บทที่ 2

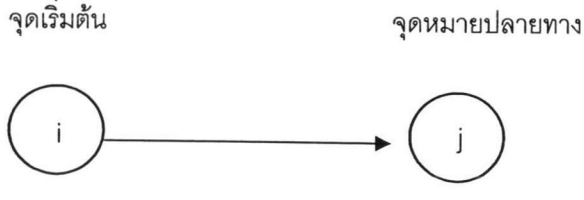
การทบทวนทฤษฎี แนวความคิดและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยได้ดำเนินการทบทวนทฤษฎี แนวความคิด และการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองการวิเคราะห์ความพึงพอใจตลอดเส้นทางในทุก ๆ รูปแบบการเดินทาง เพื่อรวบรวมข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่การกำหนดแนวทาง และระเบียบวิธีการวิจัย การทบทวนดังกล่าวนี้ได้แบ่งทฤษฎี แนวความคิด และการวิจัยที่เกี่ยวข้องเหล่านั้นออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่

- การทบทวนทฤษฎีและแนวความคิดพื้นฐานในการสร้างแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง
- การทบทวนทฤษฎี Cross-Nested Logit Model
- เทคนิคการสำรวจข้อมูลเพื่อใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง
- การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง
- การทบทวนการวิจัยเกี่ยวกับการใช้แบบจำลอง Cross-Nested Logit Model วิเคราะห์ความพึงพอใจในการเลือกรูปแบบการเดินทาง

2.1 การทบทวนทฤษฎีและแนวความคิดพื้นฐานในการสร้างแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง

การเดินทางเป็นการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่ง ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการเดินทาง (Origin : i) ไปยังอีกจุดหนึ่งซึ่งเป็นจุดหมายปลายทาง (Destination : j) ของการเดินทางนั้นด้วยวัตถุประสงค์ใดวัตถุประสงค์หนึ่ง



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของการเดินทาง

การเดินทางของคนส่วนมาก มีจุดเริ่มต้นหรือจุดปลายทางที่บ้าน ดังนั้นในการศึกษาถึงการเดินทางของคนจึงนิยมจัดกลุ่มของการเดินทางออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มที่การเดินทางนั้นมีจุดเริ่มต้นหรือจุดปลายทางที่บ้าน (Home Based) และกลุ่มที่การเดินทางนั้นมีจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางไม่ใช่ที่บ้าน (Non Home Based) นอกจากนี้กลุ่มการเดินทางที่มีจุดเริ่มต้นหรือจุดปลายทางที่บ้านยังนิยมถูกจัดให้แยกย่อยลงไปอีกตามวัตถุประสงค์ของการเดินทาง ทั้งนี้เพราะการเดินทางที่มีวัตถุประสงค์เดียวกันจะมีลักษณะของการเดินทางใกล้เคียงกันมาอยู่รวมกัน วัตถุประสงค์ของการเดินทางเหล่านั้น ได้แก่ ไปทำงาน ไปโรงเรียน และอื่นๆ การศึกษาแยกตามวัตถุประสงค์นี้ทำให้สามารถศึกษาถึงความสัมพันธ์ของจำนวนการเดินทาง กับตัวแปรที่เป็นปัจจัยให้เกิดการเดินทางได้ชัดเจนและใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น ตามปรกตินักวางแผนและวิศวกรมักจะแบ่งการเดินทางออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

- การเดินทางจากบ้านเพื่อไปทำงาน หรือการเดินทางจากที่ทำงานเพื่อกลับบ้าน (Home Based Work : HBW) ในเขตเมือง การเดินทางด้วยวัตถุประสงค์นี้จะมีสัดส่วนมากที่สุด
- การเดินทางของนักเรียนจากบ้านเพื่อไปโรงเรียน หรือการเดินทางจากโรงเรียนเพื่อกลับบ้าน (Home Based School : HBS) การเดินทางด้วยวัตถุประสงค์นี้มีสัดส่วนที่ค่อนข้างมากในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล
- การเดินทางจากบ้านเพื่อไปยังที่อื่นๆ หรือการเดินทางจากที่อื่นๆ เพื่อกลับบ้าน (Home Based Others : HBO)
- การเดินทางจากที่อื่นๆ ที่ไม่ใช่บ้านไปยังจุดหมายปลายทางที่ไม่ใช่บ้าน (Non Home Based : NHB)

2.1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเดินทาง

การเดินทางและขนส่งทั้งโดยยวดยานส่วนบุคคล และระบบขนส่งสาธารณะแต่ละระบบจัดเป็นรูปแบบของการเดินทางที่มีลักษณะเฉพาะ ซึ่งอยู่ภายใต้อิทธิพลของปัจจัย 3 กลุ่ม คือ

- ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผู้เดินทางหรือผู้ใช้บริการ (Patronage or Trip Maker)
- ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเดินทาง (Trip)
- ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวระบบขนส่ง (Transportation System)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผู้เดินทางหรือผู้ใช้บริการ (Patronage or Trip Maker)

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้บริการหรือผู้เดินทาง เป็นตัวแปรที่สะท้อนถึงสภาพเศรษฐกิจและสังคม (Socio–Economic) ของผู้เดินทาง ตัวอย่างของตัวแปรประเภทนี้ คือ เพศ (Sex) อายุ (Age) รายได้ (Income) ความเป็นเจ้าของรถยนต์ส่วนตัว (Car Ownership)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเดินทาง (Trip)

ปัจจัยที่สะท้อนถึงลักษณะของการเดินทาง จะทำการศึกษาโดยการแบ่งชนิดของการเดินทาง (Stratification) ตามวัตถุประสงค์ของการเดินทาง (Trip Purpose) ซึ่งได้นำเสนอไว้ตามที่กล่าวมาในช่วงต้นของหัวข้อ 2.1

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวระบบขนส่ง (Transportation System)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวระบบขนส่งนี้ เป็นปัจจัยที่สะท้อนถึงลักษณะในการให้บริการของระบบ เช่น เวลาในการเดินทางในแต่ละรูปแบบการเดินทาง (Total Time) และค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (Total Cost) เป็นต้น

2.1.2 **ฟังก์ชันอรรถประโยชน์** (Utility Function)

ทฤษฎีที่นิยมใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางที่ผ่านมา คือ ทฤษฎีอรรถประโยชน์ (หรือความพึงพอใจ) ที่คำนึงถึงความไม่แน่นอน (Random Utility Theory) ซึ่งดัดแปลงมาจากทฤษฎีพฤติกรรมผู้บริโภคของวิชาด้านเศรษฐศาสตร์ ทฤษฎีนี้สมมติว่า ผู้เดินทางจะได้รับความพึงพอใจจากสินค้าหรือบริการ และผู้เดินทางจะเลือกสินค้าหรือบริการที่ก่อให้เกิดความพึงพอใจสูงสุดในจำนวนทางเลือกทั้งหมด

ความพึงพอใจที่ได้รับจากสินค้าหรือบริการนั้นสามารถวัดในเชิงปริมาณได้ด้วยฟังก์ชันความพึงพอใจ (Utility Function) แต่พฤติกรรมของผู้เดินทางไม่สามารถวัดความพึงพอใจได้ด้วยความแน่นอนเสมอไป ฟังก์ชันความพึงพอใจจึงสามารถแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่สามารถวัดและรับรู้ได้ (Systematic Components) และส่วนที่รวมความไม่แน่นอน (Random Component) ดังนี้

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \qquad (2.1)$$

โดยที่ U_{in} คือ ความพึงพอใจที่ผู้เดินทางคนที่ n จะได้รับจากสินค้าหรือบริการ i

V_{in} คือ ส่วนของความพึงพอใจที่วัดได้แน่นอน

ε_{in} คือ ส่วนที่รวมความไม่แน่นอน

ความพึงพอใจที่ผู้เดินทางได้รับจะแปรไปตามลักษณะของสินค้าหรือบริการ และพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้เดินทางเอง ความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจกับตัวแปรอิสระ มักจะถูกกำหนดให้เป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง ดังนี้

$$V_{in} = \sum_{k} \beta_k X_{ink} \qquad (2.2)$$

โดยที่ X_{ink} คือ ตัวแปรตัวที่ k ซึ่งมีอิทธิพลต่อความพึงพอใจที่ผู้เดินทางคนที่ n จะได้รับจากสินค้าหรือบริการ i

β_k คือ สัมประสิทธิ์ที่แสดงถึงอิทธิพลของตัวแปรตัวที่ k ที่มีต่อระดับความพึงพอใจ

ส่วนความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นกับการวัดความพึงพอใจนั้น มีสาเหตุมาจากความผันแปรในค่าความพึงพอใจของผู้เดินทาง และความผิดพลาดในการวัดและความไม่สมบูรณ์ของข้อมูลที่ผู้ที่ทำการสำรวจได้รับ

"ผู้เดินทางจะเลือกสินค้าหรือบริการที่ให้ความพึงพอใจสูงสุด" หมายความว่า ผู้เดินทางคนที่ n จะเลือกสินค้าหรือบริการ i แทนที่จะเลือกสินค้าหรือบริการ j ที่อยู่ในกลุ่มทางเลือก C_n ที่ผู้เดินทางพิจารณาก็ต่อเมื่อ

$$U_{in} \geq U_{jn} \quad , \quad \forall j \in C_n \qquad (2.3)$$

โดยที่ C_n คือ กลุ่มทางเลือกที่ผู้เดินทาง n พิจารณา

เมื่อแทนสมการที่ (2.1) ลงใน (2.3) จะได้ว่าทางเลือก i จะได้รับการเลือกก็ต่อเมื่อ

$$V_{in} + \varepsilon_{in} \geq V_{jn} + \varepsilon_{jn} \qquad (2.4)$$

$$V_{in} - V_{jn} \geq \varepsilon_{jn} - \varepsilon_{in} \quad , \quad \forall j \in C_n \qquad (2.5)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แต่เนื่องจาก ε_{in} และ ε_{jn} เป็นตัวแปรที่มีค่าไม่แน่นอน (Random Variable) จึงไม่อาจจะชี้ชัดได้ว่าเหตุการณ์ตามสมการ (2.5) จะเกิดขึ้นได้อย่างแน่นอนเมื่อใด ดังนั้นจึงต้องวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้เดินทางด้วยความน่าจะเป็น (Probability) แทน กล่าวคือ ความน่าจะเป็นที่ผู้เดินทางคนที่ n จะเลือกสินค้าหรือบริการ i จากกลุ่มทางเลือก C_n สามารถวัดได้ คือ

$$P_n(i) = P(V_{in} - V_{jn} \geq \varepsilon_{jn} - \varepsilon_{in}) \quad , \qquad \forall j \in C_n \qquad (2.6)$$

รูปแบบฟังก์ชันความน่าจะเป็นตามสมการที่ (2.6) จะขึ้นอยู่กับสมมติฐานการกระจายตัวของตัวแปรที่มีค่าไม่แน่นอน (ε_{in} และ ε_{jn}) ซึ่งในการศึกษาพฤติกรรมของความพึงพอใจที่ผ่านมาจะสมมติการกระจายตัวของตัวแปรที่มีค่าไม่แน่นอนนี้ 2 แบบ คือ การกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) หรือที่เรียกว่า Probit Model และการกระจายตัวแบบกัมเบล (Gumbel Distribution) หรือที่เรียกว่า Logit Model สำหรับในการวิจัยนี้จะใช้การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองประเภทโลจิต (Logit Model)

2.1.3 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองประเภทโลจิต

การนำเอาวิธีทางสถิติมาประยุกต์ใช้ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ β_k ที่สะท้อนถึงอิทธิพลของตัวแปรต่างๆที่มีต่อความพึงพอใจที่ผู้เดินทางได้รับจากการใช้สินค้าหรือบริการ โดยวิธีทางสถิติที่นิยมใช้ เรียกว่า วิธี Maximum Likelihood วิธีการนี้จะใช้หลักการที่ว่า ในการสุ่มตัวอย่างของผู้เดินทางซึ่งมีจำนวน N คน และในผู้เดินทางที่สุ่มมานั้น เราจะทราบถึงสินค้าหรือบริการของแต่ละคนที่ตัดสินใจเลือก หากกำหนดให้ R_n เป็นสินค้าหรือบริการที่ผู้เดินทางคนที่ n เลือกใช้จริง ดังนั้น โอกาสที่เราจะสุ่มเลือกผู้เดินทางขึ้นมา N คน แล้วพบว่าการตัดสินใจเลือกสินค้าหรือบริการของผู้เดินทางจะสอดคล้องกับพฤติกรรมที่สังเกตได้ในวันที่สำรวจนั้นจะมีค่าเท่ากับ

$$P_1(R_1) * P_2(R_2) * P_3(R_3) \ldots\ldots\ldots P_N(R_N) \qquad (2.7)$$

ผลคูณในสมการที่ (2.7) เรียกว่า ค่าของความเป็นไปได้ (Likelihood) และกำหนดให้

$$y_{in} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าตัวอย่างที่ n ตัดสินใจเลือกสินค้าหรือบริการ i} \\ 0 & \text{ถ้าตัวอย่างที่ n ตัดสินใจเลือกสินค้าหรือบริการอื่น} \end{cases} \qquad (2.8)$$

ดังนั้นฟังก์ชันความน่าจะเป็นจะมีรูปแบบมาตรฐาน ดังนี้

$$L = \prod_{n=1}^{N} \prod_{i \in C_n} P_n(i)^{y_{in}} \qquad (2.9)$$

ความน่าจะเป็นจะแปรเปลี่ยนไปตามค่าสัมประสิทธิ์ β_k ดังนั้น ค่าของความเป็นไปได้ L จึงเปลี่ยนไปตามค่าของสัมประสิทธิ์ β_k ด้วย การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ด้วยวิธี Maximum Likelihood คือ การพยายามที่จะวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ β_k ที่จะทำให้ L มีค่าสูงสุด จากสมการ (2.9) เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์จึงทำการถอดลอการิทึมของความเป็นไปได้ L ซึ่งจะทำให้ฟังก์ชันที่มีลักษณะความสัมพันธ์เป็นผลคูณกลายเป็นฟังก์ชันใหม่ที่มีความสัมพันธ์เป็นผลบวก ดังนี้

$$LL = \log(L) = \sum_{n=1}^{N} \sum_{i \in C_n} y_{in} \log\left(P_n(i)\right) \qquad (2.10)$$

ค่า LL จากสมการที่ 2.10 จะมีค่าน้อยกว่าศูนย์ (ค่าลบ) เนื่องจากค่า $0 \le P_n(i) \le 1$ ดังนั้น ค่า $\log(P_n(i))$ จึงมีค่าเป็นลบ ด้วยเหตุนี้การพิจารณาแบบจำลองที่ดีจากค่า LL จะพิจารณาให้แบบจำลองมีค่า LL เป็นลบน้อยที่สุด

2.2 การทบทวนทฤษฎี Cross–Nested Logit Model

ในการวิจัยนี้จะเป็นการวิเคราะห์การสร้างแบบจำลองการวัดความพึงพอใจ ในลักษณะที่สนใจการเดินทางเชื่อมต่อระหว่างการเดินทางหลักกับการเดินทางรอง ดังนั้นแบบจำลองที่ตามพฤติกรรมแล้วน่าเหมาะสมที่สุดในการเลือกใช้ คือ แบบจำลองประเภท "Cross-Nested Logit Model (CNL)" ตามที่เสนอโดย Vovsha (1997)

Cross-Nested Logit Model จะเป็นแบบจำลองที่พัฒนามาจากแบบจำลอง Nested Logit Model ซึ่งในแต่ละทางเลือกอาจจะเกี่ยวข้องมากกว่า 1 รูปแบบการเดินทาง โดยส่วนที่คล้ายคลึงกับ Nested Logit Model คือ ทางเลือกของเซต C_n จะถูกแบ่งเป็น M รูปแบบการเดินทาง (C_{mn}) (แสดงอย่างละเอียดอีกครั้งในบทที่ 4) แต่ส่วนที่ต่างกัน คือ ในแต่ละทางเลือก i จะมีส่วนที่อยู่ในแต่ละสาย

m ของ Cross-Nested Logit Model ซึ่งจะมีตัว Parameters สำหรับแบ่งแต่ละทางเลือก i ในแต่ละสาย m ได้แก่ ตัว Parameters α_{im} ($0 \leq \alpha_{im} \leq 1$)

Vovsha (1997) ได้เสนอว่า Cross-Nested Logit Model จะเป็นแบบจำลองในกลุ่มของ Generalized Extreme Value (GEV) Model ซึ่งได้รับการแสดงโดย McFadden (1978) โดย GEV Model จะเป็นแบบจำลองพื้นฐานซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นกรณีพิเศษต่างๆ เช่น Multinomial Logit Model หรือ Nested Logit Model ได้

2.2.1 โครงสร้าง Generalized Extreme Value (GEV) Model (Vovsha, 1997)

กำหนดให้ $G(y_1,y_2....y_i)$ เป็นฟังก์ชันของตัวแปรที่มีค่าไม่น้อยกว่าศูนย์ ($y_1,y_2....y_i \geq 0$) ซึ่งจะมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1) G(...) มีค่าไม่น้อยกว่าศูนย์
2) G(...) มี Degree $\mu \geq 0$ ค่าเดียวโดยที่ $G(\alpha y_1, \alpha y_2.... \alpha y_i) = \alpha^{\mu} G(y_1,y_2....y_i)$
3) $\lim_{yi \longrightarrow \infty} G(...) = \infty$ สำหรับ i =1,2,...i
4) ค่า Partial Derivative ที่ k ของ G(...) จะขึ้นอยู่กับ k โดยจะมีค่าไม่น้อยกว่าศูนย์ ถ้าค่า k เป็นจำนวนคี่ และจะมีค่าไม่มากกว่าศูนย์ ถ้าค่า k เป็นจำนวนคู่

กำหนดให้ $G_i(....) = \partial G/\partial y_i$; ค่าของ GEV Model ได้แก่

$$P(i) = \frac{e^{V_i} G_i(e^{V_1}, e^{V_2}, ..., e^{V_I})}{\mu G_i(e^{V_1}, e^{V_2}, ..., e^{V_I})} \qquad (2.11)$$

จาก Euler's theorem สามารถเขียนค่า $\mu G(....)$ ใหม่ได้ดังนี้

$$\mu G(...) = \sum_{j \in C} y_j G_j(...) \qquad (2.12)$$

ดังนั้น สามารถเขียน GEV Model (สมการ 2.11) ได้เป็น

$$P(i) = \frac{e^{V_i + \ln G_i(...)}}{\sum_{j \in C} e^{V_j + \ln G_j(...)}} \qquad (2.13)$$

2.2.2 โครงสร้างของ Cross–Nested Logit Model (CNL) (Vovsha, 1997)

สำหรับ Cross –Nested Logit Model จะได้รับการพัฒนามาจากส่วนหนึ่งของ GEV class โดยพิจารณาจากฟังก์ชันของตัวแปรที่ไม่น้อยกว่าศูนย์ ($y_1, y_2 \ldots y_i \geq 0$) ดังนี้

$$G(y_1, y_2, ..., y_I) = \sum_m (\sum_{j \in C} \alpha_{jm} y_j)^{\mu} \qquad (2.14)$$

โดยที่ $0 \leq \alpha_{im} \leq 1$ เป็น Parameter ซึ่งแสดงลักษณะเฉพาะของทางเลือก ซึ่งถูกแบ่งในแต่ละสาย และเรียก $0 \leq \alpha_{im} \leq 1$ นี้ว่า Nesting Coefficient นอกจากนี้ในสมการ 2.14 จะมีคุณสมบัติในลักษณะเดียวกับ GEV Model ได้แก่

1) G(...) มีค่าไม่น้อยกว่าศูนย์

2) G(...) มี degree $\mu \geq 0$ ค่าเดียวโดยที่ $G(\alpha y_1, \alpha y_2 \ldots \alpha y_i) = \alpha^{\mu} G(y_1, y_2 \ldots y_i)$

3) $\lim_{yi} \longrightarrow \infty$ G(...) $= \infty$ สำหรับ i =1,2,...i

4) ค่า partial derivative ที่ 1 ของ G(...) จะมีค่าไม่น้อยกว่าศูนย์ ดังนี้

$$G_i(...) = \sum_m \mu (\sum_{j \in C} \alpha_{jm} y_j)^{\mu - 1} \quad ; \alpha_{im} \geq 0 \qquad (2.15)$$

5) ค่า Partial Derivative ที่ 2 ของ G(...) จะมีค่าไม่มากกว่าศูนย์ ดังนี้

$$G_{i,k}(...) = \sum_m \mu(\mu - 1)(\sum_{j \in C} \alpha_{jm} y_j)^{\mu - 2} \quad ; \alpha_{im}\, \alpha_{km} \geq 0 \qquad (2.16)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นอกจากนี้ยังสามารถแสดงค่า Partial Derivative ที่ k ได้โดยง่าย โดยจะมีค่าไม่น้อยกว่าศูนย์ ถ้าค่า k เป็นจำนวนคี่ และจะมีค่าไม่มากกว่าศูนย์ ถ้าค่า k เป็นจำนวนคู่ ซึ่งรูปแบบของฟังก์ชัน (สมการ 2.14) จะสอดคล้องกับแบบจำลองอรรถประโยชน์ของ GEV Class ดังนั้นเมื่อแทนที่ Derivatives ของฟังก์ชัน (สมการ 2.14) ในสมการ 2.13 จะแสดงความน่าจะเป็นของทางเลือกต่างๆ ได้ดังนี้

$$P(i) = \frac{\exp\left[V_i + \ln \sum_m \alpha_{im} \left(\sum_{k \in C} \alpha_{km} e^{V_k} \right)^{\mu-1} \right]}{\sum_{j \in C} \exp\left[V_j + \ln \sum_m \alpha_{jm} \left(\sum_{k \in C} \alpha_{km} e^{V_k} \right)^{\mu-1} \right]} \qquad (2.17)$$

โดยที่

$$\sum_m \alpha_{im}^{\mu} = 1 \qquad (2.18)$$

แบบจำลอง Cross-Nested Logit Model จะคล้ายคลึงกับ Nested Logit Model ในลักษณะที่จะพิจารณาถึงความใกล้เคียง และความสำคัญในการแบ่งความน่าจะเป็นของแต่ละทางเลือกภายใต้ Marginal และ Conditional probability ดังนั้น สามารถเขียนสมการ 2.17 ได้ใหม่ดังนี้

$$P(i) = \sum_m \frac{\alpha_{im} e^{V_i} \times \left(\sum_{k \in C} \alpha_{km} e^{V_k} \right)^{\mu}}{\left(\sum_{j \in C} \alpha_{jm} e^{V_j} \right) \times \sum_{m'} \left(\sum_{k \in C} \alpha_{km'} e^{V_k} \right)^{\mu}} \qquad (2.19)$$

จากสมการ 2.19 สามารถแสดงความน่าจะเป็นของทางเลือกในรูปของผลคูณของ Marginal (nest) Probabilities กับ Conditional Probabilities ในแต่ละรูปแบบการเดินทางภายใต้แต่ละสาย ดังนี้

$$P(i) = \sum_m P(m) \times P(i/m) \qquad (2.20)$$

โดยที่ Marginal Probability ของสาย m จะแสดงได้ดังนี้

$$P(m) = \frac{\left(\sum_{k\in C}\alpha_{km}e^{V_k}\right)^{\mu}}{\sum_{m'}\left(\sum_{k\in C}\alpha_{km'}e^{V_k}\right)^{\mu}} = \frac{e^{\mu V_m'}}{\sum_{m} e^{\mu V_m'}} \qquad (2.21)$$

ขณะที่ Conditional Probability ของรูปแบบเดินทาง i ภายใต้ m แสดงได้ดังนี้

$$P(i/m) = \frac{\alpha_{im}e^{V_i}}{\sum_{j\in C}\alpha_{jm}e^{V_j}} \qquad (2.22)$$

2.3 เทคนิคการสำรวจข้อมูลเพื่อใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทาง มักได้จากการสอบถามผู้เดินทาง ซึ่งที่ผ่านมาอาจดำเนินการได้ใน 2 ลักษณะ ได้แก่

2.3.1 วิธี Stated Preference (SP)

การสำรวจข้อมูลด้วยวิธี Stated Preference (SP) เป็นเทคนิคการสำรวจข้อมูลการศึกษาการตัดสินใจของผู้เดินทางภายใต้สถานการณ์หรือลักษณะการเดินทางที่ยังไม่เคยเกิดขึ้น แต่ถูกสมมติขึ้นมา (สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์ 2541) เป็นวิธีที่ได้รับการคิดค้นพัฒนาเพื่อใช้ในการวิจัยการตลาดของสินค้าอุปโภคและบริโภคมาก่อน ต่อมาในปลายทศวรรษ 1970 จึงได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางกันอย่างแพร่หลาย

ข้อดีของการสำรวจข้อมูลด้วยวิธี Stated Preference นี้คือ สามารถกำหนดและควบคุมค่าของตัวแปรได้โดยตรง รวมทั้งยังใช้จำนวนตัวอย่างที่ไม่มากนัก (สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์ 2541) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการสำรวจด้วยวิธี SP ควรสำรวจอย่างน้อยประมาณ 75 – 100 ตัวอย่าง

ข้อเสียของการสำรวจข้อมูลด้วยวิธี Stated Preference นี้คือ ข้อมูลหรือการตัดสินใจที่ได้รับจะอยู่ภายใต้สถานการณ์ที่สมมติขึ้น ซึ่งไม่สามารถมั่นใจได้ว่า ผู้เดินทางจะกระทำตามที่แสดงเจตจำนงไว้ หากสถานการณ์เหล่านั้นเกิดเป็นจริงขึ้นมาในภายหลัง

2.3.2 วิธี Revealed Preference (RP)

การสำรวจข้อมูลด้วยวิธี Revealed Preference นี้เป็นการสำรวจการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางภายใต้สถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงแล้ว เช่น การสำรวจการเดินทางมาทำงานเมื่อวานนี้ เป็นต้น

ข้อดีของการสำรวจข้อมูลด้วยวิธี Revealed Preference นี้คือ ข้อมูลที่ได้รับจะเป็นข้อมูลที่เป็นจริง เนื่องจากเป็นการตัดสินใจในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงแล้ว

ข้อเสียของการสำรวจข้อมูลด้วยวิธี Revealed Preference นี้คือ ต้องเก็บข้อมูลในจำนวนที่มากกว่าการเก็บข้อมูลด้วยวิธี Stated Preference (สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์ 2541) เนื่องจากในการสำรวจด้วยวิธี SP เราสามารถออกแบบการสำรวจให้ตัวอย่างแต่ละคนแสดงความคิดเห็นที่สะท้อนถึงพฤติกรรมการเดินทางในหลายสถานการณ์ที่แตกต่างกันออกไปได้ ขณะที่วิธี RP เราจะทราบถึงพฤติกรรมการตัดสินใจของผู้เดินทางได้เพียงสถานการณ์เดียวเท่านั้น นอกจากนี้ข้อเสียอีกข้อหนึ่งของการเก็บข้อมูลด้วยวิธี RP นี้คือ ไม่สามารถควบคุมการกำหนดและวัดค่าของตัวแปรที่มีผลต่อการตัดสินใจเดินทางได้ อันก่อให้เกิดความผิดพลาดในการวัดค่า และตัวแปรอาจมีความผันแปรน้อย จนยากที่จะศึกษาถึงผลของการแปรเปลี่ยนของตัวแปรที่จะมีต่อพฤติกรรมของผู้เดินทาง รวมทั้งตัวแปรมีความเกี่ยวเนื่องสัมพันธ์สูง อาจทำให้ไม่สามารถแยกอิทธิพลของตัวแปรออกจากกันได้อย่างถูกต้อง

2.4 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง

การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองเพื่อคัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสม แบ่งออกได้เป็น 2 ระดับ คือ การตรวจสอบความน่าเชื่อถือภายใน (Internal Validity) และการตรวจสอบความน่าเชื่อภายนอก (External Validity) การตรวจสอบความน่าเชื่อถือภายในเป็นการตรวจสอบว่าค่าสัมประสิทธิ์ที่ประมาณการได้ให้ข้อสรุปที่น่าเชื่อถือหรือมีความเป็นเหตุเป็นผลในเชิงพฤติกรรมหรือไม่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนการตรวจสอบความน่าเชื่อถือภายนอกเป็นการประเมินความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลองในการพยากรณ์พฤติกรรมการเลือกการเดินทาง (สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์ 2541)

2.4.1 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือภายใน

การตรวจสอบความน่าเชื่อถือภายในเป็นการประเมินว่าค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการประมาณมีความน่าเชื่อถือและสมเหตุสมผลในเชิงพฤติกรรมหรือไม่ โดยการตรวจสอบในประเด็นดังต่อไปนี้

<u>การตรวจสอบเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์</u>

เครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์จะแสดงถึงทิศทางของอิทธิพลของตัวแปรที่มีต่อความพึงพอใจที่ผู้เดินทางได้รับจากการเดินทาง โดยถ้าค่าสัมประสิทธิ์เป็นบวกแสดงว่าความพึงพอใจที่ได้รับจะสูงขึ้นตามค่าของตัวแปร ในทางตรงข้าม ค่าสัมประสิทธิ์ที่มีเครื่องหมายลบแสดงว่าความพึงพอใจของผู้เดินทางจะลดลงเมื่อตัวแปรมีค่าสูงขึ้น (สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์ 2541)

สัมประสิทธิ์ของปัจจัยด้านเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทางจึงควรมีเครื่องหมายเป็นลบ ซึ่งหมายถึง ความพึงพอใจของผู้เดินทางจะลดลงเมื่อปัจจัยดังกล่าวมีค่าเพิ่มขึ้น

<u>การตรวจสอบความสมเหตุสมผลเชิงพฤติกรรม</u>

ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการประมาณจะไม่สื่อความหมายในตัวเอง แต่สามารถนำค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรต่างๆ มาเปรียบเทียบกัน ซึ่งจะสะท้อนให้เห็นถึงทัศนคติของผู้เดินทางที่แฝงอยู่ในฟังก์ชันความพึงพอใจได้

<u>การตรวจสอบนัยสำคัญของอิทธิพลของตัวแปร</u>

การตรวจสอบนี้เป็นการพิจารณาว่าค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรต่างๆ นั้นแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ตัวแปรต่างๆเหล่านั้นมีอิทธิพลต่อความพึงพอใจในการเดินทางอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ วิธีการทดสอบจะใช้การพิจารณาค่า *t*-statistics ของสัมประสิทธิ์กับค่า *t*-critical ในตารางการกระจายแบบ t ว่ามากกว่าหรือน้อยกว่า ถ้าค่า *t*-statistics มากกว่าแสดงว่าตัวแปรนั้นมีอิทธิพลต่อความพึงพอใจในการเดินทาง โดยระดับความเชื่อมั่นที่นิยมใช้คือ

ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% (*t*-critical = 1.96 เมื่อจำนวนชุดข้อมูล N > 120) สมการในการคำนวณค่า *t*-statistics เป็นดังนี้

$$t_{N-K} = \frac{|\beta_k^* \ |}{\sqrt{V(\beta_k^*)}} \qquad (2.23)$$

โดย t_{N-K} คือ ค่า *t* ที่มี Degree of freedom = N-K

β^*_k คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัวที่ K ซึ่งประมาณด้วยวิธี Maximum Likelihood

$V(\beta^*_k)$ คือ ความแปรปรวนของค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัวที่ k

N คือ จำนวนชุดข้อมูลที่ใช้ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์

K คือ จำนวนสัมประสิทธิ์ทั้งหมดที่ปรากฏอยู่ในแบบจำลอง

<u>การตรวจสอบนัยสำคัญของความแตกต่างระหว่างตัวแปร</u>

การตรวจสอบนัยสำคัญของความแตกต่างระหว่างตัวแปร หมายถึง การทดสอบด้วยเทคนิควิเคราะห์ทางสถิติว่า อิทธิพลของตัวแปร 2 ตัว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยการวิเคราะห์ค่าสถิติ *t* ของความแตกต่างระหว่างตัวแปร ดังนี้

$$t_{N-1} = \frac{\beta_1^* - \beta_2^*}{\sqrt{V(\beta_1^*) + V(\beta_2^*) - 2Cov(\beta_1^*, \beta_2^*)}} \qquad (2.24)$$

โดย $Cov(\beta_1^*, \beta_2^*)$ คือ ความแปรปรวนร่วมระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ตัวที่ 1 กับตัวที่ 2

<u>การตรวจสอบระดับความสอดคล้อง (Goodness-of-fit test)</u>

การตรวจสอบระดับความสอดคล้องเป็นการตรวจสอบความสามารถของแบบจำลองที่จะอธิบายพฤติกรรมของผู้เดินทางซึ่งปรากฏอยู่ในชุดข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ ซึ่งสามารถวัดได้ด้วยดัชนีวัดความสอดคล้อง (Likelihood Ratio Index) หรือ McFadden's Rho-Squared ดังนี้

$$\rho^2 = 1 - \frac{LL(\beta^*)}{LL(0)} \qquad (2.25)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดย $LL(\beta)$ คือ ค่าลอการิทึมของฟังก์ชันความเป็นไปได้ที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์

$LL(0)$ คือ ค่าลอการิทึมของฟังก์ชันความเป็นไปได้ในกรณีที่สมมติให้สัมประสิทธิ์ทุกตัวมีค่าเป็นศูนย์

การสมมติให้สัมประสิทธิ์ทุกตัวมีค่าเท่ากับศูนย์ จะส่งผลให้ความน่าจะเป็นที่ผู้เดินทางจะตัดสินใจเลือกแต่ละทางเลือกมีค่าเท่ากันหมดในทุกทางเลือก เช่น ความน่าจะเป็นที่จะเลือกใช้รถโดยสารประจำทาง เท่ากับความน่าจะเป็นที่จะเลือกใช้รถไฟฟ้า เท่ากับความน่าจะเป็นที่จะเลือกใช้รถยนต์ส่วนบุคคล เป็นต้น

ดัชนีวัดความสอดคล้องของแบบจำลองจะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งแสดงถึงความสามารถของแบบจำลองที่จะสามารถอธิบายพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริง ถ้าค่าดัชนีเท่ากับ 1 แสดงว่าแบบจำลองสามารถอธิบายพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางได้ถูกต้องสมบูรณ์ตรงตามที่สำรวจได้จริง แต่ถ้ามีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าการใช้เพียงสามัญสำนึกคาดเดาว่าผู้เดินทางมีแนวโน้มที่จะเลือกใช้แต่ละทางเลือกเท่ากันก็สามารถอธิบายพฤติกรรมการเดินทางได้ถูกต้องเท่ากับการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง

2.4.2 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือภายนอก

การตรวจสอบความน่าเชื่อถือภายนอกของแบบจำลอง เป็นการตรวจสอบว่าแบบจำลองที่ได้นั้นสามารถนำไปใช้พยากรณ์จริงได้แม่นยำเพียงใด การวิจัยนี้จะตรวจสอบความน่าเชื่อถือภายนอกของแบบจำลองด้วยการแบ่งข้อมูลที่สำรวจออกเป็น 2 ส่วน ข้อมูลส่วนที่หนึ่งจะใช้ในการประมาณหาค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง ต่อจากนั้น ก็นำแบบจำลองเหล่านั้นไปทำนายพฤติกรรมของผู้เดินทางที่อยู่ในข้อมูลส่วนที่เหลือ แล้วทำการเปรียบเทียบผลการทำนายกับพฤติกรรมที่สำรวจได้จริง (สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์ 2541)

การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลองกระทำได้ในสองลักษณะ ลักษณะแรกเป็นการเปรียบเทียบผลการทำนายอัตราการเลือกทางเลือกต่างๆด้วยแบบจำลองกับอัตราการ

เลือกเดียวกันนั้นตามที่สำรวจได้ ผลการทำนายอัตราการเลือกทางเลือกต่างๆด้วยแบบจำลองจะมีค่าเท่ากับ

$$\text{Estimated Share} = \sum_{n=1}^{N} P_n(M) \qquad (2.26)$$

โดยที่ $P_n(M)$ คือ ผลการทำนายความน่าจะเป็นที่ตัวอย่างที่ n จะเลือกใช้ทางเลือก M

N คือ จำนวนตัวอย่างทั้งหมด

การเปรียบเทียบผลการทำนายกับพฤติกรรมที่สำรวจได้จะแสดงอยู่ในรูปสัดส่วนระหว่างอัตราการใช้ทางเลือกต่างๆที่ทำนายได้กับอัตราการใช้ทางเลือกเดียวกันนั้นตามที่สำรวจได้ (Estimated Share/Actual Share)

การตรวจสอบความถูกต้องในการพยากรณ์ในลักษณะที่สองจะเป็นการประเมิน อัตราการพยากรณ์ได้อย่างถูกต้อง (Percent Correctly Estimated) โดยจะถือว่าผลการทำนายมีความถูกต้องและแม่นยำ ก็ต่อเมื่อ ผลการทำนายที่ได้แสดงว่าความน่าจะเป็นที่ผู้เดินทางจะเลือกทางเลือกซึ่งผู้เดินทางได้ตัดสินใจเลือกจริง มีค่าสูงกว่าความน่าจะเป็นของทางเลือกอื่น

ถ้ากำหนดให้

$$W_n = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าพบว่าตัวอย่างที่ n เลือกใช้รูปแบบการเดินทาง } i \text{ ในขณะที่ผลการวิเคราะห์แสดงว่า } P_n(i) \text{ มีค่าสูงสุด} \\ 0 & \text{ถ้าเป็นอย่างอื่น} \end{cases} \qquad (2.27)$$

อัตราการพยากรณ์ได้อย่างถูกต้องสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\%\ \text{Correct} = \left(\sum_{n=1}^{N} W_n\right)/N \qquad (2.28)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5 การทบทวนการวิจัยเกี่ยวกับการใช้แบบจำลอง Cross-Nested Logit Model วิเคราะห์ความพึงพอใจในการเลือกรูปแบบการเดินทาง

การวิจัยเกี่ยวกับความพึงพอใจในการเลือกรูปแบบการเดินทาง โดยใช้แบบจำลองประเภท Cross-Nested Logit Model เริ่มมีการวิจัยครั้งแรกในปี 1997 โดย Vovsha (1997) และยังไม่มีการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองนี้เลยในประเทศไทย เนื่องจากยังเป็นทฤษฎีที่ค่อนข้างใหม่ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะเลือกทบทวนถึงงานวิจัยในต่างประเทศที่แสดงถึงการประยุกต์ใช้แบบจำลอง Cross-Nested Logit Model ในลักษณะต่างๆกัน

Vovsha (1997) ได้ศึกษาถึงการเลือกใช้แบบจำลอง Cross-Nested Logit Model โดยในงานวิจัยนี้จะอธิบายถึงที่มาของแบบจำลองอย่างละเอียด รวมทั้งเปรียบเทียบที่มาของแบบจำลอง Cross-Nested Logit Model กับแบบจำลองอื่นๆ ทั้ง Generalized Extreme Value (GEV) Model, Multinomial Logit Model (MNL) และ Nested Logit Model นอกจากนี้ยังแสดงถึงกระบวนการวิเคราะห์หาค่า (Calibrate) ตัวแปรต่างๆของแบบจำลองประเภท Cross-Nested Logit Model อย่างสังเขป

การวิจัยของ Vovsha (1997) นี้ได้ศึกษาพฤติกรรมการเลือกการเดินทางในกรุงเทลอาวีฟในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน ซึ่งจะแบ่งการเดินทางหลักเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มยวดยานส่วนบุคคล กับ กลุ่มการขนส่งสาธารณะ และในส่วนของทางเลือกการเดินทางก็จะแบ่งเป็น 4 ทางเลือกการเดินทาง ได้แก่ 1) การเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคล (ผู้ใช้ประมาณ 70%) 2) การเดินทางด้วยรถโดยสารประจำทาง ซึ่งจะรวมการเดินเข้าไปในทางเลือกด้วย (ผู้ใช้ประมาณ 29%) 3) การเดินทางด้วยรถไฟ (ประกอบด้วยทั้งรถไฟนอกเมือง รถไฟฟ้าขนส่งขนาดเบา และรถไฟใต้ดิน) ซึ่งในทางเลือกนี้จะประกอบด้วย 3 ทอดการเดินทาง โดยที่กำหนดให้การเดินทางโดยรถไฟเป็นการเดินทางหลักในทอดการเดินทางที่ 2 และให้การเดินทางโดยรถโดยสารประจำทางและการเดินเป็นการเดินทางในทอดการเดินทางที่ 1 และทอดการเดินทางที่ 3 ตามลำดับ และทางเลือกที่ 4) การเดินทางในลักษณะ Park-and-Ride ซึ่งจะประกอบด้วย 2 รูปแบบการเดินทาง คือ ส่วนของยวดยานส่วนบุคคล กับ ส่วนของการขนส่งสาธารณะ

ในการสร้างแบบจำลองของ Vovsha (1997) ในส่วนของฟังก์ชันความพึงพอใจ (Utility Function) จะประกอบด้วย 3 ส่วนประกอบ คือ 1) Mode Specitic Constant (MSC) 2) ผลรวมของเวลาการเดินทางที่ถ่วงน้ำหนักแล้ว (Total Weighted Travel Time) โดยการวิจัยนี้จะมีการถ่วง

น้ำหนักของค่าเวลาการเดินทางตามทางเลือกการเดินทาง ได้แก่ เวลาการเดินทางของทางเลือกรถไฟจะมีค่าเท่ากับเวลาการเดินทาง + เวลาการเดิน (x1.5) + เวลาในการคอย (x2.10) + เวลาในการเปลี่ยนรถระหว่างรถโดยสารประจำทาง กับรถไฟ เป็นต้น และ 3) ผลรวมของค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (Total Travel Cost)

ผลการวิเคราะห์ของ Vovsha (1997) นี้จะแสดงให้เห็นว่า ในทางเลือกของรถยนต์ส่วนบุคคลจะประกอบด้วยสายของกลุ่มยวดยานส่วนบุคคล 100% (1.0) ทำนองเดียวกับทางเลือกของรถโดยสารประจำทางและรถไฟซึ่งประกอบด้วยสายของกลุ่มการขนส่งสาธารณะ 100% (1.0) ขณะที่ทางเลือก Park-and-Ride จะประกอบด้วยสองสาย คือ สายของยวดยานส่วนบุคคล 22% (0.22) และสายของการขนส่งสาธารณะ 78% (0.78) ซึ่งค่าที่แสดงผลการแบ่งนี้ก็คือค่า α_{im} ในแบบจำลองนั่นเอง ในส่วนของการวิเคราะห์ความพึงพอใจในแต่ละทางเลือกของกรุงเทลอาวีฟในการวิจัยของ Vovsha (1997) นี้ ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของ Total Weighted Travel Time และ Total Travel Cost ของแต่ละทางเลือกจะเห็นว่า ค่าเหล่านี้มีค่าที่ใกล้เคียงกัน

นอกจากนี้ในการวิจัยของ Vovsha (1997) นี้จะบอกถึงเหตุผลของการใช้วิธี Cross-Nested Logit Model ในกรุงเทลอาวีฟแทนที่จะใช้วิธีอื่น เนื่องจากในระบบขนส่งในเมืองของกรุงเทลอาวีฟในปีเป้าหมายของการศึกษาประกอบด้วยรูปแบบการขนส่งที่หลากหลาย ได้แก่ รูปแบบการเดินทางส่วนตัว 1 รูปแบบ รูปแบบการเดินทางสาธารณะ 4 แบบ รวมทั้งยังมีรูปแบบการเดินทางเชื่อมต่ออีกกว่า 15 รูปแบบ ซึ่งในการวิเคราะห์ ด้วยการใช้แบบจำลอง Nested Logit Model จะไม่เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ในสถานการณ์นี้

Bierlaire (2001a) ได้ทำการวิจัยถึงความสัมพันธ์และเปรียบเทียบค่าตัวแปรต่างๆ ของการใช้แบบจำลองที่แตกต่างกัน เพื่อวิเคราะห์การเลือกการเดินทางในสวิสเซอร์แลนด์เพื่อประโยชน์ในการศึกษาการตลาดสำหรับการขนส่งรูปแบบใหม่ที่มีชื่อว่า SwissMetro โดยในการเปรียบเทียบนั้นจะใช้ข้อมูลชุดเดียวกันในทุกๆแบบจำลอง ซึ่งในงานวิจัยของ Bierlaire นี้จะวิจัยกับแบบจำลอง 4 รูปแบบที่มาจากพื้นฐานของ Generalized Extreme Value (GEV) Model ได้แก่ 1) Multinomial Logit Model with Linear-in-Parameters Utility Function, 2) Multinomial Logit Model with Nonlinear Utility Function, 3) Nested Logit Model และ 4) Cross-Nested Logit Model

ในทุกๆแบบจำลองที่ทำการศึกษาจะอยู่บนพื้นฐานของ Utility Function เดียวกันโดยจะมี 5 ทางเลือกการเดินทาง ได้แก่

- SBB/RP คือ การเดินทางด้วยรถไฟในการสำรวจแบบ RP
- SBB/SP คือ การเดินทางด้วยรถไฟในการสำรวจแบบ SP
- SM/SP คือ การเดินทางด้วย SwissMetro (มีเฉพาะการสำรวจแบบ SP)
- Car /RP คือ การเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลในการสำรวจแบบ RP
- Car/SP คือ การเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลในการสำรวจแบบ SP

สำหรับในงานวิจัยของ Bierlaire นี้โครงสร้างของแบบจำลอง Cross-Nested Logit Model ค่อนข้างจะเป็นแบบจำลองที่ซับซ้อนกว่าแบบจำลองอื่น รวมทั้งมีจำนวนตัวแปรมากเกินไปยากสำหรับการประมาณค่าตัวแปร ดังนั้นจึงมีการคงค่า (Fixed) ของตัวแปรบางตัว เพื่อให้เหลือตัวแปรที่เพียงพอสำหรับการประมาณค่าเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่น

ผลของการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าตัวแปรในแต่ละรูปแบบของแบบจำลองของการวิจัยของ Bierlaire นี้จะพบว่า ในแบบจำลองที่มีความซับซ้อนมากกว่า จะแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างของความสัมพันธ์ที่ละเอียดกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแบบจำลอง Cross-Nested Logit Model นอกจากนี้ Bierlaire ยังแนะนำถึงการนำแบบจำลอง Cross-Nested Logit Model ไปใช้สำหรับสถานการณ์อื่นๆ

2.6 สรุป

การทบทวนทฤษฎี แนวความคิดและการวิจัยที่ผ่านมา สามารถสรุปข้อมูลสำคัญที่ใช้เป็นแนวทางในการวิจัยได้ดังนี้

การวิจัยพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางในกรุงเทพฯนี้ จะทำการวิจัยโดยการพัฒนาเป็นแบบจำลองประเภทโลจิต ที่มีรากฐานอยู่บนทฤษฎีอรรถประโยชน์ ซึ่งการศึกษาการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางทั้งในประเทศและต่างประเทศได้พิสูจน์ให้เห็นแล้วว่า แบบจำลองที่สร้างจากทฤษฎีอรรถประโยชน์นี้เป็นแบบจำลองที่สามารถจำลองพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางได้ดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการทบทวนรูปแบบของแบบจำลองประเภทโลจิตรูปแบบต่างๆที่ผ่านมา รูปแบบของแบบจำลองที่อาจจะเหมาะสมสำหรับอธิบายพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางของคนที่เดินทางไปทำงานในกรุงเทพฯ ซึ่งมีการเดินทางเชื่อมต่อระหว่างรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนกับรูปแบบการเดินทางอื่นๆ คือ แบบจำลองประเภท Cross-Nested Logit Model ดังนั้นในการวิจัยนี้จะทำการวิจัยโดยใช้แบบจำลองประเภท Cross-Nested Logit Model เป็นหลัก แต่จะทำการวิจัยถึงแบบจำลองประเภท Multinomial Logit Model และ Nested-Logit Model ด้วย เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับแบบจำลองประเภท Cross-Nested Logit Model

ในการวิจัยครั้งนี้จะดำเนินการสำรวจข้อมูลด้วยวิธี Revealed Preference (RP) เนื่องจากรูปแบบการเดินทางต่างๆสำหรับการวิจัยนี้เป็นรูปแบบที่มีการใช้บริการจริงแล้ว (โดยรูปแบบการเดินทางในกรุงเทพฯที่จะเลือกมาทำการวิจัยนี้ จะพิจารณาจากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้น ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย