผู้ประกอบการที่ไม่เคยขนส่งสินค้าด้วยรถไฟทดลองใช้บริการและยอมรับการบริการอย่างรวดเร็ว เพื่อเป็นการเพิ่มส่วนแบ่งทางการตลาดให้กับรถไฟอีกทางหนึ่งด้วย

6.2 แบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า

แบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นแบบจำลองประเภท Disaggregate ผู้วิจัยคัดเลือกตัวบ่งชี้หรือปัจจัยประเภท Generic Variable ที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบต่อตัวแปรแฝงนั้นมากที่สุดจากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับที่สองมาใช้ในการสร้างสถานการณ์สมมติ (Stated Preference: SP) เนื่องจากปัจจัยดังกล่าวสามารถนำไปกำหนดนโยบายเพื่อพัฒนารูปแบบการให้บริการในระยะเร่งด่วนได้

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่า หลายงานวิจัยนิยมออกแบบสถานการณ์ทดสอบด้วยวิธี Orthogonal Design แต่การออกแบบสถานการณ์สมมติด้วยวิธีดังกล่าวมีข้อเสีย คือ มีโอกาสที่ปัจจัยในชุดทดสอบเดียวกันจะมีระดับปัจจัยซ้ำกัน ส่งผลให้ข้อมูลที่รวบรวมได้เป็นข้อมูลที่ไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงออกแบบสถานการณ์ทดสอบด้วยวิธี Efficient Design เพื่อให้ข้อมูลที่รวบรวมได้เป็นข้อมูลที่ดี ส่งผลให้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นเป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพ แบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าส่วนใหญ่พัฒนาขึ้นจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้รับจ้างขนส่งสินค้าประเภทสินค้าอุปโภคบริโภค ธัญพืช และสินค้าทุกชนิด แต่ยังไม่มีการพัฒนาแบบจำลอง Mixed Logit จากสถานการณ์ทดสอบแบบ Efficient Design ที่เก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้บริหารของสถานประกอบการแปรรูปสินค้าเกษตรประเภท แป้งมันสำปะหลัง ข้าวสาร และน้ำตาล ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นพัฒนาแบบจำลอง Mixed Logit จากข้อมูลประเภท Panel Data ที่รวบรวมจากผู้บริหารของสถานประกอบการ เนื่องจาก Mixed Logit Model สามารถอธิบายพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกทางเลือกใด ๆ ได้ใกล้เคียงกับความพฤติกรรมจริงมากกว่าแบบจำลอง Binary Logit (Siridhara et al, 2019) รวมถึงความถูกต้องในการพยากรณ์อยู่ในระดับที่น่าพอใจ

ผลการพัฒนาแบบจำลองในบทที่ 5 พบว่า แบบจำลอง Mixed Logit ที่พัฒนาขึ้น (แบบจำลองที่ 16) เป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพ โดยแบบจำลองดังกล่าวสามารถอธิบายพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้บริหารของสถานประกอบการได้ถูกต้องแม่นยำสูงถึงร้อยละ 40.30 มีความถูกต้องในการพยากรณ์โดยรวมสูงถึง 24 สถานการณ์จากทั้งหมด 36 สถานการณ์ อีกทั้ง การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองตามหลักการของ Machine Learning พบว่า แบบจำลองดังกล่าวมีความสามารถในการแสดงค่าเดิม เมื่อทำการวัดซ้ำหลาย ๆ ครั้งภายใต้เงื่อนไขการวัดแบบเดิม (Precision) สูงที่สุด โดยสามารถให้ผลทำนายการเลือกรถบรรทุกได้เท่ากับ 0.619 (61.905%) และรถไฟเท่ากับ 0.733 (73.33%) เมื่อพิจารณาค่าระลึก (Recall) หรือค่าที่แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ว่าเป็นรถบรรทุกและรถไฟในอัตราส่วนร้อยละเท่าใดของการเลือกรถบรรทุกและรถไฟทั้งหมด (แบบจำลองทำนายได้ว่าจริงเป็นอัตราส่วนเท่าไรของจริงทั้งหมด) พบว่า แบบจำลองนี้มีความสามารถในการทำนายได้ว่าจริงเป็นสัดส่วนที่สูงที่สุด ซึ่งสามารถทำนายได้ว่าเป็นรถบรรทุกเท่ากับ 0.765 (76.471%) ของการเลือกรถบรรทุกทั้งหมด และทำนายได้ว่าเป็นรถไฟเท่ากับ 0.579 (57.895%) ของการเลือกรถไฟทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบว่าแบบจำลองดังกล่าวมีค่าประสิทธิภาพโดยรวม (F-Measure) ของความแม่นยำในการทำนายการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่างรถบรรทุกและรถไฟสูงถึง 0.684 (68.421%) และ 0.647 (64.706%) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าความถูกต้องในการทำนาย (Accuracy) พบว่า แบบจำลองที่ 16 มีค่าความถูกต้องในการทำนายเท่ากับ 0.667 (66.67%) จึงสรุปได้ว่า แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสามารถนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้งานกับพื้นที่จริงได้

ผลการทดสอบการกำหนดนโยบายด้านการให้บริการขนส่งสินค้าของรถไฟ สรุปได้ว่าเวลาและค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้บริหารมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ de Jong et al. (2016) Feo et al. (2011) และ Reis (2014) ที่พบว่า เวลาและค่าใช้จ่ายเป็นปัจจัยแรกที่ผู้ขนส่งสินค้าจะพิจารณาเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า นอกจากนี้ ยังพบว่า ปัจจัยด้านความตรงต่อเวลาเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สามารถเพิ่มส่วนแบ่งทางการตลาดให้แก่การขนส่งสินค้าทางรางได้ ซึ่งตรงกับผลการวิจัยของ Feo et al. (2016) ที่พบว่า หากการขนส่งรูปแบบใด ๆ สามารถลดความล่าช้าลงได้ใกล้เคียงกับความขนส่งทางถนนจะสามารถดึงดูดให้มีผู้หันมาใช้บริการการขนส่งรูปแบบนั้นเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตาม การพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์สัดส่วนการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าในพื้นที่ศึกษามีข้อจำกัด เนื่องจาก จำนวนข้อมูลที่เก็บรวมรวมได้มีจำนวนไม่มากพอ ผลที่ได้จากการพยากรณ์ยังคงมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างแต่ก็เป็นแบบจำลองที่มีดีมีประสิทธิภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงเน้นไปที่กระบวนการวิจัย ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย วิธีการพัฒนาแบบจำลอง และการประยุกต์ใช้งานแบบจำลองเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยต่อไป

6.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการศึกษาต่อไป

จากงานวิจัยนี้ สามารถสรุปข้อเสนอแนะและแนวทางการศึกษาต่อได้ดังนี้

1. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยพัฒนาปัจจัยมาจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการผลิตสินค้าเกษตรแปรรูปที่ขนส่งสินค้าด้วยคอนเทนเนอร์เท่านั้น สำหรับการศึกษาในลำดับต่อไป ควรนำผู้ประกอบการที่ขนส่งสินค้าประเภทเทกอง และบริษัทขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ด้วยรถบรรทุก รวมถึง Third Parties (3PLs) หรือ Fourth Party Logistics Provider (4PLs) มาเป็นผู้ร่วมวิจัยด้วย เพื่อให้ปัจจัยหรือตัวชี้วัดมีความสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. กลุ่มตัวอย่าง การกำหนดประชากรทั้งการสำรวจข้อมูลทั้ง Revealed Preference (RP) และ Stated Preference (SP) ผู้วิจัยควรกำหนดขอบเขตประชากรกลุ่มตัวอย่างให้กว้างขึ้น ซึ่งประชากรกลุ่มตัวอย่างนี้อาจรวมถึง ผู้ประกอบการที่ผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคอื่นที่ขนส่งสินค้าด้วยคอนเทนเนอร์ และ Third Party Logistics หรือ Fourth Party Logistics ด้วย เพื่อให้แบบจำลองที่ได้สามารถอธิบายพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3. การสำรวจข้อมูลด้วยวิธี Stated Preference ผู้ตอบแบบสอบถามต้องพิจารณาปัจจัยหลายปัจจัยในหนึ่งสถานการณ์ที่สมมติขึ้น ส่งผลให้ผู้ตอบแบบสอบถามเกิดความสับสนและความไม่เข้าใจในข้อคำถาม ดังนั้น ผู้วิจัยควรออกแบบจำนวนสถานการณ์ทางเลือกให้เหมาะสม

4. การศึกษาครั้งต่อไปควรมีการศึกษาในด้านความเต็มใจที่จะจ่าย (Willingness to Pay) ของผู้ประกอบการต่อการขนส่งสินค้าทางรางเพิ่มเติมด้วย เพื่อทำให้ผู้วิจัยทราบถึงความพึงพอใจที่แสดงออกในรูปของจำนวนเงินที่ผู้บริหารยินดีจะจ่ายสำหรับการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

กฤษดา เชียรวัฒนสุข และ ศรากุล สุโคตรพรหมมี. (2559). **การวิเคราะห์เพื่อจำแนกกลุ่มลูกค้าผู้ใช้บริการสายการบินต้นทุนต่ำ โดยใช้ปัจจัยส่วนประสมการตลาดบริการ (7Ps).** วารสารบริหารธุรกิจเทคโนโลยีมหานคร, 13(1), 18.

กมล ท่าเรือรักษ์ และ ทรงยศินทร์ ชนปธาธิป. (2548). **รูปแบบจำลองพฤติกรรมการเลือกเส้นทางโดย Binary Logit (Revealed Preference).** กรมทางหลวง**:** สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง**.**

กล้าณรงค์ ศรีรอต, เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, วัชรี เลิศมงคล, จำลอง เจียมจำนรรจา, ปิยะ ดวงพัตรา, เอ็จ สโรบล, ปิยะวุฒิ พูลสงวน, เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์, และ วิจารณ์ วิชชุกิจ. (2542). **การแปรรูปและการใช้ประโยชน์มันสำปะหลัง.**

กลุ่มสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย. (2562). **ราคาซื้อขายน้ำตาล.**

กัลยา วาณิชย์บัญชา. (2556). การวิเคราะห์สมการโครงสร้าง **(SEM)** ด้วย **AMOS**. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัดสามลดา.

เจริญ วาริพันธน์. (2550). **ปัจจัยทางการตลาดที่มีผลต่อการขนส่งสินค้าเกษตรด้วยระบบตู้คอนเทนเนอร์ทางรถไฟ.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

แผนกวิจัยนโยบายและอุตสาหกรรม. (2561). **บทสรุปอุตสาหกรรมอาหารไทย ปี 2561 และแนวโน้ม ปี 2562**.

โสภิดา รัตนสมโชค. **ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด (7Ps) ที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจในการใช้บริการรถไฟฟ้าเฉลิมพระเกียรติ (บีทีเอส) ของประชากรในเขตกรุงเทพมหานคร.** วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2558.

การรถไฟแห่งประเทศไทย. (2562). **ประเภทขบวนสินค้า**.

คณะทำงานต้นทุนโลจิสติกส์. (2561). รายงานโลจิสติกส์ของประเทศไทยประจำปี **2560**.

คมสัน สุริยะ. (2551). **โลจิสติกส์สำหรับการท่องเที่ยว**.

ณกร อินทร์พยุง. (2541). **แบบจำลองการเลือกพาหนะสำหรับการขนส่งสินค้า กรณีศึกษา การขนส่งสินค้าระหว่างกรุงเทพมหานครและภาคตะวันออกของประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ธาตรี จันทรโคลิกา. (2542). **แบบจำลองตัวแปรไม่ต่อเนื่อง: เอกสารประกอบคำบรรยายวิชาเศรษฐมิติ 2**. คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ธานินทร์ ศิลป์จารุ. (2555). **การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย** SPSS **และ** AMOS (13 ed.). กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัดสามัญบิสซิเนสอาร์แอนด์ดี.

ธรรญชนก เพชรานนท์. (2559). **แรงจูงใจในการเดินทางท่องเที่ยวยังแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศในเขตพื้นที่การค้าชายแดนจังหวัดเชียงราย.** สุทธิปริทัศน์, 30(94), 18.

วสุ ชัยสุข. (2547). **การขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุกและรถไฟในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิรดล ศิริธร, ชัยยศ ปีติเจตน์, และ ปาริชาติ พัฒนเมฆา. (2557). **โครงการการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้ระบบขนส่งทางรางของผู้ประกอบการขนส่งในภูมิภาค.** Retrieved 18 พฤศจิกายน, 2559

ศิริวรรณ เสรีรัตน์, ศุภกร เสรีรัตน์, องอาจ ปทะวานิช, และ ปริญ ลักษิตานนท์. (2543). **หลักการตลาด.** กรุงเทพมหานคร: เพชรจรัสแสงแห่งโลกธุรกิจ.

ศิวฤทธิ์ พงศกรรังศิลป์. (2547). **หลักการตลาด.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ท้อป.

ศูนย์วิจัยมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์. (2562). **ประวัติของมันสำปะหลัง.** Retrieved 5 มิถุนายน, 2562

ศูนย์สารสนเทศ กรมวิชาการเกษตร. (2562). **ประวัติมันสำปะหลัง.** Retrieved 14 มิถุนายน, 2562

สุทธิพงษ์ มีใย. **การประยุกต์ใช้แบบจำลองโลจิตในขั้นตอนการเลือกยานพาหนะเดินทางสำหรับเขตเมืองเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2536.

สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย. (2562). **ราคาแป้งมันสำปะหลัง 2561.** Retrieved 14 มิถุนายน, 2562

สมาคมโรงงานผู้ผลิตมันสำปะหลังภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. (2558). **สถิติการส่งออก ปี 2556.** Retrieved 6 มกราคม, 2559

สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย. (2558). **ข้อมูลปริมาณการส่งออกข้าวปี 2556.** Retrieved 6 มกราคม, 2559

สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย. (2562). **ราคาข้าวไทย.** Retrieved 27 กรกฎาคม, 2562

สหกรณ์การเกษตรเพื่อการตลาดลูกค้า ธ.ก.ส. (2561). **รายชื่อโรงสีข้าวฝ่ายตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างและตอนบน.** Retrieved 10 มีนาคม, 2562

สายชล ศิลป์สมบูรณ์ทอง. (2559). **การวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัว (Multivariate Analysis).** กรุงเทพมหานคร: จามจุรีโปรดักส์.

สำนักงานเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. (2562). **คดีอุบัติเหตุจราจรทางบกและมูลค่าความเสียหาย ทั่วราชอาณาจักร ปี พ.ศ. 2541 - 2561 รายปี**. Retrieved 23 กรกฎาคม, 2562

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2556). **กรอบยุทธศาสตร์ความมั่นคงด้านอาหารกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2556 - 2559**. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2562). สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี **2561**. Retrieved 7 กรกฎาคม, 2562

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2559). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ **12** พ.ศ. **2560-2564**. Retrieved 17 กุมภาพันธ์, 2562

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2562). ราคาน้ำตาลทราย. Retrieved 7 กรกฎาคม, 2562

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2558). **การส่งออกน้ำตาลทรายไปจำหน่ายต่างประเทศ ประจำปี 2556.** Retrieved 15 พฤศจิกายน, 2560

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. (2552a). **โครงการศึกษาเพื่อพัฒนาเส้นทางพิเศษสำหรับรถบรรทุกและระบบบริหารจัดการเพื่อเชื่อมต่อการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (รายงานฉบับที่** 3 **การพัฒนาแบบจำลองการขนส่งสินค้า).** Retrieved 7 สิงหาคม, 2559

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. (2552b). **โครงการศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยและผลกระทบเพื่อก่อให้เกิดหารเปลี่ยนแปลงรูปแบบ (**Modal Shift**) อย่างเหมาะสมต่อการเดินทางสัญจรและการขนส่งทางถนนไปสู่การขนส่งระบบรางและการขนส่งทางน้ำ.** Retrieved 6 ตุลาคม, 2558

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. (2553). **การศึกษาแผนแม่บทเพื่อพัฒนาระบบรางและรถไฟความเร็วสูง.** Retrieved 5 มีนาคม, 2560

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. (2558). **โครงการศึกษาพัฒนาปรับปรุง บำรุงรักษาระบบฐานข้อมูล ข้อสนเทศและแบบจำลอง เพื่อบูรณาการพัฒนาการขนส่งและจราจร การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบและโลจิสติกส์.** Retrieved 7 กรกฎาคม, 2562

สำนักงานอำนวยความปลอดภัย. (2551). **ปริมาณจราจรบนทางหลวงสายหลักทั่วประเทศ ปี 2551** Retrieved 5 มิถุนายน, 2559

สำนักงานอำนวยความปลอดภัย. (2561). **ปริมาณจราจรบนทางหลวงสายหลักทั่วประเทศ ปี 2561.** Retrieved 7 กรกฎาคม, 2562

สุดาพร กุณฑลบุตร. (2552). **หลักการตลาดสมัยใหม่ (**2 nd ed.). เขตปทุมวัน, กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุระ พราหมณ์รักษา, และ กมลชนก สุทธิวาทนฤพุฒิ. (2557). **การประเมินทางเลือกรปู แบบการขนส่งสำหรับกลุ่มสินค้าอะไหล่ยานยนต์.** WMS Journal of Management, Walailak University, 3(1), 1-16.

อดุลย์ จาตุรงคกุล. (2542). **หลักการตลาด (พิมพ์ครั้งที่** 2). ถนนพระจันทร์ กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

อรรถวิทย์ อุปโยคิน, เกรียงไกร อรุโณทยานันท์, และ วชิระ วิจิตรพงษา. (2558). **แบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่างเมืองสำหรับรถไฟทางคู่และถนนในเขตพื้นที่ชายแดน: กรณีศึกษาจังหวัดเชียงราย.** การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 20, ชลบุรี.

Abdelwahab, W., and Sargious, M. (1992). **Modelling the Demand for Freight Transport: A New Approach**. Journal of Transport Economics and Policy, 26(1), 49-77.

Akiva, M. B., Meersman, H., and Voorde, E. v. d. (2013). **Freight Transport Modelling** (1 ed.). Bingley, UK: Emerald Group Publishing Limited.

Arencibia, A. I., Feo-Valero, M., García-Menéndez, L., and Román, C. (2015). **Modelling mode choice for freight transport using advanced choice experiments**. Transportation Research Part A, 75(0), 252-267.

Armstrong, G., and Kotler, P. (2015). **Marketing and Introduction** (United States ed. Vol. 12). Edinburgh Gate, Harlow, Essex CM20 2JE, England: Peason Education Limited.

Arunotayanun, K., and Polak, J. W. (2011). **Taste heterogeneity and market segmentation in freight shippers' mode choice behaviour**. Transportation Research Part E, 47(2), 138-148.

Atherton, T., and Ben-Akiva, M. (1976). **Transferability and updating of disaggregate travel demand model**. Transportation Research Record, 610, 12-18.

Banks, J. H. (2004). **Introduction to Transportation Engineering**. Singapore: McGraw-Hiss.

Ben-Akiva, M., and R.Lerman, S. (1985). **Discrete choice analysis: Theory and application to travel demand**. MIT Press, USA.

Bentham, J. (1907). An Introduction to the Principles of Morals and Legislation.

Bhat, C. R. (2003). **Random Utility-Based Discrete Choice Models for Travel Demand Analysis**. In K. Goulias (Ed.), Transportation System Planning: Method and Application (pp. 10-15). United States of America: CRC Press LLC.

Boley, B. B., McGehee, N. G., and Hammett, A. L. T. (2017). **Importance-performance analysis (IPA) of sustainable tourism initiatives: The resident perspective**. Tourism Management, 58(0), 66-77.

Booms, B., and Bitner, M. (1981). **Marketing Strategies and Organization Structures for Service Firms** (J. H. Donnellyand W.R.George Eds. Vol. 25). Chicago, Illinois: Marketing of Services, American Marketing Association.

Chaisuk, V. (2004). **Freight Transportation by Truck and Train in Thailand**. (Master of Engineering), Kasetsart University, Bangkok, Thailand.

Chalermpong, S. (2018). **Discrete Choice Analysis for Transportation Engineering**: Chula Press, Thailand.

Chen, K.-Y. (2014). **Improving importance-performance analysis: The role of the zone of tolerance and competitor performance. The case of Taiwan's hot spring hotels**. Tourism Management, 40(0), 260-272.

Chen, M.-M., Murphy, H. C., and Knecht, S. (2016). **An Importance Performance Analysis of smartphone applications for hotel chains**. Journal of Hospitality and Tourism Management, 29(0), 69-79.

Chisholm, M., and O'Sullivan, P. (1973). **Freight flows and spatial aspects of the British economy**. Regional and Urban Economics, 3(4), 415-416.

Chu, R. K. S., and Choi, T. (2000). **An importance-performance analysis of hotel selection factors in the Hong Kong hotel industry: a comparison of business and leisure travellers**. Tourism Management, 21(0), 363-378.

Cullinane, K., and Toy, N. (2000). **Identifying influential attributes in freight route/mode choice decisions: a content analysis**. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 36(1), 41-53.

Danielis, R., and Marcucci, E. (2007). **Attribute cut-offs in freight service selection**. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 43(5), 506-515.

De Jong, G., Kouwenhoven, M., Ruijs, K., van Houwe, P., and Borremans, D. (2016). **A time-period choice model for road freight transport in Flanders based on stated preference data**. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 86, 20-31.

Department of Foreign Trade. (2015). Import-Export Statistics.

FAO Regional Office for Asia and the Pacific Economic. (2015). **Asia Pasific Food Price and Policy Monitor**.

Feo-Valero, M., Arencibia, A. I., and Román, C. (2016). **Analyzing discrepancies between willingness to pay and willingness to accept for freight transport attributes**. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 89(0), 151-164.

Feo, M., Espino, R., and García, L. (2011). **An stated preference analysis of Spanish freight forwarders modal choice on the south-west Europe Motorway of the Sea**. Transport Policy, 18(1), 60-67.

Food Agriculture Organization of the United Nations. (2014). **Food Outlook Biannual Report on Global Food Markets**. Retrieved from Rome, Italy.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). Food Outlook Biannual Report on Global Food Market.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2019). **Food Outlook Biannual Report on Global Food Markets**. Retrieved from Rome, Italy.

Garber, N. J., and Hoel, L. A. (2010). **Traffic and Highway Engineering** (4 ed.). Stamford, United States of America: Cengage Learning.

Garrow, L. A. (2010). **Mixed Logit**. In L. A. Garrow (Ed.), Discrete Choice Modelling and Air Travel Demand (1 ed., pp. 286). Wey Court East, Union Raod, Farnham, Surrey, GU9 7PT: Ashgate Publishing Limited, UK.

Goulias, K. G. (2006). **Transportation Systems Planning: Methods and Applications**. Florida, U.S.A.: CRC Press LLC.

Greene, W. H. (2002). **Econometric Analysis** (5 ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Grue, B., and Ludvigsen, J. (2006). **Decision factors underlying transport mode choice in European freight transport**. Paper presented at the Association for European Transport, Strasbourg, France

Hair, J., Black, W., Babin, B., and Anderson, R. (2010). **Multivariate data analysis** (7th ed.): Prentice Hall, New York.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., and Anderson, R. E. (2014). **Multivariate data analysis** (7th ed.): New Jersey, Essex: Pearson: Pearson new international edition.

Hawkins, D. I., Best, R. J., Coney, K. A., and Koch, E. C. (2004). **Customer Behavior: Building Marketing Strategy** (9 th ed.). New York: McGraw-Hill.

Hensher, D. A., and Button, K. J. (2008). **Hand Book of Transport Modelling**. Nrtherlands: Elsevier Ltd.

Hensher, D. A., and Greene, W. H. (2002). **The mixed logit model : the state of practice and warnings for the unwary** Working paper, Institute of Transport Studies, the University of Sydney and Monash University.

Hensher, D. A., Rose, J. M., and Greene, W. H. (2005). **Applied choice analysis a primer** (1st ed.): Cambridge University Press, USA.

Hensher, D. A., Rose, J. M., and Greene, W. H. (2015). **Applied Choice Analysis** (2 ed.). United Kingdom: Cambridge University Press.

Hume, C., Ball, K., and Salmon, J. (2006). **Development and reliability of a self-report questionnaire to examine children's perceptions of the physical activity environment at home and in the neighbourhood**. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, 3(16).

Jeffs, V. P., and Hills, P. J. (1990). **Determinants of modal choice in freight transport**. Transportation, 17(1), 29-47.

Kanafani, A. K. (1983). **Transportation demand analysis**: McGraw-Hill.

Kasantikul, V. (2001). **Motorcycle Accident Causation and Identification of countermeasures in Thailand (Vol. I Bangkok Study)** (974-13-1492-2). Retrieved from Bangkok, Thailand:

Kline, R. B. (2011). **Principles and practice of structural equation modeling** (3th ed.): Guilford Press, New York.

Kofteci, S., Ergun, M., and Ay, H. S. (2010). **Modeling freight transportation preferences: Conjoint analysis for Turkish Region**. Scientific Research and Essays, 5(15), 2016-2021.

Koppelman, F. S., and Ben-Akiva, M. E. (1977). **Aggregate forecasting with disaggregate travel demand models using normally available data**. In E. J. Visser (Ed.), Transport decisions in an age of uncertainty (pp. 159-166). Dordrecht: Springer.

Kotler, P. (1994). **Marketing Management Analysis, Planning, Implementation, and Control** (8 ed.). New Jersey, USA: Prentice-Hall.

Kotler, P., and Kotler, M. (2013). **Market your way to growth: 8 ways to win**. In (pp. 14). Canada: John Wiley & Sons, New Jersey.

Lai, I. K. W., and Hitchcock, M. (2015). **Importance-performance analysis in tourism: A framework for researchers**. Tourism Management, 48(0), 242-267.

Lee, E. (2019). **Indoor environmental quality (IEQ) of LEED-certified home: Importanceperformance analysis (IPA)**. Building and Environment, 149(0), 571-581.

Lee, H.-S. (2015). **Measurement of visitors' satisfaction with public zoos in Korea using importance-performance analysis**. Tourism Management, 47(0), 251-260.

Louviere, J. J., Hensher, D. A., and Swait, J. D. (2000). **Stated Choice Methods: Analysis and Application** (2 nd ed.). Cambridge University Press, United Kingdom.

Martilla, J. A., and James, J. C. (1977). **Importance-Performance Analysis**. Journal of Marketing, 41(1), 77-79.

Masiero, L., and Hensher, D. A. (2012). **Freight transport distance and weight as utility conditioning effects on a stated choice experiment**. Journal of Choice Modelling, 5(1), 64-76.

Matear, S., and Gray, R. (1993). **Factors Influencing Freight Service Choice for Shippers and Freight Suppliers**. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 23(2), 25-35.

McFadden, D., and Train. (2000). **Mixed MNL models of discrete response**. Journal of Applied Econometrics, 15(15), 447-470.

McGinnis, M. A. (1989). **A Comparative Evaluation of Freight Transportation Choice Models**. Transportation Journal, 29(2), 36-46.

McNally, M. G. (2007). **The Four Step Model**. In Handbook of Transport Modeling (2 ed., pp. 18). U.S.A.: University of California, Irvine.

Meyer, M. D., and Miller, E. J. (2001). **Urban Transportation Planning**. New york, America: McGraw-Hill Companies.

Moschovou, T. P., and Giannopoulos, G. A. (2012). **Modeling freight mode choice in Greece**. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 48(0), 597-611.

Novakovic´, m. D., Veljovic´, A., Ilic´, S. S., Papic´, Z., and Tomovic´, M. (2017). **Evaluation of Classification Models in Machine Learning**. Theory and Applications of Mathematics & Computer Science, 7(1), 39 – 46.

Nuzzolo, A., Musso, A., Crisalli, U., Rossi, R., Crisalli, U., Comi, A., and Rosati, L. (2013). **A Methodology for the Assessment of Rail-road Freight Transport Policies**. Procedia - Social and Behavioral Sciences SIDT Scientific Seminar 2012, 87, 292-305.

Office of Commodity Standards. (2018). Database of ricemillers network.

Office of Transportation and Traffic Policy and Planning. (2015). **Transport Data and Model Integrated with Multimodal Transport and Logistics**. Retrieved from Bangkok.

Oh, H. (2001). **Revisiting importance–performance analysis**. Tourism Management, 22(0), 617-627.

Oppenheim, N. (1995). **Urban Travel Demand Modeling: From Individual Choices to General Equilibrium**. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.

Ort´uzar, J. d. D., and G.Willumsen, L. (2011). **Modelling Transport**. United Kingdom: A John Wiley and Sons, Ltd., Publication.

Ortúzar, J. d. D., and Willumsen, L. G. (2011). **Modelling transport** (4th ed.). United Kingdom: John Wiley and Sons.

Oum, T. H. (1979). **Derived Demand for Freight Transport and Inter-Modal Competition in CANADA**. Transport Economics and Policy, 13(2), 149-168.

Oum, T. H. (1997). **A Cross Sectional Study of Freight Transport Demand and Rail-Truck Competition in Canada**. The Bell Journal of Economics, 10(2), 463-482.

Park, H.-R., Kim, H. M., Lee, Y., Jeong, S. Y., and Lim, Y. S. (2017). **Sanitation management of cooks in childcare centers in South Korea according to working duration and the type of childcare center: Importance-Performance Analysis**. Food Control, 73(0), 1452-1458.

Pramraksa, S., and Suthiwartnarueput, K. (2014). **Evaluation of Transportation Alternatives for Automotive Products**. WMS Journal of Management Walailuk University, 3(1), 1-16.

Raykov, T., and Marcoulides, G. A. (2006). **A First Course in Structural Equation Modeling** (2 nd ed.). Mahwah, New Jersey, London: Lawrence Erlbaum Associates.

Reis, V. (2014). **Analysis of mode choice variables in short-distance intermodal freight transport using an agent-based model**. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 61(0), 100-120.

Rich, J., Holmblad, P. M., and Hansen, C. O. (2009). **A weighted logit freight mode-choice model**. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 45(6), 1006-1019.

Rouwender, J., and Meijer, E. (2001). **studied the spatial and temporal evolution of land cover in urban areas**. Journal of Reginal Science, 41(3), 475-505.

SAS Institute Inc. (2018). SAS University Edition (Free softeare). Retrieved from https://www.sas.com/en_us/software/university-edition.html

Shen, G., and Wang, J. (2012). **A freight mode choice analysis using a binary logit model and GIS: The case of cereal grains transportation in the United States**. Journal of Transportation Technologies, 2(0), 1175-1188.

Shi, R., Hu, Z., Zhou, Y., and Liu, P. (2014). **Research on Railway Freight Market Share Based on the Whole Process of Transport**. The 9 th International Conference on Traffic and Transportation Studies (ICTTS 2014) Procedia - Social and Behavioral Sciences, 138(0), 298-304.

Shinghal, N., and Fowkes, T. (2002). **Freight mode choice and adaptive stated preferences**. Transportation Research Part E, 38(5), 367-378.

Siridhara, S., Paonoi, W., Meeyai, S., and Ratanavaraha, V. (2019). Container transport mode choice analysis with a binary logit model case study: Northeastern Thailand. Engineering and Applied Science Research, 46(3), 256-266.

Sorensson, A., and Friedrichs, Y. v. (2013). **An importance-performance analysis of sustainable tourism: A comparison between international and national tourists**. Journal of Destination Marketing & Management, 2(0), 14-21.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Srinivasan, K., and Mahmassani, H. (2005). **Dynamic kernel logit model for the analysis of longitude discrete choice data: Properties and computational assessment**. Transportation Science, 39(2), 160-181.

Tavasszy, L., and Jong, G. D. (2014). **Modelling Freight Transport** (1 ed. Vol. 1). Waltham, USA: Elsevier.

The Thai Tapioca Development Institute Under The Patronage of HRH Princess Maha Chakri Sirindhorn. (2018). **Name of producers and exporters tapioca starch and sugar.** Retrieved from https://www.tapiocathai.org/English/M1_e.html

United Stated Department of Agriculture. (2015). **Grain: World Markets and Trade**. Retrieved from Washington, DC.

United Stated Department of Agriculture. (2019). **Sugar: World Markets and Trade.** Retrieved from Washington, DC.

Upayokin, A., Arunotayanun, K., and Wichitphongsa, W. (2015). **An Inter-city Freight Mode Choice Model for Double-Track Rail and Road in the Border Region: A Case Study od Chaing Rai**. Paper presented at the the twenty th National convention on Civil Engineering Chonburi, Thailand.

W.Sloboda, B. (2009). **Transportation Statistics** (Vol. 1). U.S.A.: J. Ross Publishing. Inc.

Wang, R., and Tseng, M.-L. (2011). **Evaluation of International Student Satisfaction using Fuzzy Importance-Performance Analysis**. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 25, 438-446.

Wang, X., and Kockelman, K. (2006). **Tracking Land Cover Change in Mixed Logit Model: Recognizing Temporal and Spatial Effects**. Journal of the Transportation Research Board, No. 1977, 112–120.

Wang, Y., Ding, C., Liu, C., and Xie, B. (2013). **An analysis of Interstate freight mode choice between truck and rail: A case study of Maryland, United States**. Paper presented at the 13th COTA International Conference of Transportation Professionals (CICTP 2013), Shenzhen, China.

Washington, S. P., Karlaftis, M. G., and Mannering, F. (2011). **Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis** (2 ed.). USA: Chapman & Hall/CRC.

Winston, C. (1981). **A Disaggregate Model of the Demand for Intercity Freight Transportation**. Econometrica, 49(4), 981-1006.

Yamane, T. (1973). **Statistics: An Introductory Analysis** (3 rd ed.). Lincoln, United Kingdom: Harper International.

Zamparini, L., Layaa, J., and Dullaert, W. (2011). **Monetary values of freight transport quality attributes: A sample of Tanzanian firms**. Journal of Transport Geography, 19(6), 1222-1234.

Zeybek, H. (2018). **Customer segmentation strategy for rail freight market: The case of Turkish State Railways**. Research in Transportation Business & Management, 28, 45-53.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพเครื่องมือวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพเครื่องมือวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยภัทร บุษบาบดินทร์	ผู้เชี่ยวชาญด้านสถิติและการวิจัย อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2. รองศาสตราจารย์ฉวีวรรณ บุญสุยา	ผู้เชี่ยวชาญด้านสถิติและการวิจัย อาจารย์ประจำภาควิชาชีวสถิติ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
3. รองศาสตราจารย์ ดร.ลัดดา ตันวาณิชกุล	ผู้เชี่ยวชาญด้านผู้เชี่ยวชาญด้านขนส่งและโลจิสติกส์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สัจจากาจ จอมโนนเขวา	ผู้เชี่ยวชาญด้านขนส่งและโลจิสติกส์ สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
5. อาจารย์ ดร.ดวงดาว วัฒนากลาง	ผู้เชี่ยวชาญด้านขนส่งและโลจิสติกส์ สาขาวิชาเทคโนโลยีก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
6. อาจารย์ ดร.วุฒิไกร ไชยปัญหา	ผู้เชี่ยวชาญด้านขนส่งและโลจิสติกส์ สาขาเทคโนโลยีการจัดการงาน-ก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพเครื่องมือวิจัย (ต่อ)

7. อาจารย์ ดร.พงษ์พันธ์ แทนเกษม	ผู้เชี่ยวชาญด้านการขนส่งและจราจร ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
8. อาจารย์ชูพรรค แพงไธสง	ผู้เชี่ยวชาญด้านการตลาด สาขาวิชาการตลาด คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชมงคลกรุงเทพ
9. อาจารย์อรอนงค์ สรรเสริญ	ผู้เชี่ยวชาญด้านการตลาด สาขาวิชาการตลาด คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชมงคลกรุงเทพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
Mplus VERSION 7.11
MUTHEN & MUTHEN
INPUT INSTRUCTIONS
TITLE:  CFA
DATA:
FILE IS "D:\1 - My Dissertation\3 Data\9 Factor Analysis\CFA NEW DATA\01 CFA All.txt";
VARIABLE:
NAMES ARE Y1 X1-X29;
USEVARIABLES ARE X1 X2 X5 X6 X7 X9 X11 X14 X15 X18 X19 X21 X22 X23 X24 X26 X27 X28
X29;
MODEL:
        A1 By X1 X2;
        A2 By X5 X6 X7;
        A3 By X9 X11 X14 X15;
        A4 By X18 X19;
        A5 By X21 X22 X23;
        A6 By X24 X26;
        A7 By X27 X28 X29;
        Y1 By A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7;
                A2      WITH    A1;
                A3      WITH    A1;
                A3      WITH    A2;
                A4      WITH    A1;
                A4      WITH    A2;
                A4      WITH    A3;
                A5      WITH    A4;
                A6      WITH    A1;
                A7      WITH    A6;
                X6      WITH    X2;
                X7      WITH    X1;
                X9      WITH    X5;
                X9      WITH    X6;
                X9      WITH    X7;
                X11     WITH    X1;
                X11     WITH    X2;
                X14     WITH    X1;
                X14     WITH    X2;
                X14     WITH    X5;
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

X14 WITH X9;
X14 WITH X11;
X15 WITH X1;
X15 WITH X2;
X15 WITH X9;
X15 WITH X6;
X15 WITH X14;
X18 WITH X1;
X18 WITH X6;
X19 WITH X1;
X19 WITH X14;
X21 WITH X5;
X21 WITH X11;
X22 WITH X1;
X22 WITH X5;
X22 WITH X7;
X22 WITH X14;
X22 WITH X18;
X23 WITH X9;
X23 WITH X14;
X23 WITH X19;
X23 WITH X21;
X24 WITH X1;
X24 WITH X7;
X24 WITH X11;
X24 WITH X14;
X24 WITH X23;
X26 WITH X2;
X26 WITH X11;
X26 WITH X15;
X27 WITH X5;
X27 WITH X6;
X27 WITH X7;
X27 WITH X9;
X27 WITH X15;
X27 WITH X19;
X27 WITH X21;

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
X27   WITH   X23;
X27   WITH   X26;
X28   WITH   X15;
X28   WITH   X18;
X28   WITH   X22;
X28   WITH   X24;
X29   WITH   X5;
X29   WITH   X9;

ANALYSIS:
    TYPE IS GENERAL;
    ESTIMATOR IS ML;
    ITERATIONS = 1000;
    CONVERGENCE = 0.00005;

OUTPUT:  SAMPSTAT MODINDICES RESIDUAL STANDARDIZED CINTERVAL FSCOEFFICIENT
    FSDETERMINACY TECH1;
INPUT READING TERMINATED NORMALLY
```

BLE

SUMMARY OF ANALYSIS

Number of groups	1
Number of observations	431
Number of dependent variables	19
Number of independent variables	0
Number of continuous latent variables	8

Observed dependent variables

Continuous

X1 X2 X5 X6 X7 X9 X11 X14 X15 X18
X19 X21 X22 X23 X24 X26 X27 X28 X29

Continuous latent variables

A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7 Y1

Estimator	ML
Information matrix	OBSERVED
Maximum number of iterations	1000
Convergence criterion	0.500D-04
Maximum number of steepest descent iterations	20

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Input data file(s)
D:\1 - My Dissertation\3 Data\9 Factor Analysis\CFA NEW DATA\01 CFA All.txt
Input data format FREE
MODEL FIT INFORMATION

Number of Free Parameters	128
Loglikelihood	
H0 Value	-9960.370
H1 Value	-9889.561
Information Criteria	
Akaike (AIC)	20176.741
Bayesian (BIC)	20697.203
Sample-Size Adjusted BIC	20291.005
(n* = (n + 2) / 24)	
Chi-Square Test of Model Fit	
Value	141.618
Degrees of Freedom	81
P-Value	0.0000
RMSEA (Root Mean Square Error Of Approximation)	
Estimate	0.042
90 Percent C.I.	0.030 0.053
Probability RMSEA <= .05	0.885
CFI/TLI	
CFI	0.996
TLI	0.992
Chi-Square Test of Model Fit for the Baseline Model	
Value	15877.107
Degrees of Freedom	171
P-Value	0.0000
SRMR (Standardized Root Mean Square Residual)	
Value	0.012

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

TANDARDIZED MODEL RESULTS

STDYX Standardization

				Two-Tailed	
		Estimate	S.E.	Est./S.E.	P-Value
A1	BY				
X1		0.960	0.008	123.398	0.000
X2		0.908	0.011	83.866	0.000
A2	BY				
X5		0.989	0.002	460.536	0.000
X6		0.954	0.005	207.656	0.000
X7		0.971	0.003	298.641	0.000
A3	BY				
X9		0.819	0.017	49.264	0.000
X11		0.920	0.009	107.736	0.000
X14		0.864	0.012	69.631	0.000
X15		0.859	0.013	68.197	0.000
A4	BY				
X18		0.991	0.001	733.024	0.000
X19		0.998	0.001	875.826	0.000
A5	BY				
X21		0.997	0.004	263.865	0.000
X22		0.917	0.008	114.089	0.000
X23		0.902	0.011	80.762	0.000
A6	BY				
X24		0.980	0.003	332.927	0.000
X26		0.978	0.003	322.778	0.000
A7	BY				
X27		0.964	0.005	206.545	0.000
X28		0.952	0.005	190.066	0.000
X29		0.942	0.006	165.721	0.000
Y1	BY				
A1		0.701	0.025	27.670	0.000
A2		0.758	0.020	37.063	0.000
A3		0.898	0.012	74.666	0.000
A4		0.884	0.013	68.825	0.000
A5		0.974	0.007	134.597	0.000
A6		0.945	0.008	117.392	0.000
A7		0.921	0.010	92.541	0.000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

A2	WITH				
A1		0.739	0.024	31.328	0.000
A7	WITH				
A6		0.705	0.037	18.860	0.000
A6	WITH				
A1		0.069	0.030	2.269	0.023
A3	WITH				
A2		0.535	0.046	11.698	0.000
A1		0.868	0.086	10.145	0.000
A4	WITH				
A3		0.905	0.026	35.356	0.000
A2		0.460	0.039	11.669	0.000
A1		0.345	0.052	6.662	0.000
A5	WITH				
A4		-0.280	0.091	-3.066	0.002
X29	WITH				
X5		0.600	0.077	7.792	0.000
X9		-0.164	0.051	-3.250	0.001
X6	WITH				
X2		0.394	0.045	8.824	0.000
X24	WITH				
X7		-0.301	0.060	-5.009	0.000
X1		0.463	0.089	5.184	0.000
X23		-0.255	0.063	-4.039	0.000
X14		-0.157	0.039	-4.021	0.000
X11		0.462	0.072	6.371	0.000
X22	WITH				
X7		-0.488	0.060	-8.114	0.000
X1		-0.450	0.070	-6.430	0.000
X5		-0.377	0.105	-3.586	0.000
X18		0.364	0.050	7.324	0.000
X14		0.194	0.025	7.737	0.000
X28	WITH				
X22		0.319	0.041	7.797	0.000
X24		0.422	0.054	7.860	0.000
X15		0.400	0.029	13.618	0.000
X18		0.377	0.053	7.131	0.000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

X26	WITH				
	X2	-0.399	0.062	-6.397	0.000
	X15	0.107	0.039	2.705	0.007
	X11	0.276	0.072	3.836	0.000
X7	WITH				
	X1	0.217	0.071	3.031	0.002
X15	WITH				
	X1	-1.737	0.232	-7.476	0.000
	X2	-0.922	0.137	-6.709	0.000
	X9	-0.119	0.046	-2.573	0.010
	X6	-0.147	0.028	-5.165	0.000
	X14	0.784	0.016	49.426	0.000
X9	WITH				
	X7	0.695	0.135	5.151	0.000
	X5	1.285	0.231	5.571	0.000
	X6	0.557	0.111	5.011	0.000
X23	WITH				
	X9	0.176	0.053	3.339	0.001
	X19	-0.569	0.158	-3.608	0.000
	X14	-0.178	0.032	-5.577	0.000
	X21	-2.112	1.291	-1.636	0.102
X18	WITH				
	X1	-1.771	0.295	-5.998	0.000
	X6	0.207	0.051	4.092	0.000
X19	WITH				
	X1	-2.890	0.857	-3.372	0.001
	X14	0.281	0.075	3.727	0.000
X14	WITH				
	X1	-1.767	0.241	-7.336	0.000
	X5	0.161	0.042	3.843	0.000
	X2	-0.930	0.143	-6.488	0.000
	X11	0.214	0.024	8.812	0.000
	X9	-0.198	0.043	-4.635	0.000
X11	WITH				
	X2	-1.085	0.171	-6.360	0.000
	X1	-1.483	0.291	-5.092	0.000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

X21	WITH			
X5	2.047	1.143	1.792	0.073
X11	1.036	0.555	1.867	0.062
X27	WITH			
X15	0.315	0.036	8.638	0.000
X26	0.326	0.066	4.937	0.000
X9	-0.275	0.054	-5.060	0.000
X23	-0.390	0.061	-6.413	0.000
X21	-1.035	0.595	-1.738	0.082
X19	-0.597	0.164	-3.645	0.000
X7	0.099	0.097	1.020	0.308
X6	0.454	0.079	5.712	0.000
X5	0.628	0.158	3.973	0.000
Intercepts				
X1	1.996	0.082	24.254	0.000
X2	2.100	0.086	24.452	0.000
X5	2.147	0.087	24.639	0.000
X6	2.218	0.089	24.851	0.000
X7	2.234	0.090	24.936	0.000
X9	2.226	0.089	24.898	0.000
X11	2.233	0.090	24.844	0.000
X14	2.022	0.084	24.209	0.000
X15	2.042	0.084	24.377	0.000
X18	2.468	0.097	25.549	0.000
X19	2.447	0.096	25.481	0.000
X21	2.269	0.091	24.987	0.000
X22	2.216	0.089	25.026	0.000
X23	2.118	0.087	24.469	0.000
X24	2.055	0.085	24.264	0.000
X26	2.139	0.087	24.530	0.000
X27	2.001	0.083	24.158	0.000
X28	2.154	0.087	24.715	0.000
X29	1.875	0.080	23.531	0.000
Variances				
Y1	1.000	0.000	999.000	999.000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Residual Variances

X1	0.078	0.015	5.253	0.000
X2	0.175	0.020	8.908	0.000
X5	0.022	0.004	5.169	0.000
X6	0.091	0.009	10.333	0.000
X7	0.057	0.006	8.994	0.000
X9	0.329	0.027	12.075	0.000
X11	0.154	0.016	9.843	0.000
X14	0.253	0.021	11.805	0.000
X15	0.262	0.022	12.135	0.000
X18	0.017	0.003	6.341	0.000
X19	0.005	0.002	2.150	0.032
X21	0.007	0.008	0.906	0.365
X22	0.158	0.015	10.744	0.000
X23	0.186	0.020	9.239	0.000
X24	0.040	0.006	6.956	0.000
X26	0.044	0.006	7.384	0.000
X27	0.071	0.009	7.946	0.000
X28	0.093	0.010	9.774	0.000
X29	0.113	0.011	10.602	0.000
A1	0.509	0.036	14.318	0.000
A2	0.426	0.031	13.732	0.000
A3	0.194	0.022	8.993	0.000
A4	0.218	0.023	9.581	0.000
A5	0.052	0.014	3.704	0.000
A6	0.108	0.015	7.088	0.000
A7	0.152	0.018	8.317	0.000

R-SQUARE

Observed Variable	Estimate	S.E.	Est./S.E.	Two-Tailed P-Value
X1	0.922	0.015	61.699	0.000
X2	0.825	0.020	41.933	0.000
X5	0.978	0.004	230.268	0.000
X6	0.909	0.009	103.828	0.000
X7	0.943	0.006	149.321	0.000
X9	0.671	0.027	24.632	0.000
X11	0.846	0.016	53.868	0.000
X14	0.747	0.021	34.815	0.000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

X15	0.738	0.022	34.099	0.000
X18	0.983	0.003	366.512	0.000
X19	0.995	0.002	437.913	0.000
X21	0.993	0.008	131.932	0.000
X22	0.842	0.015	57.044	0.000
X23	0.814	0.020	40.381	0.000
X24	0.960	0.006	166.463	0.000
X26	0.956	0.006	161.389	0.000
X27	0.929	0.009	103.273	0.000
X28	0.907	0.010	95.033	0.000
X29	0.887	0.011	82.861	0.000

Latent Variable	Estimate	S.E.	Est./S.E.	Two-Tailed P-Value
A1	0.491	0.036	13.835	0.000
A2	0.574	0.031	18.531	0.000
A3	0.806	0.022	37.333	0.000
A4	0.782	0.023	34.412	0.000
A5	0.948	0.014	67.299	0.000
A6	0.892	0.015	58.696	0.000
A7	0.848	0.018	46.271	0.000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ค

ผลการออกแบบสถานการณ์สมมติแบบ Orthogonal Design

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Punct	Reli	Pay	TT	Dist	Cards
+2	95	-40	0	20	1
+2	95	-10	0	20	2
+6	90	-40	+10	10	3
+2	95	-30	+20	10	4
+1	95	-40	+40	30	5
+2	100	-40	+30	10	6
+2	90	-30	+40	10	7
+6	95	-20	+40	20	8
+6	90	-10	+30	20	9
+1	90	0	0	10	10
+1	90	-40	+20	20	11
+1	95	0	+30	30	12
+2	95	-20	+30	10	13
+1	90	-30	+30	20	14
+2	90	-20	+10	30	15
+6	100	-30	0	30	16
+1	90	-20	0	10	17
+1	100	-20	+20	20	18

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ง

ผลการออกแบบสถานการณ์สมมติแบบ Orthogonal Design สำหรับ Pilot Test

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Dist	TTAB	Punct	CT	ODT(rail)	ODC	ODT(truck)	Block
45	1	100	1.5	4	20	1	1
15	0	100	1.5	2	30	0	1
15	0	95	1	4	30	0.5	1
30	0	90	1.5	3	30	0.5	1
30	0	100	0.5	2	20	0	1
45	0	90	1.5	4	30	1	1
45	0	100	1.5	4	20	1	2
30	1	95	0.5	3	30	0	2
45	1	100	0.5	3	25	0	2
30	0	100	1	3	30	0.5	2
45	1	90	1	3	25	0.5	2
15	0	90	0.5	3	20	0.5	2
45	0	100	0.5	3	20	1	3
15	1	95	0.5	2	30	0.5	3
30	0	100	1.5	3	20	0.5	3
30	1	95	0.5	2	20	0.5	3
30	0	95	0.5	4	30	0.5	3
30	0	95	0.5	2	20	1	3
15	0	90	1	3	25	1	4
15	0	95	1.5	2	30	0.5	4
15	1	100	0.5	2	20	0	4
30	0	95	0.5	2	25	0	4
30	0	95	1.5	2	20	0.5	4
30	1	90	0.5	4	30	1	4
15	0	100	1.5	3	20	1	5
30	0	100	1	4	30	0	5
15	1	90	0.5	3	30	0.5	5
45	0	90	1	4	25	0.5	5
45	0	100	1	4	25	0	5
15	0	90	1.5	2	25	0	5
15	1	100	1.5	3	30	0.5	6
30	0	90	1	4	20	0	6
45	0	100	1.5	2	25	1	6
45	1	100	0.5	4	30	1	6
30	0	95	0.5	3	20	0	6
45	0	95	1.5	2	30	1	6

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก จ

ผลการออกแบบสถานการณ์สมมติแบบ Efficient Design

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Design

Choice situation	alt1.a	alt2.b	alt2.c	alt2.d	alt2.e	alt2.f	alt2.g	Block
1	0.5	30	0	95	0.5	3	25	1
11	0	15	0	90	0.5	3	20	1
12	0.5	30	0	90	1	4	20	1
16	1	45	0	100	0.5	3	25	1
28	0.5	45	1	90	1	4	30	1
32	0.5	15	1	95	1.5	2	25	1
6	0.5	15	1	95	1.5	2	30	2
9	0.5	30	1	95	1.5	4	30	2
13	0	15	0	100	1.5	3	20	2
14	0	15	1	90	1.5	3	25	2
22	1	15	0	90	0.5	4	30	2
27	0	45	0	100	0.5	2	30	2
8	1	45	1	90	1	2	25	3
15	1	30	0	95	1	2	20	3
18	0	45	1	100	1.5	2	20	3
21	0	45	1	95	1	2	20	3
29	0	45	1	100	1.5	4	25	3
35	0.5	30	0	100	1	4	25	3
2	1	30	1	90	1	4	30	4
4	0.5	30	1	100	0.5	2	25	4
5	1	30	1	100	0.5	4	20	4
20	0.5	15	0	95	0.5	3	30	4
24	1	30	0	95	1	4	25	4
36	1	45	1	100	1	2	20	4
3	1	45	0	100	1	3	30	5
7	1	15	1	95	1.5	2	20	5
10	0	15	0	100	1.5	4	25	5
19	1	30	0	90	1.5	2	30	5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Design

Choice situation	alt1.a	alt2.b	alt2.c	alt2.d	alt2.e	alt2.f	alt2.g	Block
25	0	30	1	95	0.5	3	30	5
26	0.5	45	1	90	1.5	3	30	5
17	0	15	0	90	1.5	4	25	6
23	1	45	1	95	1	3	20	6
30	0	15	0	95	0.5	2	20	6
31	0.5	30	1	90	0.5	4	20	6
33	0	45	0	100	1	3	25	6
34	0.5	15	0	90	0.5	3	30	6

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ฉ

แบบสอบถามความพอใจ (Revealed Preference)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รหัสแบบสอบถาม:

แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบการให้บริการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ

งานวิจัย **ความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบการให้บริการขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ**

โดย นางสาววิลาสินี เป้าน้อย นักศึกษาปริญญาเอก
รองศาสตราจารย์ ดร.วัฒนวงศ์ รัตนวราห อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
อาจารย์ ดร.ศิรดล ศิริธร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม สาขาวิชาสา
สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วัตถุประสงค์: แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ทราบความสำคัญและความพอใจที่มีต่อการให้บริการของรถไฟ

แบบสอบถาม: แบ่งเป็น 3 ตอน จำนวน 3 หน้า ได้แก่

ตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของสถานประกอบการ

ตอนที่ 2 รูปแบบการขนส่งสินค้าของสถานประกอบการในปัจจุบัน

ตอนที่ 3 ความคาดหวังและความพึงพอใจที่มีต่อปัจจัยด้านการให้บริการขนส่งสินค้าของรถไฟ

ตอนที่ 1: ข้อมูลเบื้องต้นของสถานประกอบการ

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ใน ○ (วงกลม) หน้าคำตอบที่ตรงหรือใกล้เคียงกับความเป็นจริง

1.1) สถานประกอบการของท่านผลิตสินค้าประเภทใด

○ 1) ข้าว ○ 2) เชื้อเพลิงสำหรับหม้อ ○ 3) น้ำตาล

1.2) สถานประกอบการของท่านมีกำลังการผลิตโดยเฉลี่ย.....ตัน/วัน

1.3) ประเภทยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งสินค้า

○ 1) รถบรรทุก ○ 2) รถไฟ ○ 3) ท่าเรือ (ในประเทศ) ○ 4) ท่าเรือ (ชายฝั่ง)

1.4) ท่านดำเนินการขนส่งสินค้าแบบใด

○ 1) จัดส่งสินค้าเอง.....% ○ 2) จ้างบริษัทขนส่งสินค้า.....%

ตอนที่ 2: รูปแบบการขนส่งสินค้าของสถานประกอบการในปัจจุบัน

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ใน ○ (วงกลม) และกรุณาเติมข้อความในช่องว่าง ในคำตอบที่ตรงหรือใกล้เคียงกับความเป็นจริง

2.1) ความถี่ในการขนส่งสินค้า

1. รถบรรทุก

○ 1) มากกว่า 1 ครั้ง/วัน ○ 2) วันละครั้ง ○ 3) สัปดาห์ละครั้ง

○ 4) อื่นๆ (โปรดระบุ)_____

2. รถไฟ

○ 1) มากกว่า 1 ครั้ง/วัน ○ 2) วันละครั้ง ○ 3) สัปดาห์ละครั้ง

○ 4) อื่นๆ (โปรดระบุ)_____

3. เรือ (ในประเทศ)

○ 1) มากกว่า 1 ครั้ง/วัน ○ 2) วันละครั้ง ○ 3) สัปดาห์ละครั้ง

○ 4) อื่นๆ (โปรดระบุ)_____

4. เรือ (ชายฝั่ง)

○ 1) มากกว่า 1 ครั้ง/วัน ○ 2) วันละครั้ง ○ 3) สัปดาห์ละครั้ง

○ 4) อื่นๆ (โปรดระบุ)_____

2.2) ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า.....บาท/เที่ยว

2.3) เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจากโรงงานถึงปลายทาง

1. รถบรรทุก ได้แก่

○ 1) 4 ล้อ ใช้เวลาขนส่ง.....ชม. ○ 2) 6 ล้อ ใช้เวลาขนส่ง.....ชม.

○ 3) 10 ล้อ ใช้เวลาขนส่ง.....ชม. ○ 4) 12 ล้อ ใช้เวลาขนส่ง.....ชม.

○ 5) 18 ล้อ ใช้เวลาขนส่ง.....ชม. ○ 6) หัวลาก ใช้เวลาขนส่ง.....ชม.

2. รถไฟ ใช้เวลาในการขนส่ง.....ชม.

3. เรือในประเทศ ใช้เวลาในการขนส่ง.....ชม.

4. เรือชายฝั่ง ใช้เวลาในการขนส่ง.....ชม.

2.4) ระยะทางจากสถานประกอบการไปยังสถานีรถไฟที่ใกล้ที่สุด

○ 1) 1-5 กม. ○ 2) 6-10 กม. ○ 3) 11-15 กม.

○ 4) 15 กม.ขึ้นไป ○ 5) โปรดระบุชื่อสถานี.....

ตอนที่ 3 : ความสำคัญและความพึงพอใจที่มีต่อปัจจัยด้านการให้บริการขนส่งสินค้าของรถไฟ

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ (ถูก) ในช่องระดับความคิดเห็นที่ตรงตามความต้องการของท่าน

"ความสำคัญ" หมายถึง ปัจจัยต่อไปนี้มีความสำคัญต่อการตัดสินใจขนส่งสินค้าของท่านมากน้อยเพียงใด

"ความพึงพอใจ" หมายถึง ท่านมีความพึงพอใจต่อปัจจัยต่อไปนี้มากน้อยเพียงใด

1 หมายถึง ปัจจัยนั้นมี *ความสำคัญ/ความพึงพอใจ* น้อยที่สุดหรือไม่มีเลย
2 หมายถึง ปัจจัยนั้นมี *ความสำคัญ/ความพึงพอใจ* น้อย
3 หมายถึง ปัจจัยนั้นมี *ความสำคัญ/ความพึงพอใจ* ค่อนข้างน้อย
4 หมายถึง ปัจจัยนั้นมี ความสำคัญ/ความพึงพอใจ ปานกลาง
5 หมายถึง ปัจจัยนั้นมี ความสำคัญ/ความพึงพอใจ ค่อนข้างมาก
6 หมายถึง ปัจจัยนั้นมี ความสำคัญ/ความพึงพอใจ มาก
7 หมายถึง ปัจจัยนั้นมี ความสำคัญ/ความพึงพอใจ มากที่สุด

ปัจจัย "การให้บริการขนส่งสินค้าของรถไฟ"	ความสำคัญ							ความพึงพอใจ						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1. ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
2. เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทาง	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
3. ความน่าเชื่อถือ	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
4. ความถี่ในการให้บริการ	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
5. ระยะทางในการขนส่งจากโรงงานไปยังสถานีรถไฟ	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
6. ความล่าช้าในการขนส่ง	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
7. ความปลอดภัยในการขนส่งสินค้า	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
8. ระดับของการบริการ	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
9. ความตรงต่อเวลา	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
10. ความยืดหยุ่นของการให้บริการ	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
11. ความเสียหาย-สูญหาย	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7

ขอขอบพระคุณอย่างยิ่งที่กรุณาให้ข้อมูล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ช

ตัวอย่างแบบสอบถามการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่างรถบรรทุกกับรถไฟ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รหัสแบบสอบถาม:

แบบสอบถามการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า

งานวิจัย **แบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า**

โดย นางสาววิลาสินี เป้าน้อย นักศึกษาปริญญาเอก

รองศาสตราจารย์ ดร.วัฒนวงศ์ รัตนวราห อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

อาจารย์ ดร.ศิรดล ศิริธร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วัตถุประสงค์: แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาแบบจำลองสำหรับพยากรณ์การเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้ประกอบการ

แบบสอบถาม: แบ่งเป็น 2 ตอน จำนวน 5 หน้า ได้แก่

ตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของสถานประกอบการ

ตอนที่ 2 สถานการณ์สมมติการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่างรถบรรทุกกับรถไฟ

[redacted]

ตอนที่ 1: ข้อมูลเบื้องต้นของสถานประกอบการ

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ใน ○ (วงกลม) หน้าคำตอบที่ตรงหรือใกล้เคียงกับความเป็นจริง

1.1) ประเภทสินค้าที่ท่านขนส่ง คือ ○ 1) ข้าว ○ 2) แป้งมันสำปะหลัง ○ 3) น้ำตาล ○ 4) อื่น ๆ_____

1.2) กำลังการผลิตโดยเฉลี่ย ○ 1) น้อยกว่า 5 ตัน/วัน ○ 2) 5-30 ตัน/วัน ○ 3) มากกว่า 30 ตัน/วัน

1.3) ปริมาณสินค้าที่ขนส่ง ..... ตัน/วัน

1.4) รูปแบบการขนส่งสินค้าในปัจจุบัน (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) ○ 1) รถไฟ ○ 2) เรือ (ภายในประเทศ) ○ 3) เรือ (ชายฝั่ง) ○ 4) รถบรรทุก

1.5) จุดหมายปลายทางของสินค้า ปลายทางที่จังหวัด.....

1.6) ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการขนส่งสินค้า ..... ชั่วโมง

1.7) ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ..... (บาท/เที่ยว)

1.8) ผู้ตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า ○ ผู้บริหาร ○ เจ้าของสินค้า

1.9) การดำเนินการขนส่งสินค้าในปัจจุบัน ○ จัดส่งสินค้าเอง ○ จ้างบริษัทภายนอก

1.10) ประเภทรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งสินค้า ○ 4 ล้อ ○ 6 ล้อ ○ 10 ล้อ ○ 18 ล้อ ○ รถพ่วง ○ หัวลากบรรทุก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตอนที่ 2: สถานการณ์สมมติการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ (ถูก) ในช่อง ☐ (ช่องสี่เหลี่ยม) หน้าสถานการณ์สมมติที่ตรงกับความพึงพอใจของท่าน

ชุดที่ 1: สถานการณ์ที่ 1

สมมติว่า มีความต้องการที่จะขนส่งสินค้าออกจากโรงงานไปยังปลายทาง โดยให้เลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่าง *รถบรรทุก*และ*รถไฟ* **ให้ท่านพิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้ แล้วเลือกสถานการณ์ที่ท่านพึงพอใจ**	*สถานการณ์ที่ 1*	
ปัจจัยประกอบการพิจารณา	**การขนส่งด้วย*รถบรรทุก***	**การขนส่งด้วย*รถไฟรางคู่***
ความตรงต่อเวลา	ถึงปลายทาง ***ตรงตามเวลา*** ที่กำหนด	ถึงปลายทาง ***ช้ากว่า*** การขนส่งด้วยรถบรรทุก 2 ชั่วโมง
ความน่าเชื่อถือ	มีความน่าเชื่อถือ 100 %	มีความน่าเชื่อถือ 95 %
ค่าใช้จ่าย	***แพงกว่า*** การขนส่งทางรถไฟ	***ถูกกว่า*** การขนส่งด้วยรถบรรทุก 40 %
ระยะเวลาในการขนส่ง	***เร็วกว่า*** รถไฟ	***เท่ากับรถบรรทุก***
ระยะทางจากโรงงานถึงสถานีรถไฟ	-	20 กิโลเมตร

จากสถานการณ์นี้ *ท่านพึงพอใจที่จะขนส่งสินค้า* ด้วย ☐ รถบรรทุก ☐ รถไฟรางคู่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตอนที่ 2: สถานการณ์สมมติการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า (ต่อ)

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ (ถูก) ในช่อง ☐ (ช่องสี่เหลี่ยม) หน้าสถานการณ์สมมติที่ตรงกับความพึงพอใจของท่าน

ชุดที่ 1: สถานการณ์ที่ 2

สมมติว่า มีความต้องการที่จะขนส่งสินค้าออกจากโรงงานไปยังปลายทาง โดยให้เลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่าง *รถบรรทุก*และ*รถไฟ* **ให้ท่านพิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้ แล้วเลือกสถานการณ์ที่ท่านพึงพอใจ**	***สถานการณ์ที่ 2***	
ปัจจัยประกอบการพิจารณา	**การขนส่งด้วย*รถบรรทุก***	**การขนส่งด้วย*รถไฟรางคู่***
ความตรงต่อเวลา	ถึงปลายทาง ***ตรงตามเวลา*** ที่กำหนด	ถึงปลายทาง ***ช้ากว่า*** การขนส่งด้วยรถบรรทุก 2 ชั่วโมง
ความน่าเชื่อถือ	มีความน่าเชื่อถือ 100 %	มีความน่าเชื่อถือ 95 %
ค่าใช้จ่าย	***แพงกว่า*** การขนส่งทางรถไฟ	***ถูกกว่า*** การขนส่งด้วยรถบรรทุก 10 %
ระยะเวลาในการขนส่ง	***เร็วกว่า*** รถไฟ	***เท่ากับรถบรรทุก***
ระยะทางจากโรงงานถึงสถานีรถไฟ	-	20 กิโลเมตร

จากสถานการณ์นี้ *ท่านพึงพอใจที่จะขนส่งสินค้า* ด้วย ☐ **รถบรรทุก** ☐ **รถไฟรางคู่**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตอนที่ 2: สถานการณ์สมมติการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า (ต่อ)

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ (ถูก) ในช่อง ☐ (ช่องสี่เหลี่ยม) หน้าสถานการณ์สมมติที่ตรงกับความพึงพอใจของท่าน

ชุดที่ 1: สถานการณ์ที่ 3

สมมติว่า มีความต้องการที่จะขนส่งสินค้าออกจากโรงงานไปยังปลายทาง โดยให้เลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่าง *รถบรรทุก*และ*รถไฟ* **ให้ท่านพิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้ แล้วเลือกสถานการณ์ที่ท่านพึงพอใจ**	*สถานการณ์ที่ 3*	
ปัจจัยประกอบการพิจารณา	**การขนส่งด้วย*รถบรรทุก***	**การขนส่งด้วย*รถไฟรางคู่***
ความตรงต่อเวลา	ถึงปลายทาง *ตรงตามเวลา* ที่กำหนด	ถึงปลายทาง *ช้ากว่า* การขนส่งด้วยรถบรรทุก 6 ชั่วโมง
ความน่าเชื่อถือ	มีความน่าเชื่อถือ 100 %	มีความน่าเชื่อถือ 90 %
ค่าใช้จ่าย	*แพงกว่า* การขนส่งทางรถไฟ	*ถูกกว่า* การขนส่งด้วยรถบรรทุก 40 %
ระยะเวลาในการขนส่ง	*เร็วกว่า* รถไฟ	*ช้ากว่า* รถบรรทุก 10 %
ระยะทางจากโรงงานถึงสถานีรถไฟ	-	10 กิโลเมตร

จากสถานการณ์นี้ *ท่านพึงพอใจที่จะขนส่งสินค้า* ด้วย ☐ รถบรรทุก ☐ รถไฟรางคู่

ขอขอบพระคุณยิ่งที่กรุณาให้ข้อมูล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ซ

แบบสอบความสนใจเลือกใช้รถไฟในการขนส่งสินค้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รหัสแบบสอบถาม:

แบบสอบถามความสนใจเลือกใช้รถไฟในการขนส่งสินค้า

งานวิจัย ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าของสถานประกอบการ

โดย นางสาววิอาสินี เป้าน้อย นักศึกษาปริญญาเอก
รองศาสตราจารย์ ดร.วัฒนวงศ์ รัตนวราห อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
อาจารย์ ดร.ศิรดล ศิริธร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบสอบถาม: แบ่งเป็น 3 ตอน จำนวน 5 หน้า ได้แก่

ตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของสถานประกอบการ

ตอนที่ 2 พฤติกรรมการขนส่งสินค้าของสถานประกอบการในปัจจุบัน

ตอนที่ 3 การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและบริการของรถไฟ

ตอนที่ 1: ข้อมูลเบื้องต้นของสถานประกอบการ

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ใน ○ (วงกลม) หน้าคำตอบที่ตรงหรือใกล้เคียงกับความเป็นจริง

1.1) ผลิตภัณฑ์หลักของท่านคืออะไร

○ 1) ข้าว ○ 2) มันสำปะหลัง ○ 3) น้ำตาล

1.2) สถานประกอบการของท่านมีกำลังการผลิตโดยเฉลี่ยเท่าใด

○ 1) น้อยกว่า 5 ตัน/วัน ○ 2) 5-30 ตัน/วัน ○ 3) มากกว่า 30 ตัน/วัน

1.3) ช่วงใหญ่สถานประกอบการของท่านผลิตสินค้าในช่วงใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

○ 1) ม.ค. - มี.ค. ○ 2) เม.ย. - มิ.ย. ○ 3) ก.ค. - ก.ย. ○ 4) ต.ค. – ธ.ค.

ตอนที่ 1: ข้อมูลเบื้องต้นของสถานประกอบการ (ต่อ)

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ใน ○ (วงกลม) หน้าคำตอบที่ตรงหรือใกล้เคียงกับความเป็นจริง

1.4) ลูกค้าในประเทศของท่านอยู่ในพื้นที่ใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

○ 1) กรุงเทพและปริมณฑล ○ 2) ภาคกลาง ○ 3) ภาคตะวันออก ○ 4) ภาคใต้
○ 5) ภาคเหนือ ○ 6) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

1.5) สินค้าของท่านส่งออกไปขายยังทวีปใดบ้าง

○ 1) เอเชีย ○ 2) ยุโรป ○ 3) ออสเตรเลีย ○ 4) แอฟริกา
○ 5) อเมริกาเหนือ ○ 6) อเมริกาใต้ ○ 7) ตะวันออกกลาง

1.6) ท่าเรือในประเทศที่ท่านจัดส่งสินค้า (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

○ 1) ท่าเรือแหลมฉบัง ○ 2) ท่าเรือกรุงเทพ (คลองเตย) ○ 3) ICD ลาดกระบัง ○ 4) ท่าเรือมาบตาพุด
○ 5) ท่าเรือระนอง ○ 6) ท่าเรือเชียงแสน ○ 7) ท่าเรือสงขลา ○ 8) ท่าเรือเกาะสีชัง

1.7) ท่านทราบหรือไม่ว่าการรถไฟฯ ให้บริการขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์

○ 1) ทราบ ○ 2) ไม่ทราบ

1.8) ท่านมีประสบการณ์ขนส่งสินค้าด้วยรถไฟหรือไม่

○ 1) ไม่มี ○ 2) มี แต่เลิกใช้แล้ว ○ 3) มี และยังใช้อยู่

1.9) ระยะทางจากสถานประกอบการถึงสถานีรถไฟระยะใด ท่านจึงจะเลือกขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ

○ 1) น้อยกว่า 30 กม. ○ 2) 31 - 60 กม. ○ 3) 61-90 กม. ○ 4) มากกว่า 90 กม.

ตอนที่ 2: พฤติกรรมการขนส่งสินค้าของสถานประกอบการในปัจจุบัน

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ใน ○ (วงกลม) และกรุณาเติมข้อความในช่องว่าง ในคำตอบที่ตรงหรือใกล้เคียงกับความเป็นจริง

2.1) ปัจจุบันท่านขนส่งสินค้าภายในประเทศด้วยรูปแบบใดบ้าง และคิดเป็นร้อยละเท่าใดโดยน้ำหนัก (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

○ 1) รถบรรทุก _____% ○ 2) รถไฟ_____% ○ 3) เรือ_____%

2.2) ใครเป็นผู้กำหนดรูปแบบการขนส่งของท่าน (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

○ 1) ลูกค้า ○ 2) ผู้บริหารของสถานประกอบการ
○ 3) ผู้จัดการฝ่ายขนส่งสินค้าของสถานประกอบการ ○ 4) อื่น ๆ (โปรดระบุ)_____

2.3) ปัจจุบันท่านมีอัตราส่วนการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้าเท่าใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

○ 1) จัดส่งสินค้าเอง_____ % ○ 2) จ้างบริษัทขนส่ง_____ %

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตอนที่ 2: พฤติกรรมการขนส่งสินค้าของสถานประกอบการในปัจจุบัน (ต่อ)

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ใน ○ (วงกลม) และกรุณาเติมข้อความในช่องว่าง ในคำตอบที่ตรงหรือใกล้เคียงกับความเป็นจริง

2.4) ปริมาณสินค้าที่ขนส่งโดยเฉลี่ยต่อครั้งคิดเป็นเท่าใด

○ 1) ไม่เกิน 50 ตัน/ครั้ง ○ 2) 50-100 ตัน/ครั้ง ○ 3) มากกว่า 100 ตัน/ครั้ง

2.5) ระยะทางที่ท่านใช้ในการขนส่งภายในประเทศเป็นประจำเฉลี่ยกี่กิโลเมตร

○ 1) น้อยกว่า 250 กม. ○ 2) 250-500 กม. ○ 3) 501-750 กม. ○ 4) มากกว่า 750 กม.

2.6) เวลาที่ท่านใช้ในการขนส่งสินค้าภายในประเทศเป็นประจำโดยเฉลี่ย

○ 1) น้อยกว่า 8 ชม. ○ 2) 8-16 ชม. ○ 3) 16-24 ชม. ○ 4) มากกว่า 24 ชม.

2.7) ส่วนใหญ่ท่านขนส่งสินค้าออกจากสถานประกอบการในช่วงเวลาใดเป็นประจำ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

○ 1) 06.01-12.00 น. ○ 2) 12.01-18.00 น. ○ 3) 18.01-24.00 น. ○ 4) 24.01-06.00 น.

2.8) กรณีที่รถบรรทุกขนส่งสินค้าไปยังปลายทางล่าช้ากว่าเวลาที่กำหนดไว้ ความล่าช้าสูงสุดเท่าใดที่ท่านยอมรับได้

○ 1) รับไม่ได้ทุกกรณี ○ 2) ไม่เกิน 1 ชม. ○ 3) 1-2 ชม.

○ 4) ไม่เกิน 2.01-3 ชม. ○ 5) ไม่เกิน 3.01-4 ชม. ○ 6) มากกว่า 4 ชม.

2.9) กรณีที่รถบรรทุกมารับสินค้าจากสถานประกอบการล่าช้า ความล่าช้าสูงสุดใดที่ท่านยอมรับได้

○ 1) รับไม่ได้ทุกกรณี ○ 2) ไม่เกิน 1 ชม. ○ 3) 1-2 ชม.

○ 4) ไม่เกิน 2.01-3 ชม. ○ 5) ไม่เกิน 3.01-4 ชม. ○ 6) มากกว่า 4 ชม.

2.10) ความถี่ในการขนส่งสินค้า

○ 1) มากกว่า 1 ครั้ง/วัน ○ 2) วันละครั้ง ○ 3) 2-3 วัน/ครั้ง ○ 4) สัปดาห์ละครั้ง

○ 5) อื่น ๆ (โปรดระบุ)_____

2.11) ปัจจุบันท่านใช้ตู้คอนเทนเนอร์ในการบรรจุสินค้าเพื่อขนส่งหรือไม่

○ 1) ใช้ (ทำต่อข้อ 2.12 และ ข้อ 2.13) ○ 2) ไม่ใช้ (ทำต่อข้อ 2.14)

2.12) ตู้คอนเทนเนอร์ที่ท่านใช้เป็นประจำมีขนาดเท่าใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

○ 1) 20 ฟุต (21.7 ตัน) ○ 2) 40 ฟุต (30.4 ตัน) ○ 3) อื่น ๆ (โปรดระบุ)_____

2.13) ท่านมีค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าโดยเฉลี่ยกี่บาท (ต่อ 1 ตู้คอนเทนเนอร์)

○ 1) ไม่เกิน 6,000 ○ 2) 6,000-12,000 ○ 3) 12,001-18,000 ○ 4) มากกว่า 18,000

2.14) ท่านมีค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าโดยเฉลี่ยกี่บาท (ต่อ 1 เที่ยว)

○ 1) ไม่เกิน 6,000 ○ 2) 6,000-12,000 ○ 3) 12,001-18,000 ○ 4) มากกว่า 18,000

ตอนที่ 3: การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและบริการของรถไฟ

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ (ถูก) ในช่องระดับความคิดเห็นที่ตรงตามความต้องการของท่าน

ที่	รถไฟฯ ควรพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและบริการ ดังต่อไปนี้ ในระดับใด ท่านจึงจะ "ขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ"	ระดับความคิดเห็น							
		มากที่สุด	มาก	ค่อนข้างมาก	ปานกลาง	ค่อนข้างน้อย	น้อย	น้อยที่สุด	ไม่แน่ใจ
	ความสนใจ								
1	สถานประกอบการมีความสนใจที่จะขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ	7	6	5	4	3	2	1	0
2	มีความเป็นไปได้สูงที่สถานประกอบการจะหันมาขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ	7	6	5	4	3	2	1	0
	สภาพแวดล้อมของสถานีรถไฟ								
3	ความสะอาดของสถานีรถไฟ	7	6	5	4	3	2	1	0
4	แบ่งพื้นที่ระหว่างผู้โดยสารและพื้นที่สำหรับรับ-ส่งสินค้า	7	6	5	4	3	2	1	0
5	มีพื้นที่จอดรถบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่	7	6	5	4	3	2	1	0
	กระบวนการบริการ								
6	ให้บริการแบบ One Stop Service	7	6	5	4	3	2	1	0
7	มีอุปกรณ์และเทคโนโลยีที่ทันสมัยในกระบวนการรับฝากสินค้า	7	6	5	4	3	2	1	0
8	สามารถชำระเงินค่าบริการได้หลายช่องทาง	7	6	5	4	3	2	1	0
9	สามารถตรวจสอบสถานะสินค้าระหว่างการขนส่งผ่านระบบออนไลน์ได้	7	6	5	4	3	2	1	0
	การให้บริการของรถไฟ								
10	ความเพียงพอของจำนวนรอบหรือความถี่ของเที่ยวรถไฟต่อวัน	7	6	5	4	3	2	1	0
11	ความแน่นอน ชัดเจนในการเดินรถ ทำให้การขนส่งแม่นยำ ตรงเวลา	7	6	5	4	3	2	1	0
12	มีผู้บรรทุกสินค้าที่สถานีและแยกให้บริการอย่างเพียงพอ	7	6	5	4	3	2	1	0
13	มีหน่วยงานที่ทำหน้าที่บริหารจัดการตรวจสอบการขนส่งสินค้าให้แก่ลูกบริษัท	7	6	5	4	3	2	1	0
14	มีโควต้าสำหรับปริมาณการขนส่งสินค้าต่อเที่ยว	7	6	5	4	3	2	1	0
15	ที่สถานีรถไฟมีเครนหรืออุปกรณ์ยกขนตู้คอนเทนเนอร์ที่มาตรฐานไว้คอยให้บริการ	7	6	5	4	3	2	1	0
16	เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์	7	6	5	4	3	2	1	0

ตอนที่ 3: การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและบริการของรถไฟ

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ (ถูก) ในช่องระดับความคิดเห็นที่ตรงตามความต้องการของท่าน

ที่	รถไฟฯ ควรพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและบริการ ดังต่อไปนี้ ในระดับใด จึงจะทำให้ท่านขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ	ระดับความคิดเห็น							
		มากที่สุด	มาก	ค่อนข้างมาก	ปานกลาง	ค่อนข้างน้อย	น้อย	น้อยที่สุด	ไม่แน่ใจ
	การให้บริการของรถไฟ (ต่อ)								
17	เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทาง (แบบ door to door)	7	6	5	4	3	2	1	0
18	สินค้าไม่เสียหายหรือสูญหาย	7	6	5	4	3	2	1	0
19	มีหลังสินค้าให้บริการในรูปแบบของ cross docking ที่สถานีต้นทางและปลายทาง	7	6	5	4	3	2	1	0
	ราคาค่าบริการ								
20	ความเหมาะสมของราคาค่าขนส่งตามระยะทางของสินค้าแต่ละประเภท	7	6	5	4	3	2	1	0
21	ความเหมาะสมของค่าบริการขนย้ายตู้คอนเทนเนอร์	7	6	5	4	3	2	1	0
22	ความเหมาะสมของค่าขนส่งสุทธิ (รวมค่าขนย้ายตู้คอนเทนเนอร์)	7	6	5	4	3	2	1	0
	ทำเลที่ตั้งของสถานีรถไฟ								
23	มีความสะดวกในการเข้าถึงสถานีรถไฟ	7	6	5	4	3	2	1	0
24	สถานีรถไฟอยู่ใกล้โรงงาน	7	6	5	4	3	2	1	0
25	สถานีรถไฟอยู่บนเส้นขนส่งคิน	7	6	5	4	3	2	1	0
	ผู้ให้บริการ								
26	พนักงานสามารถให้ข้อมูล/ คำแนะนำ และตอบข้อซักถามได้อย่างชัดเจน	7	6	5	4	3	2	1	0
27	ความเอาใจใส่ กระตือรือร้น และเต็มใจให้บริการ	7	6	5	4	3	2	1	0
28	มีการสอบถามความพึงพอใจหลังใช้บริการและนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุง	7	6	5	4	3	2	1	0
	การส่งเสริมบริการ								
29	โฆษณาประชาสัมพันธ์ผ่านช่องทางต่างๆ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ สื่อสิ่งพิมพ์ และเวบไซต์	7	6	5	4	3	2	1	0
30	มีประกันภัยให้ความคุ้มครองที่เหมาะสมกับมูลค่าของสินค้า กรณีที่สินค้าสูญหายหรือเสียหายจากการขนส่ง	7	6	5	4	3	2	1	0
31	มีส่วนลดหรือโปรโมชั่น	7	6	5	4	3	2	1	0

ขอขอบพระคุณอย่างยิ่งที่กรุณาให้ข้อมูล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ฌ

แบบสอบถามสถานการณ์สมมติที่นำไปเก็บข้อมูล Pilot test

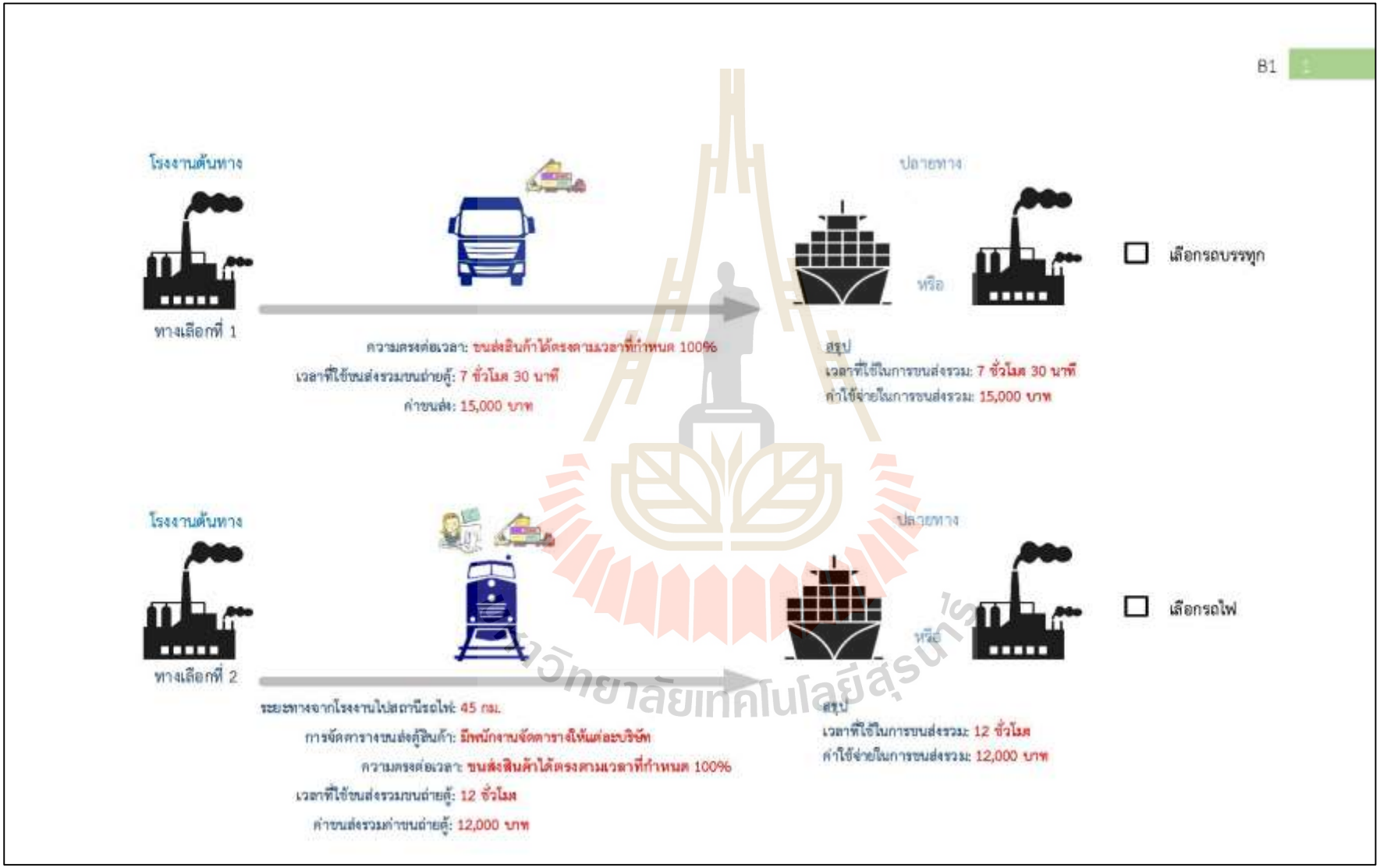
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบสอบถาม

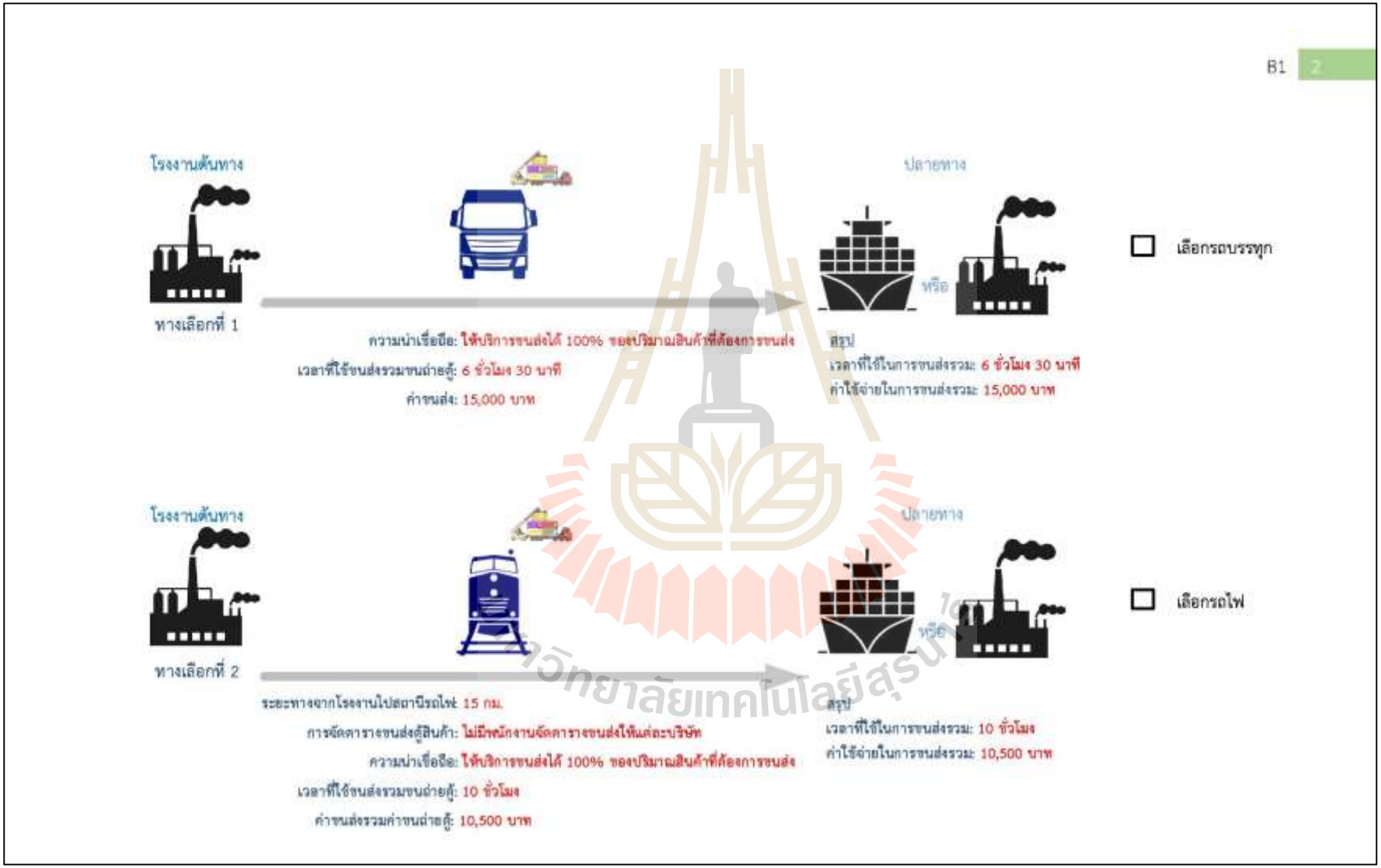
สถานการณ์จำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่างรถบรรทุกกับรถไฟทางคู่

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ (ถูก) ☐ ในช่องสี่เหลี่ยมด้านหลังสถานการณ์จำลองรูปแบบการขนส่งสินค้าที่ตรงกับความต้องการของท่าน

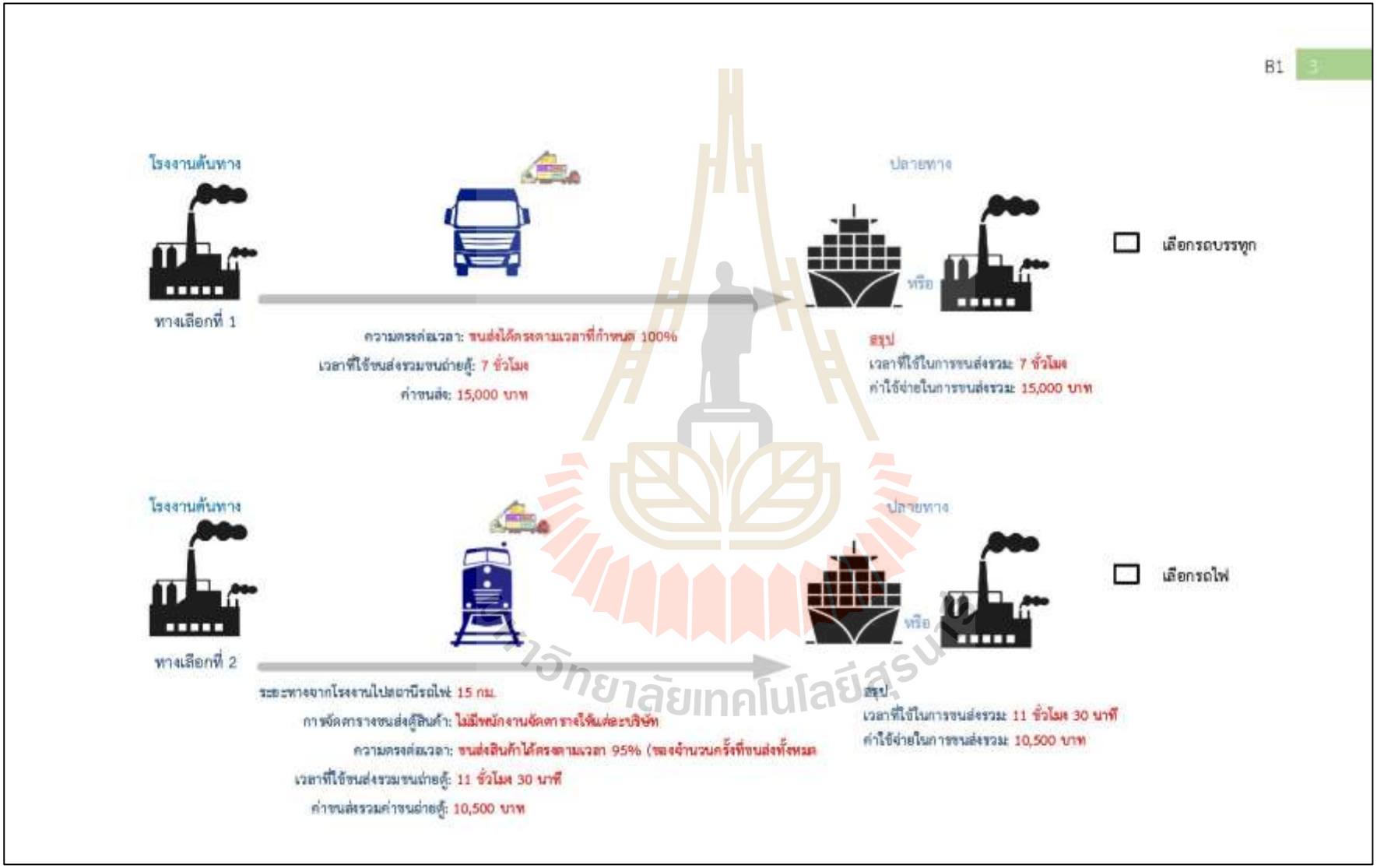
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



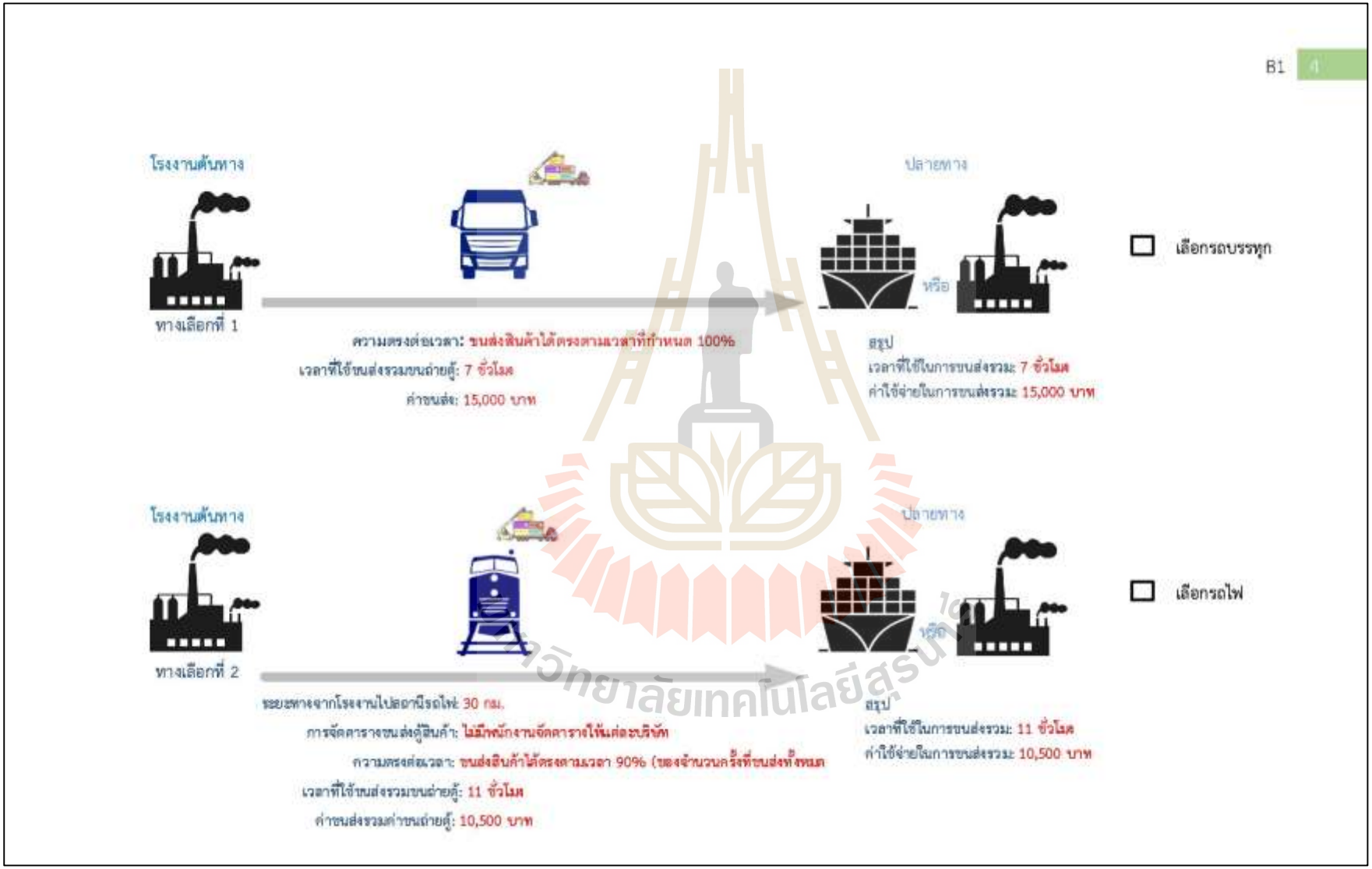
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



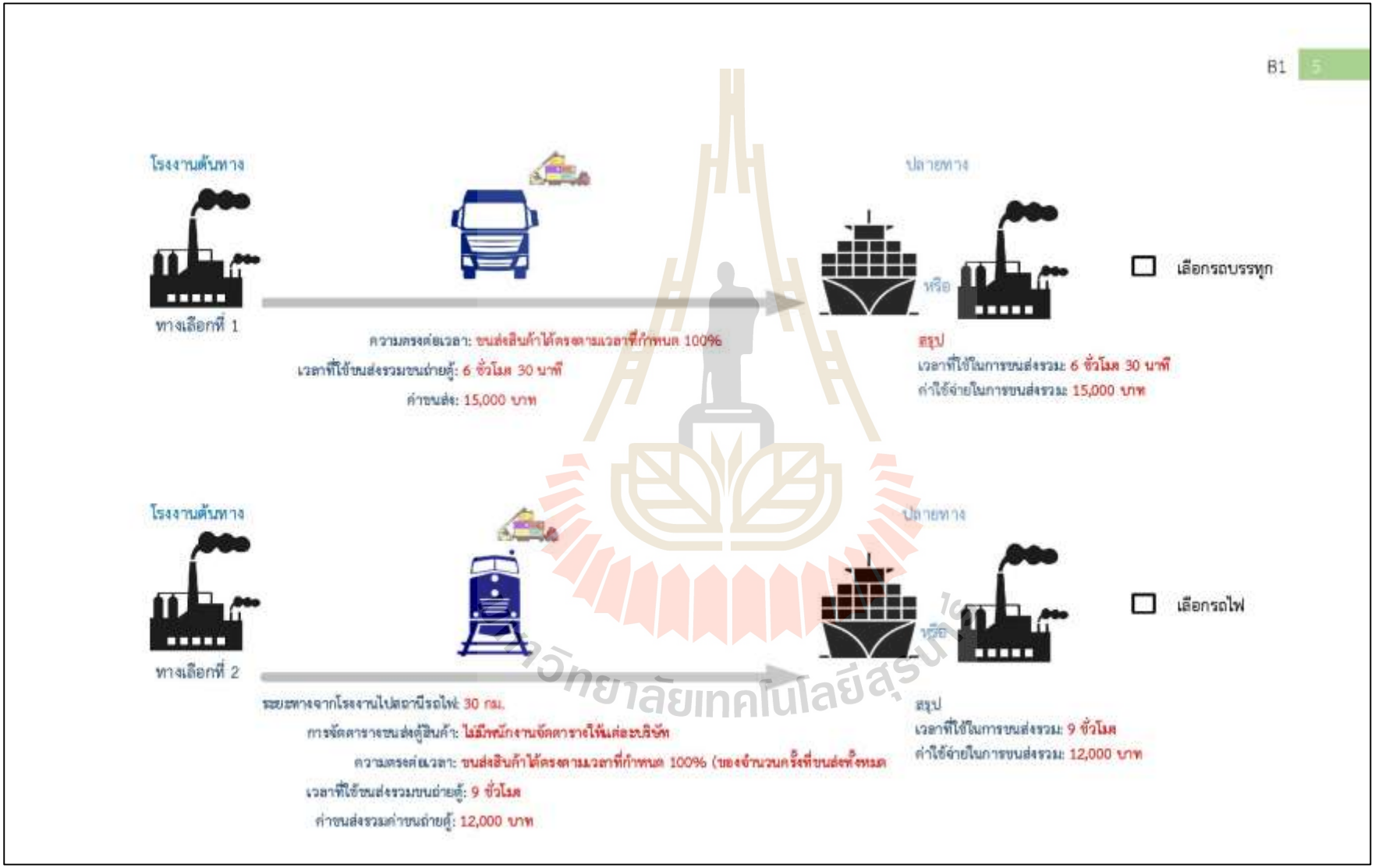
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



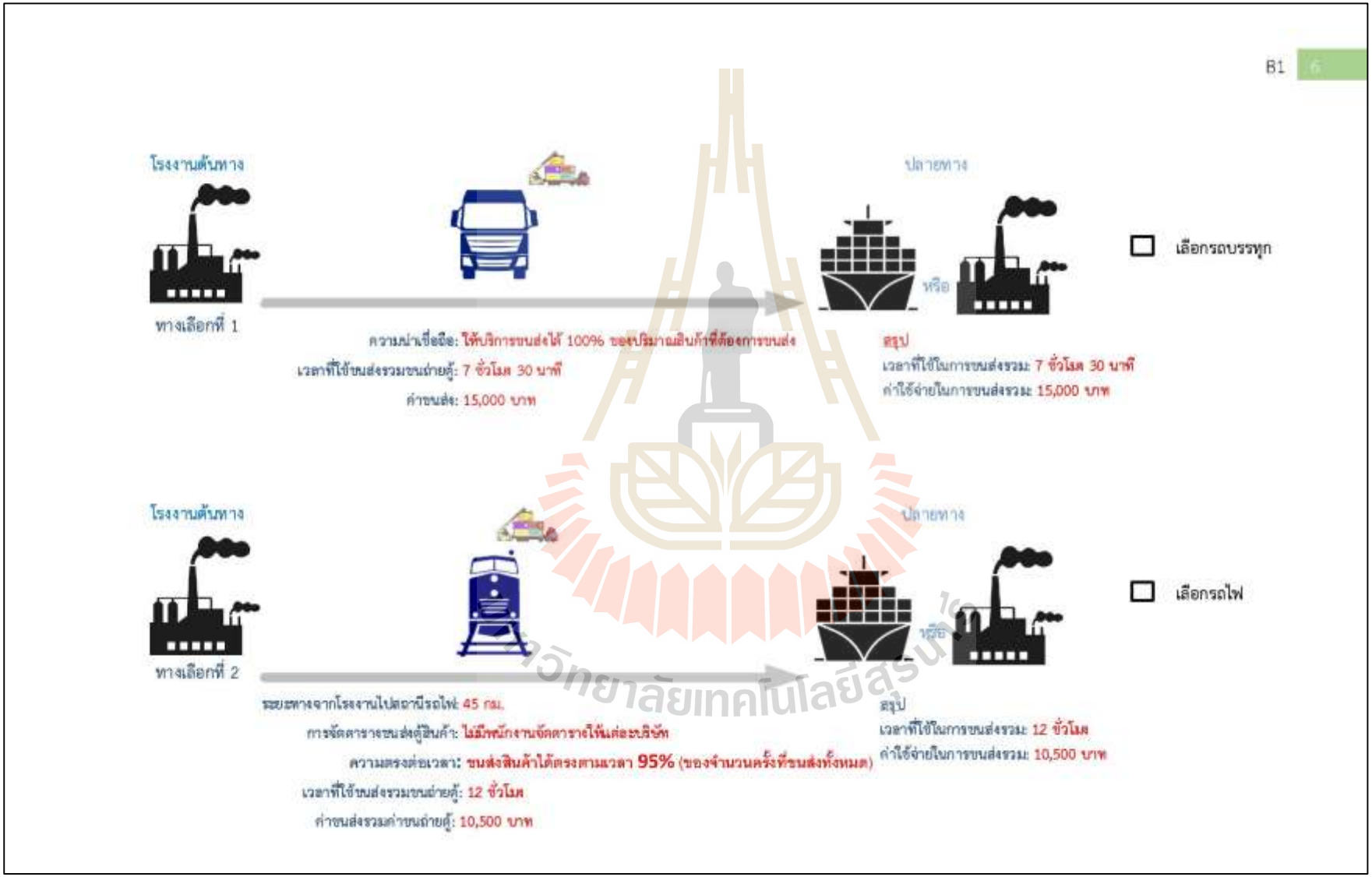
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ญ

แบบสอบถามสถานการณ์สมมติที่นำไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รหัสแบบสอบถาม:

แบบสอบถามการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า

งานวิจัย **แบบจำลองการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้า**

โดย นางสาววิลาสินี เป้าน้อย นักศึกษาปริญญาเอก

รองศาสตราจารย์ ดร.วัฒนวงศ์ รัตนวราห อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

อาจารย์ ดร.ศิวดล ศิริธร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

<u>วัตถุประสงค์:</u> แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาแบบจำลองสำหรับพยากรณ์การเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าทางรางของสถานประกอบการ

<u>แบบสอบถาม:</u> แบ่งเป็น 2 ตอน จำนวน 8 หน้า ได้แก่

ตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของสถานประกอบการ

ตอนที่ 2 สถานการณ์สมมติการเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่างรถบรรทุกกับรถไฟ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตอนที่ 1: ข้อมูลเบื้องต้นของสถานประกอบการ

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ใน ○ (วงกลม) หน้าคำตอบที่ตรงหรือใกล้เคียงกับความเป็นจริง

1.1) ผลิตภัณฑ์หลักของท่านคือ	○ 1) ข้าว ○ 3) น้ำตาล	○ 2) แป้งมันสำปะหลัง ○ 4) อื่นๆ_____	
1.2) ปริมาณการผลิตโดยเฉลี่ย	○ 1) น้อยกว่า 5 ตัน/วัน	○ 2) 5-30 ตัน/วัน	○ 3) มากกว่า 30 ตัน/วัน
1.3) ลูกค้าในประเทศของท่านอยู่ในพื้นที่ใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)	○ 1) กรุงเทพและปริมณฑล ○ 4) ภาคใต้	○ 2) ภาคกลาง ○ 5) ภาคเหนือ	○ 3) ภาคตะวันออก/ตก ○ 6) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
1.4) ท่านส่งออกสินค้าไปขายต่างประเทศหรือไม่	○ 1) ไม่ส่งออก	○ 2) ส่งออก	
1.5) ปกติท่านขนส่งผลิตภัณฑ์ด้วย (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)	○ 1) รถไฟ ○ 3) เรือ (ชายฝั่ง)	○ 2) เรือ (ภายในประเทศ) ○ 4) รถบรรทุก	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

☐ เลือกรถบรรทุก

☐ เลือกรถไฟ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

☐ เลือกรถบรรทุก

☐ เลือกรถไฟ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

☐ เลือกรถบรรทุก

☐ เลือกรถไฟ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

☐ เลือกรถบรรทุก

☐ เลือกรถไฟ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

☐ เลือกรถบรรทุก

☐ เลือกรถไฟ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

☐ เลือกรถบรรทุก

☐ เลือกรถไฟ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ฎ

ผลการพัฒนาแบบจำลอง Binary Logit Model จากข้อมูล SP1

```
--> LOGIT;Lhs=Y;Rhs=ONE,PUNCT,DIST$
Normal exit from iterations. Exit status=0.

+--------------------------------------------+
| Multinomial Logit Model                    |
| Maximum Likelihood Estimates               |
| Model estimated: Sep 20, 2016 at 04:16:26PM.|
| Dependent variable                    Y    |
| Weighting variable                 None    |
| Number of observations              348    |
| Iterations completed                  6    |
| Log likelihood function       -175.9123    |
| Restricted log likelihood     -241.2152    |
| Chi squared                    130.6058    |
| Degrees of freedom                    2    |
| Prob[ChiSqd > value] =          .0000000   |
| Hosmer-Lemeshow chi-squared =    9.21783   |
| P-value=  .32425 with deg.fr. =       8    |
+--------------------------------------------+

+---------+--------------+----------------+--------+---------+----------+
|Variable | Coefficient  | Standard Error |b/St.Er.|P[|Z|>z] | Mean of X|
+---------+--------------+----------------+--------+---------+----------+
          Characteristics in numerator of Prob[Y = 1]
 Constant     1.231483770      .17510482     7.033   .0000
 PUNCT       -.4940433591    .99321415E-01   -4.974   .0000     1.0718391
 DIST     -.9126818229E-01   .13397432E-01   -6.812   .0000     8.9080460
 (Note: E+nn or E-nn means multiply by 10 to + or -nn power.)


+-----------------------------------------------------------------------+
| Information Statistics for Discrete Choice Model.                     |
|                          M=Model MC=Constants Only   M0=No Model      |
| Criterion F (log L)     -175.91233      -241.21522    -241.21522      |
| LR Statistic vs. MC      130.60578         .00000        .00000      |
| Degrees of Freedom         2.00000         .00000        .00000      |
| Prob. Value for LR          .00000         .00000        .00000      |
| Entropy for probs.       175.91233       241.21522     241.21522      |
| Normalized Entropy          .72928        1.00000       1.00000      |
| Entropy Ratio Stat.      130.60578         .00000        .00000      |
| Bayes Info Criterion     363.52906       494.13484     494.13484      |
| BIC - BIC(no model)      130.60578         .00000        .00000      |
| Pseudo R-squared            .27072         .00000        .00000      |
| Pct. Correct Prec.        80.45977         .00000      50.00000      |
| Means:       y=0    y=1    y=2    y=3    yu=4   y=5,    y=6   y>=7    |
| Outcome     .5000  .5000  .0000  .0000  .0000  .0000  .0000  .0000    |
| Pred.Pr     .5000  .5000  .0000  .0000  .0000  .0000  .0000  .0000    |
| Notes: Entropy computed as Sum(i)Sum(j)Pfit(i,j)*logPfit(i,j).        |
|        Normalized entropy is computed against M0.                     |
|        Entropy ratio statistic is computed against M0.                |
|        BIC = 2*criterion - log(N)*degrees of freedom.                 |
|        If the model has only constants or if it has no constants,     |
|        the statistics reported here are not useable.                  |
+-----------------------------------------------------------------------+
```

ภาคผนวก ฐ

ผลการพัฒนาแบบจำลอง Mixed Logit Model จาก Efficient Design

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
Model: 1

Random Parameters Logit Model
Dependent variable                CHOICE
Log likelihood function       -82.18744
Restricted log likelihood    -145.56091
Chi squared [   6 d.f.]       126.74693
Significance level               .00000
McFadden Pseudo R-squared      .4353742
Estimation based on N =    210, K =   6
Inf.Cr.AIC  =    176.4 AIC/N =     .840
Model estimated: Sep 11, 2019, 17:17:27
Constants only must be computed directly
               Use NLOGIT ;...;RHS=ONE$
At start values  -132.7391  .3808******
Response data are given as ind. choices
Replications for simulated probs. = 100
Used Halton sequences in simulations.
RPL model with panel has      35 groups
Fixed number of obsrvs./group=     6
Number of obs.=   210, skipped    0 obs
--------+--------------------------------------------------------------------
        |                 Standard           Prob.      95% Confidence
  CHOICE|  Coefficient       Error       z    |z|>Z*          Interval
--------+--------------------------------------------------------------------
        |Random parameters in utility functions
     TFO|    1.94320      .4745D+08      .00 1.0000 ***********  ***********
        |Nonrandom parameters in utility functions
 ASCRAIL|   -2.44895      .4745D+08      .00 1.0000 ***********  ***********
    TTAB|    1.76333**       .69688     2.53  .0114      .39747   3.12920
   DISTA|    1.28047*        .68079     1.88  .0600     -.05386   2.61480
  PUNCTA|    3.55020***       .94035     3.78  .0002     1.70715   5.39325
        |Distns. of RPs. Std.Devs or limits of triangular
   UsTFO|    7.01228***      1.65272     4.24  .0000     3.77300  10.25156
--------+--------------------------------------------------------------------
Note: nnnnn.D-xx or D+xx => multiply by 10 to -xx or +xx.
Note: ***, **, * ==>  Significance at 1%, 5%, 10% level.
-----------------------------------------------------------------------------
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
Model: 2

Random Parameters Logit Model
Dependent variable                CHOICE
Log likelihood function       -82.62112
Restricted log likelihood    -145.56091
Chi squared [  10 d.f.]       125.87958
Significance level               .00000
McFadden Pseudo R-squared      .4323949
Estimation based on N =    210, K =  10
Inf.Cr.AIC  =    185.2 AIC/N =     .882
Model estimated: Sep 11, 2019, 17:14:49
Constants only must be computed directly
               Use NLOGIT ;...;RHS=ONE$
At start values  -134.0471  .3836******
Response data are given as ind. choices
Replications for simulated probs. = 100
Used Halton sequences in simulations.
RPL model with panel has      35 groups
Fixed number of obsrvs./group=      6
Number of obs.=   210, skipped    0 obs
--------+--------------------------------------------------------------------
        |                   Standard           Prob.      95% Confidence
  CHOICE|  Coefficient       Error       z    |z|>Z*          Interval
--------+--------------------------------------------------------------------
        |Random parameters in utility functions
     TFO|     .89669      .3355D+08      .00 1.0000 ***********  ***********
   DISTA|    1.79488*       1.07877     1.66  .0961     -.31948    3.90924
  PUNCTA|    3.55886*       2.00452     1.78  .0758     -.36993    7.48766
        |Nonrandom parameters in utility functions
 ASCRAIL|   -1.40244      .3355D+08       .00 1.0000 ***********  ***********
        |Diagonal values in Cholesky matrix, L.
   UsTFO|    8.95384**      3.77476     2.37  .0177     1.55545   16.35222
 UsDISTA|    1.31558       1.02765     1.28  .2005     -.69859    3.32974
UsPUNCTA|    11.7812      11.64176     1.01  .3115    -11.0362    34.5986
        |Covariances of Random Parameters
DIST:TFO|   -38.1098       28.65280    -1.33  .1835    -94.2682    18.0487
PUNC:TFO|    125.949       202.7375      .62  .5344    -271.409    523.307
PUNC:DIS|   -69.8341       138.5285     -.50  .6142   -341.3449   201.6767
        |Standard deviations of parameter distributions
   sdTFO|    8.95384**      3.77476     2.37  .0177     1.55545   16.35222
 sdDISTA|    4.45493       3.88165     1.15  .2511    -3.15296   12.06282
sdPUNCTA|    19.8500***     5.51520     3.60  .0003     9.0404    30.6596
--------+--------------------------------------------------------------------
Note: nnnnn.D-xx or D+xx => multiply by 10 to -xx or +xx.
Note: ***, **, * ==>  Significance at 1%, 5%, 10% level.
-----------------------------------------------------------------------------
```

Model: 3

Random Parameters Logit Model
Dependent variable CHOICE
Log likelihood function -74.73073
Restricted log likelihood -145.56091
Chi squared [15 d.f.] 141.66036
Significance level .00000
McFadden Pseudo R-squared .4866017
Estimation based on N = 210, K = 15
Inf.Cr.AIC = 179.5 AIC/N = .855
Model estimated: Sep 11, 2019, 17:16:57
Constants only must be computed directly
Use NLOGIT ;...;RHS=ONE$
At start values -132.7391 .4370******
Response data are given as ind. choices
Replications for simulated probs. = 100
Used Halton sequences in simulations.
RPL model with panel has 35 groups
Fixed number of obsrvs./group= 6
Number of obs.= 210, skipped 0 obs

CHOICE	Coefficient	Standard Error	z	Prob. |z|>Z*	95% Confidence Interval	
Random parameters in utility functions						
TFO	3.58383	.2740D+08	.00	1.0000	**********	**********
TTAB	3.60922*	2.04263	1.77	.0772	-.39426	7.61271
DISTA	3.25365	2.42830	1.34	.1803	-1.50572	8.01303
PUNCTA	6.87769**	3.16288	2.17	.0297	.67856	13.07682
Nonrandom parameters in utility functions						
ASCRAIL	-4.08957	.2740D+08	.00	1.0000	**********	**********
Diagonal values in Cholesky matrix, L.						
UsTFO	14.6785**	5.91486	2.48	.0131	3.0856	26.2714
UsTTAB	.98609	1.69287	.58	.5602	-2.33187	4.30405
UsDISTA	3.90656	4.96175	.79	.4311	-5.81829	13.63141
UsPUNCTA	13.1867	11.82960	1.11	.2650	-9.9989	36.3723
Covariances of Random Parameters						
TTAB:TFO	-41.8492	63.77238	-.66	.5117	-166.8408	83.1424
DIST:TFO	-26.6375	127.3123	-.21	.8343	-276.1650	222.8901
DIST:TTA	8.65510	40.53542	.21	.8309	-70.79286	88.10307
PUNC:TFO	39.7095	178.2405	.22	.8237	-309.6354	389.0545
PUNC:TTA	.98393	60.25119	.02	.9870	-117.10623	119.07409
PUNC:DIS	54.1716	188.5789	.29	.7739	-315.4363	423.7795
Standard deviations of parameter distributions						
sdTFO	14.6785**	5.91486	2.48	.0131	3.0856	26.2714
sdTTAB	3.01677	4.10487	.73	.4624	-5.02862	11.06216
sdDISTA	5.56935	9.00921	.62	.5365	-12.08837	23.22707
sdPUNCTA	17.6114	17.80271	.99	.3225	-17.2813	52.5041

Note: nnnnn.D-xx or D+xx => multiply by 10 to -xx or +xx.
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

Model: 4

```
Random Parameters Logit Model
Dependent variable                CHOICE
Log likelihood function       -77.50178
Restricted log likelihood    -145.56091
Chi squared [  12 d.f.]       136.11825
Significance level               .00000
McFadden Pseudo R-squared      .4675646
Estimation based on N =    210, K =  12
Inf.Cr.AIC  =    179.0 AIC/N =     .852
Model estimated: Sep 12, 2019, 13:10:46
Constants only must be computed directly
               Use NLOGIT ;...;RHS=ONE$
At start values  -132.6475  .4157******
Response data are given as ind. choices
Replications for simulated probs. = 100
Used Halton sequences in simulations.
RPL model with panel has      35 groups
Fixed number of obsrvs./group=     6
Number of obs.=   210, skipped    0 obs
--------+------------------------------------------------------------------
        |                   Standard           Prob.      95% Confidence
  CHOICE|  Coefficient       Error       z    |z|>Z*          Interval
--------+------------------------------------------------------------------
        |Random parameters in utility functions
     TFO|   -3.84721      .3355D+08      .00 1.0000 ***********  ***********
    TTAB|    1.17108         .81971     1.43  .1531     -.43553    2.77768
    ODTR|   -1.05649***      .39121    -2.70  .0069    -1.82324    -.28973
        |Nonrandom parameters in utility functions
ASCTRUCK|   -3.34146      .3355D+08      .00 1.0000 ***********  ***********
   DISTA|    1.61944*        .85547     1.89  .0584     -.05726    3.29614
  PUNCTA|    3.72559***      .98362     3.79  .0002     1.79773    5.65345
        |Diagonal values in Cholesky matrix, L.
   UsTFO|    4.92502        6.29651      .78  .4341    -7.41591   17.26594
  UsTTAB|    2.87715        2.54151     1.13  .2576    -2.10412    7.85843
  NsODTR|     .54313**       .25089     2.16  .0304      .05139    1.03487
        |Covariances of Random Parameters
TTAB:TFO|    26.0781        43.65380      .60  .5503    -59.4818   111.6380
ODTR:TFO|    5.80392        12.37099      .47  .6390   -18.44278   30.05061
ODTR:TTA|    6.60057         6.82887      .97  .3338    -6.78376   19.98491
        |Standard deviations of parameter distributions
   sdTFO|    4.92502        6.29651      .78  .4341    -7.41591   17.26594
  sdTTAB|    6.02622        3.73713     1.61  .1068    -1.29843   13.35087
  sdODTR|    1.30363**       .64166     2.03  .0422      .04599    2.56127
--------+------------------------------------------------------------------
Note: nnnnn.D-xx or D+xx => multiply by 10 to -xx or +xx.
Note: ***, **, * ==>  Significance at 1%, 5%, 10% level.
-----------------------------------------------------------------------------
```

Model: 5

Random Parameters Logit Model
Dependent variable CHOICE
Log likelihood function -71.75821
Restricted log likelihood -145.56091
Chi squared [16 d.f.] 147.60541
Significance level .00000
McFadden Pseudo R-squared .5070228
Estimation based on N = 210, K = 16
Inf.Cr.AIC = 175.5 AIC/N = .836
Model estimated: Sep 12, 2019, 13:54:10
Constants only must be computed directly
Use NLOGIT ;...;RHS=ONE$
At start values -131.5839 .4547******
Response data are given as ind. choices
Replications for simulated probs. = 100
Used Halton sequences in simulations.
RPL model with panel has 35 groups
Fixed number of obsrvs./group= 6
BHHH estimator used for asymp. variance
Number of obs.= 210, skipped 0 obs

CHOICE	Coefficient	Standard Error	z	Prob. |z|>Z*	95% Confidence Interval	
|Random parameters in utility functions						
TFO	14.8545	.4745D+08	.00	1.0000	**********	**********
ODTT	-3.85560	5.91297	-.65	.5144	-15.44480	7.73360
ODCR	-.00065	.00259	-.25	.8019	-.00573	.00443
PUNCTA	10.2824	8.54193	1.20	.2287	-6.4595	27.0243
|Nonrandom parameters in utility functions						
ASCRAIL	-15.3603	.4745D+08	.00	1.0000	**********	**********
DISTA	1.32623	1.16424	1.14	.2546	-.95563	3.60810
|Diagonal values in Cholesky matrix, L.						
UsTFO	30.7629	58.66397	.52	.6000	-84.2164	145.7421
TsODTT	8.81567	13.97103	.63	.5280	-18.56704	36.19838
TsODCR	.00088	.00105	.84	.4036	-.00118	.00293
UsPUNCTA	3.43697	58.43592	.06	.9531	-111.09532	117.96926
|Covariances of Random Parameters						
ODTT:TFO	-303.396	1079.125	-.28	.7786	-2418.442	1811.651
ODCR:TFO	-.04111	.24109	-.17	.8646	-.51363	.43142
ODCR:ODT	.05715	.11948	.48	.6324	-.17703	.29132
PUNC:TFO	-517.321	6489.185	-.08	.9365	-13235.891	12201.248
PUNC:ODT	136.654	4002.928	.03	.9728	-7708.940	7982.249
PUNC:ODC	.00249	1.14482	.00	.9983	-2.24133	2.24630
|Standard deviations of parameter distributions						
sdTFO	30.7629	58.66397	.52	.6000	-84.2164	145.7421
sdODTT	13.2281	15.53951	.85	.3946	-17.2288	43.6850
sdODCR	.00524	.00421	1.24	.2134	-.00301	.01349
sdPUNCTA	17.9231	185.0591	.10	.9228	-344.7861	380.6323

Note: nnnnn.D-xx or D+xx => multiply by 10 to -xx or +xx.
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

Model: 6

Random Parameters Logit Model
Dependent variable CHOICE
Log likelihood function -74.62536
Restricted log likelihood -145.56091
Chi squared [15 d.f.] 141.87110
Significance level .00000
McFadden Pseudo R-squared .4873255
Estimation based on N = 210, K = 15
Inf.Cr.AIC = 179.3 AIC/N = .854
Model estimated: Sep 12, 2019, 13:40:44
Constants only must be computed directly
Use NLOGIT ;...;RHS=ONE$
At start values -133.9123 .4427******
Response data are given as ind. choices
Replications for simulated probs. = 100
Used Halton sequences in simulations.
RPL model with panel has 35 groups
Fixed number of obsrvs./group= 6
Number of obs.= 210, skipped 0 obs

CHOICE	Coefficient	Standard Error	z	Prob. |z|>Z*	95% Confidence Interval	
	Random parameters in utility functions					
TFO	4.03357	.2740D+08	.00	1.0000	**********	**********
ODCR	-.00090*	.00053	-1.70	.0886	-.00194	.00014
DISTA	3.04271	2.59591	1.17	.2412	-2.04518	8.13060
PUNCTA	17.4678**	7.16996	2.44	.0148	3.4150	31.5207
	Nonrandom parameters in utility functions					
ASCRAIL	-4.53932	.2740D+08	.00	1.0000	**********	**********
	Diagonal values in Cholesky matrix, L.					
UsTFO	7.23548	10.09600	.72	.4736	-12.55231	27.02328
TsODCR	.00417***	.00160	2.60	.0093	.00103	.00731
UsDISTA	1.62265	1.52838	1.06	.2884	-1.37293	4.61822
UsPUNCTA	1.94642	2.68715	.72	.4689	-3.32030	7.21314
	Covariances of Random Parameters					
ODCR:TFO	-.01633	.02156	-.76	.4487	-.05859	.02593
DIST:TFO	-4.39752	44.83701	-.10	.9219	-92.27644	83.48141
DIST:ODC	-.06775	.06469	-1.05	.2950	-.19454	.05905
PUNC:TFO	133.592	202.3826	.66	.5092	-263.071	530.254
PUNC:ODC	-.19891	.16089	-1.24	.2164	-.51425	.11644
PUNC:DIS	614.173	565.4962	1.09	.2774	-494.179	1722.525
	Standard deviations of parameter distributions					
sdTFO	7.23548	10.09600	.72	.4736	-12.55231	27.02328
sdODCR	.00474***	.00102	4.63	.0000	.00273	.00675
sdDISTA	16.6671*	9.20677	1.81	.0702	-1.3778	34.7120
sdPUNCTA	42.0314***	11.24968	3.74	.0002	19.9824	64.0804

Note: nnnnn.D-xx or D+xx => multiply by 10 to -xx or +xx.
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

Model: 7

```
Random Parameters Logit Model
Dependent variable                CHOICE
Log likelihood function       -45.71031
Restricted log likelihood     -54.06548
Chi squared [   7 d.f.]        16.71034
Significance level               .01936
McFadden Pseudo R-squared      .1545379
Estimation based on N =     78, K =   7
Inf.Cr.AIC  =    105.4 AIC/N =    1.352
Model estimated: Sep 20, 2019, 15:24:41
Constants only must be computed directly
               Use NLOGIT ;...;RHS=ONE$
At start values   -45.7546  .0010******
Response data are given as ind. choices
Replications for simulated probs. = 100
Used Halton sequences in simulations.
RPL model with panel has      13 groups
Fixed number of obsrvs./group=     6
BHHH estimator used for asymp. variance
Number of obs.=    78, skipped    0 obs
--------+--------------------------------------------------------------------
        |                   Standard            Prob.      95% Confidence
  CHOICE|  Coefficient       Error       z    |z|>Z*          Interval
--------+--------------------------------------------------------------------
        |Random parameters in utility functions
    ODTT|    -.55184         .58255     -.95  .3435    -1.69361    .58993
        |Nonrandom parameters in utility functions
 ASCRAIL|    -.25129        2.26070     -.11  .9115    -4.68218   4.17961
    TTAB|    1.17320         .77699     1.51  .1311     -.34967   2.69607
    ODTR|    -.42717         .35494    -1.20  .2288    -1.12284    .26850
    ODCR|-.63245D-04         .00043     -.15  .8830 -.90553D-03  .77904D-03
  PUNCTA|    2.20976***       .84708     2.61  .0091      .54953   3.87000
        |Distns. of RPs. Std.Devs or limits of triangular
  TsODTT|     .03090         .67881      .05  .9637    -1.29955   1.36134
--------+--------------------------------------------------------------------
Note: nnnnn.D-xx or D+xx => multiply by 10 to -xx or +xx.
Note: ***, **, * ==>  Significance at 1%, 5%, 10% level.
-----------------------------------------------------------------------------
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
Model: 8

Random Parameters Logit Model
Dependent variable                CHOICE
Log likelihood function       -43.63311
Restricted log likelihood     -54.06548
Chi squared [   7 d.f.]        20.86474
Significance level               .00398
McFadden Pseudo R-squared      .1929581
Estimation based on N =     78, K =   7
Inf.Cr.AIC  =    101.3 AIC/N =    1.298
Model estimated: Sep 20, 2019, 15:26:31
Constants only must be computed directly
               Use NLOGIT ;...;RHS=ONE$
At start values   -44.0771  .0101******
Response data are given as ind. choices
Replications for simulated probs. = 100
Used Halton sequences in simulations.
RPL model with panel has      13 groups
Fixed number of obsrvs./group=       6
Number of obs.=    78, skipped    0 obs
--------+------------------------------------------------------------------------
        |                   Standard           Prob.      95% Confidence
  CHOICE|  Coefficient       Error       z    |z|>Z*          Interval
--------+------------------------------------------------------------------------
        |Random parameters in utility functions
    ODCT|    -.00072*         .00039    -1.85  .0642     -.00147    .00004
        |Nonrandom parameters in utility functions
 ASCRAIL|   -1.52284         1.58722     -.96  .3373    -4.63373   1.58805
    TTAB|    1.30134**        .65356     1.99  .0465      .02038   2.58230
    ODTR|    -.61286*         .31853    -1.92  .0543    -1.23716    .01144
    ODCR|    -.00043         .00042    -1.03  .3052     -.00124    .00039
  PUNCTA|    2.48631***       .74710     3.33  .0009     1.02201   3.95061
        |Distns. of RPs. Std.Devs or limits of triangular
  NsODCT| .36531D-04        .2634D-04     1.39  .1654 -.15086D-04  .88148D-04
--------+------------------------------------------------------------------------
Note: nnnnn.D-xx or D+xx => multiply by 10 to -xx or +xx.
Note: ***, **, * ==>  Significance at 1%, 5%, 10% level.
-----------------------------------------------------------------------------
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Model: 9

Random Parameters Logit Model
Dependent variable CHOICE
Log likelihood function -43.06617
Restricted log likelihood -54.06548
Chi squared [9 d.f.] 21.99862
Significance level .00888
McFadden Pseudo R-squared .2034442
Estimation based on N = 78, K = 9
Inf.Cr.AIC = 104.1 AIC/N = 1.335
Model estimated: Sep 20, 2019, 15:28:22
Constants only must be computed directly
Use NLOGIT ;...;RHS=ONE$
At start values -44.0771 .0229******
Response data are given as ind. choices
Replications for simulated probs. = 100
Used Halton sequences in simulations.
RPL model with panel has 13 groups
Fixed number of obsrvs./group= 6
Number of obs.= 78, skipped 0 obs

CHOICE	Coefficient	Standard Error	z	Prob. |z|>Z*	95% Confidence Interval	
	Random parameters in utility functions					
ODCT	-.00073*	.00040	-1.83	.0677	-.00151	.00005
ODTR	-.66448*	.35516	-1.87	.0614	-1.36059	.03162
	Nonrandom parameters in utility functions					
ASCRAIL	-1.63501	1.62727	-1.00	.3150	-4.82440	1.55439
TTAB	1.42606**	.69546	2.05	.0403	.06298	2.78914
ODCR	-.00039	.00043	-.91	.3642	-.00122	.00045
PUNCTA	2.51524***	.76044	3.31	.0009	1.02480	4.00569
	Diagonal values in Cholesky matrix, L.					
TsODCT	.00074	.00078	.95	.3409	-.00078	.00227
NsODTR	.02331	.06300	.37	.7114	-.10018	.14680
	Covariances of Random Parameters					
ODTR:ODC	-.00075	.00134	-.56	.5763	-.00337	.00187
	Standard deviations of parameter distributions					
sdODCT	.00074	.00078	.95	.3409	-.00078	.00227
sdODTR	1.00724	1.23720	.81	.4156	-1.41762	3.43210

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Model: 10

Random Parameters Logit Model
Dependent variable CHOICE
Log likelihood function -43.13075
Restricted log likelihood -54.06548
Chi squared [9 d.f.] 21.86945
Significance level .00930
McFadden Pseudo R-squared .2022497
Estimation based on N = 78, K = 9
Inf.Cr.AIC = 104.3 AIC/N = 1.337
Model estimated: Sep 20, 2019, 15:28:59
Constants only must be computed directly
Use NLOGIT ;...;RHS=ONE$
At start values -44.0771 .0215******
Response data are given as ind. choices
Replications for simulated probs. = 100
Used Halton sequences in simulations.
RPL model with panel has 13 groups
Fixed number of obsrvs./group= 6
Number of obs.= 78, skipped 0 obs

CHOICE	Coefficient	Standard Error	z	Prob. |z|>Z*	95% Confidence Interval	
	Random parameters in utility functions					
ODCT	-.00073*	.00040	-1.84	.0661	-.00151	.00005
ODTR	-.66020*	.35151	-1.88	.0604	-1.34915	.02874
	Nonrandom parameters in utility functions					
ASCRAIL	-1.61477	1.63120	-.99	.3222	-4.81187	1.58233
TTAB	1.41395**	.69239	2.04	.0411	.05690	2.77101
ODCR	-.00039	.00042	-.93	.3546	-.00122	.00044
PUNCTA	2.50325***	.75755	3.30	.0010	1.01847	3.98803
	Diagonal values in Cholesky matrix, L.					
NsODCT	.00030	.00034	.90	.3670	-.00036	.00096
NsODTR	.02025	.06562	.31	.7576	-.10837	.14887
	Covariances of Random Parameters					
ODTR:ODC	-.00013	.00025	-.51	.6127	-.00061	.00036
	Standard deviations of parameter distributions					
sdODCT	.00030	.00034	.90	.3670	-.00036	.00096
sdODTR	.41475	.53191	.78	.4355	-.62777	1.45727

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Model: 11

Random Parameters Logit Model
Dependent variable CHOICE
Log likelihood function -42.53073
Restricted log likelihood -54.06548
Chi squared [12 d.f.] 23.06949
Significance level .02714
McFadden Pseudo R-squared .2133477
Estimation based on N = 78, K = 12
Inf.Cr.AIC = 109.1 AIC/N = 1.398
Model estimated: Sep 20, 2019, 15:30:38
Constants only must be computed directly
Use NLOGIT ;...;RHS=ONE$
At start values -44.0771 .0351******
Response data are given as ind. choices
Replications for simulated probs. = 100
Used Halton sequences in simulations.
RPL model with panel has 13 groups
Fixed number of obsrvs./group= 6
Number of obs.= 78, skipped 0 obs

CHOICE	Coefficient	Standard Error	z	Prob. |z|>Z*	95% Confidence Interval	
	Random parameters in utility functions					
ODCT	-.00082	.00070	-1.17	.2411	-.00219	.00055
ODTR	-.79300	.52913	-1.50	.1340	-1.83008	.24408
ODCR	-.00042	.00061	-.68	.4956	-.00161	.00078
	Nonrandom parameters in utility functions					
ASCRAIL	-1.61318	2.21550	-.73	.4665	-5.95548	2.72913
TTAB	1.67187**	.84561	1.98	.0480	.01450	3.32923
PUNCTA	2.90694***	.98618	2.95	.0032	.97406	4.83981
	Diagonal values in Cholesky matrix, L.					
NsODCT	.00148	.00113	1.31	.1913	-.00074	.00370
NsODTR	.57788	.67451	.86	.3916	-.74414	1.89991
NsODCR	.74586D-05	.8922D-04	.08	.9334	-.16742D-03	.18233D-03
	Covariances of Random Parameters					
ODTR:ODC	.00067	.00171	.39	.6957	-.00269	.00403
ODCR:ODC	.22759D-05	.3870D-05	.59	.5565	-.53088D-05	.98606D-05
ODCR:ODT	.00099	.00176	.56	.5743	-.00246	.00444
	Standard deviations of parameter distributions					
sdODCT	.00148	.00113	1.31	.1913	-.00074	.00370
sdODTR	.73444	.84667	.87	.3857	-.92501	2.39389
sdODCR	.00162	.00123	1.32	.1885	-.00079	.00403

Note: nnnnn.D-xx or D+xx => multiply by 10 to -xx or +xx.
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

Model: 12

Random Parameters Logit Model
Dependent variable CHOICE
Log likelihood function -37.38542
Restricted log likelihood -54.06548
Chi squared [16 d.f.] 33.36013
Significance level .00662
McFadden Pseudo R-squared .3085160
Estimation based on N = 78, K = 16
Inf.Cr.AIC = 106.8 AIC/N = 1.369
Model estimated: Sep 20, 2019, 15:31:17
Constants only must be computed directly
Use NLOGIT ;...;RHS=ONE$
At start values -44.0771 .1518******
Response data are given as ind. choices
Replications for simulated probs. = 100
Used Halton sequences in simulations.
RPL model with panel has 13 groups
Fixed number of obsrvs./group= 6
Number of obs.= 78, skipped 0 obs

CHOICE	Coefficient	Standard Error	z	Prob. |z|>Z*	95% Confidence Interval	
	Random parameters in utility functions					
TTAB	4.14946**	1.69555	2.45	.0144	.82625	7.47267
ODCT	-.00184*	.00097	-1.90	.0572	-.00374	.00006
ODTR	-1.85539**	.76189	-2.44	.0149	-3.34867	-.36211
ODCR	-.00094	.00107	-.87	.3822	-.00304	.00117
	Nonrandom parameters in utility functions					
ASCRAIL	-1.86221	6.60000	-.28	.7778	-14.79797	11.07354
PUNCTA	4.69603	3.33102	1.41	.1586	-1.83264	11.22470
	Diagonal values in Cholesky matrix, L.					
UsTTAB	6.14997***	2.20909	2.78	.0054	1.82023	10.47971
NsODCT	.00343	.00236	1.45	.1466	-.00120	.00805
NsODTR	.62433	.87473	.71	.4754	-1.09010	2.33877
NsODCR	.84775D-04	.00011	.78	.4371	-.12904D-03	.29859D-03
	Covariances of Random Parameters					
ODCT:TTA	.00198	.03384	.06	.9533	-.06435	.06831
ODTR:TTA	9.15024	42.65569	.21	.8301	-74.45338	92.75386
ODTR:ODC	.00841	.05324	.16	.8744	-.09593	.11276
ODCR:TTA	-.00627	.01402	-.45	.6546	-.03375	.02121
ODCR:ODC	.80678D-05	.1886D-04	.43	.6689	-.28902D-04	.45037D-04
ODCR:ODT	.00443	.01949	.23	.8202	-.03376	.04262
	Standard deviations of parameter distributions					
sdTTAB	6.14997***	2.20909	2.78	.0054	1.82023	10.47971
sdODCT	.00344	.00281	1.22	.2207	-.00207	.00895
sdODTR	2.82164	5.23549	.54	.5899	-7.43974	13.08302
sdODCR	.00269	.00212	1.27	.2048	-.00147	.00685

Note: nnnnn.D-xx or D+xx => multiply by 10 to -xx or +xx.
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

Model: 13

Dependent variable CHOICE
Log likelihood function -43.53048
Restricted log likelihood -54.06548
Chi squared [9 d.f.] 21.07000
Significance level .01234
McFadden Pseudo R-squared .1948563
Estimation based on N = 78, K = 9
Inf.Cr.AIC = 105.1 AIC/N = 1.347
Model estimated: Sep 20, 2019, 14:27:03
Constants only must be computed directly
Use NLOGIT ;...;RHS=ONE$
At start values -46.0401 .0545******
Response data are given as ind. choices
Replications for simulated probs. = 100
Used Halton sequences in simulations.
RPL model with panel has 13 groups
Fixed number of obsrvs./group= 6
BHHH estimator used for asymp. variance
Number of obs.= 78, skipped 0 obs

CHOICE	Coefficient	Standard Error	z	Prob. |z|>Z*	95% Confidence Interval	
	Random parameters in utility functions					
TTAB	1.29080	2.87948	.45	.6540	-4.35288	6.93447
ODC	-7.94475***	2.02488	-3.92	.0001	-11.91345	-3.97605
	Nonrandom parameters in utility functions					
ASCRAIL	-1.38294	16.29855	-.08	.9324	-33.32750	30.56163
ODT	-.44454	1.99724	-.22	.8239	-4.35906	3.46999
PUNCTA	2.83676*	1.56616	1.81	.0701	-.23285	5.90638
PUNCTB	.51708	3.79382	.14	.8916	-6.91866	7.95283
	Diagonal values in Cholesky matrix, L.					
UsTTAB	2.32616	1.47467	1.58	.1147	-.56414	5.21645
LsODC	.09264	.46378	.20	.8417	-.81636	1.00164
	Covariances of Random Parameters					
ODC:TTA	-.03344	3.47073	-.01	.9923	-6.83595	6.76907
	Standard deviations of parameter distributions					
sdTTAB	2.32616	1.47467	1.58	.1147	-.56414	5.21645
sdODC	.09375	.57558	.16	.8706	-1.03437	1.22186

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Model: 14

Random Parameters Logit Model
Dependent variable CHOICE
Log likelihood function -37.78856
Restricted log likelihood -54.06548
Chi squared [12 d.f.] 32.55385
Significance level .00114
McFadden Pseudo R-squared .3010594
Estimation based on N = 78, K = 12
Inf.Cr.AIC = 99.6 AIC/N = 1.277
Model estimated: Sep 20, 2019, 14:33:23
Constants only must be computed directly
Use NLOGIT ;...;RHS=ONE$
At start values -44.3311 .1476******
Response data are given as ind. choices
Replications for simulated probs. = 100
Used Halton sequences in simulations.
RPL model with panel has 13 groups
Fixed number of obsrvs./group= 6
Number of obs.= 78, skipped 0 obs

CHOICE	Coefficient	Standard Error	z	Prob. |z|>Z*	95% Confidence Interval	
	Random parameters in utility functions					
TTAB	1.52968*	.90564	1.69	.0912	-.24535	3.30470
ODT	-1.00746**	.47150	-2.14	.0326	-1.93158	-.08334
ODC	-.00206**	.00094	-2.19	.0287	-.00390	-.00021
PUNCTA	7.04935***	2.08949	3.37	.0007	2.95402	11.14469
	Nonrandom parameters in utility functions					
ASCRAIL	-3.10112	2.50271	-1.24	.2153	-8.00634	1.80411
PUNCTB	2.09310*	1.11080	1.88	.0595	-.08403	4.27024
	Diagonal values in Cholesky matrix, L.					
CsTTAB	0.0	.....(Fixed Parameter).....				
NsODT	1.07198**	.46552	2.30	.0213	.15959	1.98438
NsODC	.00072**	.00028	2.56	.0104	.00017	.00128
UsPUNCTA	.14253	2.16473	.07	.9475	-4.10026	4.38532
	Covariances of Random Parameters					
ODT:TTA	0.0	.....(Fixed Parameter).....				
ODC:TTA	0.0	.....(Fixed Parameter).....				
ODC:ODT	-.00224***	.6000D-09 ********	.0000		-.00224	-.00224
PUNC:TTA	0.0	.....(Fixed Parameter).....				
PUNC:ODT	2.69349***	.4870D-06 ********	.0000		2.69349	2.69349
PUNC:ODC	-.00844***	.1358D-08 ********	.0000		-.00844	-.00844
	Standard deviations of parameter distributions					
sdTTAB	0.0	.....(Fixed Parameter).....				
sdODT	1.07198**	.46552	2.30	.0213	.15959	1.98438
sdODC	.00221**	.00097	2.28	.0227	.00031	.00412
sdPUNCTA	5.06677**	2.21815	2.28	.0224	.71927	9.41427

Note: nnnnn.D-xx or D+xx => multiply by 10 to -xx or +xx.
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.
Fixed parameter ... is constrained to equal the value or
had a nonpositive st.error because of an earlier problem.

Model: 15

Random Parameters Logit Model
Dependent variable CHOICE
Log likelihood function -31.41107
Restricted log likelihood -54.06548
Chi squared [16 d.f.] 45.30882
Significance level .00012
McFadden Pseudo R-squared .4190180
Estimation based on N = 78, K = 16
Inf.Cr.AIC = 94.8 AIC/N = 1.216
Model estimated: Nov 15, 2018, 07:57:47
Constants only must be computed directly
Use NLOGIT ;...;RHS=ONE$
At start values -44.7134 .2975******
Response data are given as ind. choices
Replications for simulated probs. = 100
Used Halton sequences in simulations.
RPL model with panel has 13 groups
Fixed number of obsrvs./group= 6
Number of obs.= 78, skipped 0 obs

CHOICE	Coefficient	Standard Error	z	Prob. |z|>Z*	95% Confidence Interval	
	Random parameters in utility functions					
TTAB	2.40670	1.55956	1.54	.1228	-.64998	5.46338
ODC	-.00175**	.00070	-2.50	.0125	-.00313	-.00038
PUNCTA	9.20527	5.73110	1.61	.1082	-2.02748	20.43802
PUNCTB	1.63985	5.09029	.32	.7473	-8.33694	11.61664
	Nonrandom parameters in utility functions					
ASCRAIL	5.38872	3.92542	1.37	.1698	-2.30496	13.08240
ODT	-3.00751**	1.25199	-2.40	.0163	-5.46137	-.55366
	Diagonal values in Cholesky matrix, L.					
UsTTAB	2.01159	3.17911	.63	.5269	-4.21936	8.24254
TsODC	.00044	.00031	1.40	.1609	-.00018	.00106
UsPUNCTA	2.17522	5.86329	.37	.7106	-9.31661	13.66705
UsPUNCTB	1.74729	4.68907	.37	.7094	-7.44313	10.93771
	Covariances of Random Parameters					
ODC:TTA	-.00073	.00131	-.56	.5746	-.00330	.00183
PUNC:TTA	36.3969	63.87781	.57	.5688	-88.8013	161.5951
PUNC:ODC	-.00298	.00919	-.32	.7461	-.02100	.01504
PUN0:TTA	16.5551	38.34405	.43	.6659	-58.5978	91.7081
PUN0:ODC	.00622	.01136	.55	.5838	-.01604	.02849
PUNC:PUN	327.754	497.8265	.66	.5103	-647.968	1303.476
	Standard deviations of parameter distributions					
sdTTAB	2.01159	3.17911	.63	.5269	-4.21936	8.24254
sdODC	.00057*	.00034	1.68	.0931	-.00010	.00124
sdPUNCTA	19.9901**	10.04919	1.99	.0467	.2941	39.6862
sdPUNCTB	22.7681	16.11056	1.41	.1576	-8.8080	54.3442

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

Model: 16

```
Random Parameters Logit Model
Dependent variable                CHOICE
Log likelihood function       -32.27733
Restricted log likelihood     -54.06548
Chi squared [  16 d.f.]        43.57629
Significance level               .00023
McFadden Pseudo R-squared      .4029955
Estimation based on N =     78, K =  16
Inf.Cr.AIC  =     96.6 AIC/N =    1.238
Model estimated: Nov 15, 2018, 08:05:37
Constants only must be computed directly
               Use NLOGIT ;...;RHS=ONE$
At start values   -44.7134  .2781******
Response data are given as ind. choices
Replications for simulated probs. = 100
Used Halton sequences in simulations.
RPL model with panel has      13 groups
Fixed number of obsrvs./group=     6
Number of obs.=    78, skipped    0 obs
--------+------------------------------------------------------------------
        |                 Standard            Prob.      95% Confidence
  CHOICE|  Coefficient       Error       z    |z|>Z*          Interval
--------+------------------------------------------------------------------
        |Random parameters in utility functions
    TTAB|    3.47016*       1.99636      1.74  .0822     -.44264   7.38296
     ODT|   -3.16579**      1.41778     -2.23  .0256    -5.94459   -.38700
     ODC|    -.00191**       .00088     -2.19  .0288     -.00363   -.00020
  PUNCTA|    5.14658        3.59742      1.43  .1525    -1.90424  12.19740
  PUNCTB|    2.01707        3.67421       .55  .5830    -5.18425   9.21838
        |Nonrandom parameters in utility functions
 ASCRAIL|    3.49030        4.54586       .77  .4426    -5.41943  12.40002
        |Diagonal values in Cholesky matrix, L.
  UsTTAB|    3.03875        3.25703       .93  .3508    -3.34492   9.42242
   CsODT|        0.0     .....(Fixed Parameter).....
   TsODC|     .00029*       .00017      1.70  .0884     -.00004    .00063
UsPUNCTA|    6.14457        5.73582      1.07  .2841    -5.09744  17.38657
UsPUNCTB|    1.52025        5.30695       .29  .7745    -8.88117  11.92167
        |Covariances of Random Parameters
 ODT:TTA|        0.0     .....(Fixed Parameter).....
 ODC:TTA|     .00067        1.18717       .00  .9995    -2.32613   2.32748
 ODC:ODT|        0.0      .1898D-04       .00 1.0000 -.37204D-04  .37204D-04
PUNC:TTA|   -56.0816**     22.49765     -2.49  .0127    -100.1762  -11.9870
PUNC:ODT|        0.0     .....(Fixed Parameter).....
PUNC:ODC|    -.00428        6.63163       .00  .9995   -13.00203  12.99346
PUN0:TTA|   -24.5038**      9.82994     -2.49  .0127    -43.7702   -5.2375
PUN0:ODT|        0.0     .....(Fixed Parameter).....
PUN0:ODC|    -.00343        8.80557       .00  .9997   -17.26203  17.25518
PUNC:PUN|    189.632***     3.76307    50.39  .0000     182.256   197.007
        |Standard deviations of parameter distributions
  sdTTAB|    3.03875        3.25703       .93  .3508    -3.34492   9.42242
   sdODT|        0.0     .....(Fixed Parameter).....
   sdODC|     .00037**       .00018      2.02  .0430      .00001    .00072
sdPUNCTA|    19.4630*      10.90229      1.79  .0742     -1.9051   40.8311
sdPUNCTB|    11.6132        7.55991      1.54  .1245     -3.2040   26.4303
--------+------------------------------------------------------------------
Note: nnnnn.D-xx or D+xx => multiply by 10 to -xx or +xx.
Note: ***, **, * ==>  Significance at 1%, 5%, 10% level.
Fixed parameter ... is constrained to equal the value or
had a nonpositive st.error because of an earlier problem.
--------------------------------------------------------------------------
```

Model: 17

```
Random Parameters Logit Model
Dependent variable                CHOICE
Log likelihood function       -35.11534
Restricted log likelihood     -54.06548
Chi squared [  16 d.f.]        37.90029
Significance level               .00156
McFadden Pseudo R-squared      .3505036
Estimation based on N =     78, K =  16
Inf.Cr.AIC  =    102.2 AIC/N =    1.311
Model estimated: Nov 15, 2018, 08:09:36
Constants only must be computed directly
               Use NLOGIT ;...;RHS=ONE$
At start values   -45.2355  .2237******
Response data are given as ind. choices
Replications for simulated probs. = 100
Used Halton sequences in simulations.
RPL model with panel has      13 groups
Fixed number of obsrvs./group=      6
Number of obs.=    78, skipped    0 obs
--------+------------------------------------------------------------------------
        |                   Standard            Prob.      95% Confidence
  CHOICE|  Coefficient       Error       z    |z|>Z*          Interval
--------+------------------------------------------------------------------------
        |Random parameters in utility functions
    TTAB|    3.86190        2.56812     1.50  .1326    -1.17153    8.89533
     ODT|   -2.03936*       1.08875    -1.87  .0611    -4.17327     .09455
  PUNCTA|    7.74112*       4.55219     1.70  .0890    -1.18100   16.66325
  PUNCTB|     .67624        4.36219      .16  .8768    -7.87350    9.22598
        |Nonrandom parameters in utility functions
     ODC|    -.00050         .00037    -1.35  .1772     -.00123     .00023
 ASCRAIL|   -1.27749        4.61094     -.28  .7817   -10.31477    7.75979
        |Diagonal values in Cholesky matrix, L.
  UsTTAB|    2.83947        3.73280      .76  .4468    -4.47668   10.15563
   TsODT|    1.96118        1.48015     1.32  .1852     -.93986    4.86221
UsPUNCTA|    3.43958        6.02931      .57  .5684    -8.37764   15.25681
UsPUNCTB|    6.17376        4.57923     1.35  .1776    -2.80135   15.14888
        |Covariances of Random Parameters
 ODT:TTA|     .89931        2.76691      .33  .7452    -4.52373    6.32235
PUNC:TTA|    51.5233       73.89341      .70  .4856   -93.3051   196.3518
PUNC:ODT|    36.6376       46.21182      .79  .4279   -53.9359   127.2111
PUN0:TTA|    31.7176       57.54802      .55  .5815   -81.0744   144.5096
PUN0:ODT|    22.7668       48.09849      .47  .6360   -71.5046   117.0381
PUNC:PUN|    393.758       760.6130      .52  .6047  -1097.016   1884.532
        |Standard deviations of parameter distributions
  sdTTAB|    2.83947        3.73280      .76  .4468    -4.47668   10.15563
   sdODT|    1.98659        1.49851     1.33  .1849     -.95043    4.92361
sdPUNCTA|    24.2731       16.77651     1.45  .1479     -8.6083    57.1544
sdPUNCTB|    19.2992       15.11119     1.28  .2015    -10.3182    48.9166
--------+------------------------------------------------------------------------
Note: ***, **, * ==>  Significance at 1%, 5%, 10% level.
-----------------------------------------------------------------------------
```

Model: 18

Random Parameters Logit Model
Dependent variable CHOICE
Log likelihood function -35.17730
Restricted log likelihood -54.06548
Chi squared [16 d.f.] 37.77635
Significance level .00163
McFadden Pseudo R-squared .3493574
Estimation based on N = 78, K = 16
Inf.Cr.AIC = 102.4 AIC/N = 1.312
Model estimated: Nov 15, 2018, 08:16:08
Constants only must be computed directly
Use NLOGIT ;...;RHS=ONE$
At start values -45.2355 .2224******
Response data are given as ind. choices
Replications for simulated probs. = 100
Used Halton sequences in simulations.
RPL model with panel has 13 groups
Fixed number of obsrvs./group= 6
Number of obs.= 78, skipped 0 obs

CHOICE	Coefficient	Standard Error	z	Prob. |z|>Z*	95% Confidence Interval	
	Random parameters in utility functions					
TTAB	3.39484*	1.98882	1.71	.0878	-.50316	7.29285
ODT	-1.88581*	1.06950	-1.76	.0779	-3.98199	.21037
PUNCTA	9.59224*	5.03223	1.91	.0566	-.27075	19.45523
PUNCTB	2.76285	2.95506	.93	.3498	-3.02896	8.55466
	Nonrandom parameters in utility functions					
ASCTRUCK	4.02796	4.75372	.85	.3968	-5.28916	13.34508
ODC	-.00070*	.00039	-1.78	.0758	-.00147	.00007
	Diagonal values in Cholesky matrix, L.					
UsTTAB	1.39877	3.78258	.37	.7115	-6.01496	8.81250
NsODT	1.60963	.99464	1.62	.1056	-.33982	3.55908
UsPUNCTA	3.85650	2.95838	1.30	.1924	-1.94182	9.65481
UsPUNCTB	3.48358	4.67192	.75	.4559	-5.67321	12.64036
	Covariances of Random Parameters					
ODT:TTA	1.07872	4.06588	.27	.7908	-6.89026	9.04770
PUNC:TTA	26.1254	74.67614	.35	.7265	-120.2371	172.4880
PUNC:ODT	23.5770	34.38259	.69	.4929	-43.8117	90.9656
PUN0:TTA	4.72500	38.70896	.12	.9028	-71.14317	80.59316
PUN0:ODT	13.1334	21.67848	.61	.5446	-29.3556	55.6224
PUNC:PUN	124.307	252.8862	.49	.6230	-371.341	619.955
	Standard deviations of parameter distributions					
sdTTAB	1.39877	3.78258	.37	.7115	-6.01496	8.81250
sdODT	1.78483	1.16455	1.53	.1254	-.49764	4.06731
sdPUNCTA	19.9047*	10.27145	1.94	.0526	-.2270	40.0363
sdPUNCTB	10.2403	8.91151	1.15	.2505	-7.2259	27.7065

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

ภาคผนวก ฑ

เอกสารรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

CoA No. 45/2560

คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารรับรองโครงการวิจัยในมนุษย์

คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ดำเนินการให้การรับรองการพิจารณาจริยธรรมแบบเร่งรัดโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ที่เป็นมาตรฐานสากล ได้แก่ Declaration of Helsinki, The Belmont Report, CIOMS Guideline, International Conference on Harmonization in Good Clinical Practice (ICH-GCP) and 45CFR 46.101(b)

โครงการ : การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้ระบบขนส่งสินค้าทางรางของสถานประกอบการในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

รหัสโครงการ : EC-60-49

ชื่อหัวหน้าโครงการ : นางสาววิลาสินี เป้าน้อย

สังกัด : นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

วิธีทบทวน : Expedited

รายงานความก้าวหน้า : ส่งรายงานความก้าวหน้าอย่างน้อย 1ครั้ง/ปี หรือส่งรายงานฉบับสมบูรณ์หากดำเนินโครงการเสร็จสิ้นก่อน 1 ปี

เอกสารรับรอง : ข้อเสนอโครงการ, แบบสอบถาม

ลงชื่อ.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ผลเพิ่ม)
ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วันที่รับรอง : 17 สิงหาคม 2560

วันหมดอายุ : 16 สิงหาคม 2561

ทั้งนี้ การรับรองนี้มีเงื่อนไขดังที่ระบุไว้ด้านหลังทุกข้อ (ดูด้านหลังของเอกสารรับรองโครงการวิจัย)

111 University Avenue, Suranaree Sub-District, Muang District, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand
Tel. +66 4422 3000 Fax +66 4422 4070

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

CoA No. 45/2560

Ethics Committee for Researches Involving Human Subjects, Suranaree University of Technology

Certificate of Approval

Ethics Committee for Researches Involving Human Subjects, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand, has Expedited the following study which is to be carried out in compliance with the International guidelines for human research protection as Declaration of Helsinki, The Belmont Report, CIOMS Guideline, International Conference on Harmonization in Good Clinical Practice (ICH-GCP)

Title of Project	: A Study of Factors Influencing Freight Railway Mode Choice in Northeast of Thailand
Project Code	: EC-60-49
Principal Investigator	: Miss Wilasinee Paonoi
Department	: Institute of Engineering
Review Method	: Expedited
Continuing Report	: At least once annually or submit the final report if finished
Document Reviewed	: Protocol, Questionnaire

Signature.....Chairman

(Assoc. Prof. Dr.Anan Tongraar)

Ethics Committee for Researches Involving Human Subjects,

Suranaree University of Technology

Date of Approval : 17 August 2017

Approval Expiry Date : 16 August 2018

Approval is granted subject to the following conditions : (see back of this Certificate)

111 University Avenue, Suranaree Sub-District, Muang District, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand
Tel. +66-4422-3000 Fax. +66-4422-4070

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ฒ

บทความวิชาการที่ได้ตอบรับตีพิมพ์ในระหว่างศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

Paonoi W., Siridhara S., Meeyai S., Beeharry R., and Ratanavaraha V. (2019). "**Mode Choice Models for Agricultural Products by Freight rail Transport in The Northeast of Thailand**", Suranaree Journal of Science and Technology, [Accepted].

Siridhara S., Paonoi W., Meeyai S., and Ratanavaraha V. (2019). "**Container Transport Mode Choice Analysis with A Binary Logit Model Case Study: Northeastern Thailand**", Engineering and Applied Science Research, 46(3), 256-266.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นางสาววิลาสินี เป้าน้อย เกิดเมื่อวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2527 ณ จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ในปี 2546 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปี 2552 หลังจากสำเร็จการศึกษาได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในขณะที่ศึกษาอยู่ได้มีโอกาสเป็นผู้ช่วยสอนในสาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จำนวน 1 รายวิชา คือ การวางแผนการขนส่งในเมือง และสำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาโทในปี 2554 หลังจากสำเร็จการศึกษาได้เข้าทำงานในตำแหน่งอาจารย์รับผิดชอบหลักสูตร แขนงวิศวกรรมการจัดการโลจิสติกส์ สาขาวิศวกรรมการจัดการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เป็นเวลา 1 ปี และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาเอก สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปี 2556 ด้วยทุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาที่คณาจารย์ได้รับทุนวิจัยจากแหล่งทุนภายนอก จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และได้รับทุนอุดหนุนโครงการวิจัยประเภททุนบัณฑิตศึกษา จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปี 2560 ในขณะที่ศึกษาอยู่ได้มีโอกาสเป็นผู้ช่วยสอนในสาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จำนวน 1 รายวิชา คือ ปฏิบัติการการวางแผนและออกแบบการทาง ได้สร้างผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์จากงานประชุม INTERNATIONAL CONFERENCE ON TOURISM (ICOT 2014) เรื่อง AGGREGATE AIR TAVEL DEMAND MODELS FOR THAILAND และปฏิบัติงานในตำแหน่งผู้ช่วยวิจัยของศูนย์เทคโนโลยีประยุกต์ด้านการขนส่งและโลจิสติกส์ สาขาวิศวกรรมขนส่ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ใน พ.ศ. 2556-2560