

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัย

2.1 บทนำ

กระบวนการพัฒนาแบบจำลองการเลือกยานพาหนะเดินทาง จำเป็นต้องมีการทบทวนแนวคิดเพื่อกำหนดแนวทางที่เหมาะสมต่อการดำเนินการวิจัย โดยการศึกษาค้นคว้าข้อมูลและรวบรวมทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบจำลองการเลือกยานพาหนะเดินทางรวมถึงการนำเทคนิคต่างๆ มาประยุกต์ใช้เพื่ออธิบายแบบจำลองซึ่งสะท้อนถึงพฤติกรรมในการเลือกยานพาหนะของผู้เดินทาง โดยแบ่งหัวข้อของหลักการและทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัยออกเป็น 7 หัวข้อ ได้แก่

- ทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา
- ลักษณะการเดินทางทั่วไปของกลุ่มผู้เดินทางที่เป้าหมายของงานวิจัยนี้
- ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกยานพาหนะเดินทางของผู้เดินทาง
- ทฤษฎีแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง
- หลักการของแบบจำลองตัวแปรแฝงเชิงทัศนคติ
- โครงสร้างการรวมแบบจำลองทางเลือกโดยรวมตัวแปรแฝงเชิงทัศนคติ
- เทคนิคการสำรวจข้อมูลเพื่อพัฒนาแบบจำลอง

2.2 ทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา

การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ผลการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางของชาวชนบทในประเทศไทย ผลการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางโดยใช้ปัจจัยหลัก ความเป็นมาของการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองอรรถประโยชน์โดยรวมการศึกษาด้านทัศนคติของผู้เดินทาง และผลการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางโดยใช้ปัจจัยเชิงทัศนคติ

ก) ผลการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองรูปแบบการเดินทางของชาวชนบทในประเทศไทย

อภรณ์ (2537) ศึกษารูปแบบการเดินทางของชาวชนบท 6 หมู่บ้านจาก 3 อำเภอในจังหวัดเชียงใหม่ ได้แก่ อำเภอพร้าว, สันป่าตอง และสันกำแพง รวมถึงได้สร้างแบบจำลองการเกิดการ

เดินทาง และแบบจำลองรูปแบบการเดินทาง สำหรับนำไปใช้คาดคะเนปริมาณจราจรบนถนนที่ใช้เข้าออกหมู่บ้านชนบท โดยใช้ข้อมูลพื้นฐานระดับหมู่บ้าน (กชช. 2ค) เป็นข้อมูลหลักในแบบจำลอง ผู้ศึกษาใช้วิธีใช้วิธีวิเคราะห์แบบระดับชั้น (Category Analysis) โดยแยกกลุ่มครัวเรือนออกเป็น ครัวเรือนเกษตร ครัวเรือนค้าขาย และครัวเรือนรับจ้าง ในการหาอัตราการเดินทาง

อัตราการเดินทางเข้าออกหมู่บ้านของครัวเรือนเกษตร ครัวเรือนค้าขายและครัวเรือนรับจ้าง มีค่าเฉลี่ย 1.05 (0.9 ถึง 1.2), 2.55 (0.9 ถึง 4.2) และ 2.00 (1.2 ถึง 2.8) เทียบต่อครัวเรือน ตามลำดับ อัตราการเดินทางเพิ่มขึ้นเมื่อรายได้เฉลี่ยของหมู่บ้านเพิ่มขึ้น ส่วนอัตราการเดินทางของนักเรียนเข้าออกหมู่บ้านมีเหตุผลที่จะสมมุติได้ว่าเท่ากับ 2 เทียบต่อวัน สำหรับรูปแบบการเดินทางเข้าออกหมู่บ้านที่สำคัญ คือ รถจักรยานยนต์ (69.10 %) และรถปิกอัพซึ่งรวมรถสองแถว (22.84 %) ส่วนที่เหลือได้แก่ รถขนส่งทางเกษตร (อีแต๋น, 0.38 %) รถเก๋ง (0.21 %) และรถบรรทุกหกล้อ (7.47 %) สัดส่วนการเดินทางด้วยรถจักรยานยนต์มีค่าอยู่ระหว่าง 44 – 98 % โดยขึ้นอยู่กับการมีหรือไม่มีรถยนต์โดยสารสาธารณะบริการและความเป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์

จากผลการศึกษาของงานวิจัยข้างต้น ทำให้ทราบถึงรูปแบบการเดินทางของชาวชนบท และตัวแปรที่ใช้สร้างแบบจำลองรูปแบบการเดินทาง (ทำนายสัดส่วนการเลือกใช้รถจักรยานยนต์) ซึ่งได้แก่ (1) อัตราส่วนความเป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์ และ (2) การมี/ไม่มีรถโดยสารสาธารณะบริการในหมู่บ้าน ซึ่งจะสามารถนำไปเป็นข้อพิจารณาถึงปัจจัยอื่นๆที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองรูปแบบเดินทางเข้าออกเมืองของชาวชนบทเชียงใหม่ของงานวิจัยครั้งนี้ได้

ข) ผลการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางโดยใช้ปัจจัยหลัก

สุทธิพงษ์ (2536) ทำการศึกษาปัจจัยต่างๆที่ผู้เดินทางใช้ในการตัดสินใจเลือกยานพาหนะเดินทางในเขตเมืองเชียงใหม่ และสร้างแบบจำลองการเลือกยานพาหนะเดินทาง โดยใช้แบบจำลองแบบ nest (Nested Logit Model) และแบบจำลองโลจิตอย่างง่าย (Simple Logit Model) ข้อมูลหลักที่ใช้สร้างแบบจำลองได้จากการสำรวจลักษณะการเดินทางของประชากร (Origin-Destination Survey) แบบจำลองที่สร้างขึ้นประกอบด้วยแบบจำลองสำหรับการเดินทางทุกวัตถุประสงค์ การเดินทางไปกลับระหว่างบ้านกับที่ทำงาน การเดินทางไปกลับระหว่างบ้านกับโรงเรียน และการเดินทางไปกลับระหว่างบ้านกับที่อื่นๆ โดยแต่ละวัตถุประสงค์ประกอบด้วยแบบจำลอง 4 กลุ่มคือ (1) แบบจำลองที่ให้ค่า p^2 สูงสุด (2) แบบจำลองที่ให้ข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจและสังคมใช้เฉพาะตัวแปรระดับครัวเรือน (3) แบบจำลองที่ใช้ตัวแปรน้อยที่สุดโดยที่ให้ค่า p^2 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และ (4) แบบจำลองที่ใช้เฉพาะตัวแปรที่เกี่ยวกับระดับบริการของระบบขนส่ง ตัวแปรที่ส่งผลแบบมีนัยสำคัญต่อการเลือกยานพาหนะเดินทางประกอบด้วย ตัวแปรที่เกี่ยวกับระดับบริการ

ของระบบขนส่ง ได้แก่ เวลาในการเดินทางนอกยานพาหนะ เวลาในการเดินทางบนยานพาหนะ ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ค่าครองชีพความสามารถเข้าถึงพื้นที่ย่อยของรถประจำทาง จุดหมายปลายทางของการเดินทางและระยะทางที่ใช้เดินทาง ตัวแปรสภาพเศรษฐกิจและสังคมของผู้เดินทาง ได้แก่ ความเป็นเจ้าของยานพาหนะ รายได้ของครัวเรือน สถานะภาพการทำงาน ระดับการศึกษา เพศ และสถานะในครัวเรือน ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลองการเลือกยานพาหนะที่เหมาะสมสำหรับกรณีเมืองเชียงใหม่คือ แบบจำลองโลจิตแบบ nest ในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองโลจิตแบบ nest ประกอบด้วย ขั้นแรกเป็นการเลือกระหว่างการเดินทางไปกับการใช้ยานพาหนะ ขั้นที่สองเป็นการเดินทางระหว่างการใช้ยานพาหนะส่วนบุคคลกับรถขนส่งสาธารณะ และขั้นสุดท้ายเป็นการเลือกเดินทางระหว่างรถยนต์นั่งส่วนบุคคลกับรถจักรยานยนต์และรถโดยสารประจำทางกับรถโดยสารขนาดเล็ก ตามลำดับ

Ben-Akiva et al. (1990) ทำการศึกษาพฤติกรรมในการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางในการใช้ยานพาหนะ สำหรับเส้นทางรถไฟใต้ดินที่กำลังจะเปิดใหม่ในเมืองโยโกฮาม่า ประเทศญี่ปุ่น ได้สำรวจโดยการทำแบบสอบถามตามบ้านทั้งก่อนและหลังการเปิดดำเนินการรถไฟใต้ดินจำนวน 564 และ 1,201 ตัวอย่าง ของการเดินทางไปทำงานและไปโรงเรียน จากการศึกษาพบว่า ก่อนรถไฟเปิดดำเนินการ 42.9% ของประชากรผู้เดินทางเดิมทั้งหมดจะเปลี่ยนการเดินทางไปใช้รถไฟ (ซึ่งทำการสุ่มตัวอย่างจากการสอบถามทั้งก่อนและหลังการเปิดดำเนินการของรถไฟ ดังนั้นจึงเป็นการสำรวจแบบ SP และ RP) ในการสร้างแบบจำลองผู้ศึกษาได้พิจารณาตัวแปรทางด้านสังคมและเศรษฐกิจ เวลาในการเข้าถึงยานพาหนะ จำนวนครั้งการต่อขบวนรถ ราคาค่าโดยสาร ตัวแปรหุ่นยานพาหนะที่ใช้เข้าถึงรถไฟ (รถยนต์ รถเมล์ จักรยาน) แล้วทำการสร้างแบบจำลองโดยวิธีโลจิตแบบหลายทางเลือก (Multinomial Logit Model) จากผลการทดสอบแบบจำลองพบว่า แนวโน้มการใช้รถไฟใต้ดินจะมีสัดส่วนการใช้บริการมาก แบบจำลองได้ทำนายส่วนแบ่งของการใช้บริการรถไฟใต้ดินที่ 82.8% แต่จากการสำรวจจริงนั้นพบว่า ส่วนแบ่งของการใช้บริการรถไฟใต้ดินมีเพียง 59.4% จะเห็นได้ว่าเกิดการประมาณค่าที่มากเกินไป ซึ่งผู้ศึกษาได้อธิบายว่า อาจเกิดจากแบบสอบถามในช่วงหลังเปิดดำเนินการมีความกำกวม ทำให้ไม่สามารถจะบ่งชี้ความชัดเจนได้จากพฤติกรรมจริง และอาจเกิดจากแบบสอบถามไม่ได้ถามเกี่ยวกับผู้เดินทางที่ไม่ได้มีทางเลือก (Captive Travelers) ซึ่งในสถานการณ์จริงนั้นผู้เดินทางจำนวนมากไม่สามารถใช้บริการของรถไฟใต้ดินได้

สมพงษ์ (2540) ได้ทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับใช้ทำนายการเลือกใช้รถไฟฟ้าขนส่งมวลชน (BTS) ที่กรุงเทพมหานครเพื่อศึกษาทัศนคติและค่านิยม ซึ่งมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทาง การวิจัยได้ดำเนินการบนพื้นฐานของทฤษฎีอรรถประโยชน์ ในการสำรวจข้อมูลทำการสัมภาษณ์ผู้เดินทางแบบตัวต่อตัว โดยอาศัยเทคนิคความพึงพอใจที่ระบุไว้

ก่อน (Stated Preference) ซึ่งได้สมมติสถานการณ์ทางเลือก 5 สถานการณ์ เพื่อเปรียบเทียบทางเลือกการเดินทางที่มีอยู่เดิมกับรถไฟฟ้า ผู้ศึกษาได้แบ่งผู้เดินทางออกเป็น 4 กลุ่มศึกษาคือ กลุ่มผู้เดินทางไปซื้อสินค้าด้วยรถยนต์ส่วนตัว กลุ่มผู้เดินทางไปทำงานด้วยรถยนต์ส่วนตัว กลุ่มผู้เดินทางไปซื้อสินค้าด้วยรถประจำทาง กลุ่มผู้เดินทางไปทำงานด้วยรถประจำทาง และได้สร้างแบบจำลองโดยใช้วิธีโลจิตแบบสองทางเลือก (Binary Logit Model) ในการทำนายความน่าจะเป็นที่ผู้เดินทางจะหันมาใช้บริการรถไฟฟ้า พบว่าตัวแปรที่อิทธิพลต่อการอธิบายพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางคือ เวลาในการเดินทาง ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง รายได้ของผู้เดินทาง เพศ และอายุของผู้เดินทาง ทั้งนี้อิทธิพลของเวลาในการเดินทางที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางมีมูลค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 32-100 ของอัตราค่าจ้าง ผู้ใช้รถยนต์ส่วนตัวจะให้ความสำคัญกับเวลาในการเดินทางช่วงรองมากกว่าเวลาในการเดินทางช่วงหลักอย่างเด่นชัด ผู้ใช้รถยนต์ที่มีอายุมากกว่า 40 ปี มีแนวโน้มที่จะไม่หันไปเลือกใช้รถไฟฟ้า การตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางเพื่อไปซื้อสินค้านั้น ผู้ใช้รถประจำทางจะให้ความสำคัญกับเวลาที่อยู่บนรถประจำทางมากกว่าเวลาที่อยู่บนรถไฟฟ้า ซึ่งผู้ศึกษาได้อธิบายว่า อาจเกิดจากความรู้สึกถึงความลำบากที่จะต้องถือสัมภาระจากการซื้อของในการขึ้นรถประจำทาง แต่สำหรับการเดินทางโดยวัตถุประสงค์ไปทำงานนั้น ผู้ใช้รถประจำทางกลับไม่รู้สึกถึงความแตกต่างระหว่างเวลาที่ต้องอยู่บนรถประจำทางกับเวลาที่ต้องอยู่บนรถไฟฟ้า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าในการเดินทางไปทำงานนั้นจะไม่มีสัมภาระที่ต้องถือให้เกิดความลำบากในระหว่างการเดินทาง

จากการทบทวนการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางโดยใช้ปัจจัยหลักทั้งหมดข้างต้น ทำให้ทราบถึงปัจจัยหลักต่างๆที่มีอิทธิพลต่อการเลือกยานพาหนะเดินทาง ซึ่งเป็นกลุ่มตัวแปรที่จะขาดไม่ได้ในการนำไปสร้างแบบจำลองการเลือกยานพาหนะเดินทางของผู้เดินทาง ซึ่งได้แก่ กลุ่มตัวแปรด้านสังคมและเศรษฐกิจของผู้เดินทาง (เพศ อายุ อาชีพ รายได้ ขนาดครัวเรือน ความเป็นเจ้าของยานพาหนะ ฯลฯ) และกลุ่มตัวแปรด้านระดับการบริการของระบบขนส่ง (เวลา และค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ฯลฯ) ทำให้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการศึกษาของงานวิจัยครั้งนี้ได้

ค) ความเป็นมาของการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองอรรถประโยชน์โดยรวมการศึกษาด้านทัศนคติของผู้เดินทาง

แบบจำลองอรรถประโยชน์ในช่วงแรกได้นำเสนอกระบวนการการเลือกของบุคคลจะมีเพียงตัวแปรคุณสมบัติของตัวบุคคลและทางเลือกที่สามารถทราบค่าได้ และนำตัวแปรเหล่านั้นเข้าสร้างแบบจำลองได้ผลลัพธ์เป็นทางเลือก โดยไม่มีการคำนึงถึงทัศนคติและการรับรู้ข้อมูลทางเลือก

ของบุคคล ซึ่งถูกสมมุติให้เป็นส่วนของค่าตลาดเคลื่อนไหว (Random terms) ทำให้เกิดข้อเสียคือ การประมาณค่าของสัมประสิทธิ์ไม่น่าเชื่อถือ ทำให้เกิดข้อโต้แย้งมากมายในการศึกษาพฤติกรรม การเลือกของทฤษฎีอรรถประโยชน์ และได้ข้อสรุปว่า กระบวนการตัดสินใจของบุคคลจะเกิดการรับรู้ และมีการเก็บข้อมูลของทางเลือก เพื่อใช้ประกอบกระบวนการตัดสินใจ จึงทำให้เริ่มคำนึงถึงการ ใช้ทัศนคติและการรับรู้ เป็นตัวแปรที่ใช้ในการวัดทางจิตวิทยาหรือค่าดัชนีวัด (Indicators) เพื่อแทน พฤติกรรมของบุคคล เข้ามารวมกับแบบจำลองอรรถประโยชน์โดยตรง (Morikawa, 2002) แต่ก็ยังมีข้อเสียอยู่คือ ในอนาคตนั้นจะไม่สามารถนำไปทำนายได้ (Forecast) เนื่องจากจะต้องทราบค่าของ ดัชนีวัดของแต่ละบุคคลเสียก่อน ทำให้ขาดความน่าเชื่อถือ (Golob, 2001) (อ้างใน Maren L. Outwater et al. ,2003) ดังนั้นในช่วงต่อมา นักวิจัยหลายท่าน เช่น Maren L.Outwater et al. (2003) , Madanat Samer et al. (1995) เป็นต้น ได้ประยุกต์ใช้ (ความสัมพันธ์) สมการโครงสร้าง เชิงเส้น (Structural Equation) และสมการการวัด (Measurement Equation) ในการสร้างแบบจำลองแฝง (Latent Variable Models) ซึ่งในปัจจุบันได้มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในการหาความสัมพันธ์ เชิงเส้นระหว่างตัวแปรแฝงกับดัชนีวัด ทำให้สามารถประมาณค่าสัมประสิทธิ์ได้อย่างเชื่อมั่นและ เกิดความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

ง) ผลการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางโดยใช้ปัจจัยเชิงทัศนคติ

Madanat Samer et al. (1995) ทำการศึกษาพฤติกรรมผู้เดินทางในการเปลี่ยนแปลง เส้นทางการเดินทางจากเส้นทางเดิมภายใต้อิทธิพลของข้อมูลที่ได้รับ (Advanced Traveler Information Systems) ที่รัฐอินเดียน่า ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยอาศัยข้อมูลตัวแปรแฝง ประกอบการสร้างแบบจำลอง ซึ่งตัวแปรแฝงคือ (1) ทัศนคติต่อการเปลี่ยนเส้นทาง และ (2) ความ เชื่อมั่นของข้อมูลที่ได้รับจากการรายงานทางสถานีวิทยุ หรือจากข้อความบนบอร์ดตามเส้นทาง ต่างๆ สำหรับตัวแปรหลักก็ทำการเก็บข้อมูลคุณลักษณะของตัวบุคคลผู้เดินทาง และคุณลักษณะทาง สภาพเศรษฐกิจและสังคม การหาดัชนีวัดของตัวแปรแฝง ผู้ศึกษาได้ใช้วิธีการให้คะแนนทางเลือก ต่างๆ โดยกำหนดค่าคะแนนเป็น 1 ถึง 5 คือ ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ไม่เห็นด้วย เฉยๆ เห็นด้วย และ เห็นด้วยอย่างยิ่ง ตามลำดับ ทำการสำรวจเก็บข้อมูล 491 ตัวอย่างโดยการสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์เพื่อ สร้างแบบจำลองของค่าตัวแปรแฝง จากการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นต้นพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามถึง 87.6% มีความพอใจที่จะเปลี่ยนเส้นทางเมื่อข้อมูลแจ้งว่าควรเปลี่ยนเส้นทางเนื่องจากข้างหน้ามีรถ ติด Samer สร้างแบบจำลองของตัวแปรแฝงทั้งหมดโดยใช้หลักวิธีการความสัมพันธ์ของสมการ โครงสร้างเชิงเส้น (Linear Structural Relationship Model) เพื่อใช้เป็นตัวแปรในสมการ อรรถประโยชน์ต่อไป สำหรับการศึกษาในส่วนที่สองก็ทำการเก็บข้อมูลตัวแปรหุ่นสถานการณ์

สมมติในการตัดสินใจเปลี่ยนเส้นทาง (ให้เลือกตอบว่าเปลี่ยนหรือไม่เปลี่ยน) โดยเก็บข้อมูลแบบ สัมภาษณ์ทางโทรศัพท์เช่นกันจำนวน 2455 ตัวอย่าง แล้วสร้างแบบจำลองโดยใช้วิธีแบบสอง ทางเลือก ผลการทดสอบแบบจำลองพบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง (ρ^2) มีค่าเท่ากับ 0.536 ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่สูง และปัจจัยที่มีผลสำคัญในแบบจำลองคือตัวแปรแฝงทั้งสอง ตัวแปรหุ่นสถานการณ์ สมมติในการตัดสินใจเปลี่ยนเส้นทาง และเวลาของการเกิดความล่าช้าในการเปลี่ยนเส้นทางใหม่ ผู้ ศึกษายังได้อธิบายว่าตัวแปรแฝงนั้นจะช่วยอธิบายกระบวนการตัดสินใจของผู้เดินทางได้ดีในการ พิจารณาการเปลี่ยนเส้นทางการเดินทาง จากงานศึกษานี้ทำให้ทราบถึงวิธีการขั้นตอนในการสร้าง แบบจำลองโดยอาศัยตัวแปรแฝง และการนำมาใช้เป็นตัวแปรในการสร้างสมการอรรถประโยชน์ รวมถึงตัวแปรทางด้านเศรษฐกิจและสังคม และคุณลักษณะของบุคคลผู้เดินทาง เพื่อนำมาเป็น แนวทางในการสร้างแบบจำลองของงานวิจัย

Kuppam and et al. (1999) ได้ศึกษาและสร้างแบบจำลองการเลือกยานพาหนะในการ เดินทางที่ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยศึกษาบทบาทของปัจจัยในด้านทัศนคติและการรับรู้สัมพัทธ์ใน การอธิบายพฤติกรรมในการเลือกยานพาหนะ โดยอาศัยข้อมูลจากฐานข้อมูลการเดินทางของประชากร ที่เดินทางประจำ (Commuter) ที่รับจากการฟังคลื่นวิทยุพูเก็ตชาวด์ (PSPT) ในปี 1991 ที่รวบรวม จากประชากรอายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป ได้จำนวน 1,700 ตัวอย่างที่สมบูรณ์ (จากทั้งหมด 1,802 ตัวอย่าง) และได้รวบรวมข้อมูลลักษณะของประชากรทางครัวเรือน ลักษณะทางสภาพเศรษฐกิจ และสังคม และแบบสอบถามที่ชี้วัดค่าของทัศนคติ การรับรู้และความชอบส่วนตัวที่เกี่ยวกับการ เดินทาง โดยใช้วิธีการให้ค่าคะแนนทางเลือกแบ่งออกเป็น 7 ระดับ คือ 1 ถึง 7 ซึ่งหมายถึง ไม่เห็น ด้วยอย่างยิ่ง จนถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง ตามลำดับ ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) เพื่อ ลดคำถามในแบบสอบถามที่มีมาก (ประมาณ 100 ข้อ) ให้เหลือเป็นปัจจัยใหม่เพียง 2 ปัจจัย คือ ความสะดวกและความสบาย ได้สร้างแบบจำลองโลจิสติกหลายทางเลือก เป็น 3 กลุ่มคือ (1) แบบจำลองที่ใช้เฉพาะตัวแปรทางลักษณะครัวเรือน ลักษณะทางสภาพเศรษฐกิจและสังคม ปัจจัยที่ พบว่ามีความสำคัญ ได้แก่ อายุ รายได้ของครัวเรือน จำนวนรถยนต์ในครัวเรือน ขนาดของครัวเรือน อาชีพและการมีตำแหน่งงาน ซึ่งพบว่ามีความสอดคล้อง (ρ^2) แบบจำลองเท่ากับ 0.488 และ (2) แบบจำลองที่ใช้เฉพาะตัวแปรทางด้านทัศนคติและการรับรู้สัมพัทธ์ของผู้เดินทางนั้น พบ ว่าปัจจัยที่มีความสำคัญ ได้แก่ ความสะดวก ความสบายของรถเมล ประสิทธิภาพของรถยนต์ ความ สะดวกความสบายของรถยนต์ร่วม (Vanpool) ข้อได้เปรียบของการไม่มีรถยนต์ ข้อเสียของการไม่มี รถยนต์ ซึ่งพบว่ามีความสอดคล้อง (ρ^2) ของแบบจำลองเท่ากับ 0.530 และ (3) เมื่อได้รวม ปัจจัยลักษณะครัวเรือน ลักษณะทางสภาพเศรษฐกิจและสังคม กับตัวแปรทางด้านทัศนคติ และการ รับรู้สัมพัทธ์ของผู้เดินทางเข้าด้วยกันในแบบจำลอง พบว่ามีความสอดคล้อง (ρ^2) 0.572

ผู้ศึกษาได้อธิบายว่าแบบจำลองที่ได้รวมปัจจัยทางด้านเกี่ยวกับทัศนคติ และการรับรู้สัมผัสของผู้เดินทางรวมอยู่ด้วย จะดีกว่าที่มีเพียงเฉพาะปัจจัยทางด้านครัวเรือน เศรษฐกิจและสังคมเพียงด้านเดียว และยังได้สรุปอีกว่า ปัจจัยด้านทัศนคติ และการรับรู้สัมผัสของผู้เดินทาง มีความสำคัญในการอธิบายพฤติกรรมในการเลือกยานพาหนะในการเดินทาง จึงไม่ควรจะละทิ้งปัจจัยในด้านนี้ จากผลการศึกษาข้างต้น ทำให้ทราบถึงปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการสร้างสมการอรรถประโยชน์ ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบจำลองของงานวิจัย

Morikawa (2002) ทำการศึกษาและสร้างแบบจำลองการเลือกรูปแบบยานพาหนะการเดินทางระหว่างเมือง โดยในประเทศเนเธอร์แลนด์ (ซึ่งเป็นการสำรวจการเดินทางการเลือกยานพาหนะการเดินทางระหว่างรถไฟกับรถยนต์ส่วนตัว) ตัวแปรของแบบจำลองที่ผู้ศึกษานำมาใช้จากตัวอย่างของผู้เดินทางที่มีการเดินทางจริง 365 ตัวอย่าง คือ ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เวลาการเดินทางในยานพาหนะ เวลาการเดินทางนอกยานพาหนะ จำนวนการเปลี่ยนขบวนรถของรถไฟ ตัวแปรหุ่นในการเดินทางที่ไม่ใช่การทำงาน และสองตัวแปรแฝงรวมอยู่ในแบบจำลอง คือ ความสะดวกและความสบาย ซึ่งในแบบสอบถามจะใช้ดัชนีวัดในการรับรู้สัมผัสของตัวอย่าง 6 ดัชนีวัดได้แก่ (1) ความผ่อนคลายขณะเดินทาง (2) ความเชื่อมั่นของเวลาการมาถึงของรถ (3) ความคล่องตัวในการเลือกเวลาเดินทาง (4) ความง่ายในการเดินทางกับเด็กหรือสัมภาระหนัก (5) ความปลอดภัยขณะเดินทาง และ (6) ค่าระดับความพอใจโดยรวมของยานพาหนะโดยใช้วิธีการให้คะแนนทางเลือกต่างๆ ซึ่งกำหนดทางเลือกออกเป็น 5 ค่าระดับ 1 ถึง 5 แทนความพอใจระดับน้อยที่สุดจนถึงมากที่สุด ตามลำดับ แต่ดัชนีวัดโดยรวมจะมีระดับคะแนนที่ 10 คะแนน ทำการสร้างแบบจำลองโดยวิธีการความสัมพันธ์ของสมการเส้นตรงสำหรับดัชนีวัดที่ใช้ในตัวแปรแฝงเพื่อเป็นตัวแปรในสมการอรรถประโยชน์ สร้างสมการอรรถประโยชน์แบบสองทางเลือก จากผลการทดสอบของแบบจำลองที่ใช้ตัวแปรแฝงพบว่า ค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (p^2) ของแบบจำลองเท่ากับ 0.352 และเมื่อเทียบกับแบบจำลองที่ไม่ใช้ตัวแปรแฝงที่ค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (p^2) ของแบบจำลองเท่ากับ 0.242 อย่างไรก็ตามตัวแปรของเวลาเดินทางในยานพาหนะนั้นพบว่ามีนัยสำคัญที่ 95% ผู้ศึกษาได้อธิบายว่าเกิดจากภาวะที่หลายตัวแปรไม่เป็นอิสระต่อกัน (Multicollinearity) เนื่องมาจากการใช้ตัวแปรนี้ทั้งในแบบจำลองของตัวแปรแฝง และสมการอรรถประโยชน์สองทางเลือก จากงานวิจัยข้างต้นทำให้ทราบถึงจำนวนตัวอย่างที่นำมาสร้างแบบจำลอง ตัวแปรที่ใช้ในการสร้างสมการอรรถประโยชน์ในแบบจำลอง และวิธีการให้คะแนนทางเลือกต่างๆ ของดัชนีวัด สามารถนำไปเป็นแนวทางในการสร้างแบบจำลองของงานวิจัยครั้งนี้

ยุทธกิจ (2548) ศึกษาพฤติกรรมและสร้างแบบจำลองการเลือกรูปแบบเดินทางของผู้โดยสารชาวไทยด้วยระบบขนส่งสาธารณะ (เครื่องบิน รถไฟ และรถโดยสาร) ระหว่างเชียงใหม่

กับกรุงเทพฯ ที่รวมตัวแปรแฝงทางจิตวิทยา คือ ความสะดวกและความสบาย เข้าไว้ในแบบจำลอง ใช้หลักการเก็บตัวอย่างแบบแบ่งประชากรออกตามทางเลือก (Choice-Based Sampling) แล้วทำการ สุ่มสัมภาษณ์ผู้โดยสารที่สถานีขนส่ง (Terminal) ของแต่ละรูปแบบการเดินทางด้วยแบบสอบถามที่ใช้เทคนิค Revealed Preference ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์สามารถนำมาพัฒนาแบบจำลอง จำนวน 1,288 ชุด ข้อมูลในแบบสอบถามประกอบด้วย (1) ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้เดินทาง (2) ลักษณะการเดินทางและการเลือกใช้รูปแบบการเดินทาง และ (3) ข้อมูลด้านทัศนคติและความ คิดเห็นทั่วไปของผู้เดินทางในด้านความสะดวกและความสบาย (แบ่งเป็น 5 ระดับความพึงพอใจ โดย 1 = น้อยที่สุด จนถึง 5 = มากที่สุด) ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อประมาณค่าคะแนนปัจจัย (Factor Score) โดยอาศัยหลักการของแบบจำลองการวัด (Measurement Model) ผลการวิเคราะห์ ปัจจัย พบว่าดัชนีที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยความสะดวก ได้แก่ ความง่ายในการหารถ/ต่อรถเข้า บ้านเมื่อถึงปลายทาง การตรงตามตารางเวลา ความสามารถในการเลือกเวลาเดินทาง ความสะดวก ในการเดินทางกับสัมภาระหรือเด็กเล็ก และความสะดวกในการซื้อ/จองตั๋ว ส่วนดัชนีที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยความสบาย ได้แก่ ความพอใจจากการปรับอากาศบนยานพาหนะ การมีที่ นอนบนยานพาหนะ ยานพาหนะที่มีที่นั่งกว้างพอสำหรับการโดยสาร ความสะดวกของยานพาหนะ และความรู้สึกเป็นส่วนตัวในการเดินทาง สำหรับการพัฒนาแบบจำลองแฝงจากตัวแปรที่วัดค่าได้ โดยใช้หลักการของแบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model) เพื่อหาค่าความ สะดวกและความสบายที่ได้จากตัวแปรที่วัดค่าได้ และมีการกำหนดรูปแบบสมการโครงสร้างเป็น แบบพหุคูณเชิงเส้น พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรแฝงความสะดวก คือ จำนวนผู้ติดตามในการ เดินทาง การที่สามารถซื้อตั๋วได้นอกจากซื้อที่สถานีหรือไม่และการไม่ตรงเวลาของรถไฟ ส่วน ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรแฝงความสบาย คือ อายุของผู้เดินทาง เวลาในการเดินทาง จำนวนครั้ง ในการต่อ/เปลี่ยนรถ และชั้นโดยสารที่เดินทาง

ส่วนการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง ได้มีการกำหนดโครงสร้างเป็น แบบจำลองโลจิตหลายทางเลือก ผลการพัฒนาแบบจำลองโลจิตตามปกติที่ไม่รวมตัวแปรแฝง พบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมเลือกรูปแบบการเดินทางได้แก่ (1) อายุ โดยผู้ที่มีอายุมาก ขึ้นต้องการเดินทางกับรูปแบบที่ให้ความสะดวกความสบายมากขึ้น (2) รายได้ของผู้เดินทาง โดยผู้ มีรายได้เฉลี่ยสูง มีศักยภาพในการเลือกรูปแบบการเดินทางที่ดีกว่า สูงกว่าผู้มีรายได้เฉลี่ยต่ำ (3) ค่า โดยสารการเดินทาง โดยในการเดินทางระยะทางที่เท่ากัน ผู้เดินทางจะเลือกใช้รูปแบบการเดินทาง ที่มีค่าโดยสารที่ถูกกว่า และ (4) ความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายในการเดินทางกับระดับรายได้ของผู้ เดินทาง (อิทธิพลของค่าใช้จ่ายในการเดินทางจะลดลงหากผู้เดินทางมีรายได้เพิ่มขึ้น) เป็น ความสามารถในการจ่ายค่าโดยสารในการเดินทาง ผู้ที่มีกำลังซื้อน้อยกว่าก็จะมีศักยภาพในการจ่าย

ค่าโดยสารถี่จำกัด และจะเลือกยานพาหนะที่ดีที่สุดในการเดินทางที่ยังสามารถจ่ายเงินในการเดินทางได้ โดยมีค่า Likelihood Ratio Index (P^2) เท่ากับ 0.552 ให้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องร้อยละ 64.2 สำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองโดยรวมตัวแปรแฝง พบว่า แบบจำลองที่รวมตัวแปรแฝงสามารถอธิบายพฤติกรรมทางเลือกรูปแบบการเดินทางและการทำนายได้ดีกว่าแบบจำลองทั่วไป และมีประสิทธิภาพในการทำนายของแบบจำลองโลจิต ให้ผลที่ดีขึ้น มีค่า P^2 เท่ากับ 0.642 ให้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องร้อยละ 80.1 ผลการศึกษาดังกล่าวทำให้ทราบถึงตัวแปรด้านความสะดวกสบายที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทางต่างๆ และวิธีการพัฒนาแบบจำลอง ทั้งแบบจำลองการวัด แบบจำลองแฝง และแบบจำลองการเลือกรูปแบบเดินทางที่รวมตัวแปรแฝงแล้ว ซึ่งจะถูกนำไปเป็นแนวทางหลักในงานวิจัยครั้งนี้ ต่อไป

2.3 ลักษณะการเดินทางทั่วไปของชาวชนบทไทย

ถกนธ์ (2537) กล่าวถึงลักษณะการเดินทางทั่วไปของชาวชนบทเชียงใหม่ไว้ดังนี้

ก) จุดประสงค์การเดินทาง

จุดประสงค์หลักในการเดินทางของชาวชนบทในจังหวัดเชียงใหม่ (ทั้งการเดินทางภายในหมู่บ้านและออกนอกหมู่บ้าน) ได้แก่ ไปไร่ นา ไปตักน้ำ/หาฟืน ไปร้านค้า/ตลาด ไปโรงเรียน และไปสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ

ข) อัตราการเดินทาง

อัตราการเดินทางของครัวเรือนชนบทเชียงใหม่ เกี่ยวข้องกับอาชีพหลักของครัวเรือน สำหรับอัตราการเดินทางเข้าออกเมือง เรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ ครัวเรือนค้าขาย ครัวเรือนรับจ้าง และครัวเรือนเกษตร ตามลำดับ ส่วนอัตราการเดินทางภายในหมู่บ้าน เรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ ครัวเรือนเกษตร ครัวเรือนค้าขาย และครัวเรือนรับจ้าง ตามลำดับ

ค) ยานพาหนะที่ใช้เดินทาง

สำหรับการเดินทางภายในหมู่บ้านชนบทเชียงใหม่ ใช้การเดินทางเท้าเป็นหลัก ส่วนการเดินทางออกนอกหมู่บ้านจะใช้ยานยนต์เป็นหลัก โดยรถจักรยานยนต์มีสัดส่วนการใช้มากที่สุด

2.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทางของผู้เดินทาง

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทาง สรุปได้เป็น 3 ปัจจัยดังนี้

ก) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะของผู้เดินทาง ซึ่งได้แก่

ก1) สภาพเศรษฐกิจและสังคมของผู้เดินทาง

เช่น เพศ อายุ อาชีพ รายได้ ระดับการศึกษา ขนาดครัวเรือน จำนวนยานพาหนะในครัวเรือน การมีใบอนุญาตขับขี่รถ สถานะในครัวเรือน สถานภาพสมรส เป็นต้น (Ortuzar and Willumsen, 1990)

ก2) ทศนคติของผู้เดินทาง

ทัศนคติ หมายถึง ความโน้มเอียงที่จะประเมินค่าสิ่งต่างๆ ในแง่บวกหรือลบ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่พฤติกรรมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นความคิดเห็น ความรู้สึกที่มีต่อสิ่งต่างๆ เช่น การตัดสินใจเลือกซื้อสินค้า หรือเลือกยานพาหนะเดินทางใดๆ เพราะความชอบส่วนตัวของบุคคลนั้นๆ (Bem, 1970) (อ้างใน ภาควิชาจิตวิทยา คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2543)

ข) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะของระบบขนส่งที่ใช้เดินทาง ซึ่งได้แก่

ข1) ปัจจัยเชิงปริมาณ เช่น เวลาที่ใช้ในการเดินทาง ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เป็นต้น (Ortuzar and Willumsen, 1990 และ Vukan R.V., 1992)

ข2) ปัจจัยเชิงคุณภาพ เช่น ความสามารถในการเข้าถึงระบบ ความน่าเชื่อถือของการให้บริการ/การตรงต่อเวลา ความสะดวก ความสบาย และความปลอดภัยในการเดินทาง (Ortuzar and Willumsen, 1990 และ Vukan R.V., 1992)

ค) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะที่มีอิทธิพลโดยการเดินทาง

เช่น จุดประสงค์ในการเดินทาง ช่วงเวลาในการเดินทาง เป็นต้น

2.5 ทฤษฎีแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง

แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางได้พัฒนาขึ้นมาโดยมีวัตถุประสงค์ที่จะใช้อธิบายพฤติกรรมการตัดสินใจเหล่านั้น เพื่อประโยชน์ในการเข้าใจถึงพฤติกรรมนั้นและสามารถวางแผนปรับปรุงประสิทธิภาพของการจราจรและขนส่งได้อย่างแท้จริง ทฤษฎีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์การตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางในปัจจุบัน คือ ทฤษฎีอรรถประโยชน์ ซึ่งเป็นการพิจารณาถึงประโยชน์ที่ผู้บริโภคจะได้รับ จากแต่ละทางเลือก และแบบจำลองโลจิตซึ่งนิยมใช้หาค่าความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกทางเลือกต่างๆ ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

2.5.1) ทฤษฎีอรรถประโยชน์ (Utility Theory)

ทฤษฎีนี้มีสมมติฐานว่า ผู้บริโภคหรือผู้เดินทางแสดงพฤติกรรมเป็นรายบุคคล (Individual Behavior) โดยผู้เดินทางจะเลือกรูปแบบการเดินทางที่ทำให้เกิดอรรถประโยชน์สูงสุด สำหรับฟังก์ชันของทฤษฎีอรรถประโยชน์ (Utility Function) แบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่

ก) Deterministic Utility Function

ส่วนนี้มีสมมติฐานว่าผู้เดินทางแต่ละคนทราบข้อมูลของทางเลือกอย่างครบถ้วน ทำให้สามารถกำหนดค่าอรรถประโยชน์ได้แน่นอน แล้วจึงใช้กฎการตัดสินใจ (Decision Rule) เลือกทางเลือกที่ให้ค่าอรรถประโยชน์สูงสุด สำหรับรูปแบบของ Deterministic Utility Function แสดงดังสมการ (2.1)

$$v = f(\beta_k, X_k) \quad (2.1)$$

โดยฟังก์ชันนี้อาจจะกำหนดให้มีความสัมพันธ์เป็นแบบเชิงเส้นดังสมการ (2.2)

$$v_i = \sum_{k=1}^K (\beta_{ik} X_{ik}) \quad (2.2)$$

เมื่อ	V_i	คือ อรรถประโยชน์ของทางเลือก i
	β_{ik}	คือ สัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระตัวที่ k ของฟังก์ชันอรรถประโยชน์ทางเลือก i
	X_{ik}	คือ ตัวแปรอิสระตัวที่ k ของฟังก์ชันอรรถประโยชน์ทางเลือก i
	k	คือ ลำดับที่ 1, 2, 3, ..., K
	K	คือ จำนวนตัวแปรอิสระที่ถูกนำมาพิจารณาในฟังก์ชันอรรถประโยชน์

ข) Stochastic Utility Function

ส่วนนี้มีสมมติฐานที่ว่าผู้เดินทางไม่สามารถทราบข้อมูลทั้งหมดของการเดินทางได้ครบถ้วนทุกคน ทำให้ไม่สามารถกำหนดค่าอรรถประโยชน์ได้แน่นอน (เกิดความคลาดเคลื่อน) นั่นหมายความว่า ฟังก์ชันอรรถประโยชน์นี้ประกอบไปด้วย ส่วนของอรรถประโยชน์ที่วัดค่าได้แน่นอน และส่วนของความไม่แน่นอนหรือองค์ประกอบเชิงสุ่ม (Ben-Akiva and Lerman, 1993) สำหรับรูปแบบของ Stochastic Utility Function แสดงดังสมการ (2.3)

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \quad (2.3)$$

เมื่อ	U_{in}	คือ อรรถประโยชน์ของคนที่ n สำหรับทางเลือก i
	V_{in}	คือ ส่วนของอรรถประโยชน์ที่วัดค่าได้แน่นอน (Deterministic Component)
	ε_{in}	คือ ส่วนของความไม่แน่นอน หรือองค์ประกอบเชิงสุ่ม(Random Component)

2.5.2) แบบจำลองโลจิต (Logit Model)

จากกฎการตัดสินใจที่มีสมมติฐานว่าผู้เดินทางจะเลือกรูปแบบการเดินทางที่ก่อให้เกิดอรรถประโยชน์สูงสุด ฉะนั้นความน่าจะเป็นที่ผู้เดินทางจะเลือกทางเลือก i ก็ต่อเมื่อค่าอรรถประโยชน์ของทางเลือก i มีค่ามากกว่าอรรถประโยชน์ของทางเลือกอื่น ดังสมการ (2.4)

$$U_{in} \geq U_{jn}, \quad \forall j \in C_m \quad (2.4)$$

เมื่อ C_m คือ เซตของทางเลือกทั้งหมดของผู้เดินทาง n

เมื่อแทนค่าความสัมพันธ์ของสมการ (2.3) ลงในสมการ (2.4) จะได้ความสัมพันธ์ที่ทางเลือก i จะได้รับเลือกนอกเหนือทางเลือก j ใดๆ ดังสมการ (2.5)

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

แต่จากสมการที่ (2.5) พบว่าไม่สามารถหาค่าคำตอบของสมการได้แน่นอน เนื่องจากว่า ε_{in} และ ε_{jn} เป็นองค์ประกอบเชิงสุ่ม ดังนั้นจึงต้องวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้เดินทางด้วยค่าความน่าจะเป็นแทน กล่าวคือ ความน่าจะเป็นที่ผู้เดินทาง n จะเลือกเดินทางด้วยรูปแบบ i จากกลุ่มทางเลือก C_m สามารถวัดค่าได้ดังนี้

$$P_n(i) = P(V_{in} - V_{jn} \geq \varepsilon_{jn} - \varepsilon_{in}, \forall j \in C_m)$$

$$\text{หรือ} \quad P_n(i) = P(\varepsilon_{jn} - \varepsilon_{in} \leq V_{in} - V_{jn}, \forall j \in C_m) \quad (2.6)$$

เมื่อ $P_n(i)$ คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้เดินทาง n จะเลือกรูปแบบทางเลือก i

แบบจำลองโลจิตมีการสมมุติให้ ε_{in} และ ε_{jn} มีความเป็นอิสระต่อกัน และมีการกระจายตัวแบบกัมเบล (Gumbel Distribution) เนื่องจากการกระจายตัวแบบกัมเบลมีลักษณะคล้ายกับการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ที่นิยมใช้อธิบายความน่าจะเป็นในพฤติกรรมของมนุษย์ จะทำให้ได้รูปแบบง่ายที่ต่อการวิเคราะห์ สำหรับฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability Density Function) ของ ε_{in} และ ε_{jn} แสดงดังสมการ (2.7)

$$f(\varepsilon) = \mu e^{-\mu(\varepsilon - \eta)} \exp\left(-e^{-\mu(\varepsilon - \eta)}\right) \quad (2.7)$$

เมื่อ μ, η คือ สัมประสิทธิ์ที่กำหนดรูปร่าง (Shape) ของการกระจายตัว

จากสมมติฐานดังกล่าวทำให้สามารถวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของผู้เดินทางคนที่ n จะเลือกรูปแบบการเดินทาง i ได้ดังสมการ (2.8) และเนื่องจากข้อจำกัดในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ที่เกิดจากสมการที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ (Indeterminate Equation) ดังนั้นถ้าให้ทางเลือกที่ q เป็นอรรถประโยชน์เปรียบเทียบกับอรรถประโยชน์อื่นๆ แล้วจะทำให้ลดตัวแปรในสมการได้ทำให้สมการสามารถหาคำตอบได้ (Determinate Equation) และสามารถเขียนสมการ (2.8) ได้ดังสมการ (2.9)

$$P_n(i) = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j \in C'_m} e^{V_{jn}}} \quad (2.8)$$

$$P_n(i) = \frac{e^{V_{in} - V_{qn}}}{\sum_{j \in C'_m} e^{V_{jn} - V_{qn}} + 1} = \frac{e^{V_n^{(i-q)}}}{\sum_{j \in C'_m} e^{V_n^{(j-q)}} + 1} \quad (2.9)$$

เมื่อ $P_n(i)$ คือ ความน่าจะเป็นหรือสัดส่วนที่ผู้เดินทางจะเลือกทางเลือก i
 V_{in} คือ ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ของทางเลือก i
 $V_n^{(i-q)}$ คือ ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ของทางเลือก i เทียบกับทางเลือก q
 C'_m คือ เซตของทางเลือกที่เหลือทั้งหมด

แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางตามสมการ (2.8) และ (2.9) นี้เรียกว่าแบบจำลองโลจิต (Logit Model) ในกรณีที่สถานการณ์ทางเลือกของแบบจำลองประกอบไปด้วยเพียง 2 ทางเลือก เรียกว่า แบบจำลองโลจิตแบบสองทางเลือก (Binary Logit Model หรือ BNL) และกรณีที่สถานการณ์ทางเลือกของแบบจำลองมากกว่า 2 ทางเลือก เรียกว่า แบบจำลองโลจิตแบบหลายทางเลือก (Multinomial Logit Model หรือ MNL)

2.5.3) การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร

ในการพัฒนาแบบจำลองโลจิต จำเป็นต้องประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันอรรถประโยชน์ (β_{ik}) ซึ่งมีวิธีการประมาณค่าอยู่หลายวิธีด้วยกัน แต่ผู้เชี่ยวชาญหลายท่านได้

แนะนำให้ใช้วิธีการทางสถิติที่เรียกว่า Maximum Likelihood (ML) เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวกสามารถทำได้ง่ายและใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุด (Ben-Akiva and Lerman, 1993) ซึ่งหลักการของวิธี Maximum Likelihood สามารถอธิบายได้ดังนี้

ถ้าประชากรทั้งหมดของผู้เดินทางมีจำนวน N คน และในบรรดาประชากรคนที่ n ตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางใดๆ จะทำให้ความน่าจะเป็นของประชากรทั้งหมดที่เลือกรูปแบบการเดินทาง i มีค่าเท่ากับสมการ (2.10) ซึ่งสมการนี้เรียกว่า ฟังก์ชันของความเป็นไปได้ (Likelihood Function)

$$L = \prod_{n=1}^N \prod_{i \in C_n} P_n(i)^{y_{in}} \quad (2.10)$$

เมื่อ $\prod$ คือ ผลคูณอันดับ (Product Operator) เช่น $\prod_{n=1}^3 X_n = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3$
 L คือ ฟังก์ชันของความเป็นไปได้
 $P_n(i)$ คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้เดินทางคนที่ n จะเลือกทางเลือกที่ i
 y_{in} จะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อผู้เดินทางที่ n เลือกทางเลือกที่ i นอกจากนั้นให้มีค่าเท่ากับ 0
 C_n คือ เซตของโหมดทางเลือกทั้งหมดที่ผู้เดินทางที่ n ได้พิจารณา

เมื่อพิจารณาฟังก์ชันความเป็นไปได้นี้พบว่าค่าความน่าจะเป็นจะแปรเปลี่ยนไปตามค่าสัมประสิทธิ์ β_{ik} ดังนั้นการประมาณค่าสัมประสิทธิ์โดยวิธีนี้จึงเป็นหาค่าสัมประสิทธิ์ β_{ik} ใดๆ ที่ทำให้ฟังก์ชันความเป็นไปได้นี้มีค่าสูงสุด ซึ่งหาค่าสูงสุดได้โดยการหาอนุพันธ์เทียบกับค่าสัมประสิทธิ์แต่ละตัวในฟังก์ชันนี้ แต่เมื่อพิจารณาสมการ (2.10) พบว่ามีความสัมพันธ์กับแบบผลคูณซึ่งเป็นรูปแบบที่ยากต่อการหาอนุพันธ์ จึงได้มีการประยุกต์โดยการเปลี่ยนสมการ (2.10) นี้ให้อยู่ในรูปของฟังก์ชันลอการิทึม (Logarithm Function) ดังสมการ (2.11) ทำให้ได้ฟังก์ชันใหม่ที่อยู่ในรูปของผลบวกซึ่งง่ายต่อการหาอนุพันธ์และเรียกฟังก์ชันนี้ว่า ฟังก์ชันลอการิทึมของความเป็นไปได้ (Log Likelihood Function หรือ LL)

$$LL = \log(L) = \sum_{n=1}^N \sum_{i \in C_n} y_{in} \log(P_n(i)) \quad (2.11)$$

สำหรับการหาค่ามากที่สุดของฟังก์ชันลอการิทึมของความเป็นไปได้ แสดงในสมการที่ (2.12)

$$\frac{\partial LL(\beta_{ik})}{\partial \beta_{ik}} = 0 \quad ; \quad \text{สำหรับ } k = 1, 2, 3, \dots, K \quad (2.12)$$

จากนั้นจึงใช้วิธีการวิเคราะห์ทางตัวเลข (Numerical Method) ต่างๆ เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์แต่ละตัวต่อไป สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปช่วยในการวิเคราะห์ด้วยการกำหนดให้โปรแกรมใช้วิธีการของ Newton-Raphson ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถหาคำตอบได้โดยง่ายมีประสิทธิภาพในการคำนวณสูงและนิยมใช้กันมากที่สุด วิธีการของ Newton-Raphson เป็นกระบวนการที่กระทำซ้ำ (Iterations) เพื่อหาจุดที่ลู่เข้าสู่คำตอบ (จุดที่ทำให้สมการที่ (2.11) มีค่ามากที่สุด) โดยจะหยุดกระทำซ้ำเมื่ออัตราการลู่เข้าของตัวแปรแต่ละตัวน้อยกว่าค่าที่ยอมรับ (Tolerance) หรือที่กำหนดให้

2.5.4) การตรวจสอบแบบจำลอง

แบบจำลองที่ได้จากกระบวนการต่างๆ ดังที่กล่าวไปแล้ว จะต้องนำมาตรวจสอบความถูกต้องทางสถิติ และความแม่นยำของแบบจำลอง เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือในการทำนายผล การตรวจสอบแบ่งออกเป็น 2 ระดับคือ การตรวจสอบภายใน และการตรวจสอบภายนอก

1. การตรวจสอบภายใน (Internal Validity)

การตรวจสอบภายใน ได้แก่ การตรวจสอบนัยสำคัญของค่าสัมประสิทธิ์ การตรวจสอบระดับของความสอดคล้อง และการตรวจสอบเครื่องหมายของสัมประสิทธิ์

• การตรวจสอบนัยสำคัญของค่าสัมประสิทธิ์

ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบว่าตัวแปรที่นำเข้ามาพิจารณาในแบบจำลองนั้นมีความสำคัญหรือมีอิทธิพลต่อแบบจำลองหรือไม่ ทำได้โดยใช้ค่าสถิติทดสอบ t-test คือ

$$t_{N-K, \frac{\alpha}{2}} = \frac{\beta_k}{\sqrt{v(\beta_k)}} \quad (2.13)$$

เมื่อ $t_{N-K, \frac{\alpha}{2}}$ คือ ค่าสถิติ t ที่มีดีกรีอิสระเป็น N-K ที่ระดับความเชื่อมั่น $(1-\alpha)$

β_k คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัวที่ k ในแบบจำลอง

$v(\beta_k)$ คือ ค่าความแปรปรวนของ β_k ซึ่งจาก Cramer-Rao Theorem จะได้ว่า

$$v(\beta_i) = \frac{\partial^2 L(\beta_i)}{\partial \beta_i^2} \quad (2.14)$$

- N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์
 K คือ จำนวนสัมประสิทธิ์ทั้งหมดที่มีในแบบจำลอง

การตรวจสอบทำได้โดยตั้งสมมติฐานหลัก (Null Hypothesis) ว่า $H_0: \beta_k = 0$ โดยจะไม่ยอมรับสมมติฐาน $H_0: \beta_k = 0$ หรือตัวแปรนั้นมีอิทธิพลต่อแบบจำลองที่ระดับความเชื่อมั่น $(1-\alpha)$ ที่ 95% เมื่อค่าสถิติ t มากกว่าหรือเท่ากับ 1.96 เมื่อจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการประมาณค่ามีมากกว่า 120 ชุด

• การตรวจสอบระดับของความสอดคล้อง (Goodness of Fit)

ขั้นตอนนี้เป็น การตรวจสอบว่าแบบจำลองโลจิสต์ที่ใช้วิธี Maximum likelihood ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ จะนำไปอธิบายพฤติกรรมของผู้เดินทางได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งนิยมวัดค่าออกมาเป็น ดัชนีความสอดคล้อง (Likelihood Ratio Index, ρ^2) ซึ่งหาได้จากสมการที่ (2.15)

$$\rho^2 = 1 - \frac{LL(\beta_{ik})}{LL(0)} \quad (2.15)$$

- เมื่อ $LL(\beta_{ik})$ คือ ค่า Log Likelihood ของ β_{ik} ที่ได้จากการบวนการกระทำซ้ำครั้งสุดท้าย
 $LL(0)$ คือ ค่า Log Likelihood ในกรณีสมมติให้สัมประสิทธิ์ทุกตัวเท่ากับ 0

ค่า ρ^2 คล้ายคลึงกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ของสมการถดถอยเชิงเส้น โดย ρ^2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าแบบจำลองโลจิสต์ที่สร้างขึ้นสามารถแทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่พิจารณาได้เป็นอย่างดี แต่ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าแบบจำลองโลจิสต์ที่สร้างขึ้นยังไม่สามารถแทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่พิจารณาได้ดีเท่าที่ควร ค่า ρ^2 จะยอมรับได้ที่ระดับมากกว่า 0.20 ขึ้นไป (Train, 2002)

• การตรวจสอบเครื่องหมายของสัมประสิทธิ์

เครื่องหมายของสัมประสิทธิ์แสดงถึงทิศทางของอิทธิพลของตัวแปรต่อแบบจำลอง ถ้าสัมประสิทธิ์มีค่าเป็นบวกแสดงว่าตัวแปรกับแบบจำลองมีความสัมพันธ์กันแบบแปรผันตรง แต่ถ้าสัมประสิทธิ์มีค่าเป็นลบแสดงถึงความสัมพันธ์แบบผกผัน ดังนั้นเครื่องหมายของ

สัมประสิทธิ์ของตัวแปรต่างๆ จึงควรมีความสมเหตุสมผล เช่น ตัวแปรค่าโดยสารหรือเวลาในการเดินทางควรมีเครื่องหมายเป็นลบ เพราะถ้าตัวแปรเหล่านี้มีค่าเพิ่มขึ้นก็จะทำให้ค่าอรรถประโยชน์ลดลง หรือตัวแปรด้านความสะดวกความสบายก็ควรมีเครื่องหมายเป็นบวก เพราะถ้าค่าของตัวแปรนี้เพิ่มขึ้นก็จะทำให้ค่าอรรถประโยชน์เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

2. การตรวจสอบภายนอก (External Validity)

การตรวจสอบภายนอก เป็นการประเมินอัตราความถูกต้องแม่นยำของการทำนาย (Percent Correctly Estimated) ของแบบจำลองในการทำนายพฤติกรรมจริงของผู้เดินทางโดยอาศัยการเปรียบเทียบผลการทำนายกับผลลัพธ์จริงที่เกิดขึ้น ซึ่งผลลัพธ์จริงที่เกิดขึ้นอาจจะมาจากการทำสำรวจเพิ่มเติมหรืออาจจะมาจากข้อมูลการสำรวจเดิมที่ไม่ได้ถูกนำไปพัฒนาแบบจำลองก็ได้ ดังสมการ (2.16)

$$\% \text{Correct} = \sum_{n=1}^N W_n / N \quad (2.16)$$

เมื่อ W_n คือ ตัวอย่างที่ n ที่เลือกใช้รูปแบบที่ i
 N คือ จำนวนตัวอย่างทั้งหมด

2.5.5) ความยืดหยุ่น (Elasticity of Choice)

ค่าความยืดหยุ่น เป็นดัชนีที่แสดงถึงระดับการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนการเลือกแนวทางเลือกใดๆ เมื่อค่าของตัวแปรบางตัวในแบบจำลองมีค่าเปลี่ยนไป ค่าความยืดหยุ่นสามารถนำไปใช้ในการอธิบายถึงอิทธิพลของตัวแปรหรือปัจจัยแต่ละตัวที่มีต่อพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางของผู้ตัดสินใจได้ ค่าความยืดหยุ่นของสัดส่วนในการเลือกแนวทางเลือก i สำหรับผู้ตัดสินใจ n เทียบกับตัวแปร k ในสมการอรรถประโยชน์ทางเลือก j แสดงในสมการที่ (2.17)

$$E_{X_{jnk}}^{P_n(i)} = \frac{\partial P_n(i)}{\partial X_{jnk}} \cdot \frac{X_{jnk}}{P_n(i)} \quad (2.17)$$

เมื่อ $E_{X_{jnk}}^{P_n(i)}$ คือ ค่าความยืดหยุ่นของแนวทางเลือก i เทียบกับตัวแปร X_{jnk}
 $P_n(i)$ คือ ค่าสัดส่วนการเลือกแนวทางเลือก i

2.6 หลักการของแบบจำลองตัวแปรแฝง

แบบจำลองตัวแปรแฝงจะมีตัวแปร 2 ประเภทคือ ตัวแปรแฝง (Latent Variable) และ ตัวชี้วัด (Indicator)

ก) ตัวแปรแฝงและตัวชี้วัด

ตัวแปรแฝงในที่นี้หมายถึง ตัวแปรเชิงทัศนคตินั่นเอง ตัวแปรแฝงและตัวชี้วัดมีความสัมพันธ์กัน โดยตัวแปรแฝงจะเป็นฟังก์ชันของตัวชี้วัด ตัวแปรแฝงจะเป็นตัวแปรที่ไม่สามารถวัดค่าได้โดยตรง (ในที่นี้ได้แก่ ความสะดวก และความสบาย) แต่แสดงผลในรูปของพฤติกรรมที่สามารถสังเกตได้ นักวิจัยจึงศึกษาตัวแปรแฝงโดยอาศัยตัวชี้วัดแทน ยกตัวอย่างเช่น ทัศนคติของบุคคลที่มีต่อปัจจัยด้านความสะดวกในการเดินทางไม่สามารถจะวัดออกมาได้โดยตรง จึงใช้ตัวชี้วัดตั้งเป็นคำถามเพื่อวัดทัศนคติที่มีต่อปัจจัยด้านความสะดวกแทน ตัวอย่างตัวชี้วัดด้านความสะดวก เช่น “ยานพาหนะนี้ง่ายในการต่อรถไปยังสถานที่ปลายทาง” เป็นต้น จากนั้นจึงให้ผู้เดินทางให้คะแนนตามระดับความรู้สึก/ความคิดเห็นสำหรับแต่ละตัวชี้วัด ซึ่งการให้คะแนนดังกล่าวสามารถแสดงถึงค่าทัศนคติของบุคคลนั้นได้ (Campbell, 1975) (อ้างใน ภาควิชาจิตวิทยา คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2543)

Gregory C. (1975) and Morikawa (1989) ได้กล่าวถึงตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องในการอธิบายถึงความสะดวก และความสบาย ในการเดินทางสำหรับยานพาหนะต่างๆ ดังนี้

1. ความสะดวก (Convenience)

- ความยาก-ง่ายในการต่อรถ
- ความเชื่อมั่นในการตรงเวลาของรถ
- ความยืดหยุ่นในการเลือกเวลาถึงจุดหมายปลายทาง
- ความสะดวกในการเดินทางที่มีสัมภาระหนัก หรือเด็กเล็ก
- ความสะดวกในการซื้อตั๋ว/จองตั๋ว

2. ความสบาย (Comfort)

- ความสามารถในการปรับแต่งอุณหภูมิภายในยานพาหนะ
- ยานพาหนะมีการป้องกันจากสภาพอากาศภายนอก
- ภายในยานพาหนะมีที่วางสัมภาระเพียงพอ
- ความสะดวกภายในยานพาหนะ
- ความรู้สึกว่าเป็นส่วนตัวในการเดินทาง
- ความรู้สึกอุ่นใจ/ปลอดภัยในการเดินทาง
- การเดินทางกับยานพาหนะไม่ทำให้เกิดความเหนื่อยล้า

ข) หลักการวัดระดับความคิดเห็น

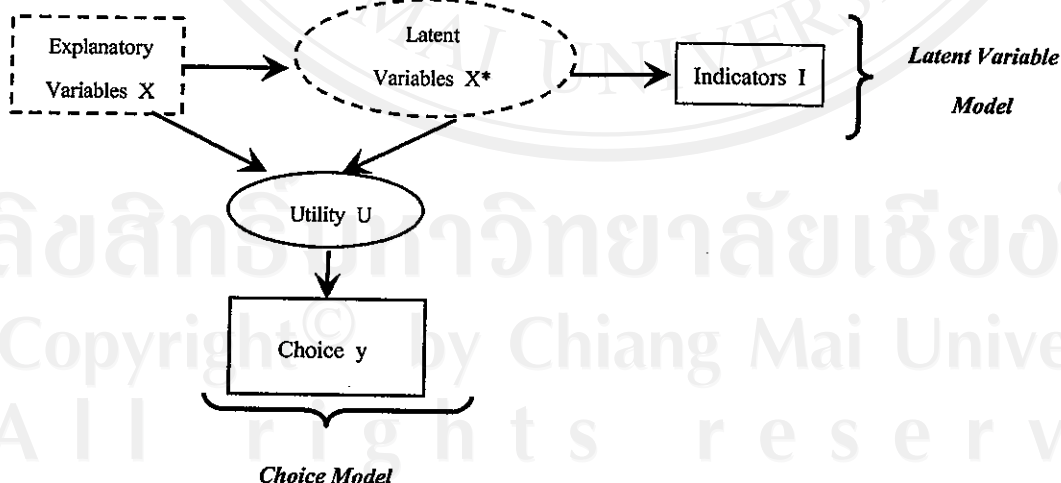
Ortuzar and Willumsen (1990) ได้กล่าวว่าวิธีการวัดระดับความคิดเห็นของผู้เดินทางที่มีต่อทางเลือกของการเดินทาง นิยมดำเนินการใน 2 ลักษณะ คือ

- ผู้ถูกสัมภาษณ์เลือกทางเลือกที่ชอบที่สุดเพียงทางเลือกเดียว และ
- ผู้ถูกสัมภาษณ์ให้คะแนนกับทางเลือกต่างๆ (Rating Scale Method) ในช่วงที่ถูกกำหนดขึ้นมา เช่น กำหนดให้มีคะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 5 โดยที่ 1 อาจหมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง และจะเพิ่มคะแนนขึ้นตามลำดับ จนถึงคะแนนเท่ากับ 5 ซึ่งอาจหมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ทั้งสองวิธีต่างก็มีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการนำไปใช้ โดยวิธีที่ให้ผู้ถูกสัมภาษณ์เลือกทางเลือกที่ชอบที่สุดเพียงทางเลือกเดียวจะให้รายละเอียดน้อยที่สุด แต่สามารถดำเนินการได้ง่ายที่สุดและสอดคล้องกับความเป็นจริง ซึ่งผู้เดินทางจะต้องเลือกเพียงทางเลือกใดทางเลือกหนึ่งเท่านั้นสำหรับการเดินทางแต่ละเที่ยว ส่วนวิธีที่ให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ให้คะแนนกับทางเลือกต่างๆ จะให้รายละเอียดมากที่สุด เพราะนอกจากจะเห็นการเปรียบเทียบระหว่างทางเลือกที่กำหนดให้พิจารณาแล้ว ยังได้ทราบระดับความคิดเห็นที่ผู้ถูกสัมภาษณ์มีต่อแต่ละทางเลือกด้วย

2.7 โครงสร้างการรวมแบบจำลองทางเลือกโดยรวมตัวแปรแฝง

Ben-Akiva et al, (1997) กล่าวถึงโครงสร้างของการรวมตัวแปรแฝงเข้าในแบบจำลองทางเลือก ดังแสดงในรูป 2.1



รูป 2.1 โครงสร้างการรวมตัวแปรแฝงเข้าในแบบจำลองทางเลือก (Ben-Akiva , 1997)

จากรูป 2.1 กล้องวงจรเฝ้าเห็นประแสงถึงตัวแปรที่ไม่สามารถอธิบายค่าได้โดยตรง หรือตัวแปรแฝง (Latent Variables) เมื่อไม่สามารถอธิบายค่าได้โดยตรงจึงจำเป็นต้องมีดัชนีวัด (Indicators) มาทำการชี้วัดระดับของตัวแปรแฝงเหล่านั้น ส่วนกล้องที่เหลื่อมเห็นประแสงถึงตัวแปรใดๆที่สามารถอธิบายค่าได้โดยตรง (Explanatory Variables) ซึ่งรวมถึงสภาพทางเศรษฐกิจสังคมของผู้เดินทาง และคุณลักษณะการเดินทาง

จากโครงสร้างการรวมแบบจำลองดังรูป 2.1 ทำให้ได้แบบจำลอง 2 ส่วนคือ แบบจำลองทางเลือก (Discrete Choice Model) และแบบจำลองตัวแปรแฝง (Latent Variable Model)

2.7.1) ทฤษฎีการสร้างแบบจำลองตัวแปรแฝง

ก) การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น

การสร้างแบบจำลองตัวแปรแฝง จะใช้หลักการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม โดยกำหนดให้ความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามอยู่ในรูปสมการเส้นตรง ถ้าหากสมการเส้นตรงที่สร้างขึ้น มีความสัมพันธ์ของตัวแปรตามขึ้นอยู่กับตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียวจะเรียกว่า สมการถดถอยอย่างง่าย (Simple Linear Regression) แต่ถ้าขึ้นอยู่กับตัวแปรอิสระหลายตัวก็จะเรียกว่า สมการถดถอยเชิงซ้อน (Multiple Linear Regression) รูปแบบของสมการถดถอยอย่างง่าย (Simple Linear Regression) มีรูปแบบ คือ

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + e \quad (2.18)$$

โดย	y	คือ ตัวแปรตาม (Dependent Variable)
	x	คือ ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)
	β_0, β_1	คือ ค่าคงที่ และ ค่าสัมประสิทธิ์ ตามลำดับ
	e	คือ ความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม (random error)

แต่ส่วนมากการวิเคราะห์ความถดถอยที่นำมาใช้ทางด้านวิศวกรรมขนส่ง จะเป็นสมการถดถอยเชิงซ้อน ซึ่งมีรูปแบบคล้ายกับสมการถดถอยอย่างง่ายแต่จะมีจำนวนตัวแปรอิสระ k ตัว ดังสมการต่อไปนี้

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + e \quad (2.19)$$

เนื่องจากการจะหาค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ($\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$) ได้จำเป็นต้องทราบค่า x และ y ทุกค่าของประชากรซึ่งเป็นไปได้ยาก ในทางปฏิบัติจึงใช้ตัวอย่างขนาด n ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ ดังนั้นจะได้ว่าค่าประมาณของ y คือ

$$\hat{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k \quad (2.20)$$

นั่นคือ

$$\beta_0 = a, \beta_1 = b_1, \beta_2 = b_2, \dots, \beta_k = b_k$$

ค่าคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า y ด้วย $\hat{y}$ คือ $y - \hat{y} = e$ การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ทำได้โดยวิธี กำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) นั่นคือ การประมาณค่า $a, b_1, b_2, \dots, b_k$ ที่ทำให้ผลบวกกำลังสองของค่าคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยที่สุด หรือ

$$\sum_{i=1}^k e_i^2 = \sum_{i=1}^k (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (2.21)$$

- สมมุติฐานในการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อน

- e เป็นตัวแปรที่มีการแจกแจงปกติ
- ค่าเฉลี่ยของ e มีค่าเป็นศูนย์ $E(e)=0$ และความแปรปรวนเป็นค่าคงที่ที่ไม่ทราบค่า $Var(e) = \sigma_e^2$
- ค่า e_i และ e_j เป็นอิสระต่อกัน นั่นคือ $Covariance(e_i, e_j) = 0; i \neq j$
- ตัวแปรอิสระ x_i และ x_j ต้องเป็นอิสระต่อกัน

- การทดสอบสมมุติฐาน

- ทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับความเหมาะสมของสมการถดถอยเชิงเส้น เพื่อตรวจสอบว่าสมการถดถอยเชิงเส้นที่สร้างจากตัวแปรอิสระ k ตัวนี้ใช้ได้หรือไม่ โดยการทดสอบสมมุติฐาน ดังนี้

$$H_0: \beta_0 = \beta_1 = \dots = \beta_k = 0$$

$$H_1: \text{มี } \beta_i \text{ อย่างน้อย 1 ค่า ที่ } \neq 0; i = 1, 2, \dots, k$$

$$\text{ค่าสถิติทดสอบ } F_{cal} = \frac{MSR}{MSE}$$

โดย MSR (Mean Square of Regression) คือ ค่าความแปรปรวนของ y เนื่องจากอิทธิพลของตัวแปรอิสระ และ MSE (Mean Square Error) คือ ค่าความแปรปรวนของ y เนื่องจากอิทธิพลอื่นๆ เรียกว่า ค่าความแปรปรวนอย่างสุ่ม โดย

■ จะปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 เมื่อ $F_{cal} > F_{k,n-k-1,1-\alpha}$ สรุปได้ว่าสมการถดถอยเชิงเส้นที่ได้เหมาะสมต่อการทำนาย

■ จะยอมรับสมมุติฐาน H_0 เมื่อ $F_{cal} \leq F_{k,n-k-1,1-\alpha}$ สรุปได้ว่าสมการถดถอยเชิงเส้นที่ได้ไม่เหมาะสมต่อการทำนาย

➤ ทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับค่าสัมประสิทธิ์

หลังจากทดสอบสมมุติฐานความเหมาะสมของสมการถดถอยเชิงเส้นแล้วพบว่า มี β_i อย่างน้อย 1 ค่าที่ไม่เท่ากับ 0 จะต้องทำการทดสอบต่อไปว่ามี β_i ตัวใดบ้างที่ไม่เท่ากับ 0 หรือมี x ตัวใดบ้างที่สัมพันธ์กับ y โดยการทดสอบสมมุติฐานดังนี้

$$H_0: \beta_i = 0$$

$$H_1: \beta_i \neq 0 ; i = 1, 2, \dots, k$$

$$\text{ค่าสถิติทดสอบ } t = \frac{b_i}{S_{b_i}}$$

โดย S_{b_i} คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ b_i

■ จะปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 เมื่อ $|t| > t_{1-\alpha/2, n-k-1}$ สรุปได้ว่าตัวแปรอิสระนั้นไม่ควรอยู่ในสมการถดถอยเชิงเส้นเพราะไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม

■ จะยอมรับสมมุติฐาน H_0 เมื่อ $|t| \leq t_{1-\alpha/2, n-k-1}$ สรุปได้ว่าตัวแปรอิสระนั้นควรอยู่ในสมการถดถอยเชิงเส้น

ข) การตรวจสอบทางสถิติของสมการถดถอยเชิงเส้น

การตรวจสอบทางสถิติของแบบจำลองตัวแปรแฝง ซึ่งอยู่ในรูปของสมการถดถอยเชิงเส้นประกอบไปด้วย

- การตรวจสอบความเหมาะสมของความถดถอย โดยใช้ค่าสถิติทดสอบ t เพื่อหาความเหมาะสมของตัวแปรอิสระที่มีต่อสมการความถดถอย
- การตรวจสอบสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R^2) เพื่อบ่งบอกถึงความเหมาะสมของสมการว่าสามารถอธิบายพฤติกรรมของแบบจำลองได้มากน้อยเท่าไร ค่า R^2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยถ้า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายความว่าสมการสามารถอธิบายพฤติกรรมจริงได้น้อยมาก แต่ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 1 จะหมายความว่าสมการสามารถอธิบายพฤติกรรมจริงได้อย่างดีมา
- การตรวจสอบเครื่องหมายของสัมประสิทธิ์ เพื่อให้เกิดความสมเหตุสมผล เป็นการหลีกเลี่ยงการตีความหมายที่ผิดพลาด

2.7.2) ทฤษฎีการสร้างแบบจำลองการวัด (ดัชนีวัด)

ก) การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis)

กัลยา (2546) กล่าวว่า การวิเคราะห์ปัจจัย เป็นเทคนิคที่แบ่งตัวแปรออกเป็นกลุ่มๆ โดยแต่ละกลุ่มได้รวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไว้ในกลุ่มเดียวกันหรือปัจจัย (Factor) เดียวกัน โดยตัวแปรที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันมาก ความสัมพันธ์อาจจะอยู่ในทิศทางเดียวกันหรืออยู่ในทิศทางตรงกันข้าม แต่ตัวแปรที่อยู่ต่างกลุ่มกันจะ ไม่มีความสัมพันธ์กันหรือมีความสัมพันธ์กันน้อย ตัวแปรที่จะนำมาใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยควรเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ เช่น อายุ รายได้ ถ้าหากมีตัวแปรเชิงกลุ่มผสมอยู่ด้วย จะต้องเปลี่ยนตัวแปรเชิงกลุ่มให้เป็นตัวแปรหุ่นเสียก่อน

ดังนั้นการวิเคราะห์ปัจจัยจึงเป็นเทคนิคการลดจำนวนตัวแปรจากจำนวนตัวแปรหลายๆ ให้เหลือเพียงไม่กี่ปัจจัย (Factor) โดยถือว่าแต่ละปัจจัยเป็นที่รวมรายละเอียดของตัวแปรที่อยู่ในปัจจัยนั้น จากนั้นจึงสามารถใช้เทคนิคทางสถิติอื่นๆ มาช่วยวิเคราะห์ต่อไป โดยถือว่า 1 ปัจจัย เป็น 1 ตัวแปรใหม่ สำหรับสมการทั่วไปที่ใช้ในการประมาณค่าคะแนนปัจจัยที่ j คือ

$$F_j = W_{j1}X_1 + W_{j2}X_2 + \dots + W_{ji}X_i + e \quad (2.22)$$

โดยที่	F_j	=	ค่าคะแนนปัจจัยที่ j (Factor Score)
	W_{ji}	=	สัมประสิทธิ์ตัวแปรตัวที่ i ของปัจจัยที่ j
	X_i	=	ตัวแปรที่ i
	e	=	ค่าคลาดเคลื่อน

ข) ขั้นตอนของการวิเคราะห์ปัจจัย

ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัจจัยแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : การตรวจสอบว่าตัวแปรต่างๆมีความสัมพันธ์กันหรือไม่

ถ้าตัวแปรมีความสัมพันธ์กันมากหรือมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญจะสามารถใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยได้ ถ้าตัวแปรไม่มีความสัมพันธ์กันหรือมีความสัมพันธ์กันน้อย ไม่ควรใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย โดยการตรวจสอบทำได้ 2 วิธีดังนี้

- วิธีที่ 1 การตรวจสอบโดยใช้ค่า Factor Loading
 - ถ้าค่า Factor Loading ของตัวแปรคู่ใด มีค่าใกล้ -1 หรือ +1 แสดงว่าตัวแปรคู่นั้นมีความสัมพันธ์กันมาก ควรอยู่ในปัจจัยเดียวกัน
 - ถ้าค่า Factor Loading ของตัวแปรคู่ใด มีค่าใกล้ 0 แสดงว่าตัวแปรคู่นั้นไม่มีความสัมพันธ์กัน ควรอยู่คนละปัจจัย
 - ถ้าตัวแปรใดไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นๆ หรือมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นๆ ที่เหลือน้อยมาก ควรตัดตัวแปรนั้นออกจากการวิเคราะห์
- วิธีที่ 2 การตรวจสอบโดยใช้ค่า Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) เป็นค่าที่ใช้วัดความเหมาะสมของข้อมูลตัวอย่างที่จะนำมาวิเคราะห์โดยเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย ดังจะกล่าวรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

สำหรับในงานวิจัยนี้ ขั้นตอนที่ 1 ใช้การตรวจสอบโดยใช้ค่า Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)

ขั้นตอนที่ 2 : การสกัดปัจจัย (Factor Extraction)

จุดประสงค์ของการสกัดปัจจัย คือ การหาจำนวนปัจจัย (Factor) ที่สามารถใช้แทนตัวแปรทั้งหมดทุกตัวได้ หรือเป็นการดึงรายละเอียดจากตัวแปรมาไว้ในปัจจัย วิธีการสกัดปัจจัยมีหลายวิธี แต่วิธี Principal Component Analysis (PCA) เป็นวิธีที่นิยมมากที่สุด ในขั้นนี้จะทำให้สามารถประมาณค่าน้ำหนักปัจจัย (Factor Loading) ได้ โดยที่ค่าน้ำหนักปัจจัยจะเป็นค่าที่พิจารณาว่าตัวแปรใดบ้างที่ควรอยู่ในปัจจัยนั้น ในแต่ละปัจจัยให้พิจารณาค่าน้ำหนักปัจจัยของแต่ละตัวแปร ถ้าค่าน้ำหนักปัจจัยของตัวแปรใดมีค่ามาก (เข้าสู่ -1 หรือ +1) ควรจัดตัวแปรนั้นให้อยู่ในปัจจัยดังกล่าวในบางกรณี ถ้าค่าน้ำหนักปัจจัยมีค่ากลางๆ เช่น ถ้ามี 2 ปัจจัย แล้วพบว่า ค่าน้ำหนักปัจจัยของตัวแปร X3 ในปัจจัยที่ 1 เป็น 0.421 และในปัจจัยที่ 2 เป็น 0.517 ทำให้ไม่ชัดเจนว่าจะจัดตัวแปรนั้นให้อยู่ในปัจจัยใด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการหมุนแกนปัจจัย ดังขั้นตอนที่ 3 จะกล่าวต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 : การหมุนแกนปัจจัย (Factor Rotation)

กรณีที่ค่าน้ำหนักปัจจัย (Factor Loading) มีค่ากลางๆ ทำให้ไม่สามารถตัดสินใจได้ว่าตัวแปรนั้นๆ ควรจัดอยู่ในปัจจัยใด ดังนั้นจะต้องทำการหมุนแกนปัจจัย จุดประสงค์ของการหมุนแกนปัจจัยคือ เพื่อให้ทราบค่าน้ำหนักปัจจัย ของตัวแปร ว่ามีค่ามากขึ้นหรือลดลง จนกระทั่งทำให้ทราบว่าตัวแปรนั้นควรจัดอยู่ในปัจจัยใด หรือไม่ควรอยู่ในปัจจัยใด

ขั้นตอนที่ 4 : การคำนวณค่าคะแนนปัจจัย (Factor Score)

เมื่อสามารถจัดตัวแปรที่มีอยู่จำนวนมากให้อยู่ในปัจจัยใหม่ได้แล้ว สามารถคำนวณหาค่าคะแนนปัจจัยของแต่ละกรณีได้ เช่น ถ้าจัดตัวแปรจนเหลือ 2 ปัจจัย ก็สามารถคำนวณหาค่าคะแนนปัจจัยของทั้งสองปัจจัย และถือว่าทั้ง 2 ปัจจัยนั้นเป็นตัวแปรใหม่ที่สามารถใช้เทคนิคทางสถิติอื่นๆ มาช่วยวิเคราะห์ต่อไปได้ สำหรับค่าคะแนนปัจจัย หาได้จากสมการ

$$F_j = W_{j1}Z_1 + W_{j2}Z_2 + \dots + W_{jp}Z_p \quad ; j = 1, 2, \dots, m \text{ และ } i = 1, 2, \dots, p \quad (2.23)$$

โดยที่ F_j = ค่าคะแนนปัจจัย (Factor Score) ของปัจจัยที่ j
 W_{ji} = ค่าน้ำหนักปัจจัย (Factor Loading) ของตัวแปรที่ i ของปัจจัย j
 Z_i = ค่าตัวแปรที่ทำการ standardized ข้อมูลแล้ว (ทำให้ตัวแปรทุกตัวมีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และความแปรปรวนเป็น 1)
 m = จำนวนปัจจัย , p = จำนวนตัวแปร (ดัชนีวัด)

ค) การตรวจสอบทางสถิติของการวิเคราะห์ปัจจัย

การตรวจสอบ Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) เป็นค่าที่ใช้วัดความเหมาะสมของข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์โดยเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย โดยที่

$$KMO = \frac{\sum r_i^2}{\sum r_i^2 + \sum (\text{partial correlation})^2} \quad (2.24)$$

โดยที่ $r_i =$ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ซึ่งทำให้ค่า $0 \leq KMO \leq 1$

- ถ้าค่า $KMO \geq 0.90$ แสดงว่าข้อมูลชุดนี้เหมาะสมมากที่จะใช้การวิเคราะห์ปัจจัย
- ถ้าค่า KMO อยู่ระหว่าง $0.80-0.89$ แสดงว่าข้อมูลชุดนี้เหมาะสมที่จะใช้การวิเคราะห์ปัจจัย
- ถ้าค่า KMO อยู่ระหว่าง $0.70-0.79$ แสดงว่าข้อมูลชุดนี้เหมาะสมปานกลางที่จะใช้การวิเคราะห์ปัจจัย
- ถ้าค่า KMO อยู่ระหว่าง $0.50-0.69$ แสดงว่าข้อมูลชุดนี้ค่อนข้างไม่เหมาะสมที่จะใช้การวิเคราะห์ปัจจัย
- ถ้าค่า $KMO < 0.50$ แสดงว่าข้อมูลชุดนี้ไม่เหมาะสมอย่างมากที่จะใช้การวิเคราะห์ปัจจัย

ในการสร้างแบบจำลองและการทดสอบทางสถิติต่างๆที่กล่าวมาทั้งหมด จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปช่วยในการวิเคราะห์ ซึ่งได้แก่ โปรแกรม SPSS และ LIMDEP ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์สถิติที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายสาขา เช่น ด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านการขนส่ง เป็นต้น

2.8 เทคนิคการสำรวจข้อมูล

ก) วิธีการสำรวจข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองส่วนใหญ่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้เดินทาง ซึ่งโดยทั่วไปนิยมสำรวจได้ 2 วิธี คือ วิธีแรกเป็นการสำรวจข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างจากสถานการณ์จริงที่มีอยู่แล้ว เช่น การสอบถามลักษณะการเดินทางของวันที่มีการเดินทางไปแล้ว วิธีนี้เรียกว่า Revealed Preference (RP) และวิธีที่สองเรียกว่า Stated Preference (SP) เป็นการสำรวจข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างโดยกำหนดสถานการณ์จำลองขึ้นมาเพื่อสอบถามความคิดเห็นของผู้ถูกสัมภาษณ์ ซึ่งอาจจะนำสถานการณ์ใหม่ที่สนใจมาเป็นทางเลือกเปรียบเทียบกับสถานการณ์เดิมที่มีอยู่แล้ว เช่น การสมมุติทางเลือกในอนาคตขึ้นมาแล้วสอบถามผู้เดินทางถึงข้อมูลต่างๆ เทคนิคทั้งสองนี้มีข้อแตกต่างกันดังแสดงในตาราง 2.1

ข) จำนวนข้อมูล

จำนวนตัวอย่างสำหรับการนำไปสร้างแบบจำลองนั้น ผู้เชี่ยวชาญหลายท่านได้แนะนำไว้ว่า ไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัว การสุ่มตัวอย่างจำนวนมากๆ จะทำให้ได้แบบจำลองที่ใกล้เคียงพฤติกรรมจริงมากขึ้น แต่ก็ขึ้นอยู่กับข้อจำกัดต่างๆ ด้วย เช่น งบประมาณและเวลา ดังนั้นการกำหนดจำนวนข้อมูลควรคำนึงถึงข้อจำกัดดังกล่าวด้วย แต่อย่างไรก็ตาม จำนวนตัวอย่างที่สุ่มมาต้องผ่านการตรวจสอบสมมติฐานว่าแบบจำลองที่ได้สามารถแทนพฤติกรรมจริงได้หรือไม่ที่ระดับนัยสำคัญ ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากค่าระดับความสอดคล้องของสมการ (Goodness of Fit) โดย TRB (1983) กล่าวว่า จำนวนตัวอย่าง 200-500 ตัวอย่างก็เพียงพอสำหรับการสำรวจข้อมูลด้วยวิธี RP

ตาราง 2.1 ข้อแตกต่างของการสำรวจด้วยวิธี RP และ SP

วิธี RP	วิธี SP
ใช้ศึกษาพฤติกรรมของผู้เดินทางที่มีต่อทางเลือกที่มีอยู่ในสถานการณ์จริงหรือเคยเกิดขึ้นแล้ว	ใช้ศึกษาพฤติกรรมของผู้เดินทางที่มีต่อทางเลือกใหม่หรือสถานการณ์ที่ถูกสมมุติขึ้นมา
ไม่สามารถควบคุมตัวแปรที่มีผลต่อการตัดสินใจเดินทางได้ เนื่องจากเป็นสถานการณ์จริงและผู้ที่ทำสำรวจไม่ทราบในตัวแปรใดบ้างที่มีอิทธิพลมากนักน้อยต่อแบบจำลอง	สามารถควบคุมตัวแปรได้โดยตรง เนื่องจากเป็นสถานการณ์ที่ผู้สำรวจสร้างขึ้นมาเอง ส่วนความแม่นยำของแบบจำลองที่สร้างจากตัวแปรดังกล่าวขึ้นอยู่กับแบบสอบถามที่ใช้
ได้ข้อมูลการตัดสินใจที่ผู้เดินทางได้ตัดสินใจปฏิบัติแล้วในสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นแล้ว	ได้ข้อมูลความคิดเห็นหรือการตัดสินใจภายใต้เงื่อนไขของสถานการณ์ที่ถูกสมมุติขึ้นมา ซึ่งไม่สามารถมั่นใจได้ว่า ผู้เดินทางจะปฏิบัติตามที่ได้ตอบแบบสอบถามไว้ ถ้าหากเกิดสถานการณ์เหล่านั้นเกิดขึ้นจริงในภายหลัง
ใช้งบประมาณการสำรวจสูงกว่า SP เพราะแบบสอบถามต้องประกอบด้วยตัวแปรมากกว่า เนื่องจากการไม่สามารถควบคุมตัวแปรได้	ใช้งบประมาณในการสำรวจน้อยกว่า RP เพราะสามารถควบคุมตัวแปรได้ ดังนั้นแบบสอบถามจึงประกอบไปด้วยตัวแปรที่สนใจเท่านั้น

ที่มา : Morikawa (1989) และ ยุทธกิจ (2548)