

บทที่ 2

ทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยได้ทบทวนแนวคิดและทฤษฎีที่ใช้สร้างแบบจำลองการเลือกยานพาหนะเดินทาง
ได้แก่

- ทฤษฎีเกี่ยวกับพฤติกรรมการเดินทาง : อธิบายถึงการแสดงออกของทฤษฎีพฤติกรรมว่าแสดงออกได้อย่างไรบ้าง มีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องอย่างไร
- ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกยานพาหนะเดินทาง : ตัวแปรอะไรบ้างที่มีผลต่อการเลือกยานพาหนะเดินทาง ความสำคัญของตัวแปรต่างๆ ต่อแบบจำลองการเลือกยานพาหนะ
- เทคนิคในการสำรวจข้อมูลประกอบด้วยเทคนิคอะไรบ้าง
- ขนาดตัวอย่างที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธีSP
- ทฤษฎีอรรถประโยชน์
- การประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง
- การทดสอบทางสถิติของแบบจำลอง

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับพฤติกรรมการเดินทาง

Ben-Akiva and Lerman (1985) กล่าวถึง ทฤษฎีของพฤติกรรมการเดินทางว่าสามารถแสดง
ได้ 3-รูปแบบ คือ

ก) เชิงบรรยาย (Descriptive) : โดยทฤษฎีพฤติกรรมนี้ สามารถแสดงได้ว่าคนมีการแสดงออกอย่างไรแต่จะไม่อธิบายว่าทำไมจึงทำเช่นนั้น

ข) นามธรรม (Abstract) : โดยทฤษฎีพฤติกรรมนี้สามารถที่จะทำให้อยู่ในรูปแบบที่เป็นทางการ โดยไม่เปลี่ยนแปลงตามสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนไป

ค) ในเชิงปฏิบัติ (Operational) : โดยผลของทฤษฎีพฤติกรรมสามารถแสดงออกในรูปแบบของแบบจำลอง ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรทางสถิติ(Parameters) และตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงได้ (Variables) สามารถถูกวัด หรือประมาณค่า

2.1.1 องค์ประกอบสำหรับทฤษฎีการเลือก

แสดงลำดับขั้นตอนการตัดสินใจในการเลือก โดยแบ่งออกเป็นขั้นตอนดังนี้

ก) อธิบายปัญหาของการเลือก: ตัวอย่างของปัญหาการเลือกยานพาหนะที่ผู้เดินทางต้องตัดสินใจเลือกในการเดินทางเพื่อไปทำงาน สิ่งแวดล้อมของผู้เดินทาง (รายได้, สถานที่ตั้ง, สภาพอากาศ, ฯลฯ) และการบริการที่มีอยู่ของการขนส่ง จะเป็นตัวกำหนดการเลือกของผู้เดินทาง แม้ว่าผู้เดินทางอาจจะไม่ตระหนักถึงทางเลือกทั้งหมด โดยทางเลือกที่ผู้เดินทางสามารถเลือกได้อาจจะเป็นรถยนต์ รถจักรยานยนต์ หรือรถประจำทาง เป็นต้น

ข) การกำหนดทางเลือก: เพื่อควรมีทางเลือกใดบ้างซึ่งสามารถเลือกปฏิบัติได้

ค) ประเมินค่าคุณสมบัติของทางเลือก : ผู้เดินทางจะประเมินผล หรือสะสมข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของทางเลือกทุกทางเลือกที่สามารถหาได้ คุณสมบัติของทางเลือกเหล่านี้ ได้แก่ เวลาการเดินทาง ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เป็นต้น ข้อมูลต่างๆจะถูกจัดการผ่านกระบวนการคิดเพื่อให้ได้มาซึ่งยานพาหนะที่จะเลือกใช้ ซึ่งขึ้นอยู่กับบทบาทในการตัดสินใจส่วนตัวของผู้เดินทางว่าจะเลือกใช้ยานพาหนะชนิดใดในการเดินทาง

ง) การเลือกทางเลือกที่ได้ตัดสินใจ

จ) การปฏิบัติ

2.1.2 องค์ประกอบของทฤษฎีของการเลือก มีองค์ประกอบดังนี้

ก) ผู้ตัดสินใจ: หน่วยของผู้ทำการตัดสินใจสามารถพิจารณาได้ตั้งแต่หน่วยใหญ่ที่สุด ซึ่งประกอบด้วยผู้เดินทางหลายคน จนถึงหน่วยเล็กที่สุดซึ่งประกอบด้วยผู้เดินทางเพียงคนเดียว

ข) ทางเลือก: ทางเลือกที่ผู้เดินทางสามารถเลือกได้โดยพิจารณาจากสิ่งแวดล้อมของผู้เดินทาง

ค) คุณสมบัติของทางเลือก

ง) บทบาทในการตัดสินใจ

2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกยานพาหนะเดินทาง

Ortuzar and Willumsen (1990) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกยานพาหนะในการเดินทางโดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

ก) คุณลักษณะของผู้เดินทาง ซึ่งปัจจัยที่ถูกเชื่อว่ามีผลสำคัญ ได้แก่

- ความเป็นเจ้าของยานพาหนะ (Ownership)
- การครอบครองใบอนุญาตขับขี่

- โครงสร้างของครัวเรือน (Household Structure)
- รายได้ (Income)
- การตัดสินใจที่จะทำกิจกรรมอื่นๆ เช่น มีความจำเป็นที่ต้องใช้รถยนต์ไปทำงาน หรือส่งลูกไปโรงเรียน เป็นต้น
- ความหนาแน่นของที่พักอาศัย (Residential Density)

ข) คุณลักษณะของการเลือกยานพาหนะมีอิทธิพลโดยการเดินทาง ได้แก่

- จุดประสงค์ของการเดินทาง
- ช่วงเวลาที่มีการเดินทางเกิดขึ้น

ค) คุณลักษณะของสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับการจราจรขนส่ง แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ปัจจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Factors) และปัจจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Factors)

ค1) ปัจจัยเชิงปริมาณ ประกอบด้วย

- ความสัมพันธ์ทางด้านเวลาการเดินทาง เช่น เวลาในยานพาหนะ เวลาในการคอย เป็นต้น
- ความสัมพันธ์ทางด้านราคาค่าใช้จ่าย เช่น ค่าโดยสาร ค่าเชื้อเพลิง เป็นต้น
- ความสามารถในการหาที่จอดรถ และราคาค่าจอดรถ

ค2) ปัจจัยเชิงคุณภาพ ซึ่งยากที่จะวัดค่าได้ ประกอบด้วย

- ความสะดวก และความสบาย
- ความน่าเชื่อถือ
- ความปลอดภัย

Mac Fadden (1976) จำแนกตัวแปรซึ่งถูกใช้ในแบบจำลองการเลือกยานพาหนะ ดังนี้

ก) ตัวแปรที่ส่งผลวิกฤตต่อแบบจำลอง

- ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง
- เวลาบนยานพาหนะ
- เวลาในการเดิน
- เวลาในการคอย
- ความถี่ของการปล่อยรถ
- จำนวนคนในครอบครัวที่สามารถขับรถได้

- สิ่งที่สามารถในการได้มาซึ่งทางเลือกหนึ่งๆ เช่น ความสามารถในการจับรถได้ ความต้องการใช้รถยนต์ขณะทำงาน เป็นต้น

ข) ตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อแบบจำลอง

- จำนวนของการเปลี่ยนถ่ายรถ
- จำนวนผู้รับผิดชอบบุคคลในครัวเรือน
- ความหนาแน่นการจ้างงานของแหล่งที่ทำงาน
- องค์ประกอบภายในครอบครัว

ค) ตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อแบบจำลอง

- รายได้ต่อครัวเรือน
- ความหนาแน่นของประชากรในย่านที่พักอาศัย
- ตำแหน่งของย่านศูนย์กลางธุรกิจ (CBD) ในย่านที่พักอาศัย
- จำนวนของผู้มีงานทำในครัวเรือน
- อายุของหัวหน้าครอบครัว
- ความน่าเชื่อถือในด้านความตรงต่อเวลาของรูปแบบยานพาหนะขนส่ง
- การรับรู้ในด้านความสะดวกสบาย ความปลอดภัย เป็นต้น

ง) ตัวแปรที่ส่งผลไม่มาก

- แหล่งที่ทำงานในย่านศูนย์กลางธุรกิจ
- เพศ
- อายุ
- ตำแหน่งของหัวหน้าครัวเรือน
- ทศนคติโดยทั่วไป เช่น ความเป็นส่วนตัว ความลำช้า ความปลอดภัย เป็นต้น

2.3 เทคนิคการสำรวจข้อมูลเพื่อใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

การทำนายการเปลี่ยนแปลงการเลือกยานพาหนะจากที่มีอยู่เดิม ไปสู่ยานพาหนะระบบใหม่ นั้นแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ วิธี Revealed Preference Approach และวิธี Stated Preference Approach

2.3.1 Revealed Preference (RP) Approach

ขึ้นอยู่กับค่าตัวแปรของทางเลือกเดิมที่มีอยู่ เพื่อใช้หาพารามิเตอร์ในแบบจำลอง RP Logit และประมาณค่าสัดส่วนการใช้ยานพาหนะที่มีอยู่เดิมทั้งหมด โดยการเลือกเดินทางด้วยยานพาหนะระบบใหม่จะถูกสมมติให้มี คุณลักษณะที่พึงประสงค์เหมือนกับยานพาหนะที่มีอยู่เดิมซึ่งมีระดับการบริการที่ใกล้เคียงกัน เช่น รถขนส่งมวลชน และรถประจำทางซึ่งจัดเป็นระบบขนส่งสาธารณะเหมือนกัน และมีระดับการบริการคาบเกี่ยวกันด้านความจุ โดยสัดส่วนการเลือกรถขนส่งมวลชนสามารถได้รับจาก Incremental Logit Model

2.3.2 Stated Preference (SP) Approach

Ortuzar and Willumsen (1990) กล่าวถึงวิธีนี้ว่า เป็นการประยุกต์เทคนิคทางด้านเศรษฐศาสตร์มาใช้ ภายหลังปี ค.ศ. 1970s ได้ใช้ประยุกต์การเลือกที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งในหลายด้านการแก้ปัญหาด้วยวิธีนี้ขึ้นกับการประมาณความต้องการ การวิเคราะห์การตอบสนองต่อสมมติฐานการเลือก ซึ่งจะทำให้ได้ตัวแปร และเงื่อนไขที่มากกว่าสถานการณ์จริงในปัจจุบัน โดยจะสมมติว่ายานพาหนะระบบเดิมจะไม่มีเปลี่ยนแปลงค่าระดับการบริการในช่วงเวลาสั้นๆ และค่าระดับการบริการของยานพาหนะระบบใหม่จะถูกประยุกต์ใช้ จากนั้นจึงสร้างแบบจำลองโดยตัวแปรจากยานพาหนะระบบเดิมที่มีอยู่ และตัวแปรที่ได้จากระบบยานพาหนะใหม่ในอนาคตลงในแบบจำลองเพื่อทำนายสัดส่วนการใช้ยานพาหนะระบบต่างๆ

Bates (1988) ชี้ว่าวิธี SP นั้นใช้ค่าใช้จ่ายในการสำรวจน้อยกว่าวิธี RP โดยผู้เดินทางจะถูกสัมภาษณ์ให้ตอบสนองต่อสถานการณ์ทางเลือกสมมุติที่น่าเสนอ

Hensher (1994) สรุปว่าวิธี SP นั้นเป็นวิธีที่สะดวกในการประยุกต์ใช้ โดยสถานการณ์และตัวแปรจะถูกปรับให้ตรงกับจุดประสงค์ในการสำรวจ จึงเป็นวิธีที่มีความยืดหยุ่น และยังใช้เงินได้อย่างมีประสิทธิภาพในการศึกษามากกว่าวิธี RP

TRB (1983) กล่าวว่าวิธีนี้ได้ข้อมูลที่มากกว่า รวมถึงให้การตอบสนองที่หลากหลายต่อสถานการณ์ทางเลือกที่แตกต่างกันมากกว่าวิธี RP และลักษณะข้อมูลของ SP สามารถนำมาสร้างแบบจำลองโดยปราศจากการสร้างสมมติฐานบนโครงสร้างของแบบจำลองเสมือนวิธี RP

2.3.3 ข้อจำกัดของวิธี SP และ RP

ทั้ง SP และ RP มีข้อจำกัด โดยจุดบกพร่องของวิธี RP คือ ปัญหาของการแทนที่มูลค่าที่พึงประสงค์ของการเลือกยานพาหนะระบบใหม่ด้วยยานพาหนะที่มีอยู่เดิม ซึ่งมีระดับการบริการคล้ายคลึงกันเช่น LRT และรถประจำทางซึ่งจัดเป็นระบบการขนส่งขนาดใหญ่เช่นเดียวกัน แต่ค่ายูติ

Hensher(1994)ได้บ่งบอกถึงข้อเสียของวิธี RP ว่า สิ้นเปลืองงบประมาณ และยากในการบ่งชี้ผลกระทบของตัวแปรที่ไม่สามารถวัดได้ เช่น ความสะดวกสบาย หรือความรู้สึกปลอดภัย เป็นต้น และ วิธี RP ยังไม่สามารถประมาณค่าความต้องการได้โดยตรง หรือสามารถตอบสนองภายใต้สถานการณ์ทางเลือกใหม่

2.4 ขนาดตัวอย่าง

Ortuzar and Willumsen (1994) ได้กล่าวถึงการสำรวจที่ผ่านมาด้วยวิธี SP ว่าควรสำรวจอย่างน้อยประมาณ 75-100 ตัวอย่าง

เป็นทฤษฎีที่นิยมใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาการตัดสินใจเลือกใช้รูปแบบการเดินทาง โดยอาศัยองค์ประกอบของความไม่แน่นอน(Probability) เข้าไปมีส่วนในขั้นตอนการตัดสินใจ ความพอใจหรือไม่พอใจของผู้เดินทางในการเลือกรูปแบบยานพาหนะอธิบายได้จาก ฟังก์ชันยูทิลิตี้ (Utility Function) ของแต่ละรูปแบบยานพาหนะ n ดังนี้

$\mathcal{E} =$ ค่าความผิดพลาดของความน่าจะเป็น (Probabilistic Error)

โดยปัจจัยหลายอย่างที่จะถูกพิจารณาในค่าความผิดพลาด นี้จะประกอบด้วย

- คุณสมบัติของการบริการซึ่งมีส่วนสำคัญต่อผู้เดินทาง แต่ไม่ได้แสดงออกอย่างชัดเจน เช่น ความสะดวกสบาย การรับรู้ของความปลอดภัย เป็นต้น
- ผู้เดินทางอาจไม่ทราบทางเลือกทั้งหมด ที่เขาสามารถเลือกได้หรืออาจไม่มีข้อมูลคุณลักษณะของทางเลือกทั้งหมด เนื่องจากประชาสัมพันธ์ที่ไม่ดี หรือผู้เดินทางไม่ได้ตระหนักถึงเส้นทาง และข้อมูลตารางเวลาเดินทางซึ่งมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจ เป็นต้น

Ben-Akiva and Lerman (1993) ได้แสดงค่า Utility Function ดังนี้

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \quad (2.2)$$

เมื่อ U_{in} = ค่าความพึงพอใจที่ผู้เดินทางคนที่ n ได้รับจากการเดินทางด้วยวิธีหรือรูปแบบการเดินทางที่ i

V_{in} = ส่วนของความพึงพอใจที่สามารถวัดค่าได้แน่นอน

ε_{in} = ส่วนของความพึงพอใจที่วัดค่าได้ยาก หรือส่วนของความไม่แน่นอน

เนื่องจากมีองค์ประกอบของความไม่แน่นอน จึงวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้เดินทางโดยอาศัยค่าความน่าจะเป็น(Probability)แทน กล่าวคือ ผู้เดินทางลำดับที่ n จะเลือกทางเลือก i ถูกแสดงโดย

$$P_n(i) = \text{Prob} (U_{in} > U_{jn} \text{ สำหรับทุกๆ ค่าของ } j \in C_n \text{ โดย } j \neq i) \quad (2.3)$$

C_n = เซตของกลุ่มทางเลือกทั้งหมดที่เขาสามารถเลือกได้

เมื่อแทนที่สมการ (2.2) ลงในสมการ (2.3) จะได้ว่า ทางเลือกจะถูกเลือกเมื่อ

$$\begin{aligned} P_n(i) &= \text{Prob} (V_{in} + \varepsilon_{in} > V_{jn} + \varepsilon_{jn} \text{ สำหรับ ทุกๆค่าของ } j \in C_n \text{ โดย } j \neq i) \\ &= \text{Prob} (\varepsilon_{in} - \varepsilon_{jn} < V_{in} - V_{jn} \text{ สำหรับ ทุกๆค่าของ } j \in C_n \text{ โดย } j \neq i) \end{aligned} \quad (2.4)$$

รูปฟังก์ชันของความน่าจะเป็นตามสมการ (2.4) จะขึ้นอยู่กับสมมติฐานเกี่ยวกับการกระจาย (Distribution) ของตัวแปร ε_{in} และ ε_{jn} โดยทั่วไป การศึกษามักจะสมมติให้ตัวแปรที่แทนความไม่แน่นอนนี้เป็นอิสระต่อกัน (Independently) และ มีการกระจายแบบกัมเบล (Gumbel) โดยมีฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability Density Function) คือ

$$f(\varepsilon) = \varphi \exp[-\varphi(\varepsilon - \eta)] \exp[-\exp[-\varphi(\varepsilon - \eta)]] \quad (2.5)$$

เมื่อ φ, η = คงที่ (Parameter) ที่กำหนดรูปร่าง (Shape) ของการกระจายตัว

จากสมมติฐานดังกล่าวข้างต้นทำให้สามารถวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่ผู้เดินทางคนที่ n จะเลือกเดินทางด้วยรูปแบบการเดินทาง i ได้ดังนี้

$$P_n(i) = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j=1}^m e^{V_{jn}}} \quad (2.6)$$

V_{in} = ค่า Utility ของทางเลือก i ของผู้เดินทาง คนที่ n

n = ผู้เดินทางคนที่ n

m = จำนวนของทางเลือกทั้งหมด

j = ทางเลือกที่ j (อาจจะเป็นรถประจำทาง, รถยนต์ เป็นต้น)

$P_n(i)$ = ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้เดินทางลำดับที่ n เลือกรูปแบบการเดินทาง i

โดยทั่วไปเรามักอธิบายความไม่แน่นอนในพฤติกรรมของมนุษย์ด้วยการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) แต่การสมมติให้ตัวแปร ε_{in} และ ε_{jn} มีการกระจายแบบปกติ นั้นทำให้การประมาณค่าพารามิเตอร์ทำได้ยาก ในการวิจัยที่ผ่านมาจึงนิยมสมมติให้ตัวแปร ε_{in} และ ε_{jn} มีการกระจายตัวแบบกัมเบล ซึ่งจะเป็นผลให้ได้สมการที่มีรูปแบบง่ายต่อการวิเคราะห์ และการกระจายตัวแบบกัมเบลนั้นก็มีลักษณะการกระจายที่คล้ายคลึงกับการกระจายตัวแบบปกติ และผลที่ได้ก็ไม่แตกต่างกันมาก

แบบจำลองวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่ผู้เดินทางเลือกรูปแบบการเดินทาง ในสมการที่ 2.6 นั้นโดยทั่วไปเรียกว่า แบบจำลองประเภทโลจิต (Logit Model) ในกรณีที่ทางเลือกนั้นมีเพียง 2 ทางเลือก นิยมเรียกว่า Binary Logit Model (BNL) และในกรณีหลายทางเลือกนั้นจะเรียกแบบจำลองนี้ว่า Multinomial Logit Model (MNL)

2.6 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง

Ben-Akiva and Lerman (1993) กล่าวว่า Maximum Likelihood Estimation เป็นวิธีที่ใช้แพร่หลายที่สุด และเป็นวิธีการโดยตรงสำหรับการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ทางสถิติ (Parameter) เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวกและการวิเคราะห์ทำได้ง่าย โดยค่าพารามิเตอร์ที่ได้จะเป็นค่าสัมประสิทธิ์ของสมการของฟังก์ชันของข้อมูลตัวอย่าง

NCHRP 253 (1982) กล่าวถึงขั้นตอนประมาณด้วยวิธี Maximum likelihood ดังนี้

ก) จัดทำ Likelihood Function โดยการจัดรูปแบบฟังก์ชันให้อยู่ในรูปผลคูณของความน่าจะเป็นในการเลือกยานพาหนะเดินทางของแต่ละคน

$$L(\theta) = \prod_{n=1}^N \prod_{i \in C_n} P_{in}^{\delta_{in}}$$

$$= \prod_{n=1}^N \prod_{i \in C_n} \left[\frac{e^{X'_{in} \theta}}{\sum_{j \in C_n} e^{X'_{jn} \theta}} \right]^{\delta_{in}} \quad (2.7)$$

โดย $\prod$ = ผลคูณอันดับ เช่น $\prod_{n=1}^2 X_n = X_1 X_2$

n = จำนวนผู้เดินทาง 1,2,3,...,N

$L(\theta)$ = เป็น Likelihood Function ที่ประเมินค่า θ

C_n = เซตของยานพาหนะ

δ_{in} = 1 ในกรณีที่ทางเลือก i ถูกเลือกโดยผู้เดินทาง n

P_{in} = ความน่าจะเป็นที่ผู้เดินทาง n เลือกทางเลือก i

X_{in} = เป็นเซตของตัวแปร K (1xK เวกเตอร์)

θ = เป็น Kx1 เวกเตอร์ ($\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots, \theta_k$) ของสัมประสิทธิ์ของ
แบบจำลอง(Model Parameter)

ข) ทำ likelihood function ให้อยู่ในรูปของ natural logarithm

$$L^*(\theta) = \sum_{n=1}^N \sum_{i \in C_n} Y_{in} [\theta X_{in} - \ln \sum_{j \in C_n} \exp(\theta X_{jn})] \quad (2.8)$$

เมื่อ $L^*(\theta) = \text{Log Likelihood Function}$

ค) หาค่าพารามิเตอร์โดยการ differentiate $L^*(\theta)$ เทียบกับตัวแปร $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots, \theta_k$ ให้เท่ากับศูนย์ดังนี้

$$\begin{aligned} \frac{\partial L^*(\theta)}{\partial \theta_k} &= \sum_{n=1}^N \sum_{i \in C_n} Y_{in} \left[X_{ink} - \frac{\sum_{j \in C_n} \exp(\theta X_{jn}) X_{jnk}}{\sum_{j \in C_n} \exp(\theta X_{jn})} \right] = 0 \\ &= \sum_{n=1}^N \sum_{i \in C_n} [Y_{in} - P_n(i)] X_{ink} = 0 \end{aligned} \quad (2.9)$$

ง) แก่สมการหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ โดยวิธี Newton-Raphson ซึ่งเป็นวิธีการกระทำซ้ำ (Iteration Method) ในการประมาณหาค่าพารามิเตอร์ โดยมีการหยุดการทำซ้ำเมื่อ อัตราการรู้เข้าของตัวแปรแต่ละตัวน้อยกว่าค่าที่ยอมรับให้ (Tolerance) ที่กำหนดให้

2.7 การทดสอบทางสถิติของแบบจำลอง

การทดสอบทางสถิติว่าแบบจำลองเหมาะสมเพียงใดนั้น ประกอบด้วย 3 หลักการ คือ

1) t test: เป็นการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรว่าควรนำเข้ามาสมการหรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ 5% แบบ two tailed t test เมื่อค่าสัมบูรณ์ของค่า t มีค่าน้อยกว่า 1.96 ตัวแปรจะถูกคัดออกจากสมการ

$$t_{n-k, \frac{\alpha}{2}} = \frac{B_i}{\sqrt{|\text{var}(B_i)|}} \quad (3.0)$$

เมื่อ $t_{n-k, \frac{\alpha}{2}} = \text{ค่า } t\text{-value ที่ระดับความเชื่อมั่น } (1-\alpha)$

- β_i = ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่ i ซึ่งประมาณค่าได้ด้วยวิธี Maximum Likelihood
 $\text{var}(\beta_i)$ = ความแปรปรวนของค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่ i
 n = จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์
 k = จำนวนสัมประสิทธิ์ทั้งหมดที่ปรากฏอยู่ในแบบจำลอง

2) Sign test: ถ้าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่ได้ตรงข้ามกับความเป็นจริง ตัวแปรนั้นก็จะถูกคัดออกจากแบบจำลอง เช่น ตัวแปรค่าใช้จ่ายในการเดินทางไม่ควรเป็นเครื่องหมายบวก เนื่องจากเมื่อค่าใช้จ่ายในการเดินทางที่เพิ่มขึ้นความพึงพอใจที่ผู้เดินทางจะเลือกทางเลือกนั้นควรมีค่าลดลง เป็นต้น

3) Likelihood Ratio Test: ค่า Likelihood Ratio Index (LRI: ρ^2) เป็นค่าดัชนีค่าที่บอกสัดส่วน หรือเปอร์เซ็นต์ที่สามารถอธิบายความผันแปร ในแบบจำลองโลจิต ซึ่งจะคล้ายคลึงกับค่า R^2 ในการวิเคราะห์สมการความถดถอยเชิงเส้น ซึ่งค่านี้ต้องอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถแทนความสัมพันธ์ได้อย่างสมบูรณ์ ถ้าเข้าใกล้ 0 ก็แสดงว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นไม่สามารถแทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่พิจารณา โดยค่า ρ^2 ที่ยอมรับได้จะต้องมีค่ามากกว่า 0.2 ขึ้นไป

$$\rho^2 = 1 - \left[\frac{L(\beta)}{L(0)} \right] \quad (3.1)$$

โดยที่ $L(0)$ = ค่า Loglikelihood สำหรับ model ในกรณีสมมติให้สัมประสิทธิ์ทุกตัวค่าเท่ากับศูนย์

$L(\beta)$ = ค่า Loglikelihood สำหรับ model ที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์