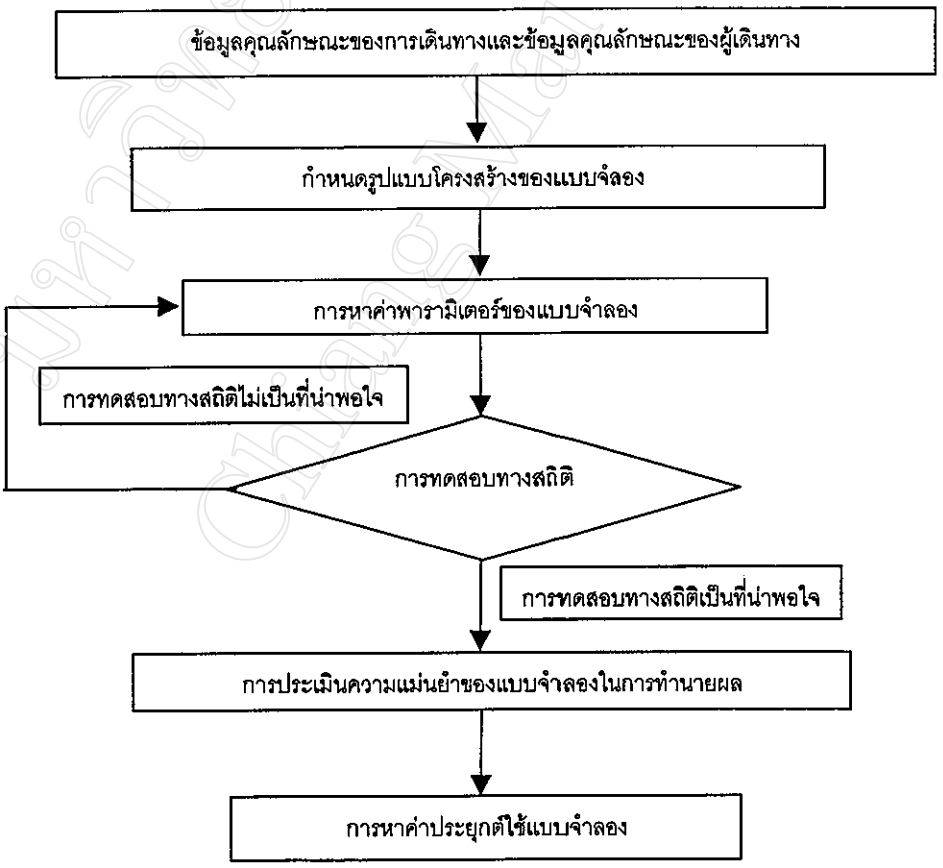
บทที่ 5
การสร้างและคัดเลือกแบบจำลอง

ในบทนี้เป็นการสร้างแบบจำลองภายหลังจากการจัดเตรียมข้อมูลต่างๆที่ได้จากการสำรวจด้วยเทคนิควิธี SP ในบทที่แล้ว การสร้างแบบจำลองเริ่มจากการกำหนดรูปแบบโครงสร้างของแบบจำลอง การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง จากนั้นจึงคัดเลือกแบบจำลองโดยพิจารณาจากค่าทางสถิติ ค่าความถูกต้องแม่นยำในการประเมินผล และตรวจสอบความมีเหตุมีผลของค่าตัวแปรต่างๆ กับพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกยานพาหนะในการเดินทาง แล้วจึงนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้กับนโยบายการส่งเสริมรถประจำทางซึ่งจะกล่าวในบทต่อไป รูปที่ 5.1 แสดงแผนภูมิขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง



รูปที่ 5.1 แสดง Flow Chart ของการสร้างแบบจำลอง

5.1 โครงสร้างของแบบจำลอง และการระบุค่าตัวแปรในแบบจำลอง

5.1.1 โครงสร้างของแบบจำลอง Binary Logit

แบบจำลองที่สร้างขึ้นเป็นแบบจำลองโลจิตประเภท Binary (Binary Logit Model) ซึ่งเป็นการพิจารณาเพียง 2 ทางเลือก ในการศึกษานี้ได้เปรียบเทียบระหว่างยานพาหนะที่ผู้เดินทางใช้เดินทางในตอนเช้าของวันสำรวจ (รถยนต์ รถจักรยานยนต์ และรถสี่ล้อแดง) กับรถประจำทางซึ่งเป็นยานพาหนะที่นำเสนอใหม่ ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถใช้พยากรณ์หาสัดส่วนที่ผู้เดินทางด้วยยานพาหนะแบบเดิม จะเปลี่ยนมาใช้รถประจำทางได้ดังนี้

$$P_n(o) = \frac{e^{V_{on}}}{e^{V_{on}} + e^{V_{bn}}}$$

โดยที่

V_{on} = สมการอรรถประโยชน์ที่แสดงถึงความพึงพอใจที่ผู้เดินทางจะได้รับเมื่อคงใช้ยานพาหนะแบบเดิมในการเดินทาง (รถยนต์ รถจักรยานยนต์ และรถสี่ล้อแดง)

V_{bn} = สมการอรรถประโยชน์ที่แสดงถึงความพึงพอใจที่ผู้เดินทางจะได้รับเมื่อเมื่อเปลี่ยนมาใช้รถประจำทาง

$P_n(o)$ = ความน่าจะเป็นที่ผู้เดินทางคนที่ n จะเลือกยานพาหนะแบบเดิมในการเดินทาง

5.1.2 รูปแบบสมการอรรถประโยชน์ของแบบจำลอง

สำหรับโครงสร้างสมการอรรถประโยชน์ Von และ Vbn ได้กำหนดรูปแบบสมการอรรถประโยชน์แยกตามประเภทยานพาหนะที่ใช้ได้แก่ รถยนต์ รถจักรยานยนต์ และรถสี่ล้อแดง เปรียบเทียบกับรถประจำทาง โดยมีรูปแบบดังนี้

1. สมการอรรถประโยชน์ระหว่างรถยนต์และรถประจำทาง

$$V_{\text{รถยนต์}} = a_0 + a_1(\text{IVTT}) + a_2(\text{TOTCOST}) + a_3(\text{PC_VEH/PC_LS}) + a_4(\text{PC_OCCUP}) + a_5(\text{PC_EDUCA}) + a_6(\text{PC_HH}) + a_7(\text{PC_WORKHH}) + a_8(\text{PC_STATUS}) + a_9(\text{PC_AGE}) + a_{10}(\text{PC_SEX})$$

$$V_{\text{รถประจำทาง}} = a_1(\text{IVTT}) + a_{11}(\text{MB_OVT}) + a_2(\text{TOTCOST}) + a_{12}(\text{MB_LINK})$$

2. สมการอรรถประโยชน์ระหว่างรถจักรยานยนต์และรถประจำทาง

$$V_{\text{รถจักรยานยนต์}} = a_{13} + a_{14}(IVTT) + a_{15}(TOTCOST) + a_{16}(MC_VEH/MC_LS) + a_{17}(MC_OCCUP) + a_{18}(MC_EDUCA) + a_{19}(MC_HH) + a_{20}(MC_WORKHH) + a_{21}(MC_STATUS) + a_{22}(MC_AGE) + a_{23}(MC_SEX)$$

$$V_{\text{รถประจำทาง}} = a_{14}(IVTT) + a_{24}(MB_OVT) + a_{15}(TOTCOST) + a_{25}(MB_LINK)$$

3. สมการอรรถประโยชน์ระหว่างรถสี่ล้อแดงและรถประจำทาง

$$V_{\text{รถสี่ล้อแดง}} = a_{26} + a_{27}(IVTT) + a_{28}(TOTCOST) + a_{29}(ST_OCCUP) + a_{30}(ST_EDUCA) + a_{31}(ST_HH) + a_{32}(ST_WORKHH) + a_{33}(ST_STATUS) + a_{34}(ST_AGE) + a_{34}(ST_SEX) + a_{35}(ST_OVT)$$

$$V_{\text{รถประจำทาง}} = a_{27}(IVTT) + a_{36}(MB_OVT) + a_{28}(TOTCOST) + a_{37}(MB_LINK)$$

5.1.2 การเลือกตัวแปรในสมการอรรถประโยชน์

งานวิจัยนี้ได้จำแนกตัวแปรที่ใช้ในสมการอรรถประโยชน์ ออกเป็น 2-กลุ่ม คือ ตัวแปร Generic และตัวแปร Mode-Specific โดยแต่ละกลุ่มประกอบด้วยตัวแปรต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

1) ตัวแปร Generic

เป็นตัวแปรที่รวมอยู่ในสมการอรรถประโยชน์ทุกทางเลือกของการเดินทาง โดยมีค่าเดียวกัน (Same Weight) หรือมีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระเหมือนกันในทุกทางเลือก ตัวแปร Generic จะเป็นตัวแปรที่ใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทางเลือก โดยตัวแปร Generic ที่ใช้ในแบบจำลองการเลือกยานพาหนะที่รู้จักกันดี คือ ตัวแปรระดับการบริการ (LOS) NCHRP 253 (1982) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของตัวแปร LOS นอกจากจะเป็นตัวแปรที่ใช้ร่วมในทฤษฎีอรรถประโยชน์แล้ว ยังช่วยอำนวยความสะดวกในการทำนายยานพาหนะระบบใหม่อีกด้วย ในงานวิจัยได้เลือกตัวแปร Generic คือ เวลาในการเดินทางภายในยานพาหนะ และค่าใช้จ่ายในการเดินทาง โดยสำหรับรถยนต์ รถจักรยานยนต์ และรถสี่ล้อแดงนั้นค่าเวลาการเดินทางจะเป็นเวลาเดินทางจากบ้านมายังที่ทำงานหรือสถานศึกษาซึ่งได้จากการสอบถาม สำหรับรถประจำทางค่าเวลาเดินทางภายในยานพาหนะจะเป็นค่าที่กำหนดขึ้น ซึ่งรายละเอียดการกำหนดค่าอยู่ในหัวข้อ 3.2.5 ส่วนตัวแปร LOS อีกตัวแปรหนึ่งที่เลือกใช้เป็นตัวแปร Generic คือ ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง สำหรับรถยนต์และรถจักรยานยนต์จะเป็นค่าน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งได้จากการสอบถามผู้เดินทาง ส่วนค่าใช้จ่ายในการเดิน

ทางด้วยรถสี่ล้อแดง และรถประจำทางจะเป็นค่าโดยสาร ซึ่งค่าโดยสารรถสี่ล้อแดงได้จากการสอบถามส่วนค่าโดยสารรถประจำทางนั้นเป็นค่าที่ได้จากกำหนด

2) ตัวแปร Specific

เป็นตัวแปรที่รวมอยู่ในสมการอรรถประโยชน์เฉพาะทางเลือกใดทางเลือกหนึ่งของการเดินทาง ทางเลือกอื่นนอกเหนือจากทางเลือกที่พิจารณาจะมีค่าสัมประสิทธิ์เป็น 0

NCHRP 253 (1982) กล่าวว่า แบบจำลองโลจิตไม่สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ในตัวแปรอิสระที่มีค่าเดียวกันในทุกทางเลือก ดังนั้นตัวแปรคุณลักษณะผู้เดินทาง เช่น รายได้จึงเป็นได้เพียงตัวแปรอิสระของทางเลือกใดทางเลือกหนึ่ง ในกรณี 2 ทางเลือกระหว่างรถประจำทางและรถยนต์ ถ้าตัวแปรรายได้อยู่ในสมการอรรถประโยชน์ของรถยนต์ ตัวแปรรายได้ในสมการอรรถประโยชน์ของรถประจำทางจะมีค่าเป็น 0 และถ้าตัวแปรรายได้ถูกนำเข้าไปในสมการอรรถประโยชน์ของรถประจำทางค่าสัมประสิทธิ์จะมีค่าเดียวกันแต่มีเครื่องหมายตรงกันข้าม

จากการทบทวนแนวคิด และงานวิจัยศึกษาที่ผ่านมา พบว่า ตัวแปรคุณลักษณะของผู้เดินทางที่ใช้ในการศึกษาโดยทั่วไปประกอบด้วย ความเป็นเจ้าของยานพาหนะ ใบอนุญาตขับขี่รถยนต์หรือรถจักรยานยนต์ และรายได้ของผู้เดินทาง บางงานวิจัยได้ศึกษาผลของตัวแปรอายุ และเพศ ของผู้เดินทางต่อการเลือกยานพาหนะร่วมด้วย แต่จากการศึกษาที่ผ่านมาของเมืองเชียงใหม่โดย สุทธิพงษ์(2536) นั้นพบว่าตัวแปรคุณลักษณะของผู้เดินทางที่มีผลต่อการเลือกยานพาหนะในเมืองเชียงใหม่นั้น ได้แก่ ความเป็นเจ้าของยานพาหนะ รายได้ของครัวเรือน สถานะภาพการทำงาน (อาชีพ) ระดับการศึกษา เพศ และสถานะในครัวเรือน ซึ่งงานวิจัยนี้จะใช้ตัวแปรเหล่านี้ในการศึกษาและเพิ่มตัวแปรในการศึกษาเพิ่มเติม ได้แก่ ขนาดครัวเรือน จำนวนผู้ทำงานในครัวเรือน อายุ และเพศของผู้เดินทาง

ส่วนตัวแปรระดับการบริการขนส่งที่นำมาใช้เป็นเป็นตัวแปร Specific ในงานวิจัยนี้ได้แก่ ค่าเวลาในการเดินทางนอกยานพาหนะของรถสี่ล้อแดงและรถประจำทาง และตัวแปรจำนวนการต่อรถประจำทาง

หลังจากกำหนดว่าตัวแปรระดับการบริการ และตัวแปรคุณลักษณะของผู้เดินทาง ตัวแปรใดบ้างที่จะใช้ในการสร้างแบบจำลองแล้ว ตัวแปรต่างๆ จะถูกระบุชื่อใหม่ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลอง

ตัวแปร	ความหมาย
1) ตัวแปร Generic	
IVTT	เวลาการเดินทางภายในยานพาหนะ (นาที)
TOTCOST	ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (บาท) • รถยนต์และรถจักรยานยนต์ ได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง • รถสี่ล้อแดงและรถประจำทาง ได้แก่ ค่าโดยสาร
2) ตัวแปร Mode-Specific	
PC_Variable	ตัวแปร mode-specific สำหรับผู้เดินทางด้วยรถยนต์
MC_Variable	ตัวแปร mode-specific สำหรับผู้เดินทางด้วยรถจักรยานยนต์
ST_Variable	ตัวแปร mode-specific สำหรับผู้เดินทางด้วยรถสี่ล้อแดง
MB_Variable	ตัวแปร mode-specific สำหรับผู้เดินทางด้วยรถประจำทาง
โดยที่ Variable คือ	
SEX	1 = ชาย
	0 = หญิง
AGE1	1 = 16-25 ปี
	0 = อายุอื่นๆ
AGE2	1 = 26-40 ปี
	0 = อายุอื่นๆ
OCCUP1	1 = ทำงานในหน่วยงานราชการ หรือรัฐวิสาหกิจ
	0 = ทำงานอื่นๆ
OCCUP2	1 = ทำงานในหน่วยงานของเอกชน
	0 = ทำงานอื่นๆ
EDUCA1	1 = ระดับการศึกษาต่ำกว่ามัธยมปลาย
	0 = ระดับการศึกษาอื่นๆ
EDUCA2	1 = ระดับการศึกษาอาชีวะ (ปวช. หรือ ปวส.)
	0 = ระดับการศึกษาอื่นๆ
STATUS	1 = พ่อบ้าน หรือแม่บ้าน
	0 = อื่นๆ

ตารางที่ 5.1 (ต่อ) แสดงค่าตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลอง

ตัวแปร	ความหมาย
VEH	จำนวนยานพาหนะ (คัน)
LS	จำนวนใบอนุญาตขับขี่ต่อครัวเรือน
INCOME	รายได้ต่อเดือนของผู้เดินทาง (บาท) / 10000 บาท
HH	จำนวนสมาชิกในครัวเรือน (คน)
WORKHH	จำนวนผู้ทำงานในครัวเรือน (คน)
LINK	จำนวนต่อรถประจำทาง
OVT	เวลาเดินทางภายนอกยานพาหนะ โดยรวมเวลาในการเข้าถึงยานพาหนะและเวลาคอยยานพาหนะ

5.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ และการทดสอบค่าทางสถิติของแบบจำลอง

5.2.1 การประมาณค่าพารามิเตอร์

ในการสร้างแบบจำลองจะทำการประมาณหาค่าพารามิเตอร์ (Calibrate) ด้วยวิธี Maximum Likelihood ดังรายละเอียดในหัวข้อ 2.6 การประมาณค่าพารามิเตอร์ในการศึกษานี้จะมีกระบวนการนำตัวแปรเข้ามาประมาณหาค่าพารามิเตอร์โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ตัวแปรทั้งหมดจะถูกนำเข้ามาประมาณหาค่าพารามิเตอร์ ตัวแปรที่ให้ค่าทางสถิติแบบ t สูงที่สุดซึ่งหมายความว่า ตัวแปรนั้นมีผลต่อการเลือกยานพาหนะที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จะถูกแยกเก็บไว้ก่อน
2) ตัวแปรที่เหลือจะถูกนำเข้ามาประมาณหาค่าพารามิเตอร์อีกครั้งและตัวแปรที่พบว่าผ่านการทดสอบทางสถิติแบบ t จะถูกแยกเก็บเหมือนขั้นตอนในข้อ (1)
3) ตัวแปรที่เหลืออยู่จากข้อ (2) จะถูกนำเข้ามาประมาณหาค่าพารามิเตอร์เหมือนในข้อ (1) จนกระทั่งตัวแปรที่เหลืออยู่ไม่ผ่านค่าการทดสอบสถิติแบบ t
4) ตัวแปรที่ได้แยกเก็บไว้ทุกตัวในขั้นตอนที่ (1) – (3) จะถูกนำมาประมาณหาค่าพารามิเตอร์ใหม่อีกครั้ง โดยจะทำซ้ำในขั้นตอนที่ (1)-(4) จนกระทั่งตัวแปรทุกตัวผ่านการทดสอบค่าทางสถิติแบบ t

5.2.2 การทดสอบค่าทางสถิติของแบบจำลอง

หลังจากได้แบบจำลองที่ผ่านการประมาณค่าพารามิเตอร์ในหัวข้อที่ 5.2.1 โดยค่าตัวแปรที่ได้ผ่านการทดสอบค่าสถิติแบบ t ในทุกตัวแปรแล้ว จะนำตัวแปรที่ได้มาตรวจสอบค่าเครื่องหมายของตัวแปร (Sign Test) ซึ่งเป็นการตรวจสอบ ความสมเหตุ สมผลของค่าของสัมประสิทธิ์ตัวแปรคุณลักษณะของการเดินทาง (LOS) ซึ่งควรมีเครื่องหมายเป็นลบเนื่องจากการเสียเวลา หรือค่าใช้จ่ายในการเดินทางมากขึ้น โอกาสในการที่ผู้เดินทางจะพิจารณาเลือกยานพาหนะชนิดนั้นจะน้อยลง

หลังจากการตรวจสอบ Sign Test แล้วถ้าตัวแปร LOS ใดที่ไม่ผ่านการทดสอบ ก็จะคัดตัวแปรนั้นออกจากแบบจำลองแล้วทำการหาค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรทุกตัวใหม่ โดยกลับไปที่ขั้นตอนแรกในหัวข้อ 5.2.1 เมื่อตัวแปรทุกตัวผ่านการทดสอบค่าทางสถิติแบบ Sign Test แล้วจะนำตัวแปรเหล่านี้มาหาทดสอบความสัมพันธ์ร่วมกันของตัวแปร (Correlation) โดยจัดกลุ่มตัวแปรแล้วนำทดสอบหาความสัมพันธ์โดยย้อนกลับไปที่ขั้นตอนแรกในหัวข้อ 5.2.1 ตัวแปรที่พบว่ามีความสัมพันธ์จะถูกนำมาใช้สร้างแบบจำลอง

หลังจากตรวจสอบ Sign Test และ Correlation ระหว่างตัวแปรแล้วจึงคัดเลือกแบบจำลองที่ให้ค่า Likelihood ratio index (LRI: ρ^2) ที่มีค่ามากกว่า 0.2 ขึ้นไป ผลจากการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองแสดงดังตารางที่ 5.2-5.9

5.3 การประเมินความแม่นยำของแบบจำลองในการทำนายผล

แบบจำลองที่ผ่านกระบวนการหาค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง และผ่านการทดสอบทางสถิติดังที่กล่าวในหัวข้อ 5.3 เรียบร้อยแล้ว จะถูกประเมินความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลอง โดยการศึกษานี้จะทำการตรวจสอบได้ 2-ลักษณะ คือ

ลักษณะแรก แบบจำลองที่ได้ผ่านการหาค่าพารามิเตอร์ และทดสอบทางสถิติจะถูกแทนค่าตัวแปรของผู้เดินทางแต่ละคนใหม่โดยใช้ข้อมูลเดิมที่ใช้สร้างแบบจำลอง (ในการศึกษานี้ได้ใช้ตัวอย่างในการสร้างแบบจำลองจำนวน 127 ตัวอย่างสำหรับกลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปทำงาน และ 143 ตัวอย่างสำหรับกลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปสถานศึกษา) แล้วทำนายผลความน่าจะเป็นในการที่ผู้เดินทางแต่ละคนจะเลือกหรือไม่เลือกยานพาหนะเดินทางเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการสำรวจจริงซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้คำว่า *%Correct* (ตัวอย่างการตรวจสอบความถูกต้องโดยรวมแสดงดังภาคผนวก ข)

ลักษณะที่สอง แตกต่างจากแบบแรกตรงการนำเอาข้อมูลที่แยกไว้ทดสอบแบบจำลอง (จำนวน 31 ตัวอย่างสำหรับการเดินทางเพื่อไปทำงาน และ35 ตัวอย่างสำหรับผู้เดินทางเพื่อไปสถานศึกษา) มาแทนค่าในแบบจำลองที่ได้ แล้วทำนายผลความน่าจะเป็นในการที่ผู้เดินทางแต่ละคนจะเลือกหรือไม่เลือกยานพาหนะเดินทางเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการสำรวจจริง โดยวัตถุประสงค์ในการทดสอบลักษณะที่สองนี้เพื่อทดสอบว่า แบบจำลองที่ได้นี้สามารถแทนกลุ่มประชากรได้จริงหรือไม่ ในงานวิจัยนี้ใช้คำว่า *Estimated/Actual*

5.4 ผลการตรวจสอบแบบจำลอง

ผลจากการหาค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองพบว่า ตัวแปรเวลาในการเดินทางภายนอกยานพาหนะ ตัวแปรจำนวนรถยนต์ต่อจำนวนใบอนุญาตขับขี่รถยนต์ในครัวเรือน และตัวแปรจำนวนรถจักรยานยนต์ต่อจำนวนใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ต่อครัวเรือน นั้นไม่ผ่านการทดสอบค่าทางสถิติแบบ t จึงได้ทำการกำหนดค่าตัวแปรในการสร้างแบบจำลองใหม่ ดังนี้

TOTTIME = เวลาในการเดินทางโดยยานพาหนะทั้งหมด สำหรับรถยนต์และรถจักรยานยนต์จะเป็นเวลาเดินทางจากบ้านมายังที่ทำงานหรือสถานศึกษา สำหรับรถสี่ล้อแดงและรถประจำทางจะรวมเวลาในการเข้าถึง(Access Time) เวลาในการคอย(Waiting time) และเวลาในการเดินทางภายในยานพาหนะ (In-Vehicle Time)

และทำการแยกคิดตัวแปรจำนวนใบอนุญาตขับขี่รถยนต์และรถจักรยานยนต์ในครัวเรือนออกจากตัวแปรจำนวนรถยนต์และรถจักรยานยนต์ในครัวเรือน โดยโครงสร้างของแบบจำลองอรรถประโยชน์ถูกปรับขึ้นใหม่ดังนี้

1. สมการอรรถประโยชน์ระหว่างรถยนต์และรถประจำทาง

$$V_{\text{รถยนต์}} = a_0 + a_1(\text{TOTTIME}) + a_2(\text{TOTCOST}) + a_3(\text{PC_VEH}) + a_4(\text{PC_LS}) + a_5(\text{PC_OCCUP}) + a_6(\text{PC_EDUCA}) + a_7(\text{PC_HH}) + a_8(\text{PC_WORKHH}) + a_9(\text{PC_STATUS}) + a_{10}(\text{PC_AGE}) + a_{11}(\text{PC_SEX})$$

$$V_{\text{รถประจำทาง}} = a_1(\text{TOTTIME}) + a_2(\text{TOTCOST}) + a_{12}(\text{MB_LINK})$$

2. สมการอรรถประโยชน์ระหว่างรถจักรยานยนต์และรถประจำทาง

$$V_{\text{รถจักรยานยนต์}} = a_{13} + a_{14}(\text{TOTTIME}) + a_{15}(\text{TOTCOST}) + a_{16}(\text{MC_VEH}) + a_{17}(\text{MC_LS}) + a_{18}(\text{MC_OCCUP}) + a_{19}(\text{MC_EDUCA}) + a_{20}(\text{MC_HH}) + a_{21}(\text{MC_WORKHH}) + a_{22}(\text{MC_STATUS}) + a_{23}(\text{MC_AGE}) + a_{24}(\text{MC_SEX})$$

$$V_{\text{รถประจำทาง}} = a_{14}(\text{TOTTIME}) + a_{15}(\text{TOTCOST}) + a_{25}(\text{MB_LINK})$$

3. สมการอรรถประโยชน์ระหว่างรถสี่ล้อแดงและรถประจำทาง

$$V_{\text{รถสี่ล้อแดง}} = a_{26} + a_{27}(\text{TOTTIME}) + a_{28}(\text{TOTCOST}) + a_{29}(\text{ST_OCCUP}) + a_{30}(\text{ST_EDUCA}) + a_{31}(\text{ST_HH}) + a_{32}(\text{ST_WORKHH}) + a_{33}(\text{ST_STATUS}) + a_{34}(\text{ST_AGE}) + a_{35}(\text{ST_SEX})$$

$$V_{\text{รถประจำทาง}} = a_{27}(\text{TOTTIME}) + a_{28}(\text{TOTCOST}) + a_{36}(\text{MB_LINK})$$

ผลการตรวจสอบ และวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ในแบบจำลองตามรูปแบบโครงสร้างที่ได้ปรับขึ้นใหม่ สำหรับกลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปทำงาน และกลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปสถานศึกษา และทำการวิเคราะห์ทั้งสองกลุ่มร่วมกันได้แสดงดังตารางที่ 5.2 – 5.9 ซึ่งจะสรุปเฉพาะแบบจำลองที่ตัวแปรผ่านการทดสอบค่าทางสถิติแบบ t

การตรวจสอบผลการวิเคราะห์โดยรวม (ค่า%Correct) พบว่า รูปแบบที่กำหนดขึ้นยังมีความคลาดเคลื่อนในการทำนายพฤติกรรมอยู่ในระดับที่สูงประมาณ 20-25% ในกลุ่มของผู้ใช้รถยนต์และรถจักรยานยนต์ส่วนกลุ่มของผู้ใช้รถสี่ล้อแดงนั้นอยู่ในมีความเคลื่อนที่ต่ำกว่า สาเหตุของความคลาดเคลื่อนอาจเนื่องมาจาก (1) ผู้ใช้รถยนต์ให้ความสนใจในการสัมภาษณ์น้อยกว่าผู้ใช้รถประจำทาง ซึ่งจากข้อมูลสำรวจดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ซึ่งพบว่าผู้ใช้รถประจำทางส่วนใหญ่นั้นไม่มียานพาหนะเป็นของตนเอง และมีทางเลือกเดียวในการเดินทางซึ่งได้ให้ความสนใจกับการสัมภาษณ์สูง (2) พฤติกรรมการใช้รถยนต์และรถจักรยานยนต์นั้นมีความซับซ้อนกว่า ในส่วนของรถยนต์บางส่วนเกิดจากความจำเป็นที่ต้องใช้รถยนต์ร่วมกันในการเดินทาง ความสะดวกสบาย และความปลอดภัย ในส่วนของรถจักรยานยนต์บางส่วนเกิดจากสะดวกในการหาที่จอดรถ หรือความต้องการเดินทางหลายครั้งในช่วงเวลาวันหนึ่ง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้เป็นสิ่งที่ประเมินค่าได้ยาก และไม่ได้ถูกนำไปใช้สร้างแบบจำลอง

การตรวจสอบผลการวิเคราะห์ค่าตัวแปรในแบบจำลอง พบว่าตัวแปรที่ส่งผลวิกฤตต่อแบบจำลองได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการเดินทางด้วยรถยนต์ รถจักรยานยนต์ ค่าโดยสารรถสี่ล้อแดง และรถประจำทาง ส่วนตัวแปรที่ส่งผลสำคัญต่อแบบจำลองนั้นได้แก่ สถานะในครัวเรือนของผู้เดินทาง ส่วนตัวแปรที่ส่งผลไม่มากนักได้แก่ ตัวแปรอายุ อาชีพ และความเป็นเจ้าของใบอนุญาตขับขี่ในครัวเรือน

ในการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ ในสมการอรรถประโยชน์ที่มีค่า ρ^2 สูงที่สุด พบว่า

- ผู้ทำงานราชการหรือเอกชนมีแนวโน้มในการเปลี่ยนมาใช้รถประจำทางมากกว่าผู้มีอาชีพค้าขาย นักธุรกิจ หรือรับจ้าง
- ผู้เดินทางที่ใช้รถจักรยานยนต์ที่มีอายุมากกว่า 40 ปีในการเดินทางเพื่อไปทำงานนั้น มีแนวโน้มในการเปลี่ยนมาใช้รถประจำทางมากขึ้น
- พ่อบ้านหรือแม่บ้านนั้นนิยมใช้รถยนต์ส่วนตัว มากกว่าลูก ญาติหรือผู้อาศัยในครัวเรือน ซึ่งกลุ่มที่มีแนวโน้มในการเปลี่ยนมาใช้รถประจำทางจะเป็นกลุ่มลูก ญาติหรือผู้อาศัยในครัวเรือน
- ครัวเรือนที่มีใบอนุญาตขับขี่รถยนต์ หรือรถจักรยานยนต์เพิ่มขึ้น ผู้เดินทางมีแนวโน้มที่จะใช้รถยนต์ หรือรถจักรยานยนต์เพิ่มขึ้น โดยมีแนวโน้มที่ใช้รถประจำทางน้อยลง

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการวิเคราะห์กลุ่มผู้เดินทางไปทำงานด้วยรถยนต์เปรียบเทียบกับรถประจำทาง

MODEL / Variable	C1-1	C1-2	C1-3	C1-4	C1-5
Constant	1.734 (2.77)	2.281 (3.51)	1.626 (2.44)	0.225 (2.03)	-0.868 (2.48)
TOTTIME					-0.044 (3.17)
TOTCOST		-0.054 (4.42)	-0.059 (4.40)	-0.060 (4.94)	-0.064 (4.40)
PC_OCCUP1	-2.781 (4.30)	-2.323 (3.52)	-1.956 (2.92)		
PC_OCCUP2	-2.833 (3.61)	-2.692 (3.36)	-2.259 (2.77)		
PC_STATUS			1.267 (3.66)		1.621 (4.63)
Log-Likelihood (LL)	-138.81	-127.62	-120.83	-137.03	-121.44
Likelihood ratio index	0.11	0.18	**0.23**	0.12	**0.22**
%Correct	75.0	75.8	78.2	74.0	77.5
Estimated/Actual	1.19	1.13	1.13	1.15	1.13

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในวงเล็บ คือ ค่าสถิติแบบ t

2. MODEL : C1-1

- C = การเดินทางด้วยรถยนต์ M = การเดินทางด้วยรถจักรยานยนต์ S = การเดินทางด้วยรถสี่ล้อแดง
- ตัวเลขด้านหลัง C : ตัวแรก **เลข 1**บอกวัตถุประสงค์ของการเดินทางเพื่อไปทำงาน ถ้าเป็น **เลข 2** จะเป็นการเดินทางเพื่อไปศึกษา และเลข 3 จะเป็นวัตถุประสงค์เพื่อไปทำงาน และไปศึกษา

ตัวที่สอง บอกถึงลำดับที่ของแบบจำลองยานพาหนะประเภทต่างๆ ที่ตัวแปรผ่านการทดสอบค่าทางสถิติแบบ t เพื่อใช้ในการอ้างอิงต่อไป

ตารางที่ 5.3 แสดงผลการวิเคราะห์กลุ่มผู้เดินทางไปทำงานด้วยรถจักรยานยนต์เปรียบเทียบกับรถประจำทาง

MODEL / Variable	M1-1	M1-2	M1-3
Constant	-0.227 (2.03)	0.610 (2.18)	-1.443 (3.45)
TOTCOST	-0.118 (4.37)	-0.146 (4.80)	-0.133 (4.47)
MC_OCCUP1		-1.336 (3.50)	
MC_OCCUP2		-1.724 (2.69)	
MC_EDUCA2			
MC_STATUS			
MC_WORKHH			
MC_INCOME			
MC_AGE1			1.593 (3.12)
MC_AGE2			1.407 (3.02)
Log-Likelihood (LL)	-112.57	-104.62	-106.30
Likelihood ratio index	0.12	0.20	0.18
%Correct	68.2	73.2	75.0
Estimated/Actual	0.85	1.10	1.02

ตารางที่ 5.4 แสดงผลการวิเคราะห์กลุ่มผู้เดินทางไปทำงานด้วยสี่ล้อแดงเปรียบเทียบกับรถประจำทาง

MODEL / Variable	S1-1	S1-2	S1-3
Constant	-1.255 (3.15)	-0.960 (2.12)	-2.731 (2.41)
TOTTIME			
TOTCOST	-0.225 (3.05)	-0.276 (3.15)	-0.330 (3.18)
ST_OCCUP1		-1.114 (1.26)	-1.047 (1.05)
ST_OCCUP2		2.340 (1.98)	4.058 (2.11)
ST_INCOME			1.293 (2.16)
Log-Likelihood (LL)	-22.16	-19.06	-15.79
Likelihood ratio index	**0.25**	0.30	**0.40**
%Correct	80.4	83.9	87.5
Estimated/Actual	1.12	1.12	1.12

ตารางที่ 5.5 แสดงผลการวิเคราะห์กลุ่มผู้เดินทางไปสถานศึกษาด้วยรถยนต์เปรียบเทียบกับรถประจำทาง

MODEL / Variable	C2-1	C2-2	C2-3
Constant	0.393 (2.01)	-1.129 (2.75)	-2.877 (4.01)
TOTTIME			
TOTCOST	-0.032 (3.45)	-0.032 (3.65)	-0.040 (4.30)
PC_OCCUP1			
PC_OCCUP2			
PC_LICAR			0.664 (3.15)
PC_STATUS		2.046 (4.70	2.276 (4.87)
Log-Likelihood (LL)	-114.28	-100.33	-94.85
Likelihood ratio index	0.10	**0.22**	**0.27**
%Correct	63.8	67.2	66.7
Estimated/Actual	0.93	0.98	0.98

ตารางที่ 5.6 แสดงผลการวิเคราะห์กลุ่มผู้เดินทางไปสถานศึกษาด้วยรถจักรยานยนต์และรถสี่ล้อแดงเปรียบเทียบกับรถประจำทาง

MODEL / Variable	M2-1	M2-2	S2-1
Constant	-0.985 (4.85)	-1.843 (5.47)	-1.965 (2.64)
TOTTIME		-0.066 (3.50)	
TOTCOST	-0.272 (7.13)	-0.237 (5.97)	-1.337 (2.40)
PC_OCCUP1			
PC_OCCUP2			
PC_STATUS			
Log-Likelihood (LL)	-107.36	-99.72	-97.62
Likelihood ratio index	0.33	0.38	0.46
%Correct	76.7	78.1	91.7
Estimated/Actual	0.85	0.83	0.89

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตารางที่ 5.7 แสดงผลการวิเคราะห์กลุ่มผู้เดินทางไปทำงานและไปสถานศึกษาด้วยรถยนต์เปรียบเทียบกับรถประจำทาง

MODEL / Variable	C3-1	C3-2	C3-3
Constant	0.269	-1.381	-2.171
	(2.12)	(4.77)	(4.94)
TOTTIME		-0.052	-0.053
		(4.51)	(4.59)
TOTCOST	-0.047	-0.045	-0.047
	(5.95)	(5.78)	(5.97)
PC_LICAR			0.323
			(2.44)
PC_STATUS		1.634	1.577
		(6.87)	(6.55)
Log-Likelihood (LL)	-256.60	-218.72	-215.65
Likelihood ratio index	0.11	**0.25**	**0.26**
%Correct	68.5	73.6	73.6
Estimated/Actual	0.65	0.77	0.77

ตารางที่ 5.8 แสดงผลการวิเคราะห์กลุ่มผู้เดินทางไปทำงานและไปสถานศึกษาด้วยรถจักรยานยนต์เปรียบเทียบกับรถประจำทาง

MODEL / Variable	M3-1	M3-2	M3-3	M3-4
Constant	-0.613 (4.43)	-1.130 (5.26)	-2.036 (4.82)	-2.551 (5.02)
TOTTIME		-0.043 (3.30)	-0.038 (2.76)	-0.031 (2.212)
TOTCOST	-0.188 (7.85)	-0.166 (6.73)	-0.175 (6.76)	-0.183 (6.91)
MC_EDUCA2				
MC_STATUS				
MC_WORKHH				
MC_LIMOR				0.252 (2.00)
MC_AGE1			1.115 (2.61)	1.193 (2.72)
MC_AGE2			1.026 (2.27)	1.218 (2.58)
Log-Likelihood (LL)	-196.49	-190.54	-186.80	-184.75
Likelihood ratio index	**0.22**	0.25	0.27	**0.28**
%Correct	73.0	73.0	71.0	71.0
Estimated/Actual	1.22	1.00	1.00	0.92

ตารางที่ 5.9 แสดงผลการวิเคราะห์กลุ่มผู้เดินทางไปทำงานและไปสถานศึกษาด้วยรถสี่ล้อแดงเปรียบเทียบกับรถประจำทาง

MODEL / Variable	S3-1	S3-2	S3-3
Constant	-1.373 (4.39)	-1.188 (3.56)	-1.890 (3.56)
TOTTIME			
TOTCOST	-0.316 (4.20)	-0.378 (4.09)	-0.398 (4.02)
ST_OCCUP1		-1.284 (1.98)	-1.897 (2.13)
ST_OCCUP2		3.076 (2.01)	3.610 (2.12)
INCOME			1.070 (1.98)
Log-Likelihood (LL)	-35.95	-31.70	-28.95
Likelihood ratio index	**0.31**	0.36	**0.39**
%Correct	83.7	85.6	87.5
Estimated/Actual	1.12	0.96	0.96

5.5 การพิจารณาคัดเลือกแบบจำลอง

การพิจารณาคัดเลือกแบบจำลองจะพิจารณาจากค่าทางสถิติ Likelihood ratio index (ρ^2) เป็นหลักซึ่งสามารถบ่งชี้ว่า พฤติกรรมการเดินทางที่เกิดขึ้นสามารถอธิบายได้โดยใช้สมการโลจิตได้ดีเพียงใด โดยค่า ρ^2 ที่ยอมรับได้จะต้องมีค่ามากกว่า 0.2 ขึ้นไป หลังจากนั้นจึงให้ความสำคัญกับการประเมินความน่าเชื่อถือของแบบจำลองโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลอีกชุดหนึ่ง การพิจารณาเลือกแบบจำลองเพื่อนำไปใช้งานนั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของงานที่จะประยุกต์ใช้ ซึ่งแบบจำลองที่นำไปประยุกต์ใช้ควรจะง่ายต่อการนำไปใช้และควรจะมีตัวแปร Generic เป็นหลัก ซึ่งอธิบายพฤติกรรมการเลือกยานพาหนะได้ดี **ในงานวิจัยนี้ได้แนะนำรูปแบบ C3-2 M3-2 และ S3-1 ในการประยุกต์ใช้** แทนกลุ่มผู้เดินทางในช่วงเวลาเร่งด่วนในตอนเช้า ส่วนการนำเสนอแบบจำลองที่ได้หลังจากการประมาณค่าพารามิเตอร์นั้นจะแบ่งแบบจำลองออกเป็น 2 กลุ่มคือ (1) แบบจำลองที่ให้ค่า ρ^2 สูงสุด (2) แบบจำลองที่ค่า ρ^2 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยสรุปแยกตามวัตถุประสงค์และกลุ่มเป้าหมายของผู้เดินทาง ดังนี้

5.5.1 แบบจำลองที่ให้ค่า ρ^2 ดีที่สุดสำหรับกลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปทำงาน

- กลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปทำงานด้วยรถยนต์ส่วนตัว (MODEL : C1-3)

  $V_{\text{รถยนต์}}$ = 1.626 – 0.059(TOTCOST) – 1.956(PC_OCCUP1) – 1.956(PC_OCCUP2)

  $V_{\text{รถประจำทาง}}$ = - 0.059(TOTCOST)

  ρ^2 = 0.23

- กลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปทำงานด้วยรถจักรยานยนต์ (MODEL : M1-2)

  $V_{\text{รถจักรยานยนต์}}$ = 0.610 - 0.146(TOTCOST) –1.336(MC_OCCUP1) – 1.724(MC_OCCUP2)

  $V_{\text{รถประจำทาง}}$ = - 0.146 (TOTCOST)

  ρ^2 = 0.20

- กลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปทำงานด้วยรถสี่ล้อแดง (MODEL : S1-3)

  $V_{\text{รถสี่ล้อแดง}}$ = - 2.731 - 0.330(TOTCOST) - 4.058(ST_OCCUP2) + 1.293(ST_INCOME)

  $V_{\text{รถประจำทาง}}$ = - 0.330(TOTCOST)

  ρ^2 = 0.40

5.5.2 แบบจำลองที่ให้ค่า ρ^2 ดีที่สุดสำหรับกลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปสถานศึกษา

- กลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปสถานศึกษาด้วยรถยนต์ (MODEL : C2-3)

  $V_{\text{รถยนต์}}$ = -2.877 – 0.040(TOTCOST) + 0.664(PC_LICAR) + 2.276(PC_STATUS)

  $V_{\text{รถประจำทาง}}$ = - 0.040(TOTCOST)

  $\rho^2 = 0.27$

- กลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปสถานศึกษาด้วยรถจักรยานยนต์ (MODEL : M2-2)

  $V_{\text{รถจักรยานยนต์}}$ = -1.843 – 0.066(TOTTIME) – 0.237(TOTCOST)

  $V_{\text{รถประจำทาง}}$ = – 0.066(TOTTIME) – 0.237(TOTCOST)

  $\rho^2 = 0.38$

- กลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปสถานศึกษาด้วยรถสี่ล้อแดง (MODEL : S2-1)

  $V_{\text{รถสี่ล้อแดง}}$ = -1.965 –1.337(TOTCOST)

  $V_{\text{รถประจำทาง}}$ = –1.337(TOTCOST)

  $\rho^2 = 0.46$

5.5.3 แบบจำลองที่ให้ค่า ρ^2 ดีที่สุดสำหรับกลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปทำงานและไปสถานศึกษา

- กลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปทำงานและไปสถานศึกษาด้วยรถยนต์ (MODEL : C3-3)

  $V_{\text{รถยนต์}}$ = - 2.171 – 0.053(TOTTIME) – 0.047(TOTCOST) + 0.323(PC_LICAR)
  + 1.577(PC_STATUS)

  $V_{\text{รถประจำทาง}}$ = – 0.053(TOTTIME) – 0.047(TOTCOST)

  $\rho^2 = 0.26$

- กลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปทำงานและไปสถานศึกษาด้วยรถจักรยานยนต์ (MODEL : M3-4)

  $V_{\text{รถจักรยานยนต์}}$ = -2.551 – 0.031(TOTTIME) - 0.183(TOTCOST) + 0.252(MC_LIMC)
  + 1.193(MC_AGE1) + 1.218(MC_AGE2)

  $V_{\text{รถประจำทาง}}$ = – 0.031(TOTTIME) - 0.183(TOTCOST)

  $\rho^2 = 0.28$

- กลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปทำงานและไปสถานศึกษาด้วยรถสี่ล้อแดง (MODEL : S3-3)

$V_{\text{รถสี่ล้อแดง}}$ = -1.890 – 0.398(TOTCOST) – 1.897(ST_OCCUP1) + 3.610(ST_OCCUP2)
+ 1.070(ST_INCOME)

$V_{\text{รถประจำทาง}}$ = – 0.398(TOTCOST)

$\rho^2 = 0.39$

5.5.4 แบบจำลองที่ให้ค่า ρ^2 ยอมรับได้สำหรับกลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปทำงาน

- กลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปทำงานด้วยรถยนต์ส่วนตัว (MODEL : C1-5)

$V_{\text{รถยนต์}}$ = -0.868 – 0.064(TOTCOST) – 0.044(TOTTIME) + 1.621(PC_STATUS)

$V_{\text{รถประจำทาง}}$ = - 0.064(TOTCOST)

$\rho^2 = 0.22$

- กลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปทำงานด้วยรถจักรยานยนต์ (MODEL : M1-2)

$V_{\text{รถจักรยานยนต์}}$ = 0.610 - 0.146(TOTCOST) –1.336(MC_OCCUP1) – 1.724(MC_OCCUP2)

$V_{\text{รถประจำทาง}}$ = - 0.146 (TOTCOST)

$\rho^2 = 0.20$

- กลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปทำงานด้วยรถสี่ล้อแดง (MODEL : S1-1)

$U_{\text{รถสี่ล้อแดง}}$ = - 1.255 - 0.225(TOTCOST)

$U_{\text{รถประจำทาง}}$ = - 0.225(TOTCOST)

$\rho^2 = 0.25$

5.5.5 แบบจำลองที่ให้ค่า ρ^2 ยอมรับได้สำหรับกลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปสถานศึกษา

- กลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปสถานศึกษาด้วยรถยนต์ (MODEL : C2-2)

$V_{\text{รถยนต์}}$ = -1.129 – 0.032(TOTCOST) + 2.046(PC_STATUS)

$V_{\text{รถประจำทาง}}$ = - 0.032(TOTCOST)

$\rho^2 = 0.22$

- กลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปสถานศึกษาด้วยรถจักรยานยนต์ (MODEL : M2-1)

  $V_{\text{รถจักรยานยนต์}} = -0.985 - 0.272(\text{TOTCOST})$

  $V_{\text{รถประจำทาง}} = -0.272(\text{TOTCOST})$

  $\rho^2 = 0.33$

- กลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปสถานศึกษาด้วยรถสี่ล้อแดง (MODEL : S2-1)

  $V_{\text{รถสี่ล้อแดง}} = -1.965 - 1.337(\text{TOTCOST})$

  $V_{\text{รถประจำทาง}} = -1.337(\text{TOTCOST})$

  $\rho^2 = 0.46$

5.5.6 แบบจำลองที่ให้ค่า ρ^2 ยอมรับได้สำหรับกลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปทำงานและไปสถานศึกษา

- กลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปทำงานและไปสถานศึกษาด้วยรถยนต์ (MODEL : C3-2)

  $V_{\text{รถยนต์}} = -1.381 - 0.052(\text{TOTTIME}) - 0.045(\text{TOTCOST}) + 1.634(\text{PC_STATUS})$

  $V_{\text{รถประจำทาง}} = -0.052(\text{TOTTIME}) - 0.045(\text{TOTCOST})$

  $\rho^2 = 0.25$

- กลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปทำงานและไปสถานศึกษาด้วยรถจักรยานยนต์ (MODEL : M3-1)

  $V_{\text{รถจักรยานยนต์}} = -0.613 - 0.188(\text{TOTCOST})$

  $V_{\text{รถประจำทาง}} = -0.188(\text{TOTCOST})$

  $\rho^2 = 0.22$

- กลุ่มผู้เดินทางเพื่อไปทำงานและไปสถานศึกษาด้วยรถสี่ล้อแดง (MODEL : S3-1)

  $V_{\text{รถสี่ล้อแดง}} = -1.373 - 0.316(\text{TOTCOST})$

  $V_{\text{รถประจำทาง}} = -0.316(\text{TOTCOST})$

  $\rho^2 = 0.31$