

การพัฒนาแบบจำลองฟัซซีแรนดอมยูทิลิตีสำหรับการเลือกรูปแบบการเดินทาง  
ด้วยระบบรางของนักท่องเที่ยวระหว่างเมืองในประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน:  
กรณีศึกษา รถไฟทางคู่สายเด่นชัย – เชียงราย

Development of Fuzzy Random Utility Model for Travel Mode  
Choice by Rail Transport of Tourist in ASEAN Economic Community:  
A Case Study of Double-Track Rail link Den Chai - Chiang Rai

วชิระ วิจิตรพงษ์<sup>1\*</sup>, เจษฎา โพธิ์จันทร์<sup>2</sup>, ดอนยาริต เสถียรสุข<sup>2</sup> และนัฐพร นวกิจรังสรรค์<sup>3</sup>

Wachira Wichitphongsa<sup>1\*</sup>, Jessada Pochan<sup>2</sup>, Donyarit Settasuwacha<sup>2</sup> and Nattaporn Nawakitrangsan<sup>3</sup>

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจและวิเคราะห์พฤติกรรมการเดินทางของนักท่องเที่ยวในประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC) ในปัจจุบัน รวมถึงนำเสนอปัจจัยและพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง (Mode Choice Models) โดยนำเอาทฤษฎีฟัซซีเซต (Fuzzy Set Theory) มาประยุกต์กับทฤษฎีแรนดอมยูทิลิตี (Random Utility Model) เพื่อที่จะลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการรับรู้ของค่าตัวแปรที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคล เปรียบเทียบกับแบบจำลองที่กำหนดค่าในการรับรู้ของตัวแปร การศึกษานี้ได้คัดเลือกโครงการพัฒนารถไฟทางคู่ สาย เด่นชัย – เชียงราย เป็นกรณีศึกษานำร่อง โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีโลจิสติกแบบหลายทางเลือก (Multinomial Logit) โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักท่องเที่ยวตามแนวเส้นทางโครงการ จำนวน 1,600 ตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลองฟัซซีแรนดอมยูทิลิตีสามารถอธิบายพฤติกรรมการเดินทางได้ดีกว่า โดยมีค่าระดับความเหมาะสม ( $\rho^2$ ) อยู่ในระดับ 0.45 ซึ่งสูงกว่าการแบบจำลองแบบแรนดอมยูทิลิตีที่ระดับ 0.25 โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทาง ได้แก่ เวลาการเดินทางในยานพาหนะ ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ความตรงต่อเวลา ระยะเวลาปรับเปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง และความปลอดภัย ซึ่งผลการวิเคราะห์แบบจำลอง คาดการณ์ว่าหากมีการพัฒนารถไฟทางคู่ นักท่องเที่ยวชาวไทย เมียนมาร์ ลาว และจีน จะปรับเปลี่ยนพฤติกรรมมาใช้ระบบรางเพื่อการท่องเที่ยวสูงถึงร้อยละ 28.85, 24.56, 32.14 และ 36.15 ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน พฤติกรรมนักท่องเที่ยว แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง รถไฟทางคู่

Abstract

The purposes of this research are: 1) to survey and to analyze travel behavior of tourists in the ASEAN Economic Community (AEC) 2) to present factors and to develop Mode Choice Models. Applied Fuzzy Set Theory to Random Utility Model for decrease mistake from perception of variables varied in each person compare with configure perception of variables. This research select Double-Track Rail Link

<sup>1</sup> อ., สาขาวิศวกรรมโลจิสติกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000

<sup>2</sup> อ., สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000

<sup>3</sup> ผศ.ดร., ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

<sup>1</sup> Lecturer, In Logistics Engineering, Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok, 65000

<sup>2</sup> Lecturer, In Technology of Civil Engineering, Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok, 65000

<sup>3</sup> Assist. Prof. Dr., Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520

\* Corresponding author: Tel.: 087- 3140051. E-mail address: wachira.tran@psru.ac.th

Route Den Chai – Chiang Rai Development Project as a pilot study and applied to Multinomial Logit Theory. The sample are tourists along the route 1,600 persons. The results show that the Fuzzy Random Utility Model ( $\rho^2 = 0.45$ ) can explain travel behavior better than Random Utility Model ( $P^2 = 0.25$ ). Factors influencing the choice of travel patterns are travel time, travel expenses, punctuality, time to change mode and safety. The results suggest that double-track railway development change Thai, Myanmar, Laos and Chinese tourists behavior to use railway system for travel increase 28.85%, 24.56%, 32.14% and 36.15% respectively.

**Keywords:** ASEAN Economic Community, Tourist Behavior, Mode Choice Models, Double Track Rail

## บทนำ

ปัจจุบันศักยภาพของโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งและเดินทางของประชาชนและนักท่องเที่ยว นับเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ใช้ในการเสริมสร้างความมั่นคงทางด้านเศรษฐกิจ และอำนาจการต่อรองของประเทศ จากการจัดอันดับประสิทธิภาพของระบบโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งโดย World Economic Forum (2017-2018) [1] จากทั้งสิ้น 144 ประเทศพบว่า ประเทศไทยยังมีศักยภาพโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งที่ต่ำกว่าประเทศในภูมิภาคอาเซียน เช่น ประเทศมาเลเซีย สิงคโปร์ในทุกด้าน โดยในปี 2018 ประเทศไทยมีภาพรวมของโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งอยู่ในอันดับที่ 67 ซึ่งมีอันดับที่ดีขึ้นจากปี 2014 ที่อันดับ 76 ดังแสดงในตารางที่ 1 แต่หากพิจารณาข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานรายสาขา โดยเฉพาะ ด้านระบบรางของประเทศยังพบว่า มีอันดับที่ต่ำกว่าประเทศเวียดนาม ซึ่งสาเหตุหลักเกิดจากการไม่ได้รับการพัฒนาและมุ่งเน้นการลงทุนในด้านระบบขนส่งทางรางอย่างต่อเนื่อง สภาพขบวน หัวรถจักร ระบบรางมีความเสื่อมโทรม เกิดเหตุอาชญากรรมและอุบัติเหตุ รวมถึงการขาดเทคโนโลยีอันทันสมัยและบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถอย่างเพียงพอ [2]

**ตารางที่ 1** การจัดอันดับประสิทธิภาพของระบบโครงสร้างพื้นฐาน

| ประเทศ   | อันดับผลการประเมินคุณภาพโครงสร้างพื้นฐาน |          |         |          |         |
|----------|------------------------------------------|----------|---------|----------|---------|
|          | ภาพรวม                                   | ทางถนน   | รถไฟ    | สนามบิน  | ท่าเรือ |
| สิงคโปร์ | 2 (5)                                    | 2 (6)    | 4 (10)  | 1 (1)    | 2 (2)   |
| มาเลเซีย | 21 (20)                                  | 23 (19)  | 14 (12) | 21 (19)  | 20 (19) |
| เวียดนาม | 89 (112)                                 | 92 (104) | 59 (52) | 103 (87) | 82 (88) |
| ไทย      | 67 (76)                                  | 59 (50)  | 72 (74) | 39 (37)  | 63 (54) |

\* The Global Competitiveness Report, World Economic Forum (2017-2018) และในวงเล็บ (2014-2015)

ด้วยเหตุนี้ ทางภาครัฐได้เล็งเห็นถึงปัญหาโครงสร้างพื้นฐานทางราง จึงมีแนวคิดในการจัดทำยุทธศาสตร์และแผนงานโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมขนส่งของไทย เพื่อสร้างรากฐานความมั่นคงทางเศรษฐกิจ สังคม ความปลอดภัยในการเดินทางและการขนส่งกับประเทศเพื่อนบ้าน สนับสนุนการปรับเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งสินค้าและการเดินทางของประชาชน [3] ประกอบกับ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) ได้กำหนดให้การท่องเที่ยวแบบยั่งยืนเป็นนโยบายหนึ่งในการขับเคลื่อนประเทศ [4] เนื่องจากในปัจจุบันพบว่า ประเทศไทยมีจำนวนนักท่องเที่ยวจากต่างประเทศประมาณ 66 ล้านคนต่อปี และทำรายได้ให้กับประเทศจำนวนมาก การขนส่งทางรางจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งในการขับเคลื่อนนโยบายดังกล่าว ลดพึ่งพาทางถนนเป็นหลักไปใช้การขนส่งที่มีต้นทุนต่อหน่วยต่ำกว่า รวมทั้งการยกระดับความปลอดภัยในการเดินทางและการขนส่งไปสู่ศูนย์กลางของภูมิภาคทั่วประเทศ

จากเหตุผลข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาปัจจัยและพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางของนักท่องเที่ยว เพื่อวิเคราะห์และอธิบายพฤติกรรมการเดินทางของนักท่องเที่ยวในประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC) พร้อมทั้งพยากรณ์การเลือกรูปแบบการเดินทางท่องเที่ยวโดยใช้ขนส่งระบบราง ซึ่งในปัจจุบันนิยมเลือกใช้ทัศนียภาพที่สวยงาม (Random Utility) ซึ่งเป็นแบบจำลองเชิงพฤติกรรมที่ใช้อธิบายการเลือกของมนุษย์ โดยทางเลือกแต่ละทางเลือกจะถูกประเมินอัตราประโยชน์สูงสุดและผู้ตัดสินใจจะเลือกทางเลือกที่ให้อัตราประโยชน์สูงสุด โดยสมมติว่าผู้ตัดสินใจทราบข้อมูลทางเลือกครบถ้วนในการตัดสินใจเลือก แต่บ่อยครั้งผู้ตัดสินใจไม่มีข้อมูลที่สมบูรณ์ และไม่สามารถเลือก

ทางเลือกที่ดีที่สุดได้ โดยเฉพาะปัญหาที่มีความซับซ้อน การรับรู้ของแต่ละคนต่อตัวแปรคุณลักษณะต่าง ๆ อาจไม่มีความถูกต้อง มีความผิดพลาด หรือไม่แม่นยำ

ดังนั้น เพื่อที่จะลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการรับรู้ของค่าตัวแปรที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคล ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาและเปรียบเทียบแบบจำลองแรนดอมยูทิลิตี (Random Utility Model) โดยนำเอาทฤษฎีฟัซซีเซต (Fuzzy Set Theory) มาประยุกต์กับทฤษฎีแรนดอมยูทิลิตี รู้จักกันในชื่อฟัซซีแรนดอมยูทิลิตี (Fuzzy Random Utility Model) [4] โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทางของนักท่องเที่ยว และเพื่อสร้างแบบจำลองโลจิสต์แบบหลายทางเลือก (Multinomial Logit Model) ที่มีความเหมาะสมที่สุด โดยกรณีศึกษาในครั้งนี้คัดเลือกโครงการนาร่อง คือ โครงการก่อสร้างเส้นทางรถไฟสายใหม่ (เด่นชัย-เชียงใหม่) มักได้รับการบรรจุไว้ในยุทธศาสตร์การพัฒนาของกระทรวงคมนาคมในทุกยุคสมัย เนื่องจากเป็นโครงการที่สามารถตอบโจทย์การพัฒนาใน หลายด้าน เช่น การขยายโครงข่ายและการเข้าถึงการให้บริการ สนับสนุนการปรับเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางของประชาชน นักท่องเที่ยว และขนส่งสินค้าทำให้สามารถลดต้นทุนทางด้านโลจิสติกส์ของประเทศและลดการนำเข้าเชื้อเพลิง ช่วยให้การเดินทางด้วยความสะดวก รวดเร็ว และปลอดภัย อีกทั้งยังสนับสนุนการเชื่อมโยงระบบคมนาคมขนส่งกับประเทศเพื่อนบ้าน สปป.ลาว และประเทศจีนตอนใต้

### วัตถุประสงค์

เพื่อสำรวจและวิเคราะห์พฤติกรรมการเดินทางของนักท่องเที่ยวในประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC) ในปัจจุบัน รวมถึงนำเสนอปัจจัยและพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง โดยนำเอาทฤษฎีฟัซซีเซต มาประยุกต์กับทฤษฎีแรนดอมยูทิลิตี เพื่อที่จะลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการรับรู้ของค่าตัวแปรที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคล เปรียบเทียบกับแบบจำลองที่กำหนดค่าในการรับรู้ของตัวแปร รวมถึงคาดการณ์สัดส่วนการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการเดินทางของนักท่องเที่ยว หากมีการพัฒนาเส้นทางรถไฟทางคู่สาย (เด่นชัย-เชียงใหม่)

### ระเบียบวิธีการศึกษา

#### 1. เครื่องมือและตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษานี้ได้เลือกใช้เทคนิควิธีการสำรวจข้อมูลแบบ Stated Preference โดยการสัมภาษณ์แบบตัวต่อตัวกับนักท่องเที่ยวโดยใช้แบบสอบถาม ในลักษณะของข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจและสังคม ลักษณะการเดินทางและยานพาหนะที่เลือกใช้ รวมถึงการตัดสินใจและข้อมูลประกอบการเลือกรูปแบบการเดินทางของนักท่องเที่ยว เมื่อเผชิญกับสถานการณ์จำลองที่กำหนดขึ้น โดยแบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บข้อมูลมีจำนวน 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นแบบสอบถามที่เกี่ยวกับลักษณะทั่วไปของผู้ตอบ เช่น เพศ อายุ อาชีพ รายได้ เส้นทางและแหล่งท่องเที่ยว ระยะเวลาในการท่องเที่ยว ค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยว และแนวโน้มการเดินทางท่องเที่ยวซ้ำ เป็นต้น ส่วนที่ 2 เป็นแบบสอบถามเพื่อตรวจสอบพฤติกรรมการตัดสินใจของผู้เดินทางต่อรูปแบบการเดินทางท่องเที่ยว โดยสมมุติสถานการณ์ต่าง ๆ ของรูปแบบการเดินทางให้ผู้เดินทางเลือกรูปแบบการเดินทางที่พึงพอใจมากที่สุด

จากการกำหนดตัวแปรคุณสมบัติของกลุ่มตัวเลือกรูปแบบการเดินทางที่ต้องการศึกษา มีตัวแปรที่สนใจทั้งหมด 5 ตัวแปร ดังนี้ เวลาเดินทาง เวลารอคอย เข้าถึงระบบขนส่ง ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง และค่าโดยสาร เมื่อจัดตัวแปรทั้งหมดเข้ากับตัวเลือกรูปแบบการเดินทางพบว่า มีตัวแปรคุณสมบัติทั้งหมดที่ต้องพิจารณารวมกันของรูปแบบการเดินทางทุกรูปแบบทั้งหมด 18 ตัวแปร การออกแบบการทดลองพิจารณาใช้แผนแบบการทดลองแบบ Fractional Factorial Design [5]

ตารางที่ 2 ตัวแปรคุณสมบัติของรูปแบบการเดินทางในรูปแบบต่าง ๆ

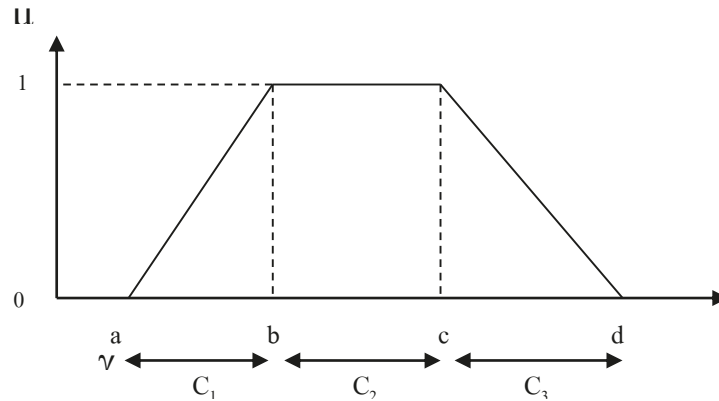
| รูปแบบการเดินทาง | ตัวแปรคุณสมบัติที่สนใจ                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| รถยนต์ส่วนบุคคล  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเดินทาง</li> <li>- ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง)</li> <li>- ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา และซ่อมบำรุง</li> </ul>                                           |
| รถไฟฟ้าทางคู่    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ระยะเวลาในการเข้าถึงสถานีรถไฟฟ้าทางคู่</li> <li>- ระยะเวลาเดินทางในรถไฟฟ้า</li> <li>- ค่าโดยสาร</li> <li>- เวลาคอย</li> <li>- ระยะเวลาในการเดินทางออกจากสถานีไปยังจุดหมายปลายทาง</li> </ul>     |
| รถขนส่งสาธารณะ   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ระยะเวลาในการเข้าถึงรถขนส่งสาธารณะ</li> <li>- ระยะเวลาเดินทางในรถขนส่งสาธารณะ</li> <li>- ค่าโดยสาร</li> <li>- เวลาคอย</li> <li>- ระยะเวลาในการเดินทางออกจากจุดจอดไปยังจุดหมายปลายทาง</li> </ul> |
| เครื่องบิน       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ระยะเวลาในการเข้าถึงสนามบิน</li> <li>- ระยะเวลาเดินทางในเครื่องบิน</li> <li>- ค่าโดยสาร</li> <li>- เวลาคอย</li> <li>- ระยะเวลาในการเดินทางออกจากจุดจอดไปยังจุดหมายปลายทาง</li> </ul>            |

## 2. การสำรวจข้อมูล

การสำรวจข้อมูลกลุ่มเป้าหมายเป็นนักท่องเที่ยวที่สามารถตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางด้วยตนเองได้ ด้วยเทคนิควิธีการสำรวจข้อมูลแบบ Stated Preference โดยสัมภาษณ์แบบตัวต่อตัวเพื่อสร้างแบบจำลองแรนดอมยูทิลิตี (Random Utility Model) และเปรียบเทียบกับแบบจำลองฟัซซีแรนดอมยูทิลิตี (Fuzzy Random Utility Model) จากการสำรวจข้อมูลได้แบบสอบถามที่สมบูรณ์ทั้งสิ้น 1,600 แบบสอบถาม และแบบสอบถามสำหรับเปรียบเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง 325 ตัวอย่าง ซึ่งเทียบเคียงจากจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม [2-3] ที่ระบุว่า 200-400 กลุ่มตัวอย่างก็เพียงพอในการวิเคราะห์แบบจำลองประเภทโลจิต

## 3. การสร้างค่าตัวแปรคุณสมบัติเป็นแบบฟัซซีและ ระดับของตัวแปรคุณสมบัติ (Mode Choice Attribute Levels)

ในการศึกษานี้จะกำหนดระดับของตัวแปรคุณสมบัติเป็น 3 ระดับ คือ สูง กลาง และต่ำ โดยสอบถามเพื่อกำหนดค่าระดับต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสร้างฟัซซีเซต (จำนวนฟัซซี และระดับความเป็นสมาชิก) ของแต่ละตัวแปรที่สนใจ การสำรวจเพื่อกำหนดจำนวนฟัซซีและค่าระดับ จะทำการสำรวจโดยการสอบถามความเห็นจากกลุ่มตัวอย่างของนักท่องเที่ยว โดยออกแบบให้ตัวแปรคุณสมบัติเป็นจำนวนฟัซซีแบบสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal Fuzzy Number) ซึ่งเป็นรูปร่างที่ดีในการสะท้อนความคลุมเครือของตัวแปรคุณสมบัติ ดังแสดงในภาพที่ 1 [6]



ภาพที่ 1 Trapezoidal Fuzzy Numbers, TrFN

#### 4. การสร้างฟังก์ชันระดับของตัวแปรคุณสมบัติ (Generation of Fuzzy Set Attribute Levels)

ในการสร้างแบบจำลอง RUM ตัวแปรคุณสมบัติ (Attributes) จะอยู่ในรูปของฟังก์ชันเซต ซึ่งมีฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเป็นแบบ TFN's (Triangular Fuzzy Numbers) หรือ TrFN's (Trapezoidal Fuzzy Numbers) ซึ่งรูปร่างของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกดังกล่าวสอดคล้องกับการรับรู้ของมนุษย์จะรวมลักษณะเฉพาะหลาย ๆ อย่างของแต่ละบุคคล

ในการสร้างฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของแต่ละ Fuzzy Attributes เป็นสามระดับ คือ สูง กลาง ต่ำ นั้น ได้จากการสอบถามนักท่องเที่ยว ทางจากแบบสอบถามในส่วนที่ 3 ดังแสดงในภาคผนวก เกี่ยวกับช่วงปานกลาง ต่ำสุด และสูงสุด ที่เป็นไปได้ ตัวอย่างเช่น ฟังก์ชันตรงกับบุคคลที่ระบุช่วงเวลาปานกลาง ที่ 25-30 นาที ในการเดินทาง ช่วงเวลาต่ำที่สุดคือ 20 นาที และสูงที่สุดระบุเป็นช่วงคือ 45-50 นาที

สำหรับการสร้างช่วงหรือรูปร่างของ เวลาในการเดินทาง 3 ระดับ ดังแสดงในรูปที่ 2

- ช่วงของฟังก์ชันที่แสดงถึงค่า “ปกติ” หรือ “ปานกลาง” จะถูกกำหนดให้อยู่ในช่วงที่ผู้ตอบระบุไว้ คือ ช่วงของเวลาการเดินทางปกติ [b-c] และมีรูปร่างตามสัดส่วนของ TrFN ที่กำหนดโดยผู้ตอบ
- ฟังก์ชันเซต “เวลาเดินทางต่ำ” มีจุดเริ่มต้นตรงกับเวลาที่ต่ำที่สุดที่ระบุโดยผู้เดินทาง (a) มีระดับความเป็นสมาชิกเท่ากับ 1 และมีระดับความเป็นสมาชิกลดลงจนถึงไม่มีความเป็นสมาชิกที่ตำแหน่งของเวลาเดินทางของฟังก์ชันเซต “ปานกลาง” ที่มีค่าระดับความเป็นสมาชิกเท่ากับ 1
- ฟังก์ชันเซต “เวลาการเดินทางสูง” มีจุดเริ่มต้นที่ตรงกับตำแหน่งของเวลาเดินทางของฟังก์ชันเซต “ปานกลาง” ที่มีค่าระดับความเป็นสมาชิกเท่ากับ 1 และมีระดับความเป็นสมาชิกเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการเดินทางเพิ่มขึ้น และมีค่าเท่ากับ 1 ที่เวลาเดินทางสูงที่สุด 45 นาที (b)
- เซตของ “เวลาการเดินทางต่ำ” และ “เวลาการเดินทางสูง” เป็น Triangular Fuzzy Numbers

#### 5. สมการอรรถประโยชน์และแบบจำลองโลจิตหลายทางเลือก (Multinomial Logit Model)

ในงานวิจัยด้านการจราจรและขนส่งที่ผ่านมา นิยมนำแบบจำลองทางเลือกแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Choice Models) มาใช้อธิบายพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทาง [1-3] โดยวิเคราะห์และคาดการณ์พฤติกรรมของผู้เดินทางซึ่งตัดสินใจโดยพิจารณาคุณสมบัติต่าง ๆ (Attributes) ของแต่ละรูปแบบการเดินทางที่แตกต่างกัน แล้วจึงเลือกรูปแบบการเดินทางที่ให้ค่าอรรถประโยชน์สูงสุด (Utility Maximization) ซึ่งรายละเอียดของทฤษฎีที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองมีดังนี้

ทฤษฎีอรรถประโยชน์เชิงสุ่ม (Random Utility Theory) [1] เป็นทฤษฎีที่มีสมมติฐานว่า ผู้ตัดสินใจ (Decision Maker) จะพิจารณาเลือกตัวเลือกที่ก่อให้เกิดอรรถประโยชน์สูงสุด โดยที่ความพึงพอใจนั้นสามารถวัดได้ในเชิงปริมาณด้วยฟังก์ชันอรรถประโยชน์ (Utility Function) โดยรูปแบบฟังก์ชันอรรถประโยชน์สามารถแยกออกเป็น 2 องค์ประกอบ ได้แก่ ส่วนประกอบของอรรถประโยชน์ที่สามารถวัดค่าได้แน่นอน (Determinant Component) และส่วนอรรถประโยชน์ที่รวมตัวแปรความไม่แน่นอน (Random Component) ทั้งความผิดพลาดจากการวัดค่า ความผิดพลาดจากการสำรวจ สนิมเฉพาะบุคคล (Individual Taste) ฯลฯ แสดงดังสมการที่ (1) [8-13]

$$u_{in} = v_{in} + \varepsilon_{in} \quad (1)$$

โดยที่  $u_{in}$  = อรรถประโยชน์สำหรับผู้ตัดสินใจคนที่  $n$  ให้กับตัวเลือกที่  $i$   
 $v_{in}$  = องค์ประกอบอรรถประโยชน์ที่วัดค่าได้แน่นอน สำหรับผู้  
 ตัดสินใจคนที่  $n$  ให้กับตัวเลือกที่  $i$   
 $\varepsilon_{in}$  = องค์ประกอบอรรถประโยชน์ที่ไม่สามารถวัดค่าที่แน่นอน  
 สำหรับผู้ตัดสินใจคนที่  $n$  ให้กับตัวเลือกที่  $i$

โดยฟังก์ชันอรรถประโยชน์ในสมการที่ (1) สามารถแสดงให้อยู่ในรูปความสัมพันธ์เชิงเส้น ดังสมการที่ (2)

$$u_{in} = \beta_{0n} + \sum_{i=1}^n \beta_{in} x_{in} + \varepsilon_{in} \quad (2)$$

$\beta_{0n}$  เมื่อ  $\beta_i$  คือ ค่าพารามิเตอร์หรือสัมประสิทธิ์ (Coefficients) สำหรับตัวแปรตัวที่  $i$  แสดงถึงอิทธิพลของ  
 ตัวแปรตัวที่  $n$  ที่มีต่อระดับความพึงพอใจ โดยทั่วไปมักกำหนดว่า สัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรจะไม่แปรเปลี่ยนไปตาม  
 ทางเลือกหรือผู้ใช้บริการ แต่ในทางปฏิบัติสัมประสิทธิ์ของแต่ละทางเลือกอาจแตกต่างกันได้ ขึ้นอยู่กับสมมติฐานเกี่ยวกับ  
 พฤติกรรมของผู้เลือกใช้บริการ

$x_{in}$  คือ สิ่งที่ผู้ตัดสินใจคนที่  $n$  เลือกพิจารณาทางเลือกที่  $i$  โดยทั่วไปจะรวมไปถึงตัวแปรที่สะท้อนถึงลักษณะ  
 และคุณภาพของตัวเลือก สำหรับการเลือกทางเลือกในการเดินทางนั้นประกอบด้วย ตัวแปร เช่น เวลาที่ใช้ในการเดินทาง  
 ค่าโดยสาร รายได้ของบุคคล เพศ อายุ เป็นต้น

ทฤษฎีอรรถประโยชน์เชิงสุ่ม (Random Utility Theory) ตั้งอยู่บนสมมติฐานเกี่ยวกับการกระจายของตัวแปรที่  
 ไม่สามารถวัดได้ ( $\varepsilon_{in}$ ,  $\varepsilon_{jn}$ ) มีความเป็นอิสระต่อกัน (Independent) และมีการกระจายของตัวแปรเชิงสุ่มนั้นในรูปแบบ  
 ปกติหรือรูปแบบอื่น ๆ เช่น แบบจำลองโพรบิต (Probit Models) เมื่อตัวแปรมีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal  
 Distribution) และแบบจำลองโลจิต (Logit Models) เมื่อตัวแปรมีการกระจายตัวแบบกัมเบล (Gumbel Distribution)  
 หรือกระจายตัวแบบค่าขีดสุดประเภทที่ 1 (Type I Extreme value) สำหรับในงานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่นิยมสมมติให้ตัว  
 แปรมีการกระจายตัวแบบกัมเบล สำหรับการศึกษารังนี้ได้เลือกใช้แบบจำลองโลจิต (Logit Model) ซึ่งสามารถแสดง  
 ความน่าจะเป็นของผู้เดินทางท่องเที่ยว ดังสมการที่ (3)

$$P_n(i) = \frac{e^{v_{in}}}{\sum_{j \in C_m} e^{v_{jn}}} \quad (3)$$

โดยที่  $P_n(i)$  = ความน่าจะเป็นของผู้เลือกลำดับที่  $n$  ซึ่งเลือกรูปแบบการเดินทาง  $i$   
 $v_{in}$  = ค่าอรรถประโยชน์ ของทางเลือก  $i$  ของผู้เดินทางคนที่  $n$   
 $C_m$  = จำนวนของทางเลือกทั้งหมด  
 $j$  = ทางเลือกที่  $j$  (เช่น รถยนต์ รถไฟฟ้า เป็นต้น)

## 6. การสร้างและคัดเลือกแบบจำลอง

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจข้อมูลภาคสนามจะถูกนำมาแบ่งเป็น 2 ชุด เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลอง และทดสอบ  
 ความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลอง แบ่งข้อมูลออกเป็น 1,600 ตัวอย่าง สำหรับสร้างแบบจำลอง และ 325 ตัวอย่าง  
 สำหรับตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง คิดเป็นร้อยละ 20 โดยกลุ่มตัวอย่างสำรวจนักท่องเที่ยวตามจังหวัดในแนว  
 เส้นทางที่รถไฟทางคู่ตัดผ่าน ซึ่งแบ่งสัดส่วนของกลุ่มตัวอย่างนักท่องเที่ยวตามสถิตินักท่องเที่ยวในพื้นที่ ประกอบไปด้วย  
 นักท่องเที่ยวชาวไทย 478 ตัวอย่าง นักท่องเที่ยวชาวลาว 326 ตัวอย่าง นักท่องเที่ยวชาวพม่า 314 ตัวอย่าง และ  
 นักท่องเที่ยวชาวจีน 482 ตัวอย่าง

แบบจำลองที่สร้างขึ้นเป็นแบบจำลองแบบหลายทางเลือก (Multinomial Logit Model) เพื่อใช้ในการทำนาย  
 สัดส่วนการเลือกรูปแบบการเดินทางทั้ง 4 รูปแบบ คือ รถยนต์ส่วนบุคคล รถไฟทางคู่ รถขนส่งสาธารณะ และเครื่องบิน

ตามแนวเส้นทาง กรุงเทพฯ-เชียงใหม่ โดยใช้โปรแกรมทางสถิติในการประมาณค่าพารามิเตอร์ ด้วยวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation)

การกำหนดตัวแปรในการสร้างแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางจะใช้ตัวแปรที่แสดงถึงคุณลักษณะของรูปแบบการเดินทาง และ ตัวแปรด้านสังคม-เศรษฐกิจของผู้เดินทาง โดยแยกพิจารณาเป็น 2 แนวทาง ดังนี้

1. พิจารณาตัวแปรค่าใช้จ่ายและเวลาในการเดินทางรวมเป็นแบบ Generic Attributes และตัวแปรลักษณะทางสังคม-เศรษฐกิจของผู้เดินทาง
2. พิจารณาตัวแปรค่าใช้จ่ายและเวลาในการเดินทางรวมเป็นแบบ Mode-Specific Attributes และตัวแปรลักษณะทางสังคม-เศรษฐกิจของผู้เดินทาง

**ตารางที่ 3** ตัวแปรคุณลักษณะของรูปแบบการเดินทาง และของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง

| ตัวแปร Generic       | ความหมาย                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TIME                 | ระยะเวลาเดินทางซึ่งรวมเวลาเดินทางนอกยานพาหนะ (นาที) <ul style="list-style-type: none"> <li>● ประกอบไปด้วย ระยะเวลาในยานพาหนะ + ระยะเวลารอ + ระยะเวลาเข้าถึง และระยะเวลาออกจากยานพาหนะ ไปยังจุดต้นทาง และปลายทาง</li> </ul>                        |
| COST                 | ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (บาท) <ul style="list-style-type: none"> <li>● รถยนต์และรถจักรยานยนต์ ได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง</li> <li>● รถโดยสาร รถไฟ เครื่องบิน ได้แก่ ค่าโดยสาร</li> <li>● ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง และบำรุงรักษายานพาหนะ</li> </ul> |
| ตัวแปร Mode Specific | ความหมาย                                                                                                                                                                                                                                          |
| PCTIME               | เวลาเดินทางในรถยนต์ส่วนบุคคล (นาที)                                                                                                                                                                                                               |
| TRTIME               | เวลาเดินทางในรถไฟ (นาที)                                                                                                                                                                                                                          |
| BUSTIME              | เวลาเดินทางในรถโดยสาร (นาที)                                                                                                                                                                                                                      |
| PLTIME               | เวลาเดินทางในเครื่องบิน (นาที)                                                                                                                                                                                                                    |
| MULTITIME            | เวลาเดินทางขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (นาที)                                                                                                                                                                                                        |
| ACCTIME              | เวลาในการเข้าถึงยานพาหนะ รถไฟ รถโดยสาร เครื่องบิน และการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (นาที)                                                                                                                                                           |
| EGTIME               | เวลาเดินทางจากจุดจอดไปยังจุดหมาย รถไฟ รถโดยสาร เครื่องบิน และการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (นาที)                                                                                                                                                   |
| WAITTTR              | เวลารอคอยรถไฟ (นาที)                                                                                                                                                                                                                              |
| WAITTBUS             | เวลารอคอยรถโดยสาร (นาที)                                                                                                                                                                                                                          |
| WAITTPL              | เวลารอคอยเครื่องบิน (นาที)                                                                                                                                                                                                                        |
| WAITTMULTI           | เวลารอคอยขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (นาที)                                                                                                                                                                                                          |
| PCFUEL               | ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงรถยนต์ (บาท/วัน)                                                                                                                                                                                                               |
| TRFARE               | ค่าใช้จ่ายในการใช้บริการรถไฟ (บาท)                                                                                                                                                                                                                |
| BUSFARE              | ค่าใช้จ่ายในการใช้บริการรถโดยสาร (บาท)                                                                                                                                                                                                            |
| PLFARE               | ค่าใช้จ่ายในการใช้บริการเครื่องบิน (บาท)                                                                                                                                                                                                          |
| MULTIFARE            | ค่าใช้จ่ายในการใช้บริการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (บาท)                                                                                                                                                                                            |
| MAPC                 | ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง และบำรุงรักษายานพาหนะส่วนบุคคล (บาท)                                                                                                                                                                                     |
| SAFE                 | ความปลอดภัยในการเดินทาง                                                                                                                                                                                                                           |
| CONV                 | ความสะดวกสบายในการเดินทาง                                                                                                                                                                                                                         |
| SEX                  | เพศ                                                                                                                                                                                                                                               |

ตารางที่ 3 ตัวแปรคุณลักษณะของรูปแบบการเดินทาง และของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง (ต่อ)

| ตัวแปร Mode Specific | ความหมาย                                 |
|----------------------|------------------------------------------|
| AGE                  | ช่วงอายุ                                 |
| OCCUP                | อาชีพ                                    |
| INCOME               | รายได้                                   |
| EDUC                 | ระดับการศึกษา                            |
| NUMT                 | จำนวนผู้เดินทางท่องเที่ยว                |
| NUMA                 | จำนวนแหล่งท่องเที่ยวในการเดินทางครั้งนี้ |
| NUMD                 | ระยะเวลาท่องเที่ยว                       |

## ผลการศึกษา

### 1. ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของกลุ่มตัวอย่าง

ผลการสำรวจข้อมูลภาคสนามได้จำนวนแบบสอบถามทั้งหมด 1,600 ตัวอย่าง โดยการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง รวมถึงข้อมูลพฤติกรรมการเดินทางของกลุ่มตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับนักท่องเที่ยวถูกสัมภาษณ์

| ประเภทของข้อมูล      | รายละเอียด                   | จำนวน | ร้อยละ |
|----------------------|------------------------------|-------|--------|
| สัญชาติ              | ไทย                          | 478   | 29.88% |
|                      | ลาว                          | 314   | 19.63% |
|                      | พม่า                         | 326   | 20.38% |
|                      | จีน                          | 482   | 30.13% |
| เพศ                  | ชาย                          | 848   | 53.00% |
|                      | หญิง                         | 752   | 47.00% |
| อายุ                 | น้อยกว่า 20 ปี               | 12    | 0.75%  |
|                      | 21 – 30 ปี                   | 562   | 35.13% |
|                      | 31 – 40 ปี                   | 674   | 42.13% |
|                      | 41 – 50 ปี                   | 254   | 15.88% |
|                      | 51 – 60 ปี                   | 68    | 4.25%  |
|                      | 61 ปีขึ้นไป                  | 30    | 1.88%  |
| อาชีพ                | ข้าราชการ พนักงานรัฐวิสาหกิจ | 475   | 29.69% |
|                      | เจ้าของกิจการ                | 195   | 12.19% |
|                      | นักเรียน นักศึกษา            | 452   | 28.25% |
|                      | พนักงานบริษัทเอกชน ลูกจ้าง   | 324   | 20.25% |
|                      | อื่น ๆ                       | 154   | 9.63%  |
| รายได้เฉลี่ยต่อเดือน | ต่ำกว่า 5,000 บาท            | 114   | 7.13%  |
|                      | 5,001-10,000 บาท             | 232   | 14.50% |
|                      | 10,001-20,000 บาท            | 402   | 25.13% |
|                      | 20,001-30,000 บาท            | 531   | 33.19% |
|                      | 30,001-40,000 บาท            | 165   | 10.31% |
|                      | มากกว่า 40,000 บาท           | 154   | 9.63%  |

ตารางที่ 4 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับนักท่องเที่ยวถูกสัมภาษณ์ (ต่อ)

| ประเภทของข้อมูล                    | รายละเอียด               | จำนวน | ร้อยละ |
|------------------------------------|--------------------------|-------|--------|
| ระดับการศึกษา                      | ต่ำกว่า ม.6 หรือ ปวช.    | 187   | 11.69% |
|                                    | อนุปริญญา หรือ ปวส.      | 195   | 12.19% |
|                                    | ปริญญาตรี                | 1,075 | 67.19% |
|                                    | ปริญญาตรีขึ้นไป          | 143   | 8.94%  |
| การเลือกรูปแบบการเดินทางท่องเที่ยว | รถยนต์ส่วนบุคคล          | 579   | 36.19% |
|                                    | รถโดยสาร                 | 247   | 15.44% |
|                                    | รถไฟ                     | 142   | 8.88%  |
|                                    | เครื่องบิน               | 378   | 23.63% |
|                                    | ขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ | 254   | 15.88% |

## 2. การคัดเลือกตัวแปรในสมการอรรถประโยชน์

การศึกษานี้ได้สร้างแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางที่ใช้ตัวแปรคุณลักษณะของการเดินทาง รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 6 โดยพิจารณาเป็น 2 แนวทางดังนี้

1) พิจารณาตัวแปรค่าใช้จ่ายและเวลาในการเดินทางรวมเป็นแบบ Generic Attributes โดยตั้งสมมุติฐานว่า ผู้เดินทางมองคุณค่าของเงินและเวลาที่เสียไปในการเดินทางของแต่ละรูปแบบการเดินทางเหมือนกัน ดังนั้นตัวแปรค่าใช้จ่ายและเวลาเดินทางของทุกรูปแบบการเดินทางจะมีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรเหมือนกัน

2) พิจารณาตัวแปรค่าใช้จ่ายและเวลาในการเดินทางรวมเป็นแบบ Alternative-Specific Attributes โดยตั้งสมมุติฐานจากตัวแปรที่เราสนใจพบว่า แต่ละตัวแปรจะแตกต่างกันไประหว่างผู้เลือกแต่ละคน คนที่อยู่ห่างไกลกว่าจะใช้เวลาในการเดินทางมากกว่า รวมทั้งเสียค่าน้ำมันเชื้อเพลิงมากกว่า ในทางตรงข้ามคนที่อยู่บ้านใกล้ที่ทำงานก็จะมีเวลาเหล่านี้น้อยกว่า นอกจากนั้น จำนวนรถยนต์ต่อครัวเรือนย่อมแตกต่างกันไปในแต่ละครัวเรือน ดังนั้นตัวแปรเหล่านี้จึงสะท้อนให้เห็นถึงคุณลักษณะของผู้เลือก (Characteristic) ในอีกด้านหนึ่งตัวแปรเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะของทางเลือก (Attributes) ด้วย เนื่องจากเวลาและต้นทุนในการเดินทางที่แตกต่างกัน จึงพิจารณาตัวแปรค่าใช้จ่ายและเวลาในการเดินทางเป็นแบบ Alternative-Specific Attributes

โดยผู้วิจัยได้จัดแบ่งแบบจำลองที่ได้พัฒนาทั้งสิ้น 4 รูปแบบ ดังนี้

- (Model 1) ผลการพัฒนาแบบจำลอง Random Utility ที่พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์แบบ Generic
- (Model 2) ผลการพัฒนาแบบจำลอง Random Utility ที่พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์แบบ Alternative-Specific Attributes
- (Model 3) ผลการพัฒนาแบบจำลอง Fuzzy Random Utility ที่พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์แบบ Generic
- (Model 4) ผลการพัฒนาแบบจำลอง Fuzzy Random Utility ที่พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์แบบ Alternative-Specific Attributes

การคัดเลือกแบบจำลองจะพิจารณาจากหลักความเหมาะสมที่ดี (Goodness of Fit) คือ แบบจำลองที่การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต้นที่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามได้เป็นอย่างดี ดังนั้น หลักเกณฑ์ที่ใช้พิจารณา คือค่า Likelihood Ratio Index ( $\rho^2$ ) และประเมินจากร้อยละความถูกต้องในการทำนาย แบบจำลองที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์นโยบายจะเลือกแบบจำลอง Model-4 เนื่องจากให้ค่า  $\rho^2$  ที่ดีที่สุด และร้อยละการคาดการณ์ที่ดีที่สุดจากแบบจำลองที่สร้างมาทั้งหมด รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สรุปผลการสร้างแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง

| แบบจำลอง | Adjusted rho-square | %Correct |
|----------|---------------------|----------|
| Model-1  | 0.208               | 51       |
| Model-2  | 0.298               | 55       |
| Model-3  | 0.385               | 68       |
| Model-4  | 0.450               | 72       |

โดยแบบจำลอง (Model 4) จากค่าสัมประสิทธิ์และค่าสถิติของแบบจำลอง เมื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง โดยพิจารณาเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์พบว่า มีความถูกต้อง สมเหตุ สมผล การตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง ค่า  $\rho^2$  ที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.450 แสดงว่า แบบจำลองสามารถอธิบายพฤติกรรมของกลุ่มตัวอย่างอยู่ในเกณฑ์ที่รับได้ (2) การตรวจสอบความถูกต้องโดยรวมในการทำนาย (%Correct) พบว่า มีความถูกต้องในการทำนายร้อยละ 72 ซึ่งถือว่ามีความสูงเพียงพอต่อการนำไปประยุกต์ใช้ ดังแสดงในตาราง 6 สาเหตุที่อาจทำให้มีความคลาดเคลื่อนอาจเกิดจากกลุ่มตัวอย่างอาจไม่ได้พิจารณาการเลือกการเดินทางจากตัวแปรด้านเวลา และค่าใช้จ่ายเท่านั้น แต่อาจจะพิจารณาตัวแปรด้านความสะดวกสบาย ความง่ายในการเดินทาง ความเป็นที่นิยม เป็นต้น

**ตารางที่ 6** ฟังก์ชันอรรถประโยชน์แบบ Alternative-specific attributes จากการพัฒนา Fuzzy Random utility

| Variables  | รูปแบบการเดินทาง         | Coefficient | Std. Error | t- Ratio | p-value |
|------------|--------------------------|-------------|------------|----------|---------|
| CONSTANT   | รถยนต์ส่วนบุคคล          | 2.145       | 0.024      | 15.196   | 0.000   |
| CONSTANT   | รถไฟ                     | 0.854       | 0.103      | 7.552    | 0.000   |
| CONSTANT   | รถโดยสาร                 | 1.069       | 0.092      | 12.436   | 0.000   |
| CONSTANT   | เครื่องบิน               | 1.589       | 0.076      | 11.368   | 0.000   |
| CONSTANT   | ขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ | 1.435       | 0.064      | 12.412   | 0.000   |
| PCTIME     | รถยนต์ส่วนบุคคล          | -0.082      | 0.015      | 17.012   | 0.000   |
| TRTIME     | รถไฟ                     | -0.023      | 0.002      | 21.235   | 0.000   |
| BUSTIME    | รถโดยสาร                 | -0.063      | 0.023      | 15.365   | 0.000   |
| PLTIME     | เครื่องบิน               | -0.042      | 0.019      | 16.141   | 0.000   |
| MULTITIME  | ขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ | -0.032      | 0.087      | 12.489   | 0.000   |
| ACCTIME    | ทุกรูปแบบการขนส่ง        | -0.112      | 0.055      | 13.254   | 0.000   |
| EGTIME     | ทุกรูปแบบการขนส่ง        | -0.106      | 0.016      | 17.748   | 0.000   |
| WAITTTR    | รถไฟ                     | -0.124      | 0.085      | 12.569   | 0.000   |
| WAITTBUS   | รถโดยสาร                 | -0.132      | 0.067      | 12.369   | 0.000   |
| WAITTPL    | เครื่องบิน               | -0.141      | 0.083      | 12.375   | 0.000   |
| WAITTMULTI | ขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ | -0.138      | 0.073      | 13.476   | 0.000   |
| PCFUEL     | รถยนต์ส่วนบุคคล          | -0.034      | 0.054      | 13.965   | 0.000   |
| TRFARE     | รถไฟ                     | -0.026      | 0.057      | 13.547   | 0.000   |
| BUSFARE    | รถโดยสาร                 | -0.031      | 0.047      | 13.641   | 0.000   |
| PLFARE     | เครื่องบิน               | -0.047      | 0.068      | 12.896   | 0.000   |
| MULTIFARE  | ขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ | -0.028      | 0.052      | 12.147   | 0.000   |
| MAPC       | ทุกรูปแบบการขนส่ง        | -0.139      | 0.065      | 12.695   | 0.000   |
| SAFE       | ทุกรูปแบบการขนส่ง        | 1.325       | 0.092      | 11.023   | 0.000   |

ตารางที่ 6 ฟังก์ชันอรรถประโยชน์แบบ Alternative-Specific Attributes จากการพัฒนา Fuzzy Random Utility (ต่อ)

| Variables              | รูปแบบการเดินทาง  | Coefficient | Std. Error | t- Ratio | p-value |
|------------------------|-------------------|-------------|------------|----------|---------|
| CONV                   | ทุกรูปแบบการขนส่ง | 1.247       | 0.019      | 16.125   | 0.000   |
| SEX                    | ทุกรูปแบบการขนส่ง | 1.213       | 0.979      | 2.597    | 0.325   |
| AGE                    | ทุกรูปแบบการขนส่ง | 1.035       | 0.855      | 1.369    | 0.311   |
| OCCUP                  | ทุกรูปแบบการขนส่ง | 1.477       | 1.352      | 0.254    | 1.245   |
| INCOME                 | ทุกรูปแบบการขนส่ง | 1.658       | 0.027      | 14.479   | 0.000   |
| EDUC                   | ทุกรูปแบบการขนส่ง | 1.329       | 1.425      | 0.147    | 1.414   |
| NUMT                   | ทุกรูปแบบการขนส่ง | 0.985       | 0.011      | 18.241   | 0.000   |
| NUMA                   | ทุกรูปแบบการขนส่ง | 0.854       | 0.003      | 20.652   | 0.000   |
| NUMD                   | ทุกรูปแบบการขนส่ง | 0.787       | 0.075      | 12.369   | 0.000   |
| Number of observations |                   | 14,400      |            |          |         |
| Adjusted Rho-Squared   |                   | 0.450       |            |          |         |
| % Correct predictions  |                   | 72          |            |          |         |

สามารถเขียนฟังก์ชันอรรถประโยชน์ของแบบจำลอง Model-4 ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 UCAR &= 2.145 - 0.082*PCTIME - 0.112*ACCTIME - 0.106*EGTIME - 0.034*PCFUEL \\
 UTR &= 0.854 - 0.023*TRTIME - 0.178*ACCTIME - 0.173*EGTIME - 0.124*WAITTTR - 0.026*TRFARE \\
 UBUS &= 1.069 - 0.063*BUSTIME - 0.164*ACCTIME - 0.158*EGTIME - 0.132*WAITTBUS \\
 &\quad - 0.031*BUSFARE \\
 UPL &= 1.589 - 0.042*PLTIME - 0.194*ACCTIME - 0.187*EGTIME - 0.141*WAITTPL - 0.047*PLFARE \\
 UMU &= 1.435 - 0.032*MULTITIME - 0.146*ACCTIME - 0.135*EGTIME - 0.138*WAITTMULTI \\
 &\quad - 0.028*MULTIFARE \\
 \text{Utility Generic all Mode} &= - 0.139*MAPC + 1.325*SAFE + 1.247*CONV + 1.658*INCOME + \\
 &\quad 0.985*NUMT + 0.854*NUMA + 0.787*NUMD
 \end{aligned}$$

จากการประยุกต์ฟังก์ชันอรรถประโยชน์สำหรับการพัฒนาแบบจำลองโลจิต (Logit Model) เพื่อหาสัดส่วนความน่าจะเป็นของการเลือกรูปแบบการเดินทางในอนาคต กรณีมีการพัฒนารถไฟฟ้าทางคู่ สายเด่นชัย – เชียงรายพบว่านักท่องเที่ยวทั้ง 4 ชาติ ส่วนใหญ่เลือกใช้รถไฟฟ้าทางคู่ในการเดินทาง เนื่องจากเหตุผลด้านความรวดเร็วในการเดินทาง และมีความปลอดภัย มีโครงข่ายครอบคลุมเส้นทางท่องเที่ยวทุกจังหวัด รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 สัดส่วนการเลือกรูปแบบการเดินทางเมื่อปรับราคาค่าโดยสารรถโดยสารประจำทาง

| สัญชาติ | สัดส่วนการเลือกรูปแบบการเดินทางในปัจจุบัน |                   |              |                |                              |         |
|---------|-------------------------------------------|-------------------|--------------|----------------|------------------------------|---------|
|         | รถยนต์ส่วนบุคคล (%)                       | รถไฟฟ้าทางคู่ (%) | รถโดยสาร (%) | เครื่องบิน (%) | ขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (%) | รวม (%) |
| ไทย     | 66.74                                     | -                 | 9.78         | 15.63          | 7.85                         | 100.00  |
| ลาว     | 38.25                                     | -                 | 32.43        | 28.20          | 1.12                         | 100.00  |
| พม่า    | 30.15                                     | -                 | 39.47        | 29.06          | 1.32                         | 100.00  |
| จีน     | 10.23                                     | -                 | 40.89        | 46.74          | 2.14                         | 100.00  |

ตารางที่ 7 สัดส่วนการเลือกรูปแบบการเดินทางเมื่อปรับราคาโดยสารรถประจำทาง (ต่อ)

| สัญชาติ | การประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อคาดการณ์สัดส่วน การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเลือกรูปแบบการเดินทาง |                |              |                |                              |         |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------|----------------|------------------------------|---------|
|         | รถยนต์ส่วนบุคคล (%)                                                                    | รถไฟทางคู่ (%) | รถโดยสาร (%) | เครื่องบิน (%) | ขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (%) | รวม (%) |
| ไทย     | 40.14                                                                                  | 28.85          | 4.23         | 15.53          | 11.25                        | 100.00  |
| ลาว     | 21.45                                                                                  | 32.14          | 10.27        | 30.86          | 5.28                         | 100.00  |
| พม่า    | 23.61                                                                                  | 24.56          | 11.56        | 32.79          | 7.48                         | 100.00  |
| จีน     | 9.11                                                                                   | 36.15          | 10.74        | 35.23          | 8.77                         | 100.00  |

### สรุปและการอภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลการสำรวจพฤติกรรมการเดินทางของนักท่องเที่ยวในประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC) ในปัจจุบัน ที่ได้รับผลกระทบจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมขนส่ง การศึกษา รถไฟทางคู่สายเด่นชัย-เชียงราย รวมถึงนำเสนอปัจจัยและพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง (Mode Choice Models) โดยนำเอาทฤษฎีฟัซซีเซต (Fuzzy Set Theory) มาประยุกต์กับทฤษฎีแรนดอมยูทิลิตี้ (Random Utility Model) เพื่อที่จะลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการรับรู้ของค่าตัวแปรที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคล ในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางจำนวนทั้งสิ้น 5 รูปแบบ จากการสุ่มตัวอย่างแบบสอบถามซึ่งประยุกต์เทคนิค Stated Preference จำนวน 1,600 ชุด พบว่า ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางบนยานพาหนะ ระยะเวลาการรอคอยบนยานพาหนะ และระยะเวลาในการเข้าถึงและออกจากรูปแบบการเดินทาง ค่าซ่อมบำรุง ความสะดวกสบาย ความปลอดภัย รายได้ จำนวนผู้ร่วมเดินทาง จำนวนแหล่งท่องเที่ยว ระยะเวลาท่องเที่ยว เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการคัดเลือกแบบจำลองจะพิจารณาจากหลักความเหมาะสมที่ดี (Goodness of Fit) พบว่า แบบจำลองที่ได้ประยุกต์ใช้ ฟัซซีแรนดอมยูทิลิตี้ (Fuzzy Random Utility Model) มีการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต้นที่สามารถอธิบายค่าของตัวแปรตามได้เป็นอย่างดี โดยค่า Likelihood Ratio Index ( $\rho^2$ ) เท่ากับ 0.450 และประเมินจากร้อยละความถูกต้องในการทำนายร้อยละ 72 ซึ่งมีค่าที่สูงที่สุด ทำให้แบบจำลองดังกล่าวมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือเมื่อเทียบกับแบบจำลองแบบ (Random Utility Model) แบบกำหนดค่าไว้ก่อน ซึ่งผลการวิเคราะห์แบบจำลอง คาดการณ์ว่า หากมีการพัฒนารถไฟทางคู่ นักท่องเที่ยวชาวไทย เมียนมาร์ ลาว และจีน จะปรับเปลี่ยนพฤติกรรมมาใช้ระบบรางเพื่อการท่องเที่ยวสูงถึงร้อยละ 28.85, 24.56, 32.14 และ 36.15 ตามลำดับ หากมีการปรับปรุงเกี่ยวกับการเข้าถึงและการจัดตารางเวลาให้ระบบขนส่งแต่ละรูปแบบมีความสัมพันธ์กันยิ่งขึ้น นักท่องเที่ยวสามารถลดระยะเวลาในการเดินทาง สามารถจัดตารางการท่องเที่ยวได้อย่างอิสระ จะส่งผลให้สัดส่วนการเดินทางด้วยระบบรถไฟ และการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอีกด้วย

นอกจากนี้ การประยุกต์แบบจำลองในการศึกษานี้ ได้วิเคราะห์ข้อมูลสำรวจในเบื้องต้นโดยใช้แบบจำลองโลจิตพหุนาม (Multinomial Logit Models) ซึ่งคุณสมบัติบางประการของแบบจำลองดังกล่าวจัดว่า มีข้อจำกัดต่อการจำลองพฤติกรรมของผู้เดินทางในสถานการณ์จริง การศึกษาในอนาคตจะดำเนินการประยุกต์แบบจำลองทางเลือกแบบไม่ต่อเนื่องขั้นก้าวหน้า (Advanced Discrete Choice Models) ทั้งแบบจำลอง GEV และ Mixed Logit Models เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมและรสนิยมของผู้เดินทาง อันเกิดจากความคล้ายคลึงกันระหว่างตัวเลือกและความหลากหลายทางรสนิยมของผู้เดินทาง (Taste Heterogeneity)

### เอกสารอ้างอิง

- [1] World Economic Forum. (2017). *The Global Competitiveness Report 2018*. Geneva Switzerland.
- [2] Ayyub, B, M. and Klir, G, J. (2005). *Uncertainty Modeling and Analysis in Engineering and the Sciences: Chapman & Hall/CRC*. Taylor & Francis Group, New York.
- [3] Ben-Akiva, M. and Lerman, S. (1985). *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*. MIT Press, Cambridge, MA.

- [4] Bierlaire, M. Burton, D. and Lotan, T. (1993). **On The Behavioural Aspects of Modal Choices**. Group de Recherche sur les Transports Departement de Mathematique Facultes Universitaires ND de la Paix B-5000 Namur, Belgique, Service de Mathematique de la Gestion Universite Libre de Bruxelles Belgique.
- [5] Hensher, D.A., Rose, J.M. and Greene, W.H. (2005). **Applied Choice Analysis**. Cambridge University Press.
- [6] Lotan, T. (1992). **Modeling Route Choice Behavior in the Presence of Information Using Concept from Fuzzy Set Theory and Approximate Reasoning**. Ph.D. Thesis, MIT.
- [7] Mizutani, K. and Akiyama, T. (2000). **A Descriptive Hybrid Modal Choice with Using Fuzzy Reasoning**. Department of Civil Engineering, Proceeding of 4<sup>th</sup> Asian Fuzzy Sysem Symposium. 1, 593-598.
- [8] Ortuzar, J. and L, Willumsen. (1990). **Modelling Transport 2nd ed**. J. Wiley and Sons, New York.
- [9] Ross, T. J. (1995). **Fuzzy Logic with Engineering Applications**. McGraw-Hill.
- [10] Simon P. Washington, Matthew G. Kalaftis and Fred L. Mannering. (2011). **Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis Second Edition**: CRC Press, Boca Raton, FL.
- [11] Teodorovic, D. and Vukadinovic, K. (1998). **Traffic Control and Transport Planning: A Fuzzy Sets and Neural Networks Approach**. Kluwer Academic Plublishers Boston.
- [12] Train, K. (2003). **Discrete Choice Methods with Simulation: MIT Press**. Cambridge, MA.
- [13] H. Guan, S. Huang. and H. Yan. (2009). "Study on Traffic Access Mode Choice of Urban Railway System in Beijing", **Researcher**. 1(5), 52-57.