

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัย

2.1 บทนำ

แบบจำลองการเลือกรูปแบบในการเดินทาง เป็นองค์ประกอบหนึ่งของแบบจำลองเพื่อการวางแผนระบบขนส่งโดยกระบวนการ 4 – Step Transportation Modeling ในการพัฒนาสร้างแบบจำลองนั้นจำเป็นต้องทราบถึงแนวคิดของกระบวนการในการพิจารณาหรือตัดสินใจเลือกของมนุษย์ (ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกยานพาหนะในการเดินทาง) โดยแบบจำลองที่ได้จะต้องมีการตรวจสอบความเหมาะสมทางสถิติ ความสามารถในการทำนายผลของแบบจำลอง และสามารถนำไปใช้ในการประเมินอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทาง รายละเอียดของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยตามหัวข้อที่กล่าวมามีสาระสำคัญสรุปได้ออกเป็น 6 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

- ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทางของผู้เดินทาง
- ทฤษฎีการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง
- หลักการการรวมแบบจำลองการเดินทางกับแบบจำลองแฝง
- ทฤษฎีการพัฒนาแบบจำลองแฝง
- ทฤษฎีการพัฒนาแบบจำลองการวัด (ดัชนีวัด)
- เทคนิคในการสำรวจข้อมูลเพื่อการพัฒนาแบบจำลอง

2.2 ทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา

แบบจำลองอรรถประโยชน์ในช่วงเริ่มต้นได้นำเสนอกระบวนการการเลือกของบุคคลที่มีเพียงตัวแปรคุณสมบัติของตัวบุคคลและของทางเลือกที่สามารถทราบค่าได้ และนำตัวแปรเหล่านั้นเข้าสู่สร้างแบบจำลองได้ผลลัพธ์เป็นทางเลือก การคำนึงถึงทัศนคติและการรับรู้ข้อมูลทางเลือกของบุคคลทำได้เพียงสมมติฐานว่าเป็นส่วนของค่าคลาดเคลื่อน (Random terms) ทำให้เกิดข้อเสียคือการประมาณค่าของพารามิเตอร์ไม่มีความน่าเชื่อถือ ทำให้เกิดข้อโต้แย้งมากมายในการศึกษาพฤติกรรมทางเลือกของทฤษฎีอรรถประโยชน์ และได้ข้อสรุปว่า กระบวนการตัดสินใจของบุคคลจะเกิดการรับรู้ (Perception) และมีการเก็บข้อมูลของทางเลือกเพื่อใช้ประกอบกระบวนการตัดสินใจ

ทำให้เริ่มมีการคำนึงถึงการใช้ทัศนคติและการรับรู้ เป็นตัวแปรที่ใช้ในการวัดทางจิตวิทยาหรือค่าดัชนีวัด (Indicator) เพื่อแทนพฤติกรรมของบุคคลเข้ามารวมกับแบบจำลองอรรถประโยชน์โดยตรง แต่ก็ยังมีข้อเสียอยู่คือ ในอนาคตนั้นจะไม่สามารถนำไปทำนายพฤติกรรมการเลือกได้ เพราะไม่สามารถทราบค่าของดัชนีวัดของแต่ละบุคคล

ดังนั้นในช่วงต่อมา นักวิจัยหลายท่านได้ประยุกต์ความสัมพันธ์สมการ โครงสร้างเชิงเส้น (Structural Model) และสมการการวัด (Measurement Model) ในการสร้างแบบจำลองแฝง (Latent Variable Models) ซึ่งมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในการหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรแฝงกับดัชนีวัด ผลปรากฏว่าทำให้สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ได้อย่างเชื่อมั่นและเกิดความน่าเชื่อถือ

การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 4 หัวข้อหลัก ได้แก่ การศึกษาและพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางของต่างประเทศ การศึกษาและพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางของประเทศไทย การศึกษาและพัฒนาแบบจำลองโดยการพิจารณาใช้ปัจจัยแฝง การศึกษาและพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางโดยการพิจารณาใช้ปัจจัยแฝง

ก) การศึกษาและพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางของต่างประเทศ

Ben-Akiva and et al. (1990) ศึกษาพฤติกรรมในการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางในการใช้ยานพาหนะ สำหรับโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินที่กำลังจะเปิดใหม่ในเมืองโยโกฮาม่า ประเทศญี่ปุ่น สํารวจโดยการสอบถามตามบ้านทั้งก่อนและหลังการเปิดดำเนินการรถไฟฟ้าใต้ดินจำนวน 564 และ 1,201 ตัวอย่าง ตามลำดับ ทั้งการเดินทางที่เป็นแบบไปทำงานและไปโรงเรียน จากการศึกษาพบว่า ก่อนรถไฟฟ้าเปิดดำเนินการประชากรผู้เดินทางเดิมทั้งหมด 42.9% จะเปลี่ยนการเดินทางไปใช้รถไฟ เนื่องจากการสอบถามทำทั้งก่อนและหลังการเปิดดำเนินการของรถไฟฟ้า ดังนั้นจึงเป็นการสำรวจแบบ Stated Preference (SP) และ Revealed Preference (RP) ในการสร้างแบบจำลองผู้ศึกษาได้พิจารณาตัวแปรทางด้านสังคมและเศรษฐกิจ เวลาในการเข้าถึงยานพาหนะ จำนวนครั้งการต่อขบวนรถ ราคา ค่าโดยสาร ตัวแปรหุ่น (Dummy variable) ยานพาหนะที่ใช้เข้าถึงรถไฟ (รถยนต์ รถเมล์ จักรยาน) แล้วทำการสร้างแบบจำลองแยกแต่ละแบบการสำรวจ โดยวิธีโลจิตแบบหลายทางเลือก (Multinomial Logit Model) และรวมแบบจำลองที่ได้จากการสำรวจแบบ SP และ RP เข้าด้วยกัน จากผลการทดสอบแบบจำลองพบว่า แนวโน้มการใช้รถไฟฟ้าใต้ดินจะมีการใช้บริการมาก แบบจำลองได้ทำนายส่วนแบ่งของการบริการ (Share) ของรถไฟฟ้าใต้ดินที่ 82.8% แต่จากการสำรวจจริงนั้นพบเป็นส่วนแบ่งของการบริการของรถไฟฟ้าใต้ดินมีเพียง 59.4% จะเห็นได้ว่าเกิดการประมาณค่าที่มากเกินไป

จริง (Overestimation) ผู้ศึกษาได้อธิบายว่า อาจเกิดจากแบบสอบถามในช่วงหลังเปิดดำเนินการมีความกำกวม ซึ่งไม่สามารถจะบ่งชี้ความชัดเจนได้จากพฤติกรรมจริง และอาจเกิดจากแบบสอบถามไม่ได้มีการถามเกี่ยวกับผู้เดินทางที่ไม่ได้มีทางเลือก (Captive Travelers) ซึ่งในสถานการณ์จริงนั้นผู้เดินทางจำนวนมากไม่สามารถใช้บริการของรถไฟใต้ดินได้ จากการศึกษาทำให้ทราบถึงตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษา และวิธีการสร้างแบบจำลองอรรถประโยชน์ในการเลือกยานพาหนะในการเดินทางของผู้เดินทาง เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกตัวแปรในการสร้างแบบจำลองของงานวิจัย

Polzin and et al. (2001) ได้ศึกษาพฤติกรรมในการเลือกรูปแบบการเดินทางของคนเชื้อชาติต่างๆ ในสหรัฐอเมริกา ในการเดินทางที่นอกเหนือจากการทำงาน (Non-Work Travel) โดยกำหนดการเดินทางออกตามวัตถุประสงค์ดังนี้คือ การเดินทางส่วนตัว การเดินทางกับครอบครัว การเดินทางไปโรงเรียน การเดินทางเกี่ยวกับศาสนา การเดินทางเกี่ยวกับเพื่อสุขภาพ การเดินทางเกี่ยวกับงานสังคม และการเดินทางเพื่อการพักผ่อน การเดินทางที่นอกเหนือจากการไปทำงานทั้งหมดนี้ ในสหรัฐอเมริกามีสัดส่วนถึง 70% ของการเดินทางทั้งหมด จากการศึกษาพบว่า โดยรวมทุกเชื้อชาติในประเทศสหรัฐอเมริกา ผู้เดินทางจะเดินทางโดยเป็นผู้ขับรถยนต์ 57.3% เป็นผู้โดยสารรถยนต์ 31.2% ใช้ระบบการขนส่งมวลชน 1.4% ใช้จักรยาน 1.0% และการเดินเท้า 6.4% เชื้อชาติที่มีสัดส่วนการเดินทางมากที่สุดคือ คนผิวขาว ผู้ศึกษาได้สร้างแบบจำลองเพื่อการตรวจสอบพฤติกรรมในการเลือกยานพาหนะ โดยใช้วิธีการถดถอยเชิงเส้นพบว่า ผู้ที่มีรถยนต์ส่วนบุคคล และมีใบขับขี่ในการครอบครองนั้นจะเลือกใช้รถยนต์ส่วนตัวในการเดินทางมีสัดส่วนที่มากกว่าใช้ระบบการขนส่งมวลชน ผู้ศึกษายังได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างวัตถุประสงค์ของการเดินทางเพื่อไปทำงานกับการเดินทางที่นอกเหนือจากการไปทำงานพบว่า การเลือกใช้รถยนต์ส่วนตัวและการเลือกใช้ระบบการขนส่งมวลชนของการเดินทางไปทำงานนั้นมีสัดส่วนที่มากกว่าถึง 15% จากงานวิจัยข้างต้นนี้ทำให้ทราบว่า วัตถุประสงค์ของการเดินทางมีผลต่อการเลือกยานพาหนะในการเดินทาง และปัจจัยที่สำคัญคือ การมีรถยนต์ส่วนตัวและใบขับขี่ไว้ในครอบครอง ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการวางรูปแบบของแบบจำลองในงานวิจัย

ข) การศึกษาและพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางในประเทศไทย

สมพงษ์ (2540) ได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับใช้พยากรณ์การเลือกใช้รถไฟฟ้าขนส่งมวลชน BTS ที่กรุงเทพมหานครเพื่อศึกษาทัศนคติและค่านิยม ซึ่งมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทาง การวิจัยได้ดำเนินการบนพื้นฐานของทฤษฎีอรรถประโยชน์ ในการสำรวจข้อมูลทำการสัมภาษณ์ผู้เดินทางแบบตัวต่อตัว โดยอาศัยเทคนิคความพึงพอใจที่ระบุไว้ก่อน (Stated Preference) สุ่มสถานการณ์ทางเลือก 5 สถานการณ์ เพื่อเปรียบเทียบทางเลือกการ

เดินทางที่มีอยู่เดิมกับรถไฟฟ้า ผู้ศึกษาได้แบ่งผู้เดินทางออกเป็น 4 กลุ่มศึกษาคือ กลุ่มผู้เดินทางไปซื้อสินค้าด้วยรถยนต์ส่วนตัว กลุ่มผู้เดินทางไปทำงานด้วยรถยนต์ส่วนตัว กลุ่มผู้เดินทางไปซื้อสินค้าด้วยรถประจำทาง กลุ่มผู้เดินทางไปทำงานด้วยรถประจำทาง และผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองโดยใช้วิธีโลจิสติกแบบสองทางเลือก (Binary Logit Model) ในการทำนายความน่าจะเป็นที่ผู้เดินทางหันมาใช้บริการรถไฟฟ้า เขาพบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการอธิบายพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางคือ เวลาในการเดินทาง ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง รายได้ของผู้เดินทาง เพศ และอายุของผู้เดินทาง อิทธิพลของเวลาในการเดินทางที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางมีมูลค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 32-100 ของอัตราค่าจ้าง ผู้ใช้รถยนต์ส่วนตัวนั้นจะให้ความสำคัญกับเวลาในการเดินทางช่วงรองมากกว่าเวลาในการเดินทางช่วงหลักอย่างเด่นชัด ผู้ใช้รถยนต์ที่มีอายุมากกว่า 40 ปี มีแนวโน้มที่จะไม่หันไปเลือกใช้รถไฟฟ้า ส่วนการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางเพื่อไปซื้อสินค้านั้น ผู้ใช้รถประจำทางจะให้ความสำคัญกับเวลาที่อยู่บนรถประจำทางมากกว่าเวลาที่อยู่บนรถไฟฟ้า ซึ่งผู้ศึกษาได้อธิบายว่า อาจเกิดจากความรู้สึกถึงความลำบากที่จะต้องถือสัมภาระจากการซื้อของในการขึ้นรถประจำทาง แต่สำหรับการเดินทางโดยวัตถุประสงค์ไปทำงานนั้น ผู้ใช้รถประจำทางกลับไม่รู้สึกถึงความแตกต่างระหว่างเวลาที่ต้องอยู่บนรถประจำทางกับเวลาที่ต้องอยู่บนรถไฟฟ้า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าในการเดินทางไปทำงานนั้นจะไม่มีสัมภาระที่ต้องถือให้เกิดความลำบากในระหว่างการเดินทาง ผลการศึกษาทำให้ทราบถึงปัจจัยทัศนคติและค่านิยม ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจในการเลือกรูปแบบการเดินทาง และวิธีการเบื้องต้นในการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบจำลองอรรถประโยชน์ของงานวิจัย

อรรถวิทย์ (2544) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกยานพาหนะในการเดินทางและสร้างแบบจำลองทำนายการเลือกรถประจำทางสำหรับผู้เดินทางในเขตเมืองเชียงใหม่ ซึ่งการสำรวจข้อมูลใช้เทคนิควิธีความพึงพอใจที่ระบุไว้ก่อน เพื่อเป็นการหาการตัดสินใจในการเลือกยานพาหนะในการเดินทาง งานวิจัยได้เสนอรูปแบบยานพาหนะใหม่คือ รถประจำทางขนาดเล็ก และได้ทำการเก็บข้อมูล 355 ตัวอย่าง ซึ่งแบ่งข้อมูลการสำรวจออกเป็น 2 กลุ่ม ในกลุ่มแรกเป็นข้อมูลเกี่ยวกับระดับการบริการขนส่ง เช่น เวลาในการเดินทาง ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง จำนวนการต่อรถในการเดินทาง และข้อมูลกลุ่มที่สองเกี่ยวกับคุณลักษณะทางสังคมและเศรษฐกิจของผู้เดินทาง เช่น อายุ เพศ อาชีพ ระดับการศึกษา สถานะในครัวเรือน ขนาดของครัวเรือน จำนวนพาหนะในครัวเรือน รายได้ของผู้เดินทาง จากการสำรวจในงานวิจัยนี้พบว่า ผู้เดินทางด้วยรถยนต์มีแนวโน้มที่จะหันมาใช้รถประจำทางนี้ 48% และผู้เดินทางด้วยรถสี่ล้อแดงหันมาใช้รถประจำทาง 78% ผู้ศึกษาได้อธิบายว่า สัดส่วนดังกล่าวอาจเกิดจากลักษณะของรถประจำทางขนาดเล็กมีความดึงดูดน่าสนใจและเป็นรถแบบปรับอากาศ ซึ่งถือเป็นความสบายอย่างหนึ่ง แต่ผู้ศึกษาก็ไม่ได้นำตัวแปรนี้ทำการหา

ดัชนีวัดโดยตรง แล้วนำไปใช้ในสมการอรรถประโยชน์ จากความสัมพันธ์ของข้อมูลข้างต้น ได้นำมาสร้างแบบจำลองการเลือกยานพาหนะในการเดินทางโดยใช้วิธีโลจิตแบบสองทางเลือก เพื่อหาสัดส่วนการเลือกรถประจำทางพบว่า ค่าโดยสารถประจำทางมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนผู้ใช้รถประจำทางมากที่สุด จากงานวิจัยนี้ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกยานพาหนะในการเดินทางของคนเชียงใหม่ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้ปัจจัยในการสร้างแบบจำลองอรรถประโยชน์ในงานวิจัย

ค) การศึกษาและพัฒนาแบบจำลองโดยการพิจารณาใช้ปัจจัยแฝง

Madanat and et al. (1995) ศึกษาพฤติกรรมผู้เดินทางในการเปลี่ยนแปลงเส้นทางการเดินทางจากเส้นทางเดิมภายใต้อิทธิพลของข้อมูลที่ได้รับ (ATISs) ที่รัฐอินเดียนา ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยอาศัยข้อมูลตัวแปรแฝงประกอบการสร้างแบบจำลอง ซึ่งตัวแปรแฝงคือ (1) ทักษะคิดต่อการเปลี่ยนเส้นทาง และ (2) ความเชื่อมั่นของข้อมูลที่ได้รับจากการรายงานทางสถานีวิทยุหรือจากข้อความบนบอร์ดตามเส้นทางต่างๆ ตัวแปรหลักก็จะทำการเก็บข้อมูลคือ คุณลักษณะของตัวบุคคลผู้เดินทาง และคุณลักษณะทางสภาพเศรษฐกิจและสังคม สำหรับการหาดัชนีวัดของตัวแปรแฝง ผู้ศึกษาได้ใช้วิธีการให้คะแนนทางเลือกต่างๆ โดยกำหนดค่าคะแนนเป็น 1 ถึง 5 คือ ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ไม่เห็นด้วย เฉยๆ เห็นด้วย และเห็นด้วยอย่างยิ่ง ตามลำดับ การศึกษาได้เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์ 491 ตัวอย่างเพื่อสร้างแบบจำลองของค่าตัวแปรแฝง จากการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นต้นพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามถึง 87.6% มีความพอใจที่จะเปลี่ยนเส้นทางเมื่อข้อมูลแจ้งว่าควรเปลี่ยนเส้นทางเนื่องจากข้างหน้ามีรถติด Madanat และคณะ สร้างแบบจำลองของตัวแปรแฝงทั้งหมดโดยใช้หลักวิธีการความสัมพันธ์ของสมการเชิงเส้น (Linear Structural Relationship Model) เพื่อใช้เป็นตัวแปรในสมการอรรถประโยชน์ต่อไป สำหรับการศึกษานี้ในส่วนที่สองก็จะทำการเก็บข้อมูล ตัวแปรตัวมีสถานการณ์สมมติในการตัดสินใจเปลี่ยนเส้นทาง (เป็นแบบสองทางเลือกคือ ตอบว่าเปลี่ยน หรือไม่เปลี่ยน) โดยทำการสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์เช่นกันจำนวน 2455 ตัวอย่าง แล้วทำการสร้างแบบจำลองโดยใช้วิธีแบบสองทางเลือก จากผลการทดสอบแบบจำลองพบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง (ρ^2) มีค่าเท่ากับ 0.536 ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่สูง และปัจจัยที่มีผลสำคัญในแบบจำลองคือตัวแปรแฝงทั้งสอง ตัวแปรหุ่นสถานการณ์สมมติในการตัดสินใจเปลี่ยนเส้นทาง และเวลาของการเกิดความล่าช้าในการเปลี่ยนเส้นทางใหม่ ผู้ศึกษายังได้อธิบายว่าตัวแปรแฝงนั้นจะช่วยอธิบายกระบวนการตัดสินใจของผู้เดินทางได้ดีในการพิจารณาการเปลี่ยนเส้นทางในการเดินทาง จากงานศึกษานี้ทำให้ทราบถึงวิธีการขั้นต้นในการสร้างแบบจำลองโดยอาศัยตัวแปรแฝง และการนำมาใช้เป็นตัวแปรในการสร้างสมการอรรถประโยชน์ รวมถึงตัวแปรทางด้าน

เศรษฐกิจและสังคม และคุณลักษณะของบุคคลผู้เดินทาง เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบจำลองของงานวิจัย

Carlsson (1999) ศึกษาและสร้างแบบจำลองการเลือกยานพาหนะระหว่างรถไฟกับเครื่องบินในการเดินทางไปทำงานและทำกิจธุระระหว่างเมืองสต็อกโฮล์ม (Stockholm) และโกเธนเบิร์ก (Gothenburg) ในประเทศสวีเดน ตัวแปรในขั้นต้นที่พิจารณาคือ ราคาค่าโดยสาร และเวลาที่ใช้ในการเดินทาง สำหรับตัวแปรแฝงที่ให้ความสนใจคือ ความคิดเห็นของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (รถไฟจะเป็นระบบไฟฟ้า เครื่องบินจะเป็นระบบเจทหรือไอพ่น) ความเชื่อมั่นในการตรงเวลาในตารางเวลา และความสะดวกในการเดินทาง (การมีที่นั่งที่แน่นอนในการเดินทาง) โดยทำการสำรวจตัวอย่าง 270 ตัวอย่างจากผู้เดินทางจริงโดยรถไฟ ซึ่งได้ตัวอย่างที่เป็นการเดินทางไปทำงาน 173 ตัวอย่าง และทำการสอบถามโดยทางจดหมาย 700 ตัวอย่าง จากผู้เดินทางจริงโดยเครื่องบิน และมีการตอบกลับโดยผู้โดยสารที่มีการเดินทางเป็นการไปทำงาน 322 ตัวอย่าง จากการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นต้นพบว่าการเดินทางเพื่อทำกิจธุระนั้น ผู้เดินทางสามารถตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางได้เองมากกว่าที่บริษัทจะเป็นผู้เลือกรูปแบบการเดินทางให้ถึง 85% จากนั้นได้สร้างแบบจำลองโดยวิธีโลจิสติกแบบทั่วไป (Standard logit Model) และพบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลสำคัญที่สุดสำหรับเครื่องบินคือ ความใส่ใจต่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากยานพาหนะ และสำหรับรถไฟคือ ความเชื่อมั่นในการตรงเวลาของตารางเวลา ตัวแปรที่มีผลสำคัญรองลงมาก็คือ ความสะดวกในการเดินทาง ผู้วิจัยได้ชี้ให้เห็นว่าราคาค่าโดยสารนั้นมีผลต่อการตัดสินใจในการเลือกยานพาหนะสำหรับการเดินทางน้อยมาก จากงานวิจัยนี้ทำให้ทราบถึงตัวแปรที่สำคัญที่ใช้ตัดสินใจเลือกยานพาหนะสำหรับเดินทาง โดยเฉพาะตัวแปรแฝงเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบจำลองและงานวิจัย

ง) การศึกษาและพัฒนาแบบจำลองเลือกรูปแบบการเดินทางโดยพิจารณาใช้ปัจจัยแฝง

Morikawa (2002) ศึกษาและสร้างแบบจำลองการเลือกรูปแบบยานพาหนะเดินทางระหว่างเมือง ในประเทศเนเธอร์แลนด์ โดยการสำรวจตัวอย่าง 365 ตัวอย่างจากผู้เดินทางจริง ซึ่งเป็นการสำรวจการเลือกยานพาหนะการเดินทางระหว่างรถไฟกับรถยนต์ส่วนตัว ซึ่งตัวแปรของแบบจำลองที่นำมาใช้คือ ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เวลาการเดินทางในยานพาหนะ เวลาการเดินทางนอกยานพาหนะ จำนวนการเปลี่ยนขบวนรถของรถไฟ ตัวแปรคัมมีในการเดินทางที่ไม่ใช่การทำงาน และตัวแปรแฝงรวมอยู่ในแบบจำลอง 2 ตัวแปรคือ ความสะดวกและความสบาย ในแบบสอบถามจะใช้ดัชนีวัดในการรับรู้สัมผัสของผู้เดินทาง 6 ดัชนีวัด โดยใช้วิธีการให้คะแนนทางเลือกต่างๆ ซึ่งกำหนดค่าคะแนนทางเลือกออกเป็น 5 ค่าระดับคือ ค่าคะแนน 1 ถึง 5 แทนความ

พอใจระดับน้อยมากที่สุด จนถึงความพอใจระดับมากที่สุด ตามลำดับ แต่ดัชนีวัดโดยรวมจะมีระดับคะแนนที่ 10 คะแนน ดัชนีวัดที่ใช้ประกอบด้วยออกเป็นดังนี้ (1) ความผ่อนคลายขณะเดินทาง (2) ความเชื่อมั่นของเวลามาถึงของรถ (3) ความคล่องตัวในการเลือกเวลาเดินทาง (4) ความง่ายในการเดินทางกับเด็กหรือสัมภาระหนัก (5) ความปลอดภัยขณะเดินทาง (6) ค่าระดับความพอใจโดยรวมของยานพาหนะ ผู้ศึกษาได้สร้างแบบจำลองโดยวิธีการความสัมพันธ์ของสมการเส้นตรงสำหรับดัชนีวัดที่ใช้ในตัวแปรแฝงเพื่อเป็นตัวแปรในสมการอรรถประโยชน์ และวิธีแบบสองทางเลือกสำหรับสมการอรรถประโยชน์ จากแบบจำลองที่ใช้ตัวแปรแฝงพบว่า ค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (ρ^2) ของแบบจำลองเท่ากับ 0.352 และเมื่อเทียบกับแบบจำลองที่ไม่ใช้ตัวแปรแฝงพบว่า ค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (ρ^2) ของแบบจำลองเท่ากับ 0.242 แต่ตัวแปรของเวลาเดินทางในยานพาหนะนั้น จะไม่มีนัยสำคัญที่ 95% ผู้ศึกษาได้อธิบายว่าเกิดจากภาวะร่วมกันของเส้นตรงหลายตัวแปร (Multicollinearity) เนื่องมาจากการใช้ตัวแปรเวลาเดินทางในยานพาหนะทั้งในแบบจำลองความสัมพันธ์ของสมการเส้นตรงของตัวแปรแฝง และแบบจำลองสองทางเลือกสมการอรรถประโยชน์ จากงานวิจัยนี้ทำให้ทราบถึงจำนวนข้อมูลที่ถูกใช้ในการสร้างแบบจำลองการรับรู้สัมผัสถึงความพอใจ และตัวแปรที่ใช้ในการสร้างสมการอรรถประโยชน์ในแบบจำลอง และวิธีการให้คะแนนทางเลือกต่างๆ ของดัชนีวัด ซึ่งสามารถเป็นแนวทางในการสร้างแบบจำลองของงานวิจัย

Kuppam and et al. (1999) ได้ศึกษาและสร้างแบบจำลองการเลือกยานพาหนะในการเดินทางที่ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยศึกษาถึงบทบาทของปัจจัยในด้านทัศนคติและการรับรู้สัมผัสในการอธิบายพฤติกรรมการเลือกยานพาหนะ โดยอาศัยข้อมูลจากกลุ่มข้อมูลการเดินทางของพู่เก็ตชาวด์ (PSPT) ในปี 1991 ซึ่งรวบรวมข้อมูลประชากรที่มีอายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป เป็นจำนวน 1700 ตัวอย่าง และได้รวบรวมข้อมูลประเภทลักษณะของประชากรทางครัวเรือน ลักษณะทางสภาพเศรษฐกิจและสังคม และแบบสอบถามที่ชี้วัดค่าของทัศนคติ การรับรู้และความชอบส่วนตัวที่เกี่ยวกับการเดินทาง โดยใช้วิธีการให้ค่าคะแนนทางเลือกแบ่งออกเป็น 7 ระดับ คือ 1 ถึง 7 ซึ่งแสดงถึงความไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง จนถึงเห็นด้วยอย่างยิ่ง ตามลำดับ ได้สร้างแบบจำลองเป็น 3 กลุ่มคือ (1) แบบจำลองที่ใช้เฉพาะตัวแปรทางลักษณะครัวเรือนของประชากร ลักษณะทางสภาพเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งปัจจัยที่พบว่ามีค่าสำคัญได้แก่ อายุ รายได้ของครัวเรือน จำนวนรถยนต์ในครัวเรือน ขนาดของครัวเรือน อาชีพและการมีตำแหน่งงาน ซึ่งพบว่ามีค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (ρ^2) ของแบบจำลองเท่ากับ 0.488 และ (2) แบบจำลองที่ใช้เฉพาะตัวแปรทางด้านทัศนคติและการรับรู้สัมผัสของผู้เดินทางนั้น ปัจจัยที่พบว่ามีค่าสำคัญได้แก่ ความสะดวกสบายของรถเมล์ ประสิทธิภาพของรถยนต์ ความสะดวกสบายของรถยนต์ร่วม (Vanpool) ข้อได้เปรียบของการไม่มีรถยนต์ ข้อเสียของการไม่มีรถยนต์ ซึ่งพบว่ามีค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (ρ^2) ของแบบจำลอง

เท่ากับ 0.530 และ (3) เมื่อได้รวมปัจจัยทั้งลักษณะครัวเรือนของประชากร ลักษณะทางสภาพ เศรษฐกิจและสังคม กับตัวแปรทางด้านทัศนคติและการรับรู้สัมพัทธ์ของผู้เดินทางเข้าด้วยกันใน แบบจำลองพบว่า มีค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (ρ^2) ของแบบจำลองเท่ากับ 0.572 ผู้ศึกษาได้ อธิบายว่า แบบจำลองที่ได้รวมปัจจัยทางด้านเกี่ยวกับทัศนคติและการรับรู้สัมพัทธ์ของผู้เดินทาง รวมอยู่ด้วย จะดีกว่ามีเพียงเฉพาะปัจจัยทางด้านครัวเรือน เศรษฐกิจและสังคมเพียงด้านเดียว และยัง ได้สรุปอีกว่า ปัจจัยทางด้านทัศนคติและการรับรู้สัมพัทธ์ของผู้เดินทาง มีความสำคัญในการอธิบาย พฤติกรรมการเลือกยานพาหนะในการเดินทาง จึงไม่ควรจะละทิ้งปัจจัยในด้านนี้ จากงานศึกษานี้ทำ ให้ทราบถึงปัจจัยสำคัญในการเลือกยานพาหนะในการเดินทางรวมทั้งตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการสร้าง สมการอรรถประโยชน์ และทราบถึงวิธีการขั้นตอนในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งสามารถใช้เป็น แนวทางในการสร้างแบบจำลองของงานวิจัย

Vrtic and et al. (2002) ศึกษาและสร้างแบบจำลองในการเลือกยานพาหนะและ เส้นทางในการเดินทางโดยรถไฟระหว่างเมืองเจนีวา (Geneva) และเซนต์กัลเลน (St.Gallen) ใน ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ โดยศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกยานพาหนะและเส้นทางในการเดินทาง ของรถไฟได้แก่ วัตถุประสงค์ของการเดินทาง ลักษณะเศรษฐกิจและสังคมของผู้เดินทาง จำนวน รถยนต์ส่วนบุคคลในการครอบครอง ขนาดของครัวเรือน อาชีพ การครอบครองตู้ฟรี สำหรับตัว แปรทางด้านคุณลักษณะรูปแบบการเดินทางประกอบด้วย เวลาในการเดินทาง จำนวนครั้งการต่อ ขบวนรถ ระยะเวลาการคอย ราคาค่าโดยสาร ระยะเวลาในการเปลี่ยนยานพาหนะ จุดเริ่มต้นและ สิ้นสุดการเดินทาง และความสะดวกสบายในการเดินทาง (พิจารณาตามระดับชั้นของขบวนรถ ซึ่งมึ ความแตกต่างกันด้านการมีเครื่องปรับอากาศ การมีโบกี้รถเสบียงในขบวนรถ การเป็น โบกี้สองชั้น การมีล้อเลื่อน (Rolling Stock) ที่ทันสมัยเพื่อการลดการสิ้นเปลืองจากราง) โดยทำการเก็บข้อมูล 16,800 ตัวอย่าง และมีอายุระหว่าง 15-84 ปี การเก็บข้อมูลทำโดยการสอบถามข้อมูลทางโทรศัพท์ เพื่อสอบถามพฤติกรรมการเดินทางและสภาพการเดินทางก่อนหน้านั้น 7 วันในส่วนแรก และ ส่วนข้อมูลที่สองเป็นการสอบถามเกี่ยวกับการเดินทางที่เกิดขึ้นจริง ผลจากการศึกษาพบว่าตัวแปรที่ มีความสำคัญสำหรับการเลือกเส้นทางในการเดินทางโดยรถไฟคือ ระยะเวลาในการเดินทาง จำนวน ครั้งการต่อขบวนรถ เวลาในการเปลี่ยนยานพาหนะ สำหรับตัวแปรความสะดวกสบายนั้นก็แสดงให้เห็นว่า ผู้เดินทางมีความพอใจที่จะจ่ายค่าโดยสารที่แพงกว่า หรือเลือกการเดินทางกับยานพาหนะที่ ให้ความสะดวกสบายมากกว่า จากงานวิจัยนี้จึงทำให้ทราบถึงขั้นตอนในการศึกษาและการสร้าง แบบจำลอง และทราบถึงปัจจัยที่สำคัญในการเลือกยานพาหนะและเส้นทางในการเดินทางคือ ระยะเวลาในการเดินทาง จำนวนครั้งการต่อขบวนรถ เวลาในการเปลี่ยนยานพาหนะ ตัวแปรความ สะดวกสบาย ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการศึกษาและสร้างแบบจำลองในงานวิจัย

2.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทางของผู้เดินทาง

Vukan R.V. (1992) ได้กล่าวถึงข้อคำนึงการพิจารณาการเปรียบเทียบ และการเลือกรูปแบบการเดินทางของผู้เดินทาง จะประกอบด้วย

- ความสามารถในการใช้ประโยชน์ (Availability) คือ การที่ประชากรทุกคนสามารถใช้บริการของรถโดยสารได้ ซึ่งประชากรนั้นสามารถเข้าถึงระบบของสถานีบริการ และระบบมีความดีในการบริการที่พอเพียง
- การตรงต่อเวลา (Punctuality) คือ การยึดมั่นในตารางเวลาที่ได้กำหนดเอาไว้ ซึ่งความแปรปรวนจากตารางเวลา อาจเกิดจากการจราจรที่ล่าช้า สภาพอากาศที่ไม่ดี เป็นต้น
- เวลาที่ใช้ในการเดินทาง (Travel Time) คือ เวลาทั้งหมดที่ใช้เดินทางจากต้นทางถึงปลายทาง ประกอบด้วย 5 ส่วนคือ เวลาการเข้าถึงสถานี (Access time) เวลารอรถโดยสาร (Waiting time) เวลาการเดินทาง (Travel time) เวลาในการเปลี่ยนขบวนรถ (Transfer time) และเวลาที่ออกจากระบบสถานี (Departure time)
- ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้บริการ (User Cost) คือ อัตราค่าโดยสารทั้งหมดที่ใช้ในการเดินทาง ทั้งนี้รวมถึงรายจ่ายต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการเดินทางด้วย (Out-of-pocket Cost)
- ความสบาย (Comfort) ประกอบด้วยปัจจัยทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับยานพาหนะ ซึ่งก่อให้เกิดความสบายในระหว่างการเดินทาง เช่น ที่นั่งโดยสาร ลักษณะทางกายภาพของตัวรถ คุณภาพการขับขี่ของพนักงานขับรถ เป็นต้น
- ความสะดวก (Convenience) ประกอบด้วยปัจจัยทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับระบบการขนส่ง เช่น การที่ไม่ต้องต่อรถในการเดินทาง การมีสิ่งอำนวยความสะดวกของสถานีบริการ การมีที่จอดรถรับ-ส่ง เป็นต้น
- ความปลอดภัย (Safety & Security) คือ การป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ และการก่ออาชญากรรมที่อาจเกิดขึ้นในขณะเดินทาง

Ortuzar and Willumsen (1990) ได้กล่าวไว้ว่าปัจจัยซึ่งมีผลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทางของผู้เดินทางสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

- คุณลักษณะของผู้เดินทาง ซึ่งปัจจัยที่เชื่อว่าจะมีความสำคัญ ได้แก่ จำนวนรถในการครอบครอง (Car availability or Ownership) การครอบครองใบขับขี่ โครงสร้างครอบครัว เช่น เป็นคู่สมรสกัน คู่สมรสที่มีบุตร รายได้ (Income) การตัดสินใจที่จะทำกิจกรรมอื่นๆ เช่น การเดินทางไปส่งลูกหรือใช้รถเพื่อใช้ทำงาน และความหนาแน่นของบ้านพักอาศัย เป็นต้น

- คุณลักษณะที่มีอิทธิพลโดยการเดินทาง ได้แก่ จุดประสงค์การเดินทาง เช่น การเดินทางไปทำงานมีการเลือกใช้บริการขนส่งสาธารณะมากกว่าการเดินทางประเภทอื่นๆ และช่วงเวลาการเดินทาง เป็นต้น
- คุณลักษณะของสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับการจราจรขนส่ง สามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภท ได้แก่ ปัจจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Factors) และปัจจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Factors)
 - ก) ปัจจัยเชิงปริมาณ ประกอบด้วย ความสัมพันธ์ทางด้านเวลาการเดินทาง เช่น เวลาในยานพาหนะ เวลาในการรอ เวลาในการเดินทาง และค่าใช้จ่ายที่คิดเป็นจำนวนเงินได้ เช่น ค่าโดยสาร ค่าจอดรถ เป็นต้น
 - ข) ปัจจัยเชิงคุณภาพ ซึ่งยากที่จะวัดได้ ประกอบด้วย ความสะดวกและความสบาย ความน่าเชื่อถือของการให้บริการ และความปลอดภัย เป็นต้น

2.4 ทฤษฎีการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง

การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางได้ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยมีวัตถุประสงค์ที่จะอธิบายพฤติกรรมของการตัดสินใจเหล่านั้น เพื่อประโยชน์ในการเข้าใจถึงพฤติกรรมนั้นและสามารถวางแผนปรับปรุงประสิทธิภาพของการจราจร และขนส่งได้อย่างแท้จริง ทฤษฎีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์การตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางในปัจจุบัน คือ ทฤษฎีอรรถประโยชน์ (Utility Theory) โดยการพิจารณาถึงความพึงพอใจที่มีต่อแต่ละทางเลือกของผู้ตัดสินใจ โดยทั่วไปจะนิยามค่าความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกทางเลือกต่างๆ จากแบบจำลองโลจิต ซึ่งประกอบไปด้วยรายละเอียดดังนี้

2.4.1 ทฤษฎีอรรถประโยชน์

ในสมมติฐานของทฤษฎีนี้ ผู้บริโภคหรือผู้เดินทางที่แสดงพฤติกรรมเป็นหน่วยเดียว (Individual Behavior) จะได้รับความพึงพอใจจากการเดินทางทุกรูปแบบและผู้เดินทางจะเลือกรูปแบบการเดินทางที่ก่อให้เกิดความพึงพอใจสูงสุด ซึ่งความพึงพอใจที่ได้รับจากการเดินทางนี้สามารถวัดในเชิงปริมาณได้ด้วยฟังก์ชันอรรถประโยชน์ (Utility Function) ที่ประกอบไปด้วยส่วนของอรรถประโยชน์ที่วัดค่าได้แน่นอน (Deterministic Component) และส่วนขององค์ประกอบเชิงสุ่ม (Random Component) (Ben-Akiva and Lerman, 1993)

ก.) ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ส่วนของความพึงพอใจที่วัดค่าได้แน่นอน

ส่วนนี้มีสมมติฐานว่าผู้เดินทางทราบข้อมูลของทางเลือกอย่างครบถ้วนโดยใช้กฎการตัดสินใจ (Decision Rule) เลือกทางเลือกที่ค่าอรรถประโยชน์มีค่าสูงสุด เป็นผลให้สามารถกำหนดค่าอรรถประโยชน์ได้แน่นอน นิยามของฟังก์ชันอรรถประโยชน์ในส่วนนี้แสดงดังในสมการ (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 พารามิเตอร์ของตัวแปรตัวที่ k สำหรับฟังก์ชันอรรถประโยชน์ทางเลือก i
	X_{ik}	คือ ตัวแปรอิสระตัวที่ k ของฟังก์ชันอรรถประโยชน์ทางเลือก i
	k	คือ ลำดับที่ 1, 2, 3, ..., K
	K	คือ จำนวนทั้งหมดของตัวแปรที่ถูกนำมาพิจารณาในฟังก์ชันอรรถประโยชน์

ข.) ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ที่ประกอบไปด้วยส่วนขององค์ประกอบเชิงสุ่ม

ส่วนนี้มาจากสมมติฐานที่ว่า ผู้เดินทางไม่สามารถทราบข้อมูลทั้งหมดของการเดินทางอย่างครบถ้วนทุกคน ซึ่งทำให้ไม่สามารถกำหนดค่าอรรถประโยชน์ได้แน่นอน (เกิดความคลาดเคลื่อน) ดังนั้นฟังก์ชันอรรถประโยชน์จึงประกอบไปด้วยส่วนขององค์ประกอบที่หาค่าได้แน่นอนและองค์ประกอบเชิงสุ่ม หรือนิยมเรียกว่า ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ Stochastic ดังสมการ (2.3)

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

เมื่อ	U_{in}	คือ ความพึงพอใจหรืออรรถประโยชน์ของคนที่ n มีต่อทางเลือก i
	V_{in}	คือ ส่วนของความพึงพอใจที่วัดค่าได้แน่นอน (Deterministic Component)
	ϵ_{in}	คือ ส่วนของความไม่แน่นอน (Random Component)

2.4.2 แบบจำลองโลจิสติก

กฎในการตัดสินใจมีสมมติฐานมาจากผู้เดินทางจะเลือกรูปแบบการเดินทางที่ก่อให้เกิดความพึงพอใจหรือมีค่าอรรถประโยชน์สูงสุด ฉะนั้นความน่าจะเป็นที่ผู้เดินทางจะเลือกทางเลือก i ก็ต่อเมื่อค่าอรรถประโยชน์ของทางเลือก i มีค่ามากกว่าอรรถประโยชน์ของทางเลือกอื่นเขียนได้ดังสมการ (2.4)

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

เมื่อ C_m คือ เซตของโหมดทางเลือกทั้งหมดที่ผู้เดินทาง n ได้พิจารณาเลือก

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

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

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

$$\begin{aligned} P_n(i) &= \text{Prob}(V_{in} - V_{jn} \geq \varepsilon_{in} - \varepsilon_{jn}, \forall j \in C_m) \\ P_n(i) &= \text{Prob}(\varepsilon_{in} - \varepsilon_{jn} \leq V_{in} - V_{jn}, \forall j \in C_m) \end{aligned} \quad (2.6)$$

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

โดยทั่วไปนิยมให้ความไม่แน่นอน ε_{in} และ ε_{jn} แต่ละตัวนี้มีความเป็นอิสระต่อกัน และมีการกระจายตัวแบบกัมเบล (Gumbel Distribution) ซึ่งมีฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability Density Function) เป็นดังสมการ (2.7) เนื่องจากจะทำให้ได้สมการที่มีรูปแบบง่ายต่อการวิเคราะห์และการกระจายตัวแบบนี้มีลักษณะคล้ายกับการกระจายตัวแบบปกติ (Normal

Distribution) ซึ่งนิยามใช้อธิบายความน่าจะเป็นในพฤติกรรมของมนุษย์ เป็นเหตุให้การกระจายทั้งสองแบบนี้มีค่าที่ได้ใกล้เคียงกัน

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

เมื่อ μ, η คือ พารามิเตอร์ที่กำหนดรูปร่าง (Shape) ของการกระจายตัว

จากสมมติฐานดังกล่าวทำให้สามารถวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของผู้เดินทางคนที่ n ที่จะเลือกรูปแบบการเดินทาง i ได้ดังสมการ (2.8) และเนื่องจากข้อจำกัดในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ที่เกิดจากสมการที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ (Indeterminate Equation) ถ้าให้ทางเลือกที่ q เป็นอรรถประโยชน์เปรียบเทียบกับอรรถประโยชน์อื่นๆ แล้วจะทำให้ลดตัวแปรในสมการได้ ทำให้สมการสามารถหาคำตอบได้ (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 เมื่อให้ค่า $V_q = 0$

C'_m คือ เซตของโหมดทางเลือกที่เหลือทั้งหมด

แบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์หาความน่าจะเป็นที่ผู้เดินทางจะตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางตามสมการ (2.8) และ (2.9) นี้ นิยมเรียกว่า แบบจำลองโลจิต ในกรณีที่สถานการณ์ทางเลือกของแบบจำลองประกอบไปด้วยเพียง 2 ทางเลือก เรียกว่า แบบจำลองโลจิตแบบสองทางเลือก (Binary Logit Model หรือ BNL) และกรณีที่สถานการณ์ทางเลือกของ

แบบจำลองมากกว่า 2 ทางเลือก เรียกว่า แบบจำลองโลจิตแบบหลายทางเลือก (Multinomial Logit Model หรือ MNL)

2.4.3 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร

ในการพัฒนาแบบจำลองโลจิตมีความจำเป็นต้องทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชันอรรถประโยชน์ (β_{ik}) ซึ่งมีวิธีการประมาณค่าอยู่หลายวิธี แต่ในงานวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญหลายๆ ท่านได้แนะนำให้ใช้วิธีการทางสถิติที่เรียกว่า Maximum Likelihood หรือ ML เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวก การวิเคราะห์สามารถทำได้ง่ายและใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุด (Ben-Akiva and Lerman, 1993) ซึ่งหลักการวิเคราะห์สามารถอธิบายได้ดังนี้

ถ้าจำนวนประชากรทั้งหมดของผู้เดินทางมีจำนวน N คน และในบรรดาประชากรคนที่ n ตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางใดๆ จะทำให้ความน่าจะเป็นของประชากรทั้งหมดที่เลือกรูปแบบการเดินทาง i มีค่าเท่ากับสมการ (2.10) ซึ่งสมการนี้จะถูกเรียกว่าฟังก์ชันของความเป็นไปได้ (Likelihood Function)

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

- 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 จะเลือกทางเลือก i
 y_{in} จะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อผู้เดินทางที่ n เลือกโหมดทางเลือกที่ i นอกจากนั้นให้มีค่าเท่ากับ 0
 C_m คือ เซตของโหมดทางเลือกทั้งหมดที่ผู้เดินทางที่ n ได้พิจารณา

เมื่อพิจารณาฟังก์ชันความเป็นไปได้นี้พบว่าค่าความน่าจะเป็นจะแปรเปลี่ยนไปตามค่าพารามิเตอร์ β_{ik} ดังนั้นการประมาณค่าพารามิเตอร์โดยวิธีนี้จึงเป็นหาค่าพารามิเตอร์ β_{ik} ใดๆ ที่ทำให้ฟังก์ชันความเป็นไปได้นี้มีค่าสูงสุด ซึ่งหาค่าสูงสุดได้โดยการหาอนุพันธ์แบบเทียบตัวแปรของฟังก์ชันนี้ แต่เมื่อพิจารณาสมการ (2.10) พบว่ามีความสัมพันธ์กับแบบผลคูณซึ่งเป็นรูปแบบที่ยากต่อการหาอนุพันธ์ จึงได้มีการประยุกต์โดยการเปลี่ยนสมการ (2.10) นี้ให้อยู่ในรูปของฟังก์ชันลอการิทึม (Logarithm Function) ดังสมการ (2.11) ทำให้ได้ฟังก์ชันใหม่ที่อยู่ในรูปของผลบวกซึ่ง

ง่ายต่อการหาอนุพันธ์และเรียกฟังก์ชันนี้ว่า ฟังก์ชันลอการิทึมของความเป็นไปได้ (Log Likelihood Function หรือ LL)

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

สำหรับการหาค่ามากที่สุดของฟังก์ชันลอการิทึม ความเป็นไปได้จากการหาอนุพันธ์แบบเทียบตัวแปรดังแสดงในสมการ (2.12)

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

และอาจจะใช้กระบวนการทางตัวเลข (Numerical Method) เช่นวิธีการของ Fletcher-Powell และทฤษฎี Davidon เพื่อหาค่าคำตอบของสมการดังกล่าว ซึ่งวิธีการของ Newton-Raphson เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้มากที่สุดสำหรับกรณีนี้ วิธี Newton-Raphson เป็นวิธีการทางตัวเลขที่สามารถหาค่าตอบได้โดยง่ายและมีประสิทธิภาพในการคำนวณสูง เนื่องจากเป็นกระบวนการที่กระทำซ้ำ (Iterations) เพื่อหาจุดที่เข้าสู่คำตอบ (ค่ามากที่สุดของความเป็นไปได้ของสมการที่ (2.11)) โดยมีการหยุดกระทำซ้ำเมื่อ อัตราค่าเข้าของตัวแปรแต่ละตัวน้อยกว่าค่าที่ยอมรับ (Tolerance) หรือที่กำหนดให้

สำหรับการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองที่ทำการเก็บตัวอย่างโดยวิธีแบ่งประชากรออกตามทางเลือก (Choice-Based Sampling) สามารถเขียนสมการฟังก์ชันของความเป็นไปได้ ดังนี้

$$L = \prod_{g=1}^G \prod_{n=1}^{N_{sg}} \prod_{i \in C_m} \left[\frac{f(i, x_n) W_g}{H_g} \right]^{y_{im}} \quad (2.13)$$

เมื่อ W_g = สัดส่วนของประชากรในกลุ่ม g โดยเทียบกับจำนวนประชากรทั้งหมด
 H_g = สัดส่วนของตัวอย่างในกลุ่ม g โดยเทียบกับจำนวนตัวอย่างทั้งหมด
 G = กลุ่มตัวอย่างที่ g
 N_{sg} = จำนวนตัวอย่างในกลุ่มที่ g

สามารถเขียนเป็นฟังก์ชันลอการิทึมของความเป็นไปได้ ดังสมการ (2.14)

$$LL = \log(L) = \sum_{g=1}^G \sum_{n=1}^{N_{sg}} \sum_{i \in C_m} y_{im} \ln P(i/x_n, \beta) + \sum_{g=1}^G \sum_{n=1}^{N_{sg}} \ln P(x_n) + \sum_{g=1}^G N_{sg} \ln H_g - \sum_{g=1}^G N_{sg} \ln W_g \quad (2.14)$$

2.4.4 การทดสอบทางสถิติและความถูกต้องของแบบจำลอง

เมื่อได้แบบจำลองจากการประมาณค่าพารามิเตอร์แล้ว จะต้องนำมาทดสอบค่าทางสถิติเพื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง ซึ่งมีข้อกำหนดที่ต้องตรวจสอบได้แก่

- การทดสอบนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์

ขั้นตอนนี้เป็นกรทดสอบตัวแปรที่นำเข้ามาพิจารณาในการสร้างแบบจำลองนั้น มีความสำคัญหรือมีอิทธิพลต่อแบบจำลองหรือไม่ โดยใช้ค่าสถิติจากการทดสอบ t-test คือ

$$t_{N-K, \frac{\alpha}{2}} = \frac{\beta_{ik}}{\sqrt{V(\beta_{ik})}} \quad (2.15)$$

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

β_{ik} คือ ค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรตัวที่ k ของฟังก์ชันอรรถประโยชน์ i

$V(\beta_{ik})$ คือ ค่าความแปรปรวนของ β_{ik} ซึ่งจาก Cramer-Rao Theorem จะได้ว่า

$$V(\beta_{ik}) = \frac{\partial^2 L(\beta_{ik})}{\partial^2 \beta_{ik}^2}$$

N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์

K คือ จำนวนสัมประสิทธิ์ทั้งหมดที่มีในแบบจำลอง

ในการทดสอบทำโดยตั้งสมมติฐานหลัก (Null Hypothesis) ว่า $H_0 : \beta_{ik} = 0$ โดยจะปฏิเสธสมมติฐาน $H_0 : \beta_{ik} = 0$ หรือตัวแปรนั้นมีอิทธิพลต่อแบบจำลองที่ระดับความเชื่อมั่น $(1-\alpha)$ ที่ 95% เมื่อค่าสถิติ t มากกว่าหรือเท่ากับ 1.96 เมื่อจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการประมาณค่ามีมากกว่า 120 ชุด

- การทดสอบระดับของความสอดคล้อง (Goodness of Fit)

การทดสอบนี้เป็นการตรวจสอบความสามารถของแบบจำลองที่จะนำไปอธิบายพฤติกรรมของผู้เดินทางได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งนิยามวัดค่าออกมาเป็นดัชนีความสอดคล้อง (Likelihood Ratio Index, ρ^2) ดังสมการ (2.16)

$$\rho^2 = 1 - \frac{LL(\beta_{ik})}{LL(0)} \quad (2.16)$$

เมื่อ $LL(\beta_{ik})$ คือ ค่าลอการิทึมของฟังก์ชันความเป็นไปได้ที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์
 $LL(0)$ คือ ค่าลอการิทึมของฟังก์ชันความเป็นไปได้ในกรณีที่พารามิเตอร์ทุกตัวเท่ากับ 0

ดัชนีนี้มีความคล้ายคลึงกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) และมีค่าอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 ความหมายก็คือ ถ้าค่า ρ^2 มีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าแบบจำลองไม่สามารถแทนพฤติกรรมจริงได้อย่างถูกต้องเป็นเพียงแต่การคาดเดาเท่านั้น แต่ในทางกลับกัน ถ้าค่า ρ^2 มีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าแบบจำลองสามารถแทนพฤติกรรมจริงได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ตามที่สำรวจได้จริง และค่า ρ^2 นี้จะยอมรับได้ที่ระดับมากกว่า 0.20 ขึ้นไป (Train, 2002)

- การทดสอบเครื่องหมายของสัมประสิทธิ์

เครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์แสดงถึงทิศทางของขนาดความมีอิทธิพลของตัวแปรต่อแบบจำลอง ดังนั้นสัมประสิทธิ์ที่มีค่าเป็นบวกแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับแบบจำลองมีความแปรผันตรง แต่ถ้าสัมประสิทธิ์ที่มีค่าเป็นลบแสดงถึงความสัมพันธ์แบบผกผัน

เครื่องหมายของสัมประสิทธิ์ของตัวแปรต่างๆ จึงควรมีความสมเหตุสมผล เช่น ตัวแปรค่าโดยสารหรือเวลาในการเดินทางควรมีสัมประสิทธิ์ที่มีค่าเป็นลบ เพราะถ้าตัวแปรเหล่านี้มีค่าเพิ่มขึ้นก็จะทำให้ค่าอัตราประโยชน์ต่อการเลือกรูปแบบการเดินทางลดลง และตัวแปรด้านความสะดวกสบายหรือความปลอดภัยก็ควรมีสัมประสิทธิ์ที่มีค่าเป็นบวก เพราะถ้าค่าของตัวแปรนี้เพิ่มขึ้นก็จะทำให้ค่าอัตราประโยชน์เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

● การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง

แบบจำลองที่ได้จากกระบวนการต่างๆ ดังที่ได้กล่าวไปแล้วจะต้องถูกนำมาตรวจสอบความน่าเชื่อถือซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ระดับคือ การตรวจสอบความน่าเชื่อถือภายใน (Internal Validity) และการตรวจสอบความน่าเชื่อถือภายนอก (External Validity)

ก) การตรวจสอบความน่าเชื่อถือภายใน

การตรวจสอบความน่าเชื่อถือภายใน เป็นการประเมินความถูกต้องของพารามิเตอร์ของตัวแปรในแบบจำลอง และภาพรวมของสมการในแบบจำลองว่ามีความสมเหตุสมผลทางสถิติเชิงพฤติกรรมมากน้อยเพียงใด ซึ่งประกอบไปด้วยการทดสอบทางสถิติและความสมเหตุสมผล ได้แก่ การทดสอบนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์ การทดสอบระดับของความสอดคล้อง และการตรวจสอบเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์

ข) การตรวจสอบความน่าเชื่อถือภายนอก

การตรวจสอบความน่าเชื่อถือภายนอก เป็นการประเมินความถูกต้องความแม่นยำของแบบจำลองในการพยากรณ์พฤติกรรมจริงของผู้เดินทางโดยอาศัยการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์กับผลลัพธ์จริงที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจจะมาจากการทำสำรวจเพิ่มหรือนำข้อมูลจากการทำสำรวจเดิมที่ไม่ถูกนำไปพัฒนาแบบจำลองทำการตรวจสอบ

การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำนี้สามารถทำได้ 2 ลักษณะ ซึ่งลักษณะแรกเป็นการเปรียบเทียบความน่าจะเป็นในการเลือกรูปแบบใดๆ ที่ได้จากผลการทำนายจากแบบจำลองกับพฤติกรรมจริง ดังสมการ (2.17)

$$\text{Select ratio} = \frac{\text{Share}^{\text{Estimated}}}{\text{Share}^{\text{Actual}}} = \frac{\sum_{n=1}^N P_n^{\text{Estimated}} (i)}{\sum_{n=1}^N P_n^{\text{Actual}} (i)} \quad (2.17)$$

การตรวจสอบลักษณะที่สองเป็นการประเมินอัตราความถูกต้องของการพยากรณ์ (Percent Correctly Estimated) ดังสมการ (2.18)

$$\% \text{Correct} = \sum_{n=1}^N W_n / N \quad (2.18)$$

เมื่อ W_n คือ ตัวอย่างที่ n ที่เลือกใช้รูปแบบที่ i
 N คือ จำนวนตัวอย่างทั้งหมด

2.5 หลักการการรวมแบบจำลองการเดินทางกับแบบจำลองแฝง

2.5.1 ตัวแปรแฝงและดัชนีวัด

ในแบบจำลองแฝงจะมีตัวแปร 2 ประเภทคือ ตัวแปรแฝง (Latent Variable) และดัชนีวัด (Indicator) ตัวแปรแฝงเป็นตัวแปรที่ไม่สามารถวัดค่าได้โดยตรง แต่แสดงผลในรูปของพฤติกรรมที่สามารถสังเกตได้ นักวิจัยจึงศึกษาตัวแปรแฝงโดยดัชนีวัดแทน ยกตัวอย่างเช่น ทักษะคติของบุคคลที่มีต่อทางเลือกไม่สามารถจะวัดได้แน่นอน จึงใช้ดัชนีวัดเป็นคำถามการวัดทักษะคติของบุคคล เช่น ความพึงพอใจหรือการให้ความสำคัญต่างๆ ต่อทางเลือก แสดงค่าทักษะคติของบุคคลนั้นแทน

Koppelman et al.,(1980) และ Ben-Akiva et al.,(1997) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยแฝงที่ใช้ในกระบวนการตัดสินใจ ออกเป็น 3 ประเภท คือ

(1) ทักษะคติ (Attitudes) เป็นตัวแปรแฝงที่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของผู้ตัดสินใจ โดยการสะท้อนถึงความต้องการส่วนบุคคล คุณค่า รสนิยม และความสามารถของบุคคล ซึ่งอาจจะเกิดมาจากประสบการณ์ หรือปัจจัยภายนอกต่างๆ ทักษะคติเป็นตัวแปรที่อธิบายความแตกต่างของรสนิยม ทางเลือกที่มีและวิธีการตัดสินใจของแต่ละบุคคล ตัวอย่างของค่าทักษะคติในรูปแบบของการเดินทาง เช่น การให้ความสำคัญของการตรงเวลาของระบบ และความชอบส่วนตัวต่อยานพาหนะประเภทใดประเภทหนึ่ง เป็นต้น

(2) การรับรู้ (Perception) เป็นความเชื่อส่วนบุคคล กระบวนการตัดสินใจนั้นคาดว่าจะมีพื้นฐานจากการรับรู้ระดับคุณสมบัติของทางเลือกนั่นเอง ตัวอย่างของการรับรู้ในรูปแบบของการเดินทาง เช่น ความปลอดภัย ความสะดวก และความสบาย เป็นต้น

(3) อรรถประโยชน์ (Utility หรือ Preference) แทนผลดี หรือประโยชน์ของทางเลือกต่างๆ ซึ่งความชอบจะถูกแปลงเป็นผลการตัดสินใจด้วยกระบวนการตัดสินใจ บ่อยครั้งที่แบบจำลองได้สมมติฐานว่าคนตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางที่ให้อรรถประโยชน์สูงสุด แต่อย่างไรก็ตามยังมีกระบวนการตัดสินใจมากมายที่เป็นไปตามความชอบ หรือนิสัยส่วนตัวของบุคคล

Nicolaidist (1975) และ Morikawa (1989) ได้กล่าวถึงรายละเอียดของดัชนีวัด เพื่อใช้อธิบายตัวแปรแฝง (คือความสะดวก (Convenience) และความสบาย (Comfort)) ซึ่งเป็นข้อพิจารณาในการตัดสินใจเลือกยานพาหนะ ดังนี้

- ความยาก-ง่ายในการต่อขบวนรถเมื่อถึงปลายทาง
- ความเชื่อมั่นในการตรงเวลาของรถ
- ความยืดหยุ่นในการเลือกเวลาถึงจุดหมายปลายทาง

- ความสะดวกในการเดินทางที่มีสัมภาระหนัก หรือเด็กเล็ก
- ความปลอดภัยในการเดินทาง
- ยานพาหนะมีการป้องกันจากสภาพอากาศภายนอก
- ความสามารถในการปรับแต่งอุณหภูมิภายในยานพาหนะ
- ที่ว่างมากพอสำหรับสัมภาระ
- ความสะอาดภายในของยานพาหนะ
- ความรู้สึกการเป็นส่วนตัวในการเดินทาง
- ไม่เกิดความล่า-อ่อนเพลีย จากการเดินทาง

2.5.2 วิธีการวัดความคิดเห็นและความพึงพอใจ

วิธีการวัดความคิดเห็นและความพึงพอใจของผู้เดินทางที่มีต่อทางเลือกของการเดินทางที่ได้สัมผัสมติขึ้นมา นิยมดำเนินการใน 3 ลักษณะ คือ (Ortuzar and Willumsen , 1990)

- ผู้ถูกสัมภาษณ์ให้คะแนนกับทางเลือกต่างๆ (Rating Scale Method) โดยคะแนนที่ให้นั้นจะอยู่ในช่วงที่กำหนดขึ้นมา เช่น คะแนนอาจถูกกำหนดให้มีค่าระหว่าง 1 ถึง 5 โดยที่คะแนน 1 อาจหมายความว่า ไม่ชอบเลย และความชอบจะเพิ่มขึ้นตามคะแนน จนถึงคะแนนเท่ากับ 5 ซึ่งหมายความว่า ชอบทางเลือกนั้นมาก ผู้ถูกสัมภาษณ์จะให้คะแนนแต่ละทางเลือกตามระดับความชอบที่มีต่อทางเลือกนั้น

- ผู้ถูกสัมภาษณ์เรียงลำดับทางเลือกตามความชอบ (Rank Order Method)
- ผู้ถูกสัมภาษณ์เลือกทางเลือกที่ชอบที่สุดเพียงทางเลือกเดียว

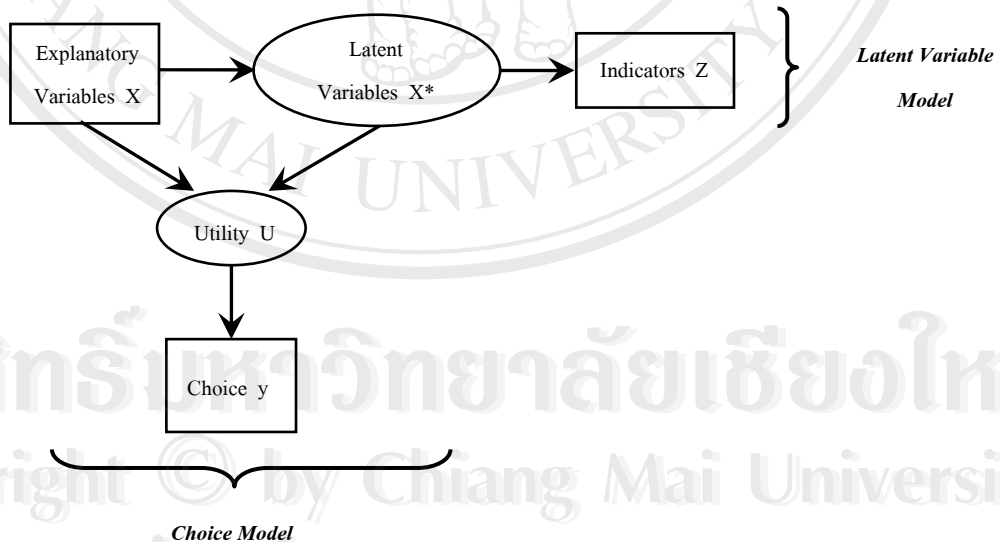
การเปรียบเทียบวิธีการวัดความคิดเห็นทั้งสามวิธีพบว่า ข้อมูลสำรวจที่ได้จากวิธีการที่ให้ผู้ถูกสัมภาษณ์เลือกเพียงทางเลือกเดียวจะให้รายละเอียดน้อยที่สุด แต่วิธีการนี้สามารถดำเนินการได้โดยง่ายที่สุด และเป็นวิธีการสำรวจที่สอดคล้องกับความเป็นจริง ซึ่งผู้เดินทางจะต้องเลือกเพียงทางเลือกใดทางเลือกหนึ่งเท่านั้นสำหรับการเดินทางแต่ละเที่ยว ในขณะที่วิธีการให้คะแนน จะให้ข้อมูลที่มีรายละเอียดมากที่สุดเมื่อเทียบกับอีก 2 วิธี เพราะจะนอกจากจะให้ข้อมูลการเปรียบเทียบระหว่างทางเลือกที่กำหนดให้พิจารณาแล้ว ยังได้ข้อมูลเกี่ยวกับระดับความชอบที่ผู้ถูกสัมภาษณ์มีต่อแต่ละทางเลือกด้วย ส่วนวิธีการเรียงลำดับตามความชอบจะให้ผลการเปรียบเทียบระหว่างทางเลือกที่มีอยู่ทั้งหมด แต่จะไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับระดับความชอบที่ผู้เดินทางมีต่อแต่ละทางเลือกเหล่านั้น

2.5.3 โครงสร้างการรวมแบบจำลองทางเลือกร่วมกับแบบจำลองปัจจัยแฝง

Ben-Akiva et al, (1997) ได้กล่าวว่าปัจจุบันการสร้างแบบจำลองได้สังเกตเห็นความสำคัญในการนำปัจจัยทางจิตวิทยา (Psychological Factor) เช่น ทักษะและค่านิยมต่างๆ ของบุคคลที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกเข้ามาพร้อมกับแบบจำลองทางเลือก (Choice Model) เพื่อแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการตัดสินใจของมนุษย์ ซึ่งสามารถแสดงโครงสร้างของการรวมปัจจัยแฝงทางจิตวิทยาดังกล่าวในแบบจำลองทางเลือก ดังแสดงในรูป 2.1

จากรูป 2.1 กล่องวงรีแสดงตัวแปรที่ไม่สามารถอธิบายค่าได้ หรือตัวแปรแฝง (Latent Variables) คือ ค่าของทักษะ ค่านิยม และการรับรู้ของบุคคลที่ไม่สามารถอธิบายได้โดยตรง เมื่อไม่สามารถอธิบายได้โดยตรงจึงจำเป็นต้องมีตัวชี้วัด (Indicators) เพื่อทำการชี้วัดระดับ เช่น ระดับความพึงพอใจ หรือระดับความสำคัญของตัวแปรเหล่านั้น สำหรับกล่องสี่เหลี่ยมแสดง ตัวแปรที่สามารถอธิบายค่าได้โดยตรง ซึ่งจะรวมถึงสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้เดินทาง คุณลักษณะรูปแบบของการเดินทาง

แบบจำลองจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ แบบจำลองทางเลือก (Discrete Choice Model) และแบบจำลองปัจจัยแฝง (Latent Variable Model)



รูป 2.1 โครงสร้างของการรวมปัจจัยแฝงทางจิตวิทยาและแบบจำลองทางเลือก

ที่มา : จาก Ben-Akiva , (1997)

2.6 ทฤษฎีการพัฒนาแบบจำลองแฝง

2.6.1 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น

แบบจำลองของปัจจัยแฝง (Latent Variable Model) ได้มีการนำมาใช้ในการค้นหาพฤติกรรมของบุคคลเป็นเวลานานหลายปีแล้วทั้งในด้านการเศรษฐศาสตร์ และด้านการขนส่ง (Ben-Akiva, 1997) การวิเคราะห์ปัจจัยแฝง ในปัจจุบันได้ใช้หลักวิธีการความสัมพันธ์ของสมการเส้นตรง (Linear Structural Relationship) ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้จึงได้ประยุกต์ใช้กับวิธีการถดถอยเชิงเส้น (Regression Analysis) เพื่อการประมาณค่าระดับของความพอใจ หรือความสำคัญของค่าชี้วัดในแต่ละปัจจัยแฝง

การวิเคราะห์การถดถอย เป็นการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม การวิเคราะห์จะกำหนดให้ฟังก์ชันของค่าเฉลี่ยเป็นเส้นตรงหรือไม่ก็ได้ ถ้าการวิเคราะห์กำหนดให้ฟังก์ชันของค่าเฉลี่ยเป็นเส้นตรงเรียกว่า การถดถอยเชิงเส้น แต่ถ้ากำหนดให้ฟังก์ชันของค่าเฉลี่ยไม่เป็นเส้นตรงเรียกว่า การถดถอยที่ไม่เป็นเส้นตรง หากความสัมพันธ์ของตัวแปรตามขึ้นอยู่กับตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียวและฟังก์ชันของค่าเฉลี่ยเป็นเส้นตรงก็เรียกว่า การถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย แต่ถ้าหากขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายตัวก็เรียกว่า การถดถอยเชิงซ้อน การวิเคราะห์การถดถอยเป็นวิธีการทางสถิติที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรตั้งแต่สองตัวขึ้นไปออกมาในรูปแบบของสองตัวแปรสามารถแทนได้ด้วยสมการ

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + e \quad (2.19)$$

เมื่อ

- y คือ ตัวแปรตาม (Dependent Variable)
- x คือ ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)
- β_0, β_1 คือ ค่าพารามิเตอร์
- e คือ ค่าคลาดเคลื่อน

ส่วนมากการวิเคราะห์การถดถอยที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณการเดินทางในระบบขนส่งนั้นจะเป็นสมการถดถอยเชิงซ้อน ซึ่งสามารถแทนได้ด้วยสมการดังนี้

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + e \quad (2.20)$$

จะประมาณค่า y ได้ดังนี้คือ

$$\hat{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k \quad (2.21)$$

โดยที่

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

ค่าคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า y ด้วย \hat{y} คือ $y - \hat{y} = e$ หรือเรียกว่า residual การประมาณค่าพารามิเตอร์ $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ ด้วยค่า a, b_1, b_2, \dots, b_k ทำได้โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) นั่นคือการประมาณค่า a, b_1, b_2, \dots, b_k ที่ทำให้ผลบวกกำลังสองของค่าคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยที่สุด หรือ

$$\sum_{i=1}^k e_i^2 = \sum_{i=1}^k (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (2.22)$$

● สมมติฐานในการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงซ้อน

ก) ค่าคลาดเคลื่อน e เป็นตัวแปรที่มีการแจกแจงแบบปกติ

ข) ค่าคลาดเคลื่อน e เป็นตัวแปรที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ และความแปรปรวนเป็นค่าคงที่ที่ไม่ทราบค่า $Var(e) = \sigma_e^2$

ค) e_i และ e_j เป็นอิสระต่อกัน นั่นคือ $Cov(e_i, e_j) = 0$; $i \neq j$

ง) ตัวแปรอิสระ x_i และ x_j ต้องเป็นอิสระต่อกัน

● การทดสอบสมมติฐาน

ก) ทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความเหมาะสมของสมการความถดถอยเชิงซ้อน

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

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

$$\text{สถิติทดสอบ } F = \frac{MSR}{MSE}$$

เมื่อ MSR (Mean Square of Regression) คือ ค่าความแปรปรวนของ y เนื่องจากอิทธิพลของตัวแปรอิสระ และ MSE (Mean Square of Error) คือ ค่าความแปรปรวนของ y เนื่องจากอิทธิพลอื่นๆ หรือเรียกว่าค่าความแปรปรวนอย่างสุ่ม

โดยจะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ $F > F_{k,n-k-1,1-\alpha}$ และจะยอมรับสมมติฐาน H_0 เมื่อ $F \leq F_{k,n-k-1,1-\alpha}$

ข) ทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับสัมประสิทธิ์ความถดถอย

หลังจากที่ทดสอบสมมติฐานโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน F -test พบว่ามี β_i อย่างน้อย 1 ค่าที่ไม่เท่ากับศูนย์ จะต้องทำการทดสอบต่อไปว่ามี β_i ตัวใดบ้างที่ไม่เท่ากับศูนย์ หรือมี x ตัวใดบ้างที่สัมพันธ์กับ y โดยการทดสอบสมมติฐานต่อไปนี้

$$H_0 : \beta_i = 0$$

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

$$\text{สถิติทดสอบ } t = \frac{b_i - 0}{S_{b_i}}$$

เมื่อ S_{b_i} คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ b_i

โดยจะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ $|t| > t_{1-\alpha/2, n-k-1}$ และจะยอมรับสมมติฐาน H_0 เมื่อ $|t| \leq t_{1-\alpha/2, n-k-1}$

2.6.2 การตรวจสอบทางสถิติความถดถอยเชิงเส้น

- การประมาณค่าพารามิเตอร์ของสมการความถดถอยเพื่อทราบขนาดและทิศทางของความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม

- การทดสอบค่าทางสถิติของแบบจำลอง ซึ่งประกอบไปด้วยการทดสอบความเหมาะสมของความถดถอยโดยอาศัยค่าสถิติทดสอบ คือ t -test หรือ F -test เพื่อหาความเหมาะสมของตัวแปรอิสระต่อสมการความถดถอย และการทดสอบสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination , R^2) ซึ่งจะบ่งบอกถึงความเหมาะสมของสมการว่าสามารถอธิบายพฤติกรรมของแบบจำลองได้มากน้อยเท่าไร ค่า R^2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยที่ถ้า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายความว่าสมการสามารถอธิบายพฤติกรรมจริงได้น้อยมาก และถ้ามีค่าเข้าใกล้ 1 สมการก็จะสามารถอธิบายพฤติกรรมจริงได้อย่างดีมาก

2.7 ทฤษฎีการพัฒนาแบบจำลองการวัด (ดัชนีวัด)

2.7.1 การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis)

เทคนิคที่จะใช้ในการแบ่งกลุ่มหรือจำแนกกลุ่มตัวแปรที่ใช้กันทั่วไปคือ เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) ซึ่งเป็นเทคนิคที่แบ่งตัวแปรออกเป็นกลุ่มๆ หรือรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไว้ในกลุ่มเดียวกัน หรือใน Factor หรือปัจจัยเดียวกัน โดยตัวแปรที่อยู่ใน Factor เดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันมาก ความสัมพันธ์อาจจะอยู่ในทิศทางเดียวกัน (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นบวก) หรืออยู่ในทิศทางตรงกันข้าม (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นลบ) แต่ตัวแปรที่อยู่ต่าง Factor กันจะ ไม่มีความสัมพันธ์กันหรือมีความสัมพันธ์กันน้อย ในเทคนิคนี้จะใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) วัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ดังนั้น ตัวแปรที่จะใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยได้ควรเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ

ดังนั้นเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยจึงเป็นเทคนิคการลดจำนวนตัวแปรจากจำนวนตัวแปรหลายๆ ให้เหลือเพียงไม่กี่ Factor โดยที่จะถือว่าแต่ละ Factor เป็นที่รวมรายละเอียดของตัวแปรที่อยู่ใน Factor นั้น จากนั้นจึงสามารถใช้เทคนิคการวิเคราะห์สถิติทางอื่นๆ มาวิเคราะห์ Factor ได้โดยถือว่า 1 Factor คือ 1 ตัวแปร เทคนิคนี้นิยมใช้กันมากในงานต่างๆ แทบทุกด้าน ไม่ว่าจะเป็นงานด้านการตลาด การเงิน การแพทย์ ฯลฯ (กัลยา, 2546)

2.7.2 หลักเกณฑ์ของเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย

ดังได้กล่าวมาแล้วว่า เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยใช้ในการลดจำนวนตัวแปร หรือกล่าวได้ว่าเป็นเทคนิคที่ใช้ในการเปลี่ยนตัวแปรเดิมที่มีความสัมพันธ์กันให้เป็นตัวแปรหรือปัจจัยใหม่ที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยที่ปัจจัยที่ได้เป็น Linear combination ของตัวแปรเดิม โดยจะพยายามนำรายละเอียดจากตัวแปรเดิมต่างๆ มาไว้ในปัจจัยให้มากที่สุด

สำหรับสมการที่ใช้ในการประมาณค่าปัจจัยที่ j คือ

$$F_j = W_{j1} X_1 + W_{j2} X_2 + \dots + W_{ji} X_i + e \quad (2.23)$$

โดยที่ X_i = ตัวแปรที่ i
 W_{ji} = สัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่ i

นอกจากนั้นยังสามารถแสดงความสัมพันธ์ของค่าตัวแปร X_i ซึ่งเป็น Linear combination ของปัจจัยต่างๆ ดังนี้

$$\left. \begin{aligned} Z_1 &= L_{11} F_1 + L_{12} F_2 + \dots + L_{1m} F_m + e_1 \\ Z_2 &= L_{21} F_1 + L_{22} F_2 + \dots + L_{2m} F_m + e_2 \\ &\vdots \\ Z_p &= L_{p1} F_1 + L_{p2} F_2 + \dots + L_{pm} F_m + e_m \end{aligned} \right\} \quad (2.24)$$

โดยที่

Z_i = ตัวแปร X_i ที่ทำการ Standardized แล้ว; $i = 1, 2, \dots, p$

p = จำนวนตัวแปร

m = จำนวนปัจจัย; $m < p$

F_1, \dots, F_m = Common Factors

e = ค่าคลาดเคลื่อน

L_{ij} = ค่าสัมประสิทธิ์ หรือเรียกว่า Factor loading

Factor loading หรือค่าสัมประสิทธิ์ เป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เนื่องจากตัวแปร X_i 's ได้ถูก Standardized เป็น Z_i แล้วซึ่งทำให้ค่า Factor loading มีค่าระหว่าง -1 ถึง +1 ค่า Factor loading จะใช้ในการพิจารณาว่าตัวแปรแต่ละตัวอยู่ในปัจจัยใด

2.7.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ของเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย

การนำเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยไปวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจัดกลุ่ม หรือจำแนกกลุ่มตัวแปรแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

ก) การตรวจสอบว่าตัวแปรต่างๆ มีความสัมพันธ์กันหรือไม่

ถ้าตัวแปรมีความสัมพันธ์กันมาก หรือมีความสัมพันธ์กันอย่างน้อยสำคัญจะสามารถใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยได้ ถ้าตัวแปรไม่มีความสัมพันธ์กัน หรือมีความสัมพันธ์กันน้อย ไม่ควรใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย โดยการตรวจสอบทำได้ 2 วิธี ดังนี้

(1) การตรวจสอบโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยการสร้างเมทริกซ์แสดงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรทุกคู่

- ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคู่ใดมีค่าใกล้ -1 หรือ +1 แสดงว่าตัวแปรคู่นั้นมีความสัมพันธ์กันมาก ควรอยู่ในปัจจัยเดียวกัน
- ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคู่ใดมีค่าใกล้ศูนย์ แสดงว่าตัวแปรคู่นั้นไม่มีความสัมพันธ์กันหรือสัมพันธ์กันน้อย ควรอยู่นอกปัจจัย

- ถ้าตัวแปรที่ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นๆ หรือมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นๆ ที่เหลือน้อยมาก ควรตัดตัวแปรนั้นออกจากการวิเคราะห์

(2) ผู้วิเคราะห์สามารถตรวจสอบโดยใช้สถิติ Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) เป็นค่าที่ใช้วัดความเหมาะสมของข้อมูลตัวอย่างที่จะนำมาวิเคราะห์โดยเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย ดังจะกล่าวรายละเอียดในหัวข้อการตรวจสอบทางสถิติต่อไป

ข) การสกัดปัจจัย (Factor Extraction)

วัตถุประสงค์ของการสกัดปัจจัย คือ การหาจำนวนปัจจัยที่สามารถใช้แทนตัวแปรทั้งหมดทุกตัวได้ หรือเป็นการดึงรายละเอียดจากตัวแปรมาไว้ในปัจจัย วิธีการสกัดปัจจัยมีหลายวิธี ซึ่งวิธี Principal Analysis หรือ PCA เป็นวิธีที่นิยมมากที่สุด ในขั้นนี้จะทำให้สามารถประมาณค่า Factor loading โดยจะใช้ในการพิจารณาว่ามีตัวแปรใดบ้างที่ควรอยู่ในปัจจัยเดียวกัน ในแต่ละปัจจัยให้พิจารณาค่า Factor loading ของแต่ละตัวแปร ถ้าค่าของ Factor loading ตัวแปรใดมีค่ามาก (เข้าสู่ +1 หรือ -1) ควรจัดตัวแปรนั้นให้อยู่ในปัจจัยดังกล่าว ในบางกรณีถ้าค่า Factor loading มีค่ากลางๆ ทำให้ไม่แน่ใจว่าควรจัดอยู่ในปัจจัยใด ก็ควรทำการหมุนแกน ดังจะกล่าวในขั้นต่อไป

ค) การหมุนแกนปัจจัย (Factor Rotation)

กรณีที่ค่า Factor loading มีค่ากลางๆ ทำให้ไม่สามารถจัดตัวแปรว่าควรอยู่ในปัจจัยใดได้นั้น จะต้องทำการหมุนแกน วัตถุประสงค์ของการหมุนแกนปัจจัยคือ เพื่อให้ค่า Factor loading ของตัวแปรมีค่ามากขึ้นหรือลดลง จนกระทั่งทำให้ทราบว่าตัวแปรนั้นควรอยู่ในปัจจัยใด หรือไม่ควรอยู่ในปัจจัยใด วิธีการหมุนแกนปัจจัยมี 2 วิธีใหญ่ๆ คือ

1. Orthogonal Rotation เป็นการหมุนแกนปัจจัยที่ยังคงทำให้ปัจจัยยังคงตั้งฉากกัน หรือปัจจัยต่างๆ ยังคงเป็นอิสระกัน โดยมีวิธีย่อยหลายวิธีดังนี้

- Varimax เป็นเทคนิคที่ทำให้จำนวนตัวแปรที่น้อยที่สุดมีค่า Factor loading มากในแต่ละปัจจัย จึงเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด
- Quartimax เป็นวิธีที่หมุนแกนปัจจัย โดยจะพยายามทำให้มีจำนวนปัจจัยน้อยที่สุดในการอธิบายตัวแปรแต่ละตัว
- Equamax เป็นเทคนิคที่ใช้เกณฑ์ทั้งของ Varimax และ Quartimax

2. Oblique Rotation เป็นการหมุนแกนปัจจัยอาจจะไม่ตั้งฉากกัน หรือปัจจัยไม่เป็นอิสระต่อกัน แต่ทำให้ค่า Factor loading มากขึ้นหรือลดลง

ง) การคำนวณค่า Factor Score

เมื่อสามารถจัดตัวแปรที่มีอยู่จำนวนมากเหลือเป็นกลุ่มตัวแปรไม่กี่กลุ่ม สามารถคำนวณหาค่า Factor Score ของแต่ละกรณีได้ เช่น ถ้ามี 2 ปัจจัย ก็สามารถคำนวณหาค่า Factor Score ของทั้งสองปัจจัย และถือว่าทั้งสองปัจจัยนั้นเป็นตัวแปรใหม่ที่น่าไปวิเคราะห์ต่อไปได้ สำหรับค่า Factor Score ได้จากสมการ

$$F_{ik} = W_{i1} Z_{1k} + W_{i2} Z_{2k} + \dots + W_{ij} Z_{jk} ; \quad (2.25)$$

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

โดยที่

Z_{jk} = ค่าตัวแปรที่ j ที่ Standardized แล้วของกรณีที่ k

n = จำนวนข้อมูล

m = จำนวนปัจจัย

W_{ij} = ค่าสัมประสิทธิ์หรือ loading factor ของตัวแปรที่ j ในปัจจัยที่ i

F_{ik} = ค่า Factor Score ปัจจัยที่ i ของกรณีที่ k

2.7.4 การตรวจสอบทางสถิติของการวิเคราะห์ปัจจัย

การตรวจสอบ Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) เป็นค่าที่ใช้วัดความเหมาะสมของข้อมูลตัวอย่างที่จะนำมาวิเคราะห์โดยเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย โดยที่

$$KMO = \frac{\sum r_i^2}{\sum r_i^2 + \sum (partial \ correlation)^2} \quad (2.26)$$

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

- ถ้าค่า KMO มีค่าน้อย (เข้าสู่ศูนย์) แสดงว่าเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยไม่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีอยู่
- ถ้าค่า KMO มีค่ามาก (เข้าสู่หนึ่ง) แสดงว่าเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยเหมาะสมกับข้อมูลที่มีอยู่
- โดยทั่วไปถ้าค่า $KMO < 0.5$ จะถือว่าข้อมูลที่มีอยู่ไม่เหมาะสมที่จะใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย

2.8 ค่าความยืดหยุ่นของความน่าจะเป็นในการเลือก (Elasticity of Choice Probability)

ค่าความยืดหยุ่นเป็นดัชนีตัวหนึ่งที่ใช้ชี้ถึง การตอบสนองหรือระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าสัดส่วนของการเลือกแนวทางเลือกใดๆ เมื่อค่าของตัวแปรในแบบจำลองมีค่าเปลี่ยนแปลงไป จะพิจารณาให้อยู่ในรูปของการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการเลือกรูปแบบเป็นเปอร์เซ็นต์ เมื่อค่าของตัวแปรในแบบจำลองมีการเปลี่ยนแปลงไป 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการอธิบายถึงอิทธิพลของตัวแปรแต่ละตัวที่มีต่อพฤติกรรมเลือกของผู้ตัดสินใจได้ โดยค่าความยืดหยุ่นของความน่าจะเป็นในการเลือกแนวทางเลือก i สำหรับผู้ตัดสินใจ n เทียบกับตัวแปรตัวที่ k ซึ่งอยู่ในสมการอรรถประโยชน์ของแนวทางเลือก j , $E_{X_{jnk}}^{P_n(i)}$ หาได้จากสมการ (2.27)

$$E_{X_{jnk}}^{P_n(i)} = \frac{\partial P_n(i)}{\partial X_{jnk}} \cdot \frac{X_{jnk}}{P_n(i)} \quad (2.27)$$

2.9 เทคนิคการสำรวจข้อมูล

2.9.1 วิธีการสำรวจข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองส่วนใหญ่ได้จากการสำรวจโดยวิธีการสัมภาษณ์ผู้เดินทาง ซึ่งโดยทั่วไปนิยมดำเนินการได้ 2 วิธี คือ วิธีแรกเป็นการสำรวจข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างจากสถานการณ์จริงที่มีอยู่เดิมแล้ว เช่น การสอบถามลักษณะการเดินทางของวันที่มีการเดินทางไปแล้ว ทางเลือกในการเดินทางที่มีอยู่ และสภาพที่อยู่อาศัยในปัจจุบัน เป็นต้น การสำรวจวิธีนี้เรียกว่า วิธี Revealed Preference (RP) และวิธีที่สองเรียกว่า วิธี Stated Preference (SP) ซึ่งเป็นวิธีสำรวจข้อมูลแบบกำหนดสถานการณ์จำลองที่ยังไม่เคยเกิดขึ้น แต่ถูกสมมติขึ้นมาเพื่อสอบถามความคิดเห็นของผู้ถูกสัมภาษณ์ ซึ่งอาจจะนำสถานการณ์ใหม่ที่สนใจมาเป็นทางเลือกเปรียบเทียบกับสถานการณ์เดิมที่มีอยู่แล้วก็ได้ เช่น การตั้งกรณีทางเลือกสมมติขึ้นมาให้ผู้เดินทางเลือกและสอบถามข้อมูลที่ปัจจุบันยังไม่มีแต่ถูกสมมติให้มีในอนาคต เป็นต้น เทคนิคทั้งสองนี้มีข้อแตกต่างกันดังแสดงในตาราง 2.1

2.9.2 จำนวนข้อมูล

ในการกำหนดจำนวนตัวอย่างสำหรับการนำไปพัฒนาแบบจำลองนั้น ผู้เชี่ยวชาญหลายท่านได้แนะนำให้แนวทางปฏิบัติไว้ว่าในการสุ่มตัวอย่างไม่มีกฎเกณฑ์ที่ตายตัว การสุ่มตัวอย่างจำนวนมากๆ จะทำให้ได้แบบจำลองที่ใกล้เคียงพฤติกรรมจริงมากขึ้น แต่ขึ้นอยู่กับข้อจำกัดในการเก็บข้อมูล เช่น งบประมาณและเวลา ดังนั้นการกำหนดจำนวนข้อมูลนั้นควรขึ้นอยู่กับ

ข้อจำกัดดังกล่าว แต่ต้องผ่านการตรวจสอบสมมติฐานว่าแบบจำลองที่ได้สามารถแทนพฤติกรรมจริงได้หรือไม่ที่ระดับนัยสำคัญ ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากการทดสอบความสอดคล้องของสมการ (Goodness of Fit) TRB (1983) ได้กล่าวว่าขนาดตัวอย่าง 200-500 ตัวอย่างก็มีความเพียงพอในการวิเคราะห์แบบจำลองโลจิสต์ แต่ตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก (50-70 ตัวอย่าง) ก็สามารถให้ผลที่สมเหตุสมผลได้

ตาราง 2.1 ข้อแตกต่างของการทำสำรวจด้วยวิธี RP และ SP

วิธี RP	วิธี SP
ใช้ศึกษาพฤติกรรมของผู้เดินทางที่มีต่อทางเลือกที่มีอยู่ในสถานการณ์จริงหรือเคยเกิดขึ้นแล้ว	ใช้ศึกษาพฤติกรรมของผู้เดินทางที่มีต่อทางเลือกใหม่หรืออยู่ในสถานการณ์ที่ยังไม่เคยเกิดขึ้น
ไม่สามารถควบคุมและกำหนดค่าของตัวแปรที่มีผลต่อการตัดสินใจเดินทางได้ เนื่องจากเป็นสถานการณ์จริงและผู้ที่ทำสำรวจไม่ทราบว่าตัวแปรใดบ้างที่มีอิทธิพลมากน้อยต่อแบบจำลอง	สามารถควบคุมและกำหนดค่าของตัวแปรได้โดยตรง เนื่องจากเป็นสถานการณ์ที่ผู้ทำสำรวจสร้างขึ้นมาเอง แต่ความแม่นยำก็ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ออกแบบทางเลือก
ได้ข้อมูลการตัดสินใจที่ผู้เดินทางได้ตัดสินใจปฏิบัติแล้วในสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นแล้ว	ได้ข้อมูลความคิดเห็นหรือการตัดสินใจภายใต้เงื่อนไขของสถานการณ์ที่ถูกสมมติขึ้นมา ซึ่งไม่สามารถมั่นใจได้ว่าผู้เดินทางจะปฏิบัติตามที่ได้ตอบแบบสอบถามไว้ ถ้าหากเกิดสถานการณ์เหล่านั้นเกิดขึ้นจริงในภายหลัง
ต้องใช้งบประมาณในการทำสำรวจสูงกว่า จากการที่แบบสอบถามที่ประกอบไปด้วยตัวแปรมากกว่า เนื่องจากการไม่สามารถควบคุมและกำหนดตัวแปรได้	ใช้งบประมาณในการทำสำรวจน้อยกว่า เนื่องจากสามารถควบคุมและกำหนดตัวแปรได้ ดังนั้นแบบสอบถามจึงประกอบไปด้วยตัวแปรที่สนใจเท่านั้น

ที่มา : อรรถวิทย์ (2544)