

บทที่ 5

การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางโดยรวมตัวแปรแฝง

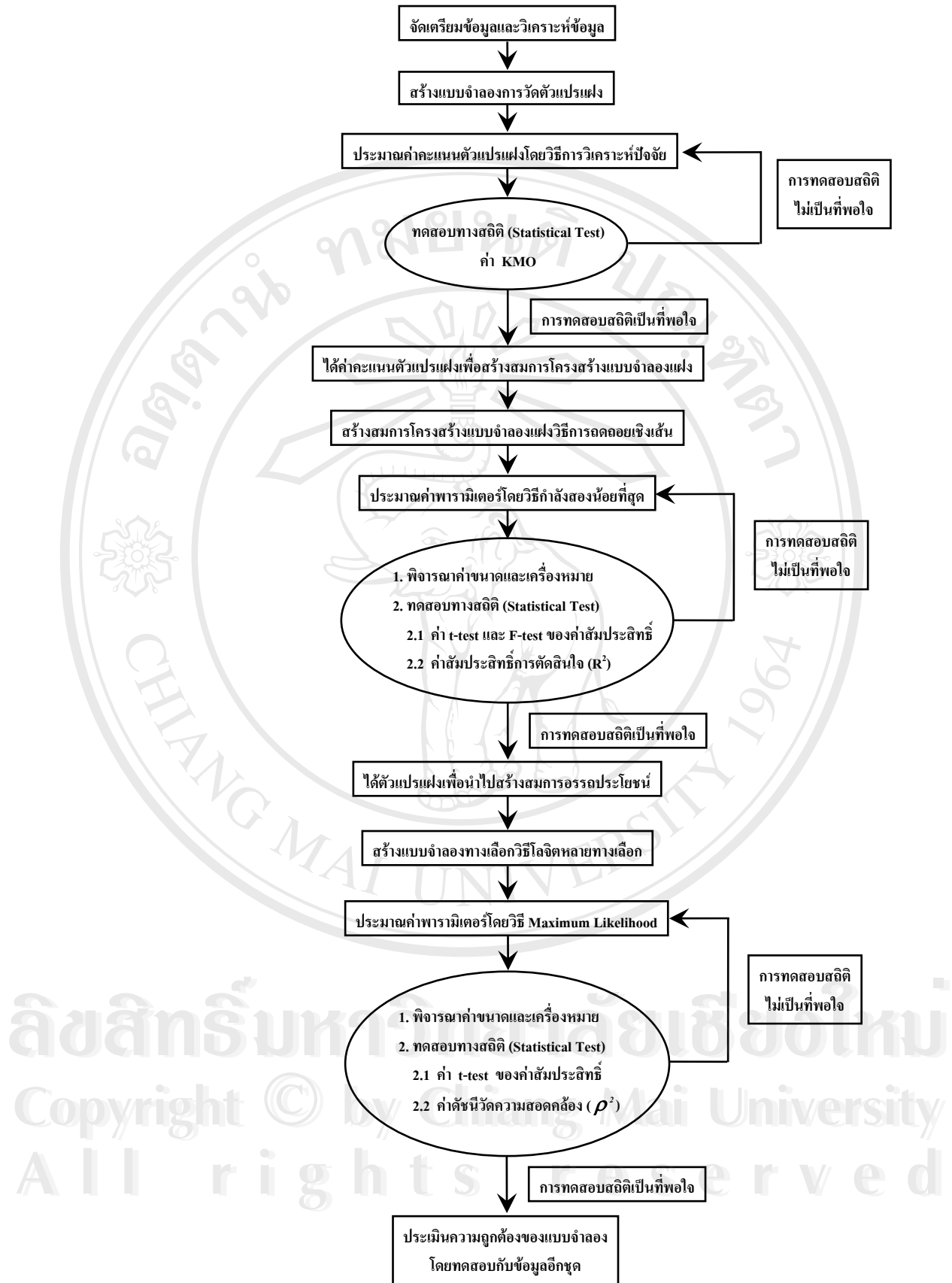
5.1 บทนำ

หลังจากการรวบรวมข้อมูลดังบทที่ 3 และผลการวิเคราะห์ดังบทที่ 4 แล้วกระบวนการในบทนี้จะกล่าวถึงการนำข้อมูลดังกล่าวมาทำการพัฒนา เพื่อให้ได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการพยากรณ์การตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะ (เครื่องบิน รถโดยสารประจำทาง และรถไฟ) ระหว่างเชียงใหม่และกรุงเทพมหานคร โดยรวมตัวแปรแฝง ซึ่งแบบจำลองที่จำเป็นในการพยากรณ์การตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางดังกล่าวประกอบไปด้วย 3 แบบจำลองย่อย คือ (1) แบบจำลองการวัดตัวแปรแฝงจากกลุ่มดัชนีวัด (2) แบบจำลองแฝงจากตัวแปรที่วัดค่าได้ และ (3) แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางโดยรวมตัวแปรแฝง รายละเอียดของกระบวนการในแต่ละแบบจำลองสามารถแสดงได้ในรูป 5.1

ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองทั้งหมด เริ่มต้นจากการพิจารณาเพื่อกำหนดรูปแบบโครงสร้างของแบบจำลองสำหรับแทนพฤติกรรมของสิ่งที่กำลังพิจารณา หลังจากได้กำหนดโครงสร้างในการพัฒนาแบบจำลองแล้วก็ป็นขั้นตอนการทดลองสร้างรูปแบบของสมการในแบบจำลองขึ้นมาอย่างหลากหลาย เพื่อการเปรียบเทียบคัดเลือกรูปแบบสมการที่ผ่านการทดสอบความเหมาะสมทางสถิติ การตรวจสอบการพยากรณ์ผลของแบบจำลอง และแสดงค่าความสัมพันธ์ของพฤติกรรมออกมาได้ดีที่สุด กระบวนการดังที่ได้กล่าวมานั้นมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.2 วิธีการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางโดยรวมตัวแปรแฝง

ในกระบวนการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะระหว่างเชียงใหม่และกรุงเทพมหานคร โดยรวมตัวแปรแฝงนั้น มีกระบวนการตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงการได้มาซึ่งแบบจำลองทั้งหมด สามารถอธิบายได้ดังนี้



รูป 5.1 กระบวนการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางโดยรวมตัวแปรแฝง

5.2.1 โครงสร้างแบบจำลองทั้งหมด

การกำหนดโครงสร้างของแบบจำลองนั้นถือว่าเป็นส่วนสำคัญที่สุดในการเริ่มต้นพัฒนาแบบจำลอง เนื่องจากถ้าผู้พัฒนาแบบจำลองกำหนดโครงสร้างของแบบจำลองที่สามารถแทนพฤติกรรมของสิ่งที่ศึกษาไม่ถูกต้องแล้วจะทำให้ไม่สามารถอธิบายพฤติกรรมนั้นได้เลย ดังนั้นในขั้นแรกจะเป็นการพิจารณาความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการกำหนดโครงสร้างของแบบจำลองย่อยทั้งหมดที่จะนำมาประกอบกันเป็นแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง โดยแบ่งพิจารณาเป็นสามขั้นตอนได้แก่ ขั้นตอนแรกแบบจำลองการวัดตัวแปรแฝงจากกลุ่มดัชนีวัด เป็นการนำดัชนีวัดทั้งหมดที่ได้สอบถามมาเป็นจำนวนมากทำการลดตัวแปรให้อยู่ในกลุ่มปัจจัยความสะดวกและความสบายโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis). ขั้นตอนที่สองเป็นการสร้างแบบจำลองแฝงจากตัวแปรที่วัดค่าได้ เป็นแบบจำลองอธิบายพฤติกรรมที่ไม่อาศัยการเลือกของมนุษย์ ซึ่งจะประมาณค่าระดับตัวแปรแฝงที่คำตอบของสมการเป็นแบบต่อเนื่อง (Continuous Value) โครงสร้างแบบจำลองที่เหมาะสมคือ สมการถดถอยเชิงเส้น และขั้นตอนสุดท้ายแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางที่อธิบายพฤติกรรมเลือกของมนุษย์นั้น โครงสร้างที่เหมาะสมกับแบบจำลองนี้คือแบบจำลองโลจิต เนื่องจากมีความเหมาะสมสำหรับการประมาณค่าสัดส่วนของพฤติกรรมเลือกของมนุษย์ซึ่งทางเลือกเป็นแบบดิสครีต (Discrete Value)

5.2.2 ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองการวัดตัวแปรแฝงจากกลุ่มดัชนีวัด

สำหรับการพัฒนาแบบจำลองการวัดตัวแปรแฝงจากกลุ่มดัชนีวัดได้ใช้เทคนิควิธีการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) ซึ่งเป็นการนำดัชนีวัดที่คาดว่าจะอธิบายถึงความสะดวกและความสบายทั้งหมดที่ได้สอบถามจำนวนมาก มาทำการลดจำนวนตัวแปรลงให้เหลือเพียงปัจจัยความสะดวกและความสบาย ซึ่งจะได้ค่าสัมประสิทธิ์ (Factor Loading) เพื่อนำไปประมาณค่าคะแนนปัจจัย (Factor Score) สร้างรูปแบบสมการเชิงเส้นที่เหมาะสม ด้วยการพิจารณารูปแบบที่ผ่านเกณฑ์ค่าทางสถิติคือ KMO (Kaiser-Meyer-Olkin)

5.2.3 ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองแฝงจากตัวแปรที่วัดค่าได้

การพัฒนาแบบจำลองแฝงจากตัวแปรที่วัดค่าได้ใช้รูปแบบเป็นสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) โดยเริ่มต้นจากการกำหนดตัวแปรตามคือ ความสะดวกและความสบาย จากนั้นจะทำการกำหนดรูปแบบของสมการถดถอยเชิงเส้นด้วยตัวแปรอิสระต่างๆ ที่ได้จากการสรุปและวิเคราะห์ข้อมูล และทำการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหารูปแบบของสมการความถดถอยเชิงเส้นที่เหมาะสมกับงานวิจัย ด้วยการพิจารณาคัดเลือกรูปแบบที่ผ่าน

เกณฑ์ค่าทางสถิติคือ ค่าสถิติ t การทดสอบเครื่องหมายสัมประสิทธิ์และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) และเป็นรูปแบบสมการความถดถอยที่ให้ค่า R^2 สูงสุดและใช้ตัวแปรอิสระน้อยที่สุด

5.2.4 ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางโดยรวมตัวแปรแฝง

การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางโดยรวมตัวแปรแฝง หลังจากตัดสินใจเลือกโครงสร้างแบบจำลองเป็นโลจิสต์แล้ว เริ่มต้นด้วยการกำหนดทางเลือกให้กับแบบจำลอง จากนั้นเป็นการกำหนดรูปแบบตัวแปรต่างๆ ในสมการอรรถประโยชน์ แล้วทำการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรด้วยวิธี Maximum Likelihood เพื่อให้ได้รูปแบบต่างๆ ของสมการอรรถประโยชน์ของทางเลือกต่างๆ สุดท้ายเป็นขั้นตอนการคัดเลือกรูปแบบสมการอรรถประโยชน์ที่ดีที่สุด โดยการพิจารณารูปแบบของแบบจำลองที่ผ่านเกณฑ์ค่าทางสถิติซึ่งประกอบไปด้วย การทดสอบนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์ การทดสอบระดับของความสอดคล้องและการทดสอบเครื่องหมาย และจะคัดเลือกรูปแบบของสมการอรรถประโยชน์ที่ให้ค่า ρ^2 สูงที่สุดและมีค่าอัตราความถูกต้องในการพยากรณ์ในเกณฑ์ดี

5.3 แบบจำลองการวัดตัวแปรแฝงจากกลุ่มดัชนีวัด

5.3.1 โครงสร้างแบบจำลอง

โครงสร้างของแบบจำลองการวัดตัวแปรแฝงจากกลุ่มดัชนีวัดเป็นรูปแบบสมการเชิงเส้น แล้วพัฒนาแบบจำลองด้วยวิธีการวิเคราะห์ปัจจัยให้กลุ่มดัชนีวัดต่างๆ จัดอยู่ในปัจจัยของความสะดวกและความสบาย โดยมีรูปแบบดังสมการ 5.1

$$F_{ik} = W_{i1} Z_{1k} + W_{i2} Z_{2k} + \dots + W_{ij} Z_{jk} ; \quad (5.1)$$

$$k = 1, 2, \dots, n \text{ และ } i = 1, 2, \dots, m$$

เมื่อ	F_{ik}	=	ค่า Factor Score ปัจจัยที่ i ของคนที่ k
	W_{ij}	=	ค่าสัมประสิทธิ์หรือ loading factor ของดัชนีวัดที่ j ในปัจจัยที่ i
	Z_{jk}	=	ค่าที่ Standardized แล้วของดัชนีวัดที่ j ของคนที่ k
	n	=	จำนวนตัวอย่าง
	m	=	จำนวนตัวแปรแฝง

5.3.2 การวิเคราะห์ปัจจัยและการทดสอบค่าทางสถิติของดัชนีวัดในสมการเชิงเส้น

จากกลุ่มดัชนีวัดที่ใช้วัดทัศนคติ ความคิดเห็น และความรู้สึกที่คาดว่ามามีอิทธิพลถึงความสะดวกและความสบาย พิจารณาการลดตัวแปรดัชนีวัดให้อยู่ในกลุ่มปัจจัยด้วยโปรแกรม SPSS 11.5.0 วิธีการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis – Data Reduction) โปรแกรมจะนำดัชนีวัดทั้งหมดดังกล่าวเข้าประมวลผลจัดกลุ่มดัชนีวัดและแบ่งออกเป็นกลุ่มปัจจัยใหม่ พร้อมกับแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละดัชนีวัดในแต่ละปัจจัย และทดสอบค่าทางสถิติ KMO เพื่อความเหมาะสมของข้อมูลดัชนีวัดต่อการ使用方法วิเคราะห์ปัจจัย ได้ผลรูปแบบที่ผ่านข้อกำหนดดังกล่าวจำนวน 3 รูปแบบ มีรายละเอียดของดัชนีวัดและจำนวนกลุ่มปัจจัยที่เกิดขึ้นดังตาราง 5.1

ตาราง 5.1 ค่าดัชนีวัดที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยของแบบจำลองการวัดตัวแปรแฝงจากกลุ่มดัชนีวัด

ตัวแปร	ความหมาย	การนำไปใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัย		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ดัชนีวัด				
Seek_car	ความง่ายในการหา/ต่อรถเข้าบ้านเมื่อถึงปลายทาง	•	•	•
Punctual	การตรงเวลาของรถตามตารางเวลา	•	•	•
Schedule	ความสามารถในการเลือกเวลาเดินทาง	•	•	•
With_Bag	ความสะดวกในการเดินทางกับสัมภาระหรือเด็กเล็ก	•	•	•
Safety	ความรู้สึกอุ่นใจ/ปลอดภัยในระหว่างการเดินทาง	•	•	•
Ticket	ความสะดวกในการซื้อตั๋ว / จองตั๋ว	•	•	•
Air	ความสบายจากการปรับอากาศของยานพาหนะ	•	•	•
Bed	ความสบายจากการมีที่นอน/ได้นอนบนยานพาหนะ	•	•	•
Space_Travel	ความพอใจกับที่นั่งที่กว้างพอสำหรับการโดยสาร	•	•	•
Space_bag	ความพอใจกับที่วางสัมภาระ กว้างพอที่จะวางของ	•	•	•
Clean	ความพอใจกับความสะอาดของยานพาหนะ	•	•	•
Private	ความรู้สึกว่ามีความเป็นส่วนตัวในการเดินทาง	•	•	•
Tired	เกิดความอ่อนล้า-เพลียจากการเดินทางด้วยยานพาหนะนี้	•	•	•
ค่าสถิติ KMO		0.826	0.830	0.827
จำนวนกลุ่มปัจจัยที่ได้		4	3	2
ปัจจัย				
CON	ความสะดวก	•	•	•
COM	ความสบาย	•	•	•
Third	ปัจจัยที่สาม	•	•	
Fourth	ปัจจัยที่สี่	•		

5.3.3 การคัดเลือกผลการวิเคราะห์ปัจจัย

จากผลการวิเคราะห์ปัจจัยในแบบที่ 1 พบว่าได้แบ่งดัชนีวัดออกเป็น 4 ปัจจัยและให้ค่า KMO เท่ากับ 0.826 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี แต่จากขอบเขตการวิจัยต้องการปัจจัยใหม่เพียง 2 ตัว คือความสะดวกและความสบาย จึงได้นำดัชนีวัด (ความรู้สึกรู้สึกอุ่นใจ/ปลอดภัย , เกิดความอ่อนล้า-เพลียจากการเดินทาง) ออกจากการวิเคราะห์ เนื่องจากสองดัชนีวัดนี้มีค่าสัมประสิทธิ์ที่โคดออกมาจากกลุ่ม แล้วทำการวิเคราะห์อีกครั้งในแบบที่สอง พบว่า ได้แบ่งดัชนีวัดออกเป็น 3 ปัจจัย จึงได้ทำเช่นครั้งแรกโดยการนำดัชนีวัด (ที่กว้างพอสำหรับวางสัมภาระ) ออกจากการวิเคราะห์ แล้วทำการวิเคราะห์ปัจจัยใหม่ในแบบที่สาม ผลปรากฏว่า ดัชนีวัดได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 ปัจจัย ตามที่ต้องการให้ค่า KMO เท่ากับ 0.827 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี และมีค่าสัมประสิทธิ์ (Factor Loading) ดังแสดงในตาราง 5.2

5.3.4 สรุปผลการวิเคราะห์ปัจจัย

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยพบว่า ดัชนีวัดที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยความสะดวกได้แก่ ความง่ายในการหา/ต่อรถเข้าบ้านเมื่อถึงปลายทาง การตรงเวลาของรถตามตารางเวลา ความสามารถในการเลือกเวลาเดินทาง ความสะดวกในการเดินทางกับสัมภาระหรือเด็กเล็ก และความสะดวกในการซื้อตั๋ว/จองตั๋ว สำหรับดัชนีวัดที่อธิบายปัจจัยความสบายได้แก่ ความสบายจากการปรับอากาศบนยานพาหนะ การมีที่นอน/ได้นอนบนยานพาหนะ ยานพาหนะมีที่นั่งกว้างพอ

ตาราง 5.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละดัชนีวัดในแต่ละปัจจัย

ดัชนีวัด	ความหมาย	ปัจจัยใหม่	
		ความสะดวก	ความสบาย
Seek_car	ความง่ายในการหา/ต่อรถเข้าบ้านเมื่อถึงปลายทาง	0.614	-0.050
Punctual	การตรงเวลาของรถตามตารางเวลา	0.710	0.224
Schedule	ความสามารถในการเลือกเวลาเดินทาง	0.755	0.272
With_Bag	ความสะดวกในการเดินทางกับสัมภาระหรือเด็กเล็ก	0.745	0.040
Ticket	ความสะดวกในการซื้อตั๋ว / จองตั๋ว	0.581	0.381
Air	ความสบายจากการปรับอากาศของยานพาหนะ	0.187	0.747
Bed	ความสบายจากการมีที่นอน/ได้นอนบนยานพาหนะ	-0.048	0.741
Space_Travel	ความพอใจกับที่นั่งที่กว้างพอสำหรับการโดยสาร	0.077	0.687
Clean	ความพอใจกับความสะอาดของยานพาหนะ	0.181	0.665
Private	ความรู้สึกรู้สึกว่าเป็นส่วนตัวในการเดินทาง	0.275	0.645

สำหรับการโดยสาร ความสะอาดของยานพาหนะ และการเกิดความรู้สึกว่ามีความเป็นส่วนตัวในการเดินทาง โดยข้อมูลของกลุ่มดัชนีวัดให้ค่า KMO เท่ากับ 0.827 สามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลดัชนีวัดมีความเหมาะสมที่จะใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย และมีรูปแบบสมการเชิงเส้นของปัจจัยความสะดวกและความสบาย เพื่อใช้หาค่าคะแนนปัจจัย (Factor Score) ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ความสะดวก (Convenience)} &= 0.614 (\text{Seek_car}) + 0.710 (\text{Punctual}) + 0.755 (\text{Schedule}) \\ &+ 0.745 (\text{With_Bag}) + 0.581 (\text{Ticket}) + 0.187 (\text{Air}) - 0.048 (\text{Bed}) \\ &+ 0.077 (\text{Space_Travel}) + 0.181 (\text{Clean}) + 0.275 (\text{Private}) \\ \text{ความสบาย (Comfort)} &= -0.050 (\text{Seek_car}) + 0.224 (\text{Punctual}) + 0.272 (\text{Schedule}) \\ &+ 0.040 (\text{With_Bag}) + 0.381 (\text{Ticket}) + 0.747 (\text{Air}) + 0.741 (\text{Bed}) \\ &+ 0.687 (\text{Space_Travel}) + 0.665 (\text{Clean}) + 0.645 (\text{Private}) \end{aligned}$$

5.4 แบบจำลองแฝงจากตัวแปรที่วัดค่าได้

5.4.1 โครงสร้างแบบจำลอง

โครงสร้างของแบบจำลองแฝงจากตัวแปรที่วัดค่าได้ เป็นการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแฝงและตัวแปรที่วัดค่าได้ กำหนดให้เป็นแบบพหุคูณเชิงเส้นอย่างง่าย โดยค่าปัจจัยแฝง (ความสะดวกและความสบาย) เป็นตัวแปรตาม แล้วทำการพัฒนาแบบจำลองโดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น โดยมีรูปแบบดังสมการ 5.2

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k \quad (5.2)$$

เมื่อ y = ตัวแปรตาม (ความสะดวก , ความสบาย)
 x = ตัวแปรอิสระที่คาดว่ามีอิทธิพลต่อความสะดวกและความสบาย
 β = ค่าสัมประสิทธิ์
 k = จำนวนตัวแปรอิสระ

5.4.2 ตัวแปรอิสระในแบบจำลอง

รูปแบบของแบบจำลองสามารถสร้างขึ้นได้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับความหลากหลายในการนำตัวแปรมาผสมผสานกันให้เป็นสมการการถดถอยพหุคูณเชิงเส้น โดยพิจารณาจากตัวแปรที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อความสะดวก ได้แก่ ความชราของผู้เดินทาง (อายุมากกว่า 40 ปี) การมีพื้นที่จอดรถรับส่งฟรี การซื้อตั๋วได้นอกจากที่สถานี จำนวนคนที่เดินทางไปด้วยกัน จำนวนสัมภาระ เวลารอที่สถานี อายุกับเวลารอที่สถานี เวลาเดินทางนอกระยะทางพาหนะ การที่ยานพาหนะไม่ตรงเวลา จำนวนเที่ยวรถต่อวัน และความสะดวก ได้แก่ ความชราของผู้เดินทาง (อายุมากกว่า 40 ปี) เวลาเดินทางบนยานพาหนะ ระดับชั้นโดยสารที่เดินทาง อายุกับเวลาในการเดินทาง จำนวนครั้งในการต่อรถ มีรายละเอียดและอธิบายเพิ่มเติมแสดงดังตาราง 5.3 และพิจารณารูปแบบตัวแปรทั้งหมดด้วยโปรแกรม SPSS 11.5.0 โดยวิธี Enter ซึ่งเป็นวิธีที่ต้องกำหนดรูปแบบสมการ โปรแกรมจะนำตัวแปรทั้งหมดดังกล่าวเข้าประมวลผลและหาค่ารูปแบบสมการการถดถอยออกมา และจะต้องพิจารณาข้อกำหนดทางสถิติทั้งหมดด้วยตนเอง การพิจารณาตัวแปรอิสระในแบบจำลองกลุ่มแรกเป็นการพิจารณานำตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับตัวบุคคลเข้าแบบจำลอง กลุ่มที่สองเป็นการพิจารณานำตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับตัวเทอมินอลเข้าแบบจำลอง และสุดท้ายเป็นการคละกันของตัวแปรทั้งสองกลุ่มเพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีความเหมาะสมที่สุด

5.4.3 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์และการทดสอบค่าทางสถิติ

ทำการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในสมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้นด้วยวิธีการวิเคราะห์ความถดถอย แล้วทดสอบค่าทางสถิติ t-test เพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมของตัวแปรอิสระต่อสมการถดถอยเชิงเส้นและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R^2 ด้วยโปรแกรม SPSS 11.5.0 ได้แบบจำลองแฝงความสะดวกจำนวน 8 รูปแบบ ความสะดวกจำนวน 4 รูปแบบ ดังรายละเอียดและค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร ดังแสดงในภาคผนวก ข

5.4.4 การคัดเลือกแบบจำลอง

การคัดเลือกแบบจำลองจะต้องตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองโดยการทดสอบค่าทางสถิติของแบบจำลอง ซึ่งประกอบไปด้วยการทดสอบความเหมาะสมของความถดถอย โดยอาศัยค่าสถิติทดสอบคือ t-test เพื่อหาความเหมาะสมของตัวแปรอิสระต่อสมการความถดถอย การทดสอบสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) และการตรวจสอบเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ ในกรณีที่มีเครื่องหมายผิดไปจากเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ตามที่คาดหวัง จะทำการตัดตัวแปรนั้นออก แล้วทำการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในแบบจำลองใหม่ เพื่อหลีกเลี่ยงการตีความหมาย

ของสมการผิดพลาด รายละเอียดการพิจารณาคัดเลือกแบบจำลองแสดงดังภาคผนวก ข ซึ่งผลการคัดเลือกแบบจำลองแฝงความสะดวกที่มีความเหมาะสมที่สุดคือ CON8 ($R^2 = 0.753$) และแบบจำลองแฝงความสบายคือ COM4 ($R^2 = 0.903$)

5.4.5 สรุปผล

สรุปรูปแบบของแบบจำลองแฝงความสะดวก และแบบจำลองแฝงความสบายที่ถูกคัดเลือกมีรายละเอียดของรูปแบบสมการและค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรดังแสดงในตาราง 5.4 และ 5.5 ตามลำดับ

ตาราง 5.3 ค่าตัวแปรที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองแฝงจากตัวแปรที่วัดค่าได้

ตัวแปร	หน่วย	ความหมาย	การนำไปใช้ในสมการ	
			ความสะดวก	ความสบาย
ตัวแปรตาม				
CON	-	ความสะดวก	•	
COM	-	ความสบาย		•
ตัวแปรอิสระ				
Age40	-	ความชราของผู้เดินทาง (อายุ > 40 เป็นค่า 1, ไม่ใช่ = 0)	•	•
FreePark	-	การมีพื้นที่จอดรถรับส่งฟรี (มี = 1, ไม่มี = 0)	•	
OutTicket	-	การซื้อตั๋วได้นอกจากที่สถานี (ได้ = 1, ไม่ได้ = 0)	•	
PAX	คน	จำนวนคนที่เดินทางไปด้วยกัน	•	
Handbag	ชิ้น	จำนวนกระเป๋าถือในการเดินทาง	•	
Travelbag	ชิ้น	จำนวนกระเป๋าเดินทางในการเดินทาง	•	
TWait	นาที	เวลารอที่สถานี	•	
Overtime	นาที	เวลาการเดินทางนอกยานพาหนะ	•	
VehLate	-	การที่ยานพาหนะไม่ตรงเวลา (รถไฟ = 1, ไม่ใช่ = 0)	•	
VehFreq	เที่ยว	จำนวนเที่ยวของยานพาหนะต่อวัน	•	
IVTime	นาที	เวลาการเดินทางบนยานพาหนะ		•
Transfer	ครั้ง	จำนวนครั้งของการต่อรถ		•
Class1	-	ระดับชั้นโดยสารที่เดินทาง (ชั้นธุรกิจ-รถวีไอพี-รถไฟชั้นนอน = 1, ไม่ใช่ = 0)		•
IVTime*Age	-	เพิ่มความสัมพันธ์ของเวลาในการเดินทางบนยานพาหนะที่มีผลต่ออายุของผู้เดินทาง		•
TWait*Age	-	เพิ่มความสัมพันธ์ของเวลารอที่สถานีที่มีผลต่ออายุของผู้เดินทาง	•	

ตาราง 5.4 แบบจำลองแฝงความสะดวกที่ถูกคัดเลือก

Model	Constant	OutTicket	PAX	VehLate	R ²
CON8	- 0.191 (- 3.340)	0.527 (7.484)	- 0.00716 (- 1.947)	- 0.0682 (- 1.904)	0.753

ตัวเลขในวงเล็บ คือค่าสถิติ t

ตาราง 5.5 แบบจำลองแฝงความสบายที่ถูกคัดเลือก

Model	Constant	Class1	Transfer	IVTime*Age	R ²
COM4	0.412 (3.470)	0.472 (5.591)	- 0.0764 (- 1.967)	- 2.113 E-5 (- 8.199)	0.903

ตัวเลขในวงเล็บ คือค่าสถิติ t

5.5 แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง

5.5.1 โครงสร้างแบบจำลอง

โครงสร้างแบบจำลองการเลือกใช้ยานพาหนะในการเดินทางเป็นแบบโลจิตหลายทางเลือก โดยมีทางเลือกเป็นประเภทยานพาหนะของระบบขนส่งสาธารณะได้แก่ รถไฟ (TRAIN) รถโดยสารประจำทาง (BUS) และเครื่องบิน (AIR) ซึ่งมีรูปแบบของแบบจำลองโลจิตดังสมการ 5.3

$$P_n(i) = \frac{e^{V_n^i}}{e^{V_n^{\text{TRAIN}}} + e^{V_n^{\text{BUS}}} + e^{V_n^{\text{AIR}}}} \quad (5.3)$$

เมื่อ $P_n(i)$ คือ ความน่าจะเป็นหรือสัดส่วนที่ผู้เดินทาง n จะเลือกยานพาหนะ i
 V_n^i คือ ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ของยานพาหนะ i
 i คือ ยานพาหนะประเภทใดๆ ที่เป็นสมาชิกของยานพาหนะทั้งหมด
 ได้แก่ เครื่องบิน รถโดยสารประจำทาง และรถไฟ

5.5.2 สมการอรรถประโยชน์

รูปแบบของแบบจำลองสามารถสร้างขึ้นได้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับความหลากหลายในการนำตัวแปรมาผสมผสานกันให้เป็นฟังก์ชันอรรถประโยชน์ ดังนั้นในสมการอรรถประโยชน์จึงเลือกตัวแปรที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทางที่ได้จากการวิเคราะห์ในบทที่ 4 มาใช้ในการอธิบายพฤติกรรมในการเลือก ดังแสดงรายละเอียดของตัวแปรในตาราง 5.6 จากคุณสมบัติของแบบจำลองโลจิตที่เป็นพฤติกรรมการเลือกทำการเขียนสมการ โลจิตของทางเลือก ดังรูปแบบของแบบจำลองในสมการ 5.3 และเขียนสมการอรรถประโยชน์ของทางเลือกการเดินทางโดยทางรถไฟ สมการอรรถประโยชน์ของทางเลือกการเดินทางโดยทางรถโดยสารประจำทาง และสมการอรรถประโยชน์ของทางเลือกการเดินทางโดยทางเครื่องบิน ได้เป็น

$$V_{TRAIN} = \beta_0^{TRAIN} + \beta_a^{TRAIN} X_a + \beta_b X_b^{TRAIN} \quad (5.4)$$

$$V_{BUS} = \beta_0^{BUS} + \beta_a^{BUS} X_a + \beta_b X_b^{BUS} \quad (5.5)$$

$$V_{AIR} = \beta_0^{AIR} + \beta_a^{AIR} X_a + \beta_b X_b^{AIR} \quad (5.6)$$

เมื่อ	β_0	=	ค่าคงที่
	β_a	=	ค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นแบบ Mode specific
	β_b	=	ค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นแบบ Generic
	X_a	=	ตัวแปรอิสระที่เป็นแบบ Generic
	X_b	=	ตัวแปรอิสระที่เป็นแบบ Mode specific
	a	=	1, 2, ..., p : p = จำนวนตัวแปรอิสระแบบ Generic
	b	=	1, 2, ..., q : q = จำนวนตัวแปรอิสระแบบ Mode specific

5.5.3 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์และการทดสอบค่าทางสถิติ

เนื่องจากการเก็บข้อมูลการสำรวจอาศัยหลักการเก็บข้อมูลแบบแบ่งประชากรออกตามทางเลือก (Choice-Based Sampling) จากการนิยามในหัวข้อ 2.4.3 ทำให้ต้องมีการเปรียบเทียบปรับส่วนแบ่งการเดินทาง (Market Share) ในแต่ละโหมดต่างๆ โดยใช้สัดส่วนของประชากรในโหมดการเดินทางนั้น (Air:Bus:Train = 40.7% : 36.3% : 23.0%) หาดด้วยสัดส่วนของกลุ่มตัวอย่างในการเดินทางนั้น (Air:Bus:Train = 38.4% : 30.8% : 30.7%) เป็นเวท (Weight) ในการปรับเทียบ เช่น เครื่องบินมีค่าเวทเท่ากับ 1.055 (0.407 / 0.384) เป็นต้น

งานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป LIMDEP 8 เพื่อทำการประมาณค่าสัมประสิทธิ์และการทดสอบค่าทางสถิติ การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในแบบจำลองโลจิตด้วยโปรแกรมนี้ใช้วิธีแมกซิมัมไลกelihood (Maximum Likelihood) ซึ่งหาค่าตอบของสมการด้วยวิธี Newton-Raphson ดังได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.4 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่ประมาณค่าได้ต้องมีการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแปรในทางสถิติ ได้แก่ การทดสอบนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์ตัวแปร การทดสอบระดับความสอดคล้องของสัมประสิทธิ์ การทดสอบเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ ผลการวิเคราะห์ได้แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง 9 รูปแบบ และแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางโดยรวมตัวแปรแฝงอีก 8 รูปแบบ (โดยทำการทดลองแบบจำลองที่มีตัวแปรเพียงลักษณะรูปแบบการเดินทางก่อน คือ เวลาและค่าใช้จ่าย หลังจากนั้นจึงเพิ่มตัวแปรลักษณะเศรษฐกิจและสังคมของผู้เดินทาง และสุดท้ายเป็นการเพิ่มตัวแปรแฝงเข้าไว้ในแบบจำลอง) ดังแสดงในตาราง 5.7 และ 5.8 ตามลำดับ รายละเอียดและค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในแต่ละรูปฟังก์ชันอรรถประโยชน์ทั้งหมดได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค

ตาราง 5.6 ค่าตัวแปรที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง

ตัวแปร	หน่วย	ความหมาย
ตัวแปรตาม MODE	-	ประเภทรูปแบบการเดินทางที่เลือก
ตัวแปรอิสระ		
Age	ปี	อายุของผู้เดินทาง
Gender	-	เพศของผู้เดินทาง (ชาย = 1 , หญิง = 0)
Income	บาท/เดือน	รายได้เฉลี่ยของผู้เดินทางต่อเดือน
Member	คน	จำนวนสมาชิกในครัวเรือน
Car	คัน	จำนวนรถยนต์ที่ครอบครองของผู้เดินทาง
IVTime	นาที	เวลาในการเดินทางบนยานพาหนะ (Invehicle Time)
IVCost	บาท	ค่าโดยสารที่ใช้จ่ายในการเดินทาง (Invehicle Cost)
HurryTrip	-	ตัวแปรดัมมี่ สำหรับการเดินทางที่ต้องการความรวดเร็ว (ใช่ = 1 , ไม่ใช่ = 0)
Frequent	ครั้ง	จำนวนครั้งการเดินทางในรอบครึ่งปี
Transfer	ครั้ง	จำนวนครั้งในการเปลี่ยนรถ / ต่อรถ
IVCost/Income	-	ให้ความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายในการเดินทางกับระดับรายได้ของผู้เดินทาง (อิทธิพลของค่าใช้จ่ายในการเดินทางจะลดลงหากผู้เดินทางมีรายได้เพิ่มขึ้น)
IVTime*Income	-	ให้ความสัมพันธ์ของเวลาในการเดินทางบนยานพาหนะกับระดับรายได้ของผู้เดินทาง (ผู้ที่มีรายได้สูงจะให้ความสำคัญกับเวลาที่เสียไปกับการเดินทางมากกว่าผู้ที่มีรายได้น้อย)
CON_M	-	ค่าระดับความสะดวกที่ได้จากแบบจำลองแฝง
COM_M	-	ค่าระดับความสบายที่ได้จากแบบจำลองแฝง

ตาราง 5.7 แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง

Model	ρ^2	Percent Correct	Age	Gender	Income	Car	Hurrytrip	Frequent	IVCost	IVTime	IVCost/Income	IVTime*Income	CON_M	COM_M	Number of variable
M1-1	0.905	98.6%							•	•					2
M1-2	0.898	98.6%								•					1
M1-3	0.545	71.5%							•						1
M1-4	0.568	68.3%					•	•	•						3
M1-5	0.574	66.4%	•	•	•	•	•		•						6
M1-6	0.558	63.3%	•		•				•						3
M1-7	0.421	57.8%	•		•						•				3
M1-8	0.552	64.2%	•						•		•				3
M1-9	0.857	97.6%	•		•							•			3

หมายเหตุ : แบบจำลองที่เหมาะสมคือ M1-3, M1-4, M1-6, M1-7, M1-8

แบบจำลองที่คัดออกคือ M1-1, M1-2, M1-5, M1-9 (โปรดดูการอธิบายหน้า 85)

ตาราง 5.8 แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางโดยรวมตัวแปรแฝง

Model	ρ^2	Percent Correct	Age	Gender	Income	Car	Hurrytrip	Frequent	IVCost	IVTime	IVCost/Income	IVTime*Income	CON_M	COM_M	Number of variable
M2-1	0.906	98.6 %								•			•	•	3
M2-2	0.636	82.5%							•				•	•	3
M2-3	0.670	76.8%					•	•	•				•	•	5
M2-4	0.676	78.4%	•	•	•	•	•		•				•	•	8
M2-5	0.643	79.5%	•		•				•				•	•	5
M2-6	0.622	72.0%	•		•						•		•	•	5
M2-7	0.642	80.1%	•						•		•		•	•	5
M2-8	0.870	97.8%	•		•							•	•	•	5

หมายเหตุ : แบบจำลองที่เหมาะสมคือ M2-2, M2-3, M2-5, M2-7

แบบจำลองที่คัดออกคือ M2-1, M2-4, M2-6, M2-8 (โปรดดูการอธิบายหน้า 85)

5.5.4 การคัดเลือกแบบจำลอง

การคัดเลือกแบบจำลองได้ตรวจสอบความน่าเชื่อถือภายใน ซึ่งได้ทำการตรวจสอบแล้วในขั้นตอนการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ และตรวจสอบความน่าเชื่อถือภายนอกของแบบจำลอง ได้ทำการประเมินความถูกต้องของการพยากรณ์ (Percent Correct - ได้จากการตรวจสอบกับข้อมูลในส่วนที่เหลือ 20% ที่ได้สำรองไว้ตั้งแต่ก่อนพัฒนาแบบจำลอง) ดังได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 2.4 และแสดงผลของแต่ละแบบจำลองในตาราง 5.7 และ 5.8

แบบจำลองที่ได้รับการคัดเลือกจะพิจารณาจากแบบจำลองที่ให้ค่า ρ^2 กับอัตราความถูกต้องในการพยากรณ์ที่ดีและมีความเหมาะสมในการใช้ตัวแปรอธิบายแบบจำลอง ผลการคัดเลือกแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางที่เหมาะสม คือ แบบจำลอง M1-3 ($\rho^2 = 0.545$) , M1-4 ($\rho^2 = 0.568$) , M1-6 ($\rho^2 = 0.558$) , M1-7 ($\rho^2 = 0.421$) และ M1-8 ($\rho^2 = 0.552$) สำหรับแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางโดยรวมตัวแปรแฝงที่เหมาะสมคือ แบบจำลอง M2-2 ($\rho^2 = 0.636$) , M2-3 ($\rho^2 = 0.670$) , M2-5 ($\rho^2 = 0.643$) และ M2-7 ($\rho^2 = 0.642$)

แบบจำลองการเดินทางแบบทั่วไปที่ไม่ผ่านการพิจารณาคัดเลือก คือ แบบจำลอง M1-1 (เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์มีเครื่องหมายไม่ถูกต้อง) , M1-2 (เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์มีเครื่องหมายไม่ถูกต้อง) , M1-5 (ค่าสัมประสิทธิ์มีค่าสถิติทดสอบ t-test ต่ำ) และ M1-9 (ค่าสัมประสิทธิ์มีเครื่องหมายไม่ถูกต้อง) สำหรับแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางโดยรวมตัวแปรแฝงที่ไม่ผ่านการพิจารณาคัดเลือก คือ แบบจำลอง M2-1 (เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์มีเครื่องหมายไม่ถูกต้อง) , M2-4 (ค่าสัมประสิทธิ์มีค่าสถิติทดสอบ t-test ต่ำ) , M2-6 (ค่าสัมประสิทธิ์มีเครื่องหมายไม่ถูกต้อง) และ M2-8 (ค่าสัมประสิทธิ์มีเครื่องหมายไม่ถูกต้อง)

5.5.5 สรุปผลแบบจำลอง

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบเฉพาะแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางที่มีความเหมาะสมจากการคัดเลือกข้างต้น แบบจำลองทั้ง 5 แบบจำลองเมื่อหากเปรียบเทียบค่า ρ^2 กับอัตราความถูกต้องในการพยากรณ์มีค่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แบบจำลอง M1-6 และ M1-8 ให้ผลการทำนายที่สอดคล้องกับข้อมูลที่สำรวจได้ใกล้เคียงกัน แต่หากพิจารณาความสมเหตุสมผลในเชิงพฤติกรรมที่ว่า อิทธิพลของค่าใช้จ่ายในการเดินทางจะลดลงหากผู้เดินทางมีรายได้เพิ่มขึ้นแล้ว แบบจำลอง M1-8 ที่มีตัวแปร $IVCost/Income$ จะมีความเหมาะสมกว่า ดังนั้นจึงได้ตัดสินใจเลือกแบบจำลอง M1-8 เป็นแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้เดินทาง มีรายละเอียดรูปแบบสมการอรรถประโยชน์ดังตาราง 5.9

ในทำนองเดียวกันแบบจำลองที่ถูกคัดเลือกจากการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางโดยรวมตัวแปรแฝงคือ แบบจำลอง M2-7 มีรายละเอียดรูปแบบสมการอรรถประโยชน์ดังตาราง 5.10 พิจารณาแบบจำลองทั้งสองแบบแล้วพบว่า แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางที่รวมตัวแปรแฝง (M2-7) มีความสามารถในการอธิบายพฤติกรรมกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางได้ดีกว่าแบบจำลองที่มีเพียงตัวแปรทั่วไป (M1-8) และมีความสามารถในการพยากรณ์ความถูกต้องได้ดีกว่าเดิม 24.7 %

ตาราง 5.9 สรุปแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง (M1-8)

Variable Utility Function	Constant	Age	IVCost	IVCost/ Income	ρ^2	% Correct
$V_{(TRAIN)}$	- 28.609 (- 7.406)	0.0538 (2.850)	- 0.0272 (- 44.686)	- 0.405 (- 4.431)	0.552	64.2 %
$V_{(BUS)}$	- 19.624 (- 5.256)	0.0295 (1.563)	- 0.0272 (- 44.686)	- 0.405 (- 4.431)		
$V_{(AIR)}$	-	-	- 0.0272 (- 44.686)	- 0.405 (- 4.431)		

ค่าในวงเล็บคือค่าสถิติ t

ตาราง 5.10 สรุปแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางโดยรวมตัวแปรแฝง (M2-7)

Variable Utility Function	Const.	Age	IVCost	IVCost/ Income	CON_M	COM_M	ρ^2	% Correct
$V_{(TRAIN)}$	- 29.008 (- 6.329)	0.0569 (4.509)	- 0.0275 (- 44.166)	- 0.524 (- 5.443)	8.022 (25.988)	5.649 (10.109)	0.642	80.1 %
$V_{(BUS)}$	- 20.014 (- 4.870)	0.0331 (3.085)	- 0.0275 (- 44.166)	- 0.524 (- 5.443)	8.022 (25.988)	5.649 (10.109)		
$V_{(AIR)}$	-	-	- 0.0275 (- 44.166)	- 0.524 (- 5.443)	8.022 (25.988)	5.649 (10.109)		

ค่าในวงเล็บคือค่าสถิติ t

5.6 ความยืดหยุ่นของตัวแปรในแบบจำลอง

ค่าความยืดหยุ่นในการเลือกเป็นดัชนีตัวหนึ่งซึ่งงานวิจัยนี้นำมาใช้ในการอธิบายอิทธิพลของปัจจัยหรือตัวแปรในแบบจำลองที่มีต่อการเลือกทางเลือกรูปแบบการเดินทาง โดยพิจารณาจากอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนในการเลือกทางเลือกใดๆ เมื่อค่าของตัวแปรในแบบจำลองมีการเปลี่ยนแปลงไป 1 เปอร์เซ็นต์ ในที่นี้พิจารณาใช้ค่าเฉลี่ยของตัวแปรมาใช้ในการหาค่าความยืดหยุ่น โดยทดสอบกับแบบจำลองรวมตัวแปรแฝง M2-7 ค่าเฉลี่ยของตัวแปรจากฐานข้อมูลการพัฒนาแบบจำลองแสดงอยู่ในตาราง 5.11 และค่าความยืดหยุ่นจำแนกตามประเภทของตัวแปรแสดงอยู่ในตาราง 5.12 ค่าความยืดหยุ่นจะแบ่งออกได้เป็น 2 กรณี ได้แก่

- ค่าความยืดหยุ่นตรง (Direct Elasticity) คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนการเลือกรูปแบบการเดินทางของโหมด X ใดเมื่อค่าตัวแปรซึ่งอยู่ในรูปแบบโหมด X มีการเปลี่ยนแปลงไป
- ค่าความยืดหยุ่นข้าม (Cross Elasticity) คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนการเลือกรูปแบบการเดินทางของโหมดอื่นๆ ที่เหลือเมื่อค่าตัวแปรซึ่งอยู่ในรูปแบบโหมด X นั้นมีการเปลี่ยนแปลงไป

ตาราง 5.11 ค่าเฉลี่ยของตัวแปรที่นำไปใช้ในแบบจำลอง

แบบจำลอง	ตัวแปร	ทั้งหมด	รถไฟ	รถโดยสาร	เครื่องบิน
แบบจำลองแฝง	Age	34.6	-	-	-
ความสะดวก	PAX	2	-	-	-
	Outticket	-	0	0	1
	VehLate	-	1	0	0
แบบจำลองแฝง	Age	34.6	-	-	-
ความสบาย	Transfer	2	-	-	-
	IVTime	-	730	595	60
	Class1	-	1	0	0
แบบจำลองการเลือก	Age	34.6	-	-	-
รูปแบบการเดินทาง โดยรวมตัวแปรแฝง	Income	17,000	-	-	-
	IVCost	-	345	420	1,975
	CON_M	-	-0.274	-0.205	0.322
	COM_M	-	0.197	-0.176	0.215

ตาราง 5.12 ค่าความยืดหยุ่นของการเลือกรูปแบบการเดินทาง

รูปแบบการเดินทาง	ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (IVCost)		ความสะดวก (CON_M)		ความสบาย (COM_M)	
	ความยืดหยุ่น ตรง	ความยืดหยุ่น ข้าม	ความยืดหยุ่น ตรง	ความยืดหยุ่น ข้าม	ความยืดหยุ่น ตรง	ความยืดหยุ่น ข้าม
	เครื่องบิน	4.234	- 0.000	2.699	- 0.000	0.945
รถโดยสารประจำทาง	0.122	- 1.150	0.014	- 1.342	0.013	- 1.235
รถไฟ	0.785	- 0.083	0.272	- 0.028	0.084	- 0.009

จากข้อมูลของค่าความยืดหยุ่นของตัวแปร เมื่อพิจารณาถึงค่าน้ำหนักของตัวแปรทั่วไป (ในที่นี้ใช้ตัวแปร IVCost เป็นตัวแทนของตัวแปรทั่วไป เนื่องจากมีค่าสถิติ t ที่สูงกว่าตัวแปรทั่วไปตัวอื่นๆ) เทียบกับค่าน้ำหนักของตัวแปรแฝงนั้น พบว่า อิทธิพลของตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อแบบจำลองมีสัดส่วนเป็น ตัวแปรทั่วไป : ตัวแปรความสะดวก : ตัวแปรความสบาย เท่ากับ 4 : 2 : 1 ทั้งนี้ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆ ในแบบจำลอง พบว่า รูปแบบการเดินทางโดยเครื่องบินได้รับผลกระทบสูงที่สุด

5.7 สรุปรูปแบบแบบจำลอง

5.7.1 แบบจำลองการวัดตัวแปรแฝงจากกลุ่มดัชนีวัด

มีรูปแบบสมการเชิงเส้นของปัจจัยความสะดวกและความสบาย เพื่อใช้หาค่าคะแนนปัจจัย (Factor Score) ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ความสะดวก (Convenience)} &= 0.614 (\text{Seek_car}) + 0.710 (\text{Punctual}) + 0.755 (\text{Schedule}) \\ &+ 0.745 (\text{With_Bag}) + 0.581 (\text{Ticket}) + 0.187 (\text{Air}) \\ &- 0.048 (\text{Bed}) + 0.077 (\text{Space_Travel}) + 0.181 (\text{Clean}) \\ &+ 0.275 (\text{Private}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความสบาย (Comfort)} &= -0.050 (\text{Seek_car}) + 0.224 (\text{Punctual}) \\ &+ 0.272 (\text{Schedule}) + 0.040 (\text{With_Bag}) + 0.381 (\text{Ticket}) \\ &+ 0.747 (\text{Air}) + 0.741 (\text{Bed}) + 0.687 (\text{Space_Travel}) \\ &+ 0.665 (\text{Clean}) + 0.645 (\text{Private}) \end{aligned}$$

5.7.2 แบบจำลองแฝงจากตัวแปรที่วัดค่าได้

- แบบจำลองแฝงความสะดวก

$$\text{CON_M} = -0.191 + 0.527 (\text{OutTicket}) - 0.00716 (\text{PAX}) - 0.0682 (\text{VehLate})$$

- แบบจำลองแฝงความสบาย

$$\text{COM_M} = 0.412 + 0.472 (\text{Class1}) - 0.0764 (\text{Transfer}) - 0.0000211 (\text{IVTime} * \text{Age})$$

5.7.3 แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง

- ฟังก์ชันอรรถประโยชน์สำหรับแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง

$$V_{(\text{TRAIN})} = -28.609 + 0.0538 (\text{Age}) - 0.0272 (\text{IVCost}) - 0.405 (\text{IVCost/Income})$$

$$V_{(\text{BUS})} = -19.624 + 0.0295 (\text{Age}) - 0.0272 (\text{IVCost}) - 0.405 (\text{IVCost/Income})$$

$$V_{(\text{AIR})} = -0.0272 (\text{IVCost}) - 0.405 (\text{IVCost/Income})$$

- ฟังก์ชันอรรถประโยชน์สำหรับแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางโดยรวมตัวแปรแฝง

$$V_{(\text{TRAIN})} = -29.008 + 0.0569 (\text{Age}) - 0.0275 (\text{IVCost}) - 0.524 (\text{IVCost/Income}) + 8.022 (\text{CON_M}) + 5.649 (\text{COM_M})$$

$$V_{(\text{BUS})} = -20.014 + 0.0331 (\text{Age}) - 0.0275 (\text{IVCost}) - 0.524 (\text{IVCost/Income}) + 8.022 (\text{CON_M}) + 5.649 (\text{COM_M})$$

$$V_{(\text{AIR})} = -0.0275 (\text{IVCost}) - 0.524 (\text{IVCost/Income}) + 8.022 (\text{CON_M}) + 5.649 (\text{COM_M})$$

- สมการโลจิสติกของแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง

$$P_{\text{TRAIN}} = \frac{e^{V_{(\text{TRAIN})}}}{e^{V_{(\text{TRAIN})}} + e^{V_{(\text{BUS})}} + e^{V_{(\text{AIR})}}}$$

$$P_{\text{BUS}} = \frac{e^{V_{(\text{BUS})}}}{e^{V_{(\text{TRAIN})}} + e^{V_{(\text{BUS})}} + e^{V_{(\text{AIR})}}}$$

$$P_{\text{AIR}} = \frac{e^{V_{(\text{AIR})}}}{e^{V_{(\text{TRAIN})}} + e^{V_{(\text{BUS})}} + e^{V_{(\text{AIR})}}}$$

5.7.4 อิทธิพลของตัวแปรในแบบจำลอง

การพิจารณาอิทธิพลของตัวแปรในแบบจำลองโดยค่าความยืดหยุ่น คำนวณน้ำหนักของตัวแปรทั่วไป (ในที่นี้ใช้ตัวแปร IVCost เป็นตัวแทนของตัวแปรทั่วไป เนื่องจากมีค่าสถิติ t ที่สูงกว่าตัวแปรทั่วไปตัวอื่นๆ) เทียบกับค่าน้ำหนักของตัวแปรแฝงนั้น พบว่า อิทธิพลของตัวแปรที่ส่งผลต่อแบบจำลองมีสัดส่วนเป็น ตัวแปรทั่วไป : ตัวแปรความสะดวก : ตัวแปรความสบาย เท่ากับ 4 : 2 : 1 ทั้งนี้ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆ ในแบบจำลอง พบว่า รูปแบบการเดินทางโดยเครื่องบินได้รับผลกระทบสูงที่สุด