บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

การศึกษานี้ได้ทบทวนแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาผลกระทบภายนอกต่อสังคมและปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดราคาค่าผ่านทาง เพื่อพัฒนาแบบจำลองในการวิเคราะห์ราคาค่าผ่านทางที่ชดเชยผลกระทบภายนอกต่อสังคมของโครงการมอเตอร์เวย์สายนครปฐม – ชะอำ ซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลและทฤษฎีที่เป็นประโยชน์ต่อกรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม ในการกำหนดแนวทางดังนี้

2.1 แผนโครงการมอเตอร์เวย์สายนครปฐม – ชะอำ

2.2 การศึกษาผลกระทบภายนอกต่อสังคม

2.3 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดราคาค่าผ่านทาง

2.1 แผนโครงการมอเตอร์เวย์สายนครปฐม – ชะอำ

2.1.1 ความเป็นมาของโครงการมอเตอร์เวย์สายนครปฐม – ชะอำ

โครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 8 สายนครปฐม – ชะอำ หรือโครงการมอเตอร์เวย์สายนครปฐม – ชะอำ (M8) เป็นหนึ่งโครงการสำคัญที่มีความจำเป็นเร่งด่วน โดยได้รับการบรรจุในแผนมาตรการเร่งรัดการลงทุน (Action Plan) ของกระทรวงคมนาคม และมาตรการเร่งรัดโครงการให้เอกชนร่วมลงทุนในกิจการของรัฐ (Public-Private Partnership Fast Track: PPP Fast Track) ของกระทรวงการคลัง เพื่อเร่งรัดการลงทุนโครงการขนาดใหญ่ให้เกิดผลเป็นรูปธรรมโดยเร็ว รายละเอียดของโครงการประกอบด้วย

1) แนวเส้นทาง

แนวเส้นทางโครงการมอเตอร์เวย์สายนครปฐม – ชะอำ มีจุดเริ่มต้นโครงการเชื่อมต่อกับโครงการมอเตอร์เวย์สายบางใหญ่ – กาญจนบุรี (M81) ที่บริเวณทางแยกต่างระดับนครชัยศรี อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม และมีจุดสิ้นสุดโครงการเชื่อมต่อกับทางหลวงแผ่นดิน

หมายเลข 4 บริเวณ กม. 188 อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี รวมระยะทางประมาณ 109 กิโลเมตร ตลอดเส้นทางประกอบด้วยด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางจำนวน 9 แห่ง ดังภาพที่ 2.1 ได้แก่

(1) ด่านนครชัยศรี

(2) ด่านตลาดจินดา

(3) ด่านบางแพ

(4) ด่านราชบุรี

(5) ด่านวัดเพลง

(6) ด่านปากท่อ 1

(7) ด่านปากท่อ 2

(8) ด่านเขาย้อย

(9) ด่านท่ายาง

2) ที่พักริมทาง (Rest Area)

โครงการประกอบด้วยที่พักริมทาง (Rest Area) และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ สำหรับผู้ใช้ทางจำนวน 5 แห่ง ดังภาพที่ 2.2 และ 2.3 โดยแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่

(1) จุดพักรถ (Rest Stop) 2 แห่ง คือ

(1.1) อำเภอบางแพ

(1.2) อำเภอเขาย้อย

(2) สถานที่บริการทางหลวง (Service Area) จำนวน 2 แห่ง คือ

(2.1) อำเภอนครชัยศรี

(2.2) อำเภอบ้านลาด

(3) ศูนย์บริการทางหลวง (Service Center) 1 แห่ง คือ

(3.1) ราชบุรี

ภาพที่ 2.1 เส้นทางการเดินทางระหว่างด่านนครชัยศรี จ.นครปฐม และด่านท่ายาง จ.เพชรบุรี

ที่มา : กรมทางหลวง, 2560.

ภาพที่ 2.2 ตำแหน่งที่พักริมทาง

ที่มา : กรมทางหลวง, 2560.

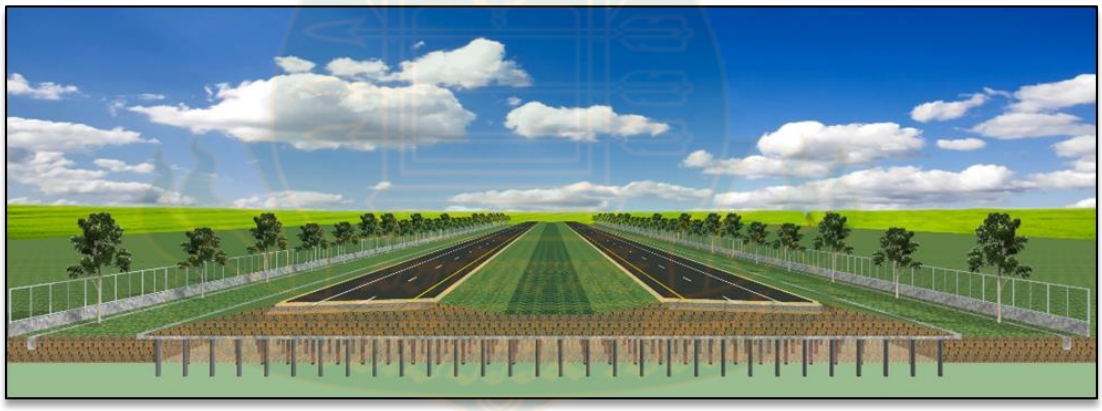
ภาพที่ 2.3 รูปแบบที่พักริมทาง

ที่มา : กรมทางหลวง, 2560.

3) รูปแบบการก่อสร้าง

โครงการเป็นการก่อสร้างทางแนวใหม่ตามมาตรฐานทางหลวงพิเศษระยะทาง 109 กิโลเมตร จำนวน 4 ช่องจราจร โดยมีรูปแบบของถนนระดับพื้น ดังนี้

(1) ช่องสายทางที่ไม่มีทางบริการ เขตทางกว้าง 80 เมตร ขนาด 4 ช่องจราจร ความกว้างช่องละ 3.60 เมตร ไหล่ทางด้านนอก 3 เมตร ไหล่ทางด้านใน 1 เมตร เกาะกลางแบบกดเป็นร่อง (Depressed Median) ดังภาพที่ 2.4

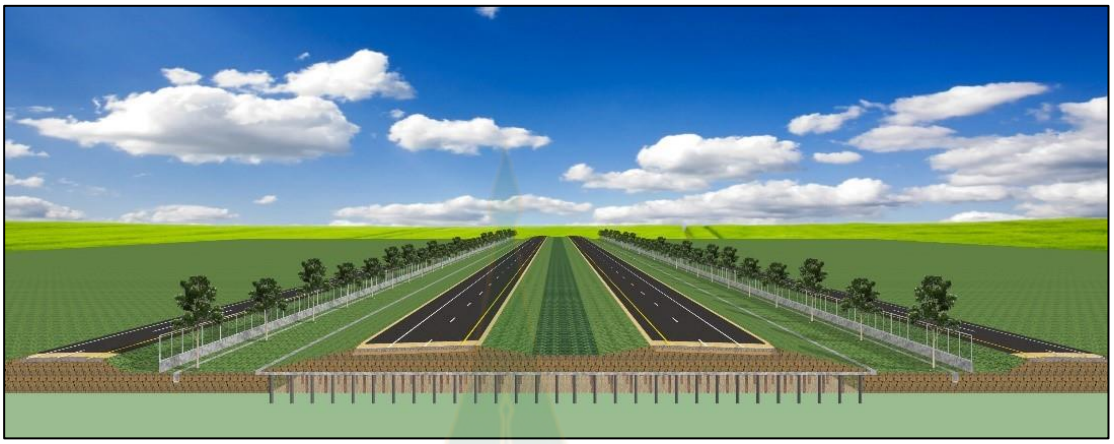


ภาพที่ 2.4 ช่องสายทางที่ไม่มีทางบริการ

ที่มา : กรมทางหลวง, 2560.

(2) ช่องสายทางที่มีทางบริการ เขตทางกว้าง 120 เมตร ขนาด 4 ช่องจราจร ความกว้างช่องละ 3.60 เมตร ไหล่ทางด้านนอก 3 เมตร ไหล่ทางด้านใน 1 เมตร เกาะกลางแบบกดเป็นร่อง (Depressed Median) ประกอบกับการออกแบบให้มีรูปแบบของถนนโครงสร้าง

ยกระดับและสะพานต่างๆ สำหรับเป็นทางสัญจรหลักของโครงการในส่วนที่ตัดข้ามถนนท้องถิ่น ลำน้ำ และบริเวณพื้นที่ดินอ่อน โดยกำหนดความกว้างเขตทางตามที่จำเป็นเพื่อลดผลกระทบด้านการเวนคืนที่ดิน ดังภาพที่ 2.5 ถึง 2.7

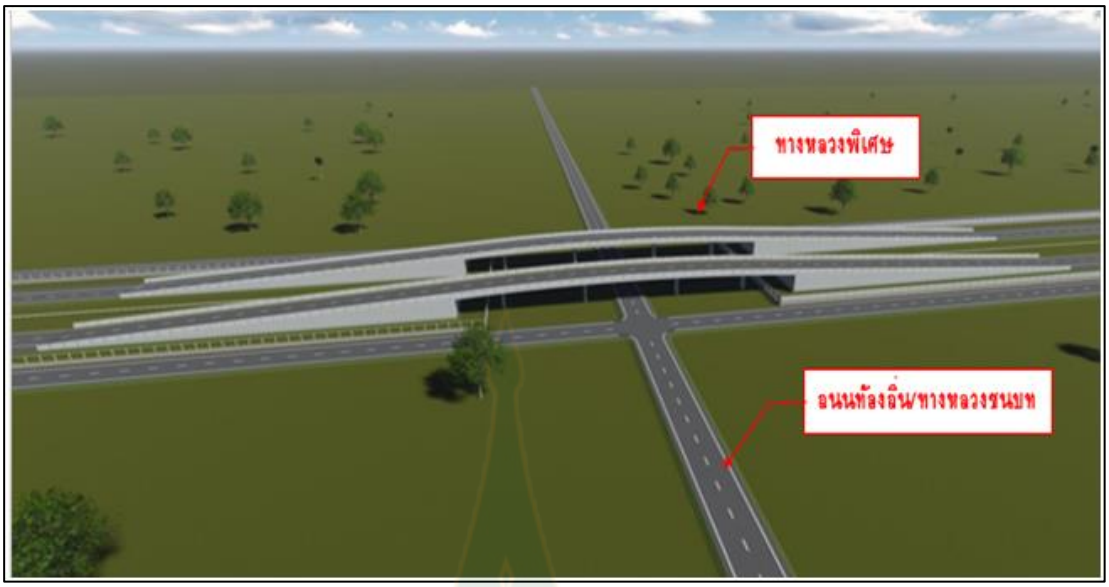


ภาพที่ 2.5 ช่องสายทางที่มีทางบริการ

ที่มา : กรมทางหลวง, 2560.

ภาพที่ 2.6 ตัวอย่างทางยกระดับช่วงที่ผ่านพื้นที่ดินอ่อนบริเวณอำเภออัมพวา และอำเภอเขาย้อย

ที่มา : กรมทางหลวง, 2560.



ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างทางยกระดับโครงการทั่วไปที่ข้ามทางหลวงชนบทและคลองน้ำ
ที่มา : กรมทางหลวง, 2560.

4) การจัดเก็บค่าผ่านทาง

การจัดเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางนั้น กรมทางหลวงได้กำหนดให้จัดเก็บค่าผ่านทางแบบระบบปิด (Closed System) ซึ่งคิดค่าธรรมเนียมตามระยะทางที่ใช้จริง โดยกรมทางหลวงจะกำหนดให้มีวิธีการจัดเก็บค่าผ่านทางทั้งแบบเงินสด (Manual Toll Collection: MTC) และแบบอัตโนมัติ (Electronic Toll Collection: ETC) ซึ่งสามารถพัฒนาสู่ระบบระบบจัดเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติแบบไม่มีไม้กั้น (Multi-Lane Free Flow: M-Flow) ได้ดังภาพที่ 2.8

ภาพที่ 2.8 ภาพตัวอย่างทัศนียภาพด่านเก็บค่าผ่านทาง

ที่มา : กรมทางหลวง, 2560.

5) ระบบการบริหารจัดการ

การอำนวยความสะดวก รวดเร็ว และปลอดภัยในการเดินทางของผู้เดินทางโครงการมอเตอร์เวย์จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องจัดให้มีระบบต่างๆ ดังนี้

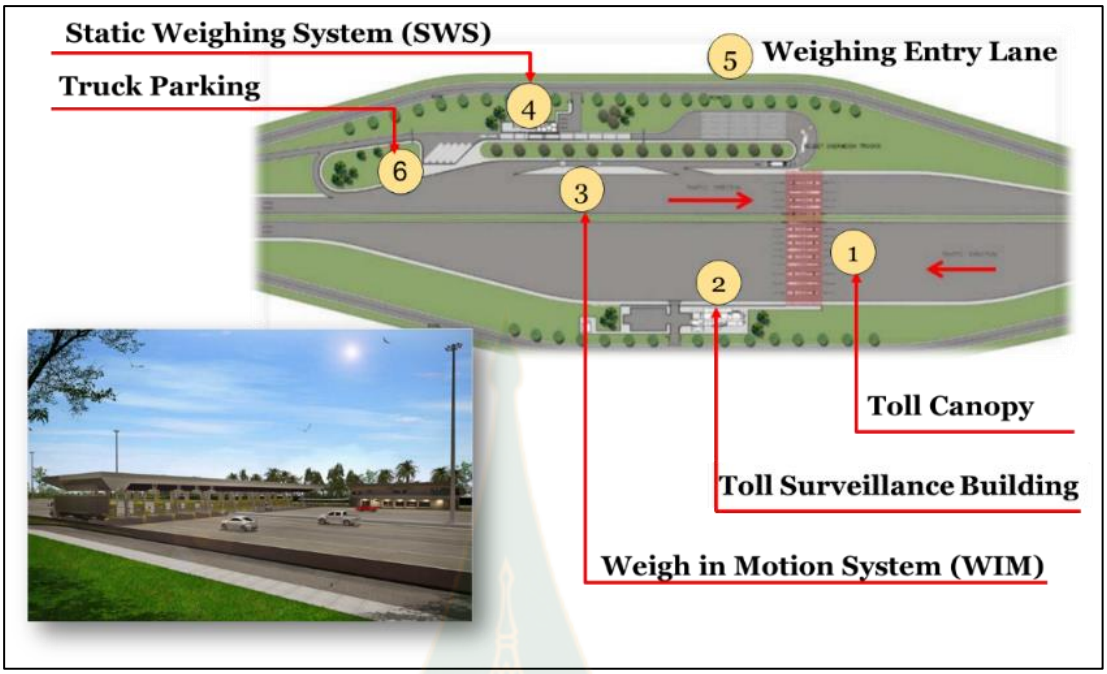
(1) ระบบควบคุมการจราจร (Traffic Control Surveillance System) เป็นระบบที่จะช่วยลดโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุของผู้เดินทางและช่วยอำนวยการจราจรให้มีความสะดวกรวดเร็วมากขึ้น โดยระบบประกอบด้วยห้องควบคุมกลางเพื่อเชื่อมโยงสั่งการไปยังเครื่องมืออุปกรณ์อำนวยการจราจรต่างๆ ตลอดสายทาง ประกอบด้วย 6 ระบบย่อยคือ ระบบกล้องโทรทัศน์วงจรปิด ระบบโทรศัพท์ฉุกเฉิน ระบบป้ายปรับเปลี่ยนข้อความอัตโนมัติ ระบบวิทยุสื่อสาร ระบบตรวจนับจำนวนยานพาหนะ และระบบคอมพิวเตอร์ควบคุมจราจร ดังภาพที่ 2.9

ภาพที่ 2.9 ระบบควบคุมจราจร

ที่มา : กรมทางหลวง, 2560.

(2) ระบบชั่งน้ำหนัก

ระบบชั่งน้ำหนักบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางจะคัดกรองรถบรรทุกที่บรรทุกน้ำหนักเกินกว่าที่กฎหมายกำหนดซึ่งอาจทำความเสียหายต่อโครงสร้างทางได้ ประกอบด้วย ระบบเครื่องชั่งแบบเคลื่อนที่ (Dynamic or Weighing in Motion System: WIM) และระบบแบบจอดชั่ง (Static Weighing Sysytem: SWS) โดยลักษณะการทำงานคือเมื่อรถบรรทุกแล่นผ่านสถานีที่มีระบบเครื่องชั่งแบบเคลื่อนที่ก่อน ถ้าน้ำหนักไม่เกินกำหนดก็สามารถวิ่งเข้าใช้ทางพิเศษได้ ส่วนรถบรรทุกที่มีน้ำหนักเกินจะต้องเข้าชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่งที่สถานีที่มีระบบแบบจอดชั่ง เพื่อตรวจสอบน้ำหนักให้มีผลถูกต้องและแม่นยำ ดังภาพที่ 2.10

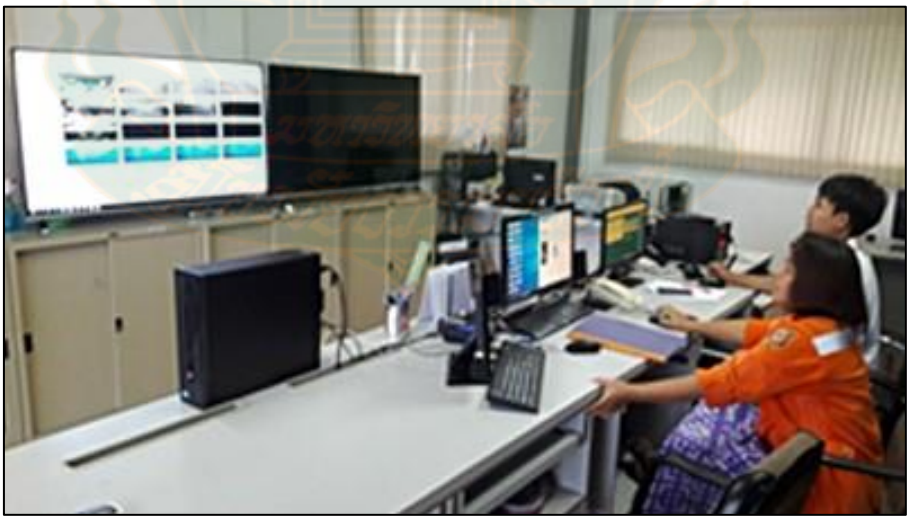


ภาพที่ 2.10 ระบบชั่งน้ำหนัก

ที่มา : กรมทางหลวง, 2560

(3) ระบบกู้ภัย

โครงการได้ออกแบบให้มีระบบกู้ภัยตลอดสายทางเพื่ออำนวยความปลอดภัยและช่วยเหลือผู้ใช้ทางในยามฉุกเฉินให้สามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุภายในช่วงระยะเวลาที่กำหนด



ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างงานระบบกู้ภัย

ที่มา : กรมทางหลวง, 2560.

2.1.2 สถานะและแผนการดำเนินโครงการ

สถานการณ์ดำเนินงานของโครงการมอเตอร์เวย์สายนครปฐม - ชะอำ มีรายละเอียดดังนี้

1) คณะกรรมการนโยบายการให้เอกชนร่วมลงทุนในกิจการของรัฐอนุมัติเห็นชอบให้ดำเนินงานโครงการในรูปแบบทางหลวงสัมปทาน ด้วยการให้เอกชนร่วมลงทุนในรูปแบบ PPP Net Cost ทั้งโครงการเมื่อวันที่ 10 กันยายน 2561

2) รายงานประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment: EIA) ผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติเมื่อปี พ.ศ.2555 ทั้งนี้ ทางหลวงอยู่ระหว่างการดำเนินงานคู่ขนานจัดทำรายงานการเปลี่ยนแปลงรายละเอียดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้เป็นปัจจุบัน

3) การสำรวจที่ดินและทรัพย์สินที่เวนคืนได้ดำเนินการแล้วเสร็จและอยู่ระหว่างเตรียมออกพระราชกฤษฎีกากำหนดเขตที่ดินในบริเวณที่ที่จะเวนคืน ทั้งนี้ต้องขอออกพระราชกฤษฎีกากำหนดเขตที่ดินในบริเวณที่ที่จะเวนคืนภายหลังคณะรัฐมนตรีอนุมัติให้ดำเนินโครงการ คาดว่าจะเริ่มจัดกรรมสิทธิ์ที่ดินได้ภายในปี พ.ศ.2566 - 2567

ปัจจุบันกรมทางหลวงอยู่ระหว่างศึกษาทบทวนรูปแบบและขอบเขตการให้เอกชนร่วมลงทุนตามติคณะกรรมการนโยบายการให้เอกชนร่วมลงทุนในกิจการของรัฐ ซึ่งคาดว่าจะเสร็จภายในกลางปี พ.ศ.2565 และประกาศเชิญชวนและคัดเลือกเอกชนภายในปี พ.ศ.2565 - 2566 และดำเนินการก่อสร้างช่วงปี พ.ศ.2567 – 2570 และเปิดให้บริการปี พ.ศ.2570

2.2 การศึกษาผลกระทบภายนอกต่อสังคม

ประเทศไทยมีการพัฒนามอเตอร์เวย์อย่างเป็นระบบมาตั้งแต่เริ่มมีแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมฉบับแรกๆ โดยแนวทางการพัฒนาทางหลวงในอดีตนั้นเริ่มต้นจากการก่อสร้างทางหลวงสายหลักเชื่อมระหว่างภูมิภาคต่างๆ เข้าด้วยกัน หลังจากนั้นก็ทำการพัฒนาเส้นทางเพื่อเชื่อมโยงระหว่างจังหวัดและระหว่างอำเภอ ตามลำดับ โดยในช่วงปี พ.ศ.2530 (แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมฉบับที่ 6) เศรษฐกิจของประเทศไทยมีการขยายตัวในอัตราที่สูงมากทำให้ความต้องการในการเดินทางทางถนนมีสูง โดยเฉพาะทางหลวงหมายเลข 4 หรือถนนเพชรเกษม ที่เชื่อมโยงระหว่างกรุงเทพมหานครและจังหวัดในภาคใต้ ส่งผลให้โครงข่ายทางหลวงที่มีอยู่ไม่สามารถรองรับความต้องการในการเดินทางก่อให้เกิดปัญหาการจราจรหนาแน่นและติดขัดบนถนนเพชรเกษมหรือบริเวณเมืองหลัก จึงทำให้รัฐบาลจะมีนโยบายแก้ไขปัญหาโดยการเร่งขยายจำนวนช่องจราจรของถนนเพชรเกษมให้เพิ่มขึ้นเพื่อรองรับการสัญจรของประชาชนในอนาคต

อย่างไรก็ดีดูเหมือนการแก้ไขปัญหาโดยการขยายช่องจราจรของถนนเพชรเกษมจะช่วยแก้ไขปัญหาได้เพียงระยะหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากถนนเพชรเกษมจะมีแนวเส้นทางที่ผ่านเมืองหรือมีชุมชนอยู่บริเวณ 2 ฝั่งของเส้นทางทำให้ไม่สามารถใช้ความเร็วในการเดินทางได้สูงมากนัก ดังนั้น กรมทางหลวง (2560) จึงได้มีแนวคิดที่จะทำการพัฒนาทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 8 สายนครปฐม – ชะอำ หรือมอเตอร์เวย์สายนครปฐม – ชะอำ ซึ่งเป็นทางหลวงที่มีมาตรฐานสูงกว่าทางหลวงแผ่นดินที่เชื่อมระหว่างภูมิภาค เพื่อรองรับความต้องการในการเดินทางและขนส่งที่สูงขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของประชากรและการเติบโตของเศรษฐกิจของประเทศ กรมทางหลวงมีความเห็นว่าเพื่อเป็นการรองรับความต้องการในการเดินทางและขนส่งในอนาคต ลดค่าใช้จ่ายในการเดินทางโดยรวม เพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน และส่งเสริมให้การพัฒนาประเทศดำเนินการได้ตามยุทธศาสตร์ต่างๆ ที่กำหนดไว้ เพื่อให้ประเทศมีระบบการขนส่งที่มีประสิทธิภาพและเป็นศูนย์กลางการคมนาคมขนส่งของภูมิภาคได้อย่างยั่งยืน

ซึ่งแนวเส้นทางโครงการมอเตอร์เวย์สายนครปฐม – ชะอำ ได้รับการคัดเลือกว่ามีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการพัฒนาระบบการคมนาคม เพราะมีการพิจารณาหลีกเลี่ยงพื้นที่อ่อนไหวด้านสิ่งแวดล้อมตั้งแต่ระยะเริ่มต้นของการศึกษา เช่น ป่าสงวนแห่งชาติ ป่าอนุรักษ์ แหล่งโบราณสถาน วัด โรงเรียน สถานีอนามัย เป็นต้น รวมทั้งพื้นที่สำคัญในท้องถิ่นเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสังคมในด้านสิ่งแวดล้อมและคุณค่าต่างๆ เช่น ทรัพยากรสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ทรัพยากรสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ คุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ และคุณค่าต่อคุณภาพชีวิต เป็นต้น ซึ่งในระยะก่อนก่อสร้างมีกิจกรรมพัฒนาโครงการที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบ เช่น การรื้อย้ายสิ่งปลูกสร้าง สาธารณูปโภค หรือสิ่งกีดขวาง การก่อสร้างสำนักงานควบคุมงานและบ้านพักคนงาน เป็นต้น ส่วนในระยะก่อสร้างมีกิจกรรมพัฒนาโครงการที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบ เช่น งานขนดินหรือหิน งานผิวทางและชั้นทาง งานโครงสร้าง งานระบบระบายน้ำ การก่อสร้างโครงสร้างยกระดับ เป็นต้น และในระยะดำเนินการมีกิจกรรมพัฒนาโครงการที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบ เช่น งานบำรุงรักษาทาง การคมนาคม บนทางมอเตอร์เวย์ เป็นต้น จากที่กล่าวมาหากมีการก่อสร้างโครงการและเปิดให้บริการจะทำให้เกิดประโยชน์หรือผลกระทบภายนอกต่อสังคมเชิงบวกในด้านธุรกิจเติบโต ความสะดวกในการเดินทาง ความปลอดภัยในการเดินทาง และการเพิ่มอาชีพในชุมชน

2.2.1 การประเมินผลกระทบภายนอกต่อสังคมที่ไม่ชัดแจ้งด้วยเทคนิคราคาเงา

กรณีมูลค่าการประเมินที่เกิดจากผลกระทบภายนอกต่อสังคมเชิงบวกจากการสร้างโครงการผ่าน 4 มิติ ประกอบด้วย มิติทางด้านธุรกิจ มิติทางด้านการเดินทาง มิติทางด้านความปลอดภัย และมิติด้านการพัฒนาอาชีพ ซึ่งสะท้อนผ่านแบบจำลองเศรษฐมิติได้ ดังสมการที่ 2.1

$$\phi_{ij} = \beta_0 + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\lambda_{ij}\omega_{ij} + \mu\chi + \upsilon_{ij} \quad (2.1)$$

โดยให้ตัวแปร

ϕ_{ij} แทน ผลกระทบระดับที่ i ในมิติที่ j

เมื่อ i = 1 คือ มีผลประโยชน์เล็กน้อย

i = 2 คือ ค่อนข้างมีผลประโยชน์

i = 3 คือ มีผลประโยชน์อย่างมาก

และ j = 1 คือ มิติด้านธุรกิจ

j = 2 คือ มิติทางด้านการเดินทาง

j = 3 คือ มิติทางด้านความปลอดภัย

j = 4 คือ มิติด้านการพัฒนาอาชีพ

λ_{ij} แทน เวกเตอร์ของค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมาณ

ω_{ij} แทน เวกเตอร์ของตัวแปรบรรยาย

μ แทน ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมาณของตัวแปรรายได้

χ แทน ตัวแปรรายได้

υ_{ij} แทน ค่าความคลาดเคลื่อนในแบบจำลอง

แต่อย่างไรก็ตาม การสร้างเส้นทางคมนาคมไม่ว่าจะเป็นในตัวเมือง ชานเมือง หรือการเชื่อมโยงระหว่างตัวเมืองย่อมส่งผลกระทบต่อชุมชนที่อยู่โดยรอบและภาพรวมของประเทศหรือแม้แต่ในระดับโลกเองก็ตาม จากภาพรวมการสำรวจในปี ค.ศ.2020 ของสำนักงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (EPA, 2018) การคมนาคมมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดที่ร้อยละ 28 เมื่อเทียบกับภาคส่วนอื่น ได้แก่ การผลิตกระแสไฟฟ้า การเกษตร เป็นต้น และทางถนนมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงถึงร้อยละ 82 นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงผลกระทบภายนอกต่อสังคมอื่นๆ อีกหลายด้าน ได้แก่ จากรายงานของ Parry et al. (2007) ได้ศึกษาถึงผลกระทบภายนอกจากการใช้ยานพาหนะ 4 ด้าน ได้แก่ ด้านมลพิษทางอากาศบริเวณเส้นทาง การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ค่าเสียโอกาสจากความคับคั่งทางจราจร และการเกิดอุบัติเหตุทางท้องถนน

ในทำนองเดียวกันนอกเหนือจากผลกระทบของการใช้ยานพาหนะ Korzhenevych et al. (2014) ยังรายงานถึงผลกระทบภายนอกต่อสังคมอันได้แก่ มลพิษทางอากาศ ความคับคั่งทางจราจร การเกิดอุบัติเหตุทางท้องถนนแล้ว ยังรวมถึงผลกระทบจากการใช้เส้นทาง ได้แก่ ผลกระทบจากมลภาวะทางเสียง ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ (Climate Change) ผลกระทบจากกระบวนการผลิตที่เกี่ยวข้องที่เกิดขึ้นทั้งก่อนและหลังการใช้เส้นทางเพื่อการคมนาคม เช่น การผลิต

น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะ การผลิตและบำรุงรักษายานพาหนะ การสร้างและบำรุงรักษาเส้นทาง เป็นต้น อีกทั้งยังมีประเด็นที่ควรพิจารณาคือต้นทุนส่วนเพิ่มจากค่าบำรุงรักษาเส้นทางที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการความทรุดโทรมอันเป็นผลจากการมียานพาหนะสัญจรเส้นทางเป็นปริมาณมากอย่างต่อเนื่อง จากที่กล่าวมาหากมีการก่อสร้างโครงการและเปิดให้บริการจะส่งผลให้เกิดความเดือนร้อนหรือผลกระทบภายนอกต่อสังคมเชิงลบในด้านสุขภาพ การปลูกพืชที่มีสารตกค้าง การรบกวนต่อเลี้ยงสัตว์ และชีวิตประจำวันของประชาชนในชุมชน

กรณีมูลค่าการประเมินที่เกิดจากผลกระทบภายนอกต่อสังคมเชิงลบจากการสร้างโครงการผ่าน 4 มิติ ประกอบด้วย มิติทางด้านสุขภาพ มิติทางด้านผลผลิตทางการเกษตร มิติทางด้านการเลี้ยงสัตว์ และมิติด้านการใช้ชีวิต ซึ่งสะท้อนผ่านแบบจำลองเศรษฐมิติได้ ดังสมการที่ 2.2

$$\eta_{ij} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \lambda_{ij} \omega_{ij} + \mu\chi + \varepsilon_{ij} \qquad (2.2)$$

โดยให้ตัวแปร

η_{ij} แทน ผลกระทบระดับที่ i ในมิติที่ j

เมื่อ i = 1 คือ ผลกระทบที่ไม่มีความรุนแรง

i = 2 คือ ผลกระทบที่ค่อนข้างมีความรุนแรง

i = 3 คือ ผลกระทบที่มีความรุนแรง

i = 4 คือ ผลกระทบที่มีความรุนแรงสูง

และ j = 1 คือ มิติด้านสุขภาพ

j = 2 คือ มิติทางด้านผลผลิตทางการเกษตร

j = 3 คือ มิติทางด้านการเลี้ยงสัตว์

j = 4 คือ มิติด้านการใช้ชีวิต

λ_{ij} แทน เวกเตอร์ของค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมาณ

ω_{ij} แทน เวกเตอร์ของตัวแปรบรรยาย

μ แทน ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมาณของตัวแปรรายได้

χ แทน ตัวแปรรายได้

ε_{ij} แทน ค่าความคลาดเคลื่อนในแบบจำลอง

ในการประเมินผลกระทบที่ไม่ชัดแจ้งด้วยเทคนิคราคาเงานั้นจะถูกสะท้อนผ่านตัวแปรรายได้ ซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญในการระบุว่าเมื่อเกิดผลกระทบภายนอกต่อสังคมแล้วจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของรายได้ส่วนบุคคลหรือไม่ ดังนั้น ในตัวแปรดังกล่าวจึงจำเป็นต้องตรวจสอบนัยสำคัญ

ก่อนดำเนินการประเมินผลกระทบ ซึ่งหากแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นไม่ปรากฏนัยสำคัญในตัวแปรดังกล่าว จะถูกสมมุติว่าผลกระทบในด้านนั้นๆ ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเชิงประจักษ์อย่างแท้จริง โดยสามารถประเมินผลกระทบได้ ดังสมการที่ 2.3

$$\Lambda_{ij} = \frac{\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\lambda_{ij}\right]}{\mu} \tag{2.3}$$

โดยให้ตัวแปร

Λ_{ij} แทน ราคาเงาที่เกิดจากผลกระทบระดับที่ i ในมิติที่ j

λ_{ij} แทน เวกเตอร์ของค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมาณที่มีนัยสำคัญทางสถิติ

μ แทน ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมาณของตัวแปรรายได้

2.2.2 การวิเคราะห์มูลค่าผลกระทบภายนอกจากเส้นทางคมนาคม

นอกจากการประเมินผลกระทบภายนอกต่อสังคมที่ไม่ชัดแจ้งด้วยเทคนิคราคาเงายังมีการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบภายนอกต่อสังคมจากเส้นทางคมนาคมดังที่กล่าวมาข้างต้น รวมทั้งในผลกระทบภายนอกในด้านอื่นๆ ของนักวิจัยจากทั่วโลก ส่วนหนึ่งของการศึกษาดังกล่าวแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบภายนอกจากเส้นทางคมนาคมแต่ละด้าน

ผลกระทบภายนอก	แหล่งที่มา
มลพิษทางอากาศ	HEATCO (2006); Preiss and Klotz (2007); Brandt et al. (2010); Korzhenevych et al. (2014)
มลภาวะทางเสียง	Palmquist (2019); Arbel et al. (2017); Ossokina & Verweij (2015)
ความคับคั่งทางจราจร	Vickrey (1963); Vickrey (1967); Peeta & Ziliaskopoulos (2001); De Palma & Lindsey (2006); Korzhenevych et al. (2014)
การเกิดอุบัติเหตุ	Lindberg (2001); Sommer et al. (2002); Lindberg et al., (2006); CE Delft et al. (2011); Korzhenevych et al. (2014)
อื่น ๆ	Korzhenevych, et al. (2014)

จากรายงานของ Korzhenevych et al. (2014) ที่เสนอต่อคณะกรรมาธิการยุโรปซึ่งสรุปแนวทางการวิเคราะห์และชุดข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบภายนอกต่อสังคมในด้านต่างๆ ดังนี้

1) ผลกระทบภายนอกจากมลพิษทางอากาศ

ผลกระทบภายนอกจากมลพิษทางอากาศในที่นี้จะพิจารณาถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และปริมาณฝุ่นละอองในอากาศที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM 2.5) แอมโมเนีย (NH_3) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ดังสมการที่ 2.4

$$C_{pol} = \left(\alpha_1 EF_{PM2.5} + \beta_1 EF_{NH_3} + \beta_2 EF_{SO_2}\right)P_{DALY} \quad (2.4)$$

โดยให้ตัวแปร

C_{pol} แทน ผลกระทบภายนอกจากการมลพิษทางอากาศ (บาทต่อคันกิโลเมตร)

α_1 , β_1 และ β_2 แทน ปัจจัยลักษณะเฉพาะจากการปล่อย PM 2.5, NH_3 และ SO_2 ตามลำดับที่ขึ้นอยู่กับพื้นที่ที่ทำการศึกษา (DALY ต่อกรัม)

$EF_{PM2.5}$, EF_{NH_3} และ E_{SO_2} แทน ปริมาณการปล่อย PM 2.5, NH_3 และ SO_2 ตามลำดับ(กรัมต่อคันต่อกิโลเมตร)

การประเมินผลกระทบภายนอกจากมลภาวะทางอากาศซึ่งเชื่อมโยงกับผลกระทบด้านสุขภาพสามารถทำได้โดยการคูณกับ P_{DALY} แทน มูลค่าของอายุที่สั้นลง (Disability Adjusted Life Years: DALY) ด้วยมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้อง โดย Vlachokostas, et al. (2012) แนะนำค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52,000 ยูโรหรือ 1,890,000 บาทต่อDALY (อัตราแลกเปลี่ยน 1 ยูโรเท่ากับ 36.34 บาท) อย่างไรก็ดี ควรต้องมีการค้นคว้าเพิ่มเติมในการกำหนดต้นทุนที่เหมาะสมของผลกระทบจากสภาวะโลกร้อนจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ดังสมการที่ 2.5

$$C_{GHG} = P_{GHG} \times EF \times FC \quad (2.5)$$

โดยให้ตัวแปร

C_{GHG} แทน ผลกระทบจากสภาวะโลกร้อนจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (บาทต่อคันต่อกิโลเมตร

EF แทน สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง (กรัมต่อกรัมเชื้อเพลิง) ที่มีอัตราการ FC (กรัมต่อคันต่อกิโลเมตร)

2) ผลกระทบจากมลภาวะทางเสียง

แนวทางการประมาณผลกระทบภายนอกต่อสังคมจากเสียงรบกวนในแต่ละช่วงเส้นทางนั้นแบ่งเป็น 2 แนวทางคือ ผลกระทบทางเสียงที่ประชาชนได้รับผลกระทบในพื้นที่ของเสียงรบกวนในช่วงเส้นทาง (บาทต่อ dB ต่อคน) และค่าเสื่อมราคา (Depreciation Rate) เป็นร้อยละต่อปีของราคาที่ดินที่ลดลงเนื่องจากมลภาวะทางเสียงทั้งสองฝั่งถนน ดังสมการที่ 2.6

$$C_{dB} = r(EMI_{dB} - EMI^{*}_{dB})P_l A/Vkm \quad (2.6)$$

โดยให้ตัวแปร

C_{dB} แทน ผลกระทบภายนอกจากมลภาวะทางเสียงในช่วงเส้นทาง (บาทต่อคันต่อกิโลเมตร)

r แทน อัตราเสื่อมราคา (ร้อยละต่อ dB)

P_l แทน ราคาที่ดิน (บาทต่อตารางกิโลเมตร)

A แทน พื้นที่สองฝั่งถนนที่ได้รับผลกระทบจากมลภาวะทางเสียงในช่วงเส้นทางที่ศึกษา

Vkm แทน ปริมาณการเดินทางทั้งหมดตลอดปี

3) ผลกระทบจากความคับคั่งการจราจร

ผลกระทบภายนอกต่อสังคมจากความคับคั่งทางจราจรในระดับการจำกัดความเร็วตามกฎหมายของรถยนต์ประเภทต่าง ๆ ในแต่ละช่วง ดังสมการที่ 2.7

$$C_{con} = \left(\frac{1}{V} - \frac{1}{V_{max}}\right) P_{time} \quad (2.7)$$

โดยให้ตัวแปร

C_{con} แทน ผลกระทบภายนอกจากความคับคั่งทางจราจร (บาทต่อคันต่อกิโลเมตร)

V และ V_{max} แทน ความเร็วเฉลี่ยของรถยนต์และความเร็วสูงสุดตามที่กฎหมายอนุญาตตามลำดับ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

P_{time} แทน ค่าเสียเวลา (บาทต่อชั่วโมง)

4) ผลกระทบจากการเกิดอุบัติเหตุทางท้องถนน

ผลกระทบภายนอกต่อสังคมจากการเกิดอุบัติเหตุทางท้องถนนนั้น ไม่เพียงขึ้นอยู่กับความรุนแรงของอุบัติเหตุ แต่ยังขึ้นอยู่กับระบบประกันภัยด้วย เช่น ต้นทุนทางสังคมของอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับการจราจร (Korzhenevych et al., 2014) เป็นต้น ค่าใช้จ่ายเหล่านี้สามารถหาได้จากการปรับความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของต้นทุนที่เกิดจากการเสียชีวิตและการบาดเจ็บเนื่องจากอุบัติเหตุสำหรับบุคคลที่มีความเสี่ยง สำหรับญาติและเพื่อนของบุคคลที่มีความเสี่ยง และต้นทุนอุบัติเหตุสำหรับส่วนที่เหลือของสังคม ดังสมการที่ 2.8

$$C_{acc} = \frac{P_F X_F + P_{SI} C_{SI} + P_{LI} X_{LI}}{Vkm} \tag{2.8}$$

โดยให้ตัวแปร

C_{acc} แทน ผลกระทบภายนอกจากการเกิดอุบัติเหตุทางท้องถนน (บาทต่อคันต่อกิโลเมตร)

X_F, X_{SI} และ X_{LI} แทน จำนวนการเกิดอุบัติเหตุร้ายแรงถึงชีวิต บาดเจ็บหนัก และบาดเจ็บเล็กน้อย ตามลำดับต่อปี

P_F, P_{SI} และ P_{LI} แทน ค่าเฉลี่ยของความเสียหายต่อสังคมสำหรับกรณีร้ายแรงถึงชีวิต บาดเจ็บหนัก และบาดเจ็บเล็กน้อย ตามลำดับ (บาทต่อกรณี)

Vkm แทน ปริมาณการเดินทางทั้งหมดตลอดปี

5) ผลรวมของผลกระทบภายนอกตลอดเส้นทางที่ศึกษา

ผลกระทบภายนอกทั้งหมดตลอดเส้นทางที่ทำการศึกษาคือ ผลรวมของผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ ผลกระทบจากมลภาวะทางเสียง ผลกระทบจากความคับคั่งการจราจร และผลกระทบจากการเกิดอุบัติเหตุทางท้องถนน ดังสมการที่ 2.9

$$C_{total} = C_{pol} + C_{GHG} + C_{dB} + C_{con} + C_{acc} \tag{2.9}$$

โดยให้ตัวแปร

C_{total} แทน ผลรวมของผลกระทบภายนอกตลอดเส้นทางที่ศึกษา (บาทต่อคันต่อกิโลเมตร)

ซึ่งมลพิษทางอากาศและก๊าซเรือนกระจกได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวางว่า เป็นผลกระทบภายนอกหลักจากการขนส่งทางถนน อีกทั้งการวิจัยเกี่ยวกับมลพิษทางอากาศยืนยันว่าการขนส่งทางถนนเป็นรูปแบบการขนส่งที่ก่อให้เกิดมลพิษมากที่สุด โดยการปล่อยมลพิษส่วนใหญ่สามารถคาดการณ์ได้อย่างแม่นยำหากทราบปริมาณการใช้พลังงาน (Demir, Bektaş & Laporte, 2011) ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองในการวิเคราะห์ปริมาณมลพิษที่ถูกปล่อยออกมาได้อย่างตรงไปตรงมา โดยมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณการปล่อยมลพิษจากการขนส่งทางถนน (COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transportation: COPERT) เป็นหนึ่งในแบบจำลองการปล่อยมลพิษที่เป็นที่รู้จักมากที่สุดและได้รับทุนสนับสนุนการพัฒนาจากสหภาพยุโรป (Ntziachristos, Gkatzoflias, Kouridis & Samaras, 2009) แบบจำลองนี้ได้ประเมินการปล่อยไอเสียสำหรับรถยนต์ประเภทต่างๆ ตามประเภทเครื่องยนต์และประเภทรถ ซึ่งขับเคลื่อนโดยฐานข้อมูลการปล่อยมลพิษที่ครอบคลุมทั้งเทคโนโลยีเครื่องยนต์และความเร็ว ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ COPERT 5.5.1 (https://www.emisia.com/utilities/copert) ซึ่งสามารถใช้ได้โดยอิสระเพื่อการวิจัย วิทยาศาสตร์ และการศึกษา

2.3 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดราคาค่าผ่านทาง

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดราคาค่าผ่านทางโครงการมอเตอร์เวย์สายนครปฐม – ชะอำ เพื่อให้ผู้เดินทางและผู้ประกอบการขนส่งสินค้านั้นพึงพอใจที่จะใช้บริการในอนาคต ผู้วิจัยจึงใช้แนวคิดการกำหนดสถานการณ์สมมติ (Stated Preference) ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีที่สามารถประเมินมูลค่าการเดินทางจากการสอบถามความพึงพอใจหรือความเต็มใจของผู้เดินทางและผู้ประกอบการขนส่งสินค้าในการเลือกรูปแบบการเดินทางที่จะจ่ายเพื่อปรับปรุงคุณภาพของการเก็บค่าผ่านทางให้ดียิ่งขึ้น โดยมีการสร้างสถานการณ์จำลอง (Hypothetical Scenario) ให้สอดคล้องกับเหตุการณ์ปัจจุบัน และวิเคราะห์ด้วยการถดถอยโลจิสติกพหุ (Multinomial Logistic Regression) เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการเดินทางและอธิบายสัดส่วนปริมาณของรูปแบบการเดินทางที่เปลี่ยนแปลง

2.3.1 การกำหนดสถานการณ์สมมติ

การประยุกต์ใช้เทคนิคการกำหนดสถานการณ์สมมติ (Stated Preference: SP) เป็นวิธีที่ได้รับการคิดค้นพัฒนาเพื่อใช้ในการวิจัยตลาดของสินค้าอุปโภคและบริโภคมาก่อน และต่อมาในปลายทศวรรษ 1970 ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกซื้อหรือใช้บริการอย่าง

แพร่หลาย โดยที่การสำรวจข้อมูลด้วยวิธีนี้เป็นการศึกษาความคิดเห็นและการตัดสินใจของกลุ่มเป้าหมายภายใต้สถานการณ์ที่ยังไม่เคยเกิดขึ้นแต่ถูกสมมติขึ้นมา และได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์อุปสงค์และการตัดสินใจนโยบายสาธารณะในหลายๆ งาน เช่น การวางแผนที่อยู่อาศัย การวางแผนนโยบายของภาครัฐ สิ่งแวดล้อม การคมนาคมขนส่ง เป็นต้น (ประพัทธ์พงษ์ อุปลา, 2553) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ลักษณะของข้อมูลในแบบจำลองการวิเคราะห์อุปสงค์

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการวิเคราะห์ความต้องการตัดสินใจและพฤติกรรมของผู้บริโภค มักจะได้มาจากการสอบถามกลุ่มเป้าหมายที่มีศักยภาพหรือแนวโน้มในการตัดสินใจเลือกตามที่ผู้วิจัยสนใจศึกษา ซึ่งสามารถแยกวิธีการสำรวจและเก็บข้อมูลได้ 2 แบบ ดังตารางที่ 2.2 คือ

(1) การสำรวจข้อมูลการตัดสินใจเลือกสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน (Revelead Preference: RP) เช่น การตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางที่ใช้ไปทำงาน ซึ่งได้เกิดขึ้นแล้วเมื่อวานนี้ เป็นต้น

(2) การสำรวจข้อมูลการตัดสินใจเลือกภายใต้สถานการณ์ที่ยังไม่เคยเกิดขึ้นแต่ถูกสมมติขึ้นมา (Stated Preference: SP)

2) ลำดับขั้นของการวิเคราะห์

(1) การออกแบบวิธีการสำรวจข้อมูล ต้องกำหนดรายละเอียดที่สำคัญ ดังนี้

- สถานการณ์และทางเลือกที่จะให้กลุ่มเป้าหมายพิจารณาเลือก
- กลุ่มเป้าหมายและตัวอย่างในการสำรวจข้อมูล และวิธีการสำรวจ
- แนวทางและวิธีการการนำเสนอทางเลือก
- วิธีวัดความคิดเห็นและการตัดสินใจของกลุ่มเป้าหมาย

(2) การสำรวจข้อมูลในสนาม

(3) การพัฒนาแบบจำลองจากข้อมูลที่สำรวจได้

(4) การตรวจสอบความถูกต้องและความแม่นยำของแบบจำลอง และอาจรวมถึงการนำแบบจำลองที่ผ่านการตรวจสอบไปใช้ในการพยากรณ์

3) การออกแบบสอบถามการสำรวจ

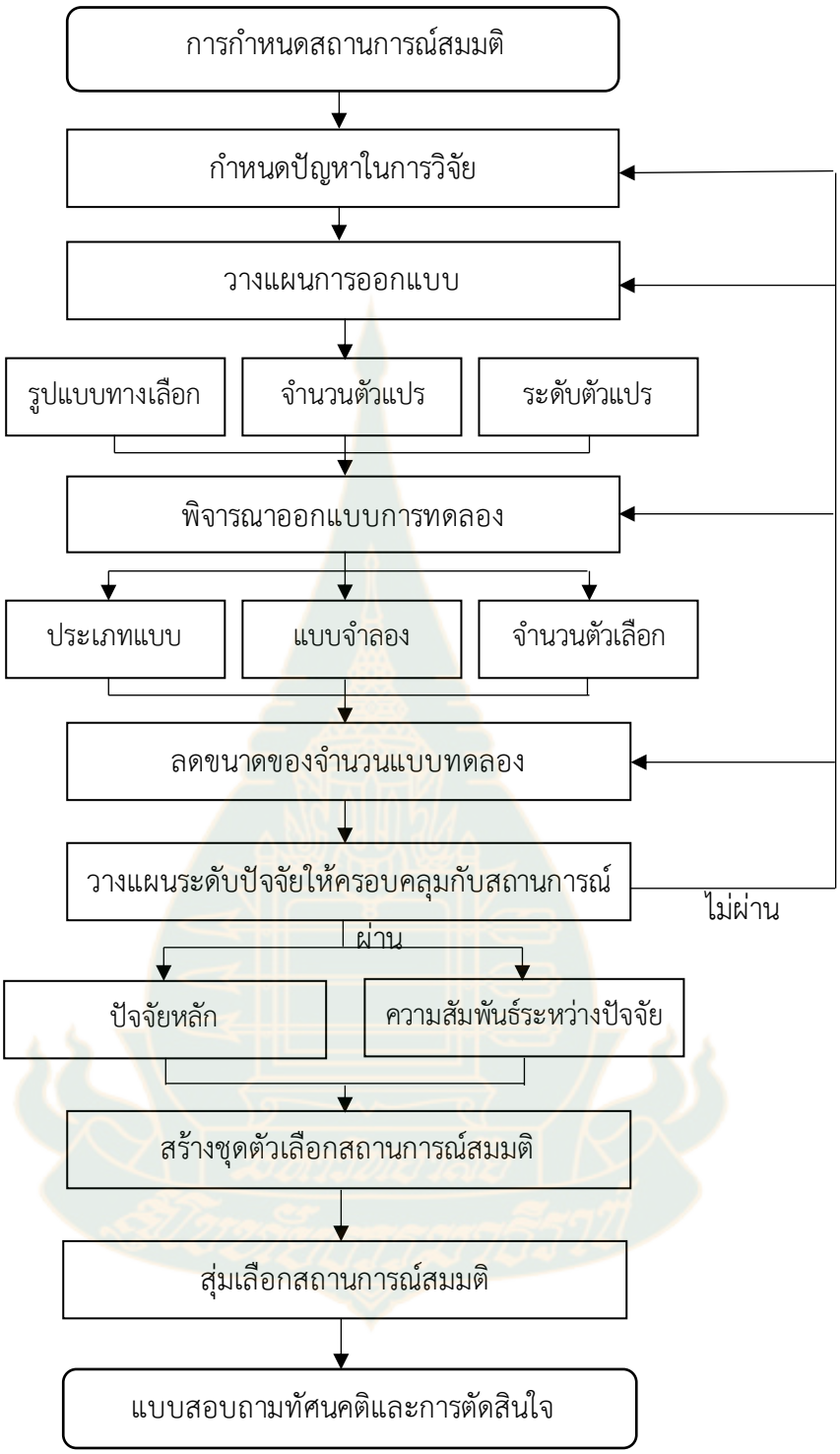
การออกแบบสอบถามการเก็บและสำรวจข้อมูลการเลือกใช้รูปแบบความต้องการในการตัดสินใจและพฤติกรรมของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไปจากสถานการณ์ที่ยังไม่เคยปรากฏมาก่อนจึงจำลองสถานการณ์ให้ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกตอบตามความพึงพอใจ โดยอ้างอิงจากนโยบายปัจจุบัน เพื่อมุ่งหวังการพัฒนาแบบจำลองตอบสนองความต้องการที่เปลี่ยนแปลงใน

อนาคต โดยขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามและกำหนดสถานการณ์สมมติ (Stated Preference Survey: SP Survey) (Sanko, 2001) ดังภาพที่ 2.12 มีรายละเอียดที่สำคัญดังต่อนี้

ตารางที่ 2.2 ข้อดีและข้อด้อยระหว่างการสำรวจด้วยวิธี RP กับ SP

วิธี	ข้อดี	ข้อด้อย
Revealed Preference (RP)	- ได้รับข้อมูลการตัดสินใจภายใต้สถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงแล้ว	- วัดได้เฉพาะคุณสมบัติบางอย่าง - ค่าใช้จ่ายสูงกว่า - เก็บข้อมูลได้จำนวนน้อยและยากกว่า - ตัวแปรมีความเกี่ยวเนื่องสัมพันธ์สูงอาจทำให้ไม่สามารถแยกอิทธิพลของตัวแปรออกจากกันได้อย่างถูกต้อง - ตัวแปรอาจมีความผันแปรน้อยจนยากที่จะศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่จะมีต่อพฤติกรรมของผู้ใช้บริการขนส่ง - อาจเกิดความผิดพลาดในการวัดค่า - ไม่สามารถกำหนดสถานการณ์การเลือกได้
Stated Preference (SP)	- สามารถกำหนดและควบคุมค่าของตัวแปรได้โดยตรง - สามารถศึกษาพฤติกรรมของผู้ใช้บริการขนส่งที่มีต่อสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่ยังไม่เคยมีหรือเกิดขึ้นมาก่อน - ค่าใช้จ่ายต่ำกว่า - สามารถกำหนดสถานการณ์ทางเลือกได้ - เก็บข้อมูลได้จำนวนมากและง่ายกว่า - สามารถวัดการตัดสินใจได้หลายวิธี เช่น Choice, Ranking, Rating - สามารถวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมเชิงคุณภาพได้	- ได้รับข้อมูลการตัดสินใจภายใต้สถานการณ์ที่สมมติขึ้น ซึ่งไม่สามารถมั่นใจได้ว่า ผู้ใช้บริการจะกระทำตามที่แสดงเจตจำนงไว้หากสถานการณ์เหล่านั้นเกิดเป็นจริงขึ้นมาในภายหลัง

แหล่งที่มา: Wardman, 1988.



ภาพที่ 2.12 ขั้นตอนการกำหนดสถานการณ์สมมติและการสร้างแบบสอบถาม

แหล่งที่มา: Sanko, 2001.

(1) การกำหนดปัญหาในการวิจัย (Problem Refinement) คือ สถานการณ์ที่ผู้วิจัยเห็นว่าควรมีการปรับปรุงและพัฒนาศักยภาพเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคสอดคล้องกับสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นจริง

(2) การวางแผนการออกแบบ (Strimuli Refinement) เพื่อกำหนดลักษณะทางเลือกใหม่ในการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ประกอบด้วย การกำหนดรูปแบบทางเลือก กำหนดตัวแปรในแบบจำลอง และกำหนดระดับของตัวแปร ดังนี้

- การกำหนดรูปแบบทางเลือก (Alternative Identification) ควรให้กลุ่มเป้าหมายแต่ละคนพิจารณาสถานการณ์ทางเลือกจำนวนกี่สถานการณ์ และในแต่ละสถานการณ์ควรจะมีรูปแบบทางเลือกที่จะให้กลุ่มเป้าหมายพิจารณาเลือก โดยต้องสอดคล้องกับประเด็นที่ต้องการจะศึกษาและวิจัย
- การกำหนดจำนวนตัวแปรในแบบจำลอง (Attribute Identification) จะต้องเลือกระหว่างความสมบูรณ์ของแบบจำลองกับความยากลำบากในการสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมาย ในทางทฤษฎีการสำรวจควรครอบคลุมถึงปัจจัยหลักทุกตัวที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่องานวิจัย แต่ในทางปฏิบัติ การสำรวจที่ครอบคลุมถึงปัจจัยหรือตัวแปรจำนวนมากจะมีรายละเอียดที่มากเกินกว่าที่ผู้วิจัยจะรับรู้และเข้าใจได้หมด ซึ่งการบังคับให้ผู้วิจัยพิจารณามากเกินไปอาจจะสร้างความสับสนให้กับผู้ตอบแบบสอบถาม อันเป็นผลให้ความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจลดลงไปได้
- การกำหนดระดับของตัวแปร (Attribute Level Identification) ระดับของตัวแปรจะต้องเพียงพอต่อการนำไปใช้สร้างสมการอรรถประโยชน์ (Utility Function) ในแบบจำลอง และต้องครอบคลุมจุดสูงสุดหรือต่ำสุดของนโยบายในปัจจุบัน แต่จะต้องมีความเป็นไปได้กับสถานการณ์จริงมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ อย่างไรก็ตาม เทคนิคนี้มีสมมติฐานว่า ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในสมการอรรถประโยชน์มีลักษณะเป็นเส้นตรง หากความสัมพันธ์ดังกล่าวไม่เป็นไปในลักษณะเชิงเส้น อาจจะต้องเพิ่มระดับตัวแปรมากกว่า 2 ระดับขึ้นไป (Rungie et al. 2011)

(3) การพิจารณาออกแบบการทดลอง (Experiment Design Consideration) ประกอบด้วย การกำหนดรูปแบบหรือประเภทของสถานการณ์เพื่อเลียนแบบตามสถานการณ์จริง การประยุกต์เครื่องมือทางคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์แบบจำลอง และจำนวนของตัวเลือกหรือสถานการณ์เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ดังนี้

- การกำหนดรูปแบบหรือประเภทของสถานการณ์เพื่อเลียนแบบตามสถานการณ์จริง (Type of Experiment Design) เป็นการพิจารณาถึงความเหมาะสมของรูปแบบของสถานการณ์จำลองโดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตสอดคล้องกับสถานการณ์จริงและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค

- การประยุกต์เครื่องมือทางคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์แบบจำลอง (Model Analysis) เป็นการนำทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่สอดคล้องกับข้อมูลของการทดลองเพื่อเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ

- จำนวนของตัวเลือกหรือสถานการณ์เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค (Size of Experiment Design) เป็นการสร้างความสัมพันธ์และจัดกลุ่มสถานการณ์ระหว่างรูปแบบทางเลือก ตัวแปรในแบบทดลอง และระดับของตัวแปร ซึ่งการจัดกลุ่มสถานการณ์นั้นหากพิจารณาทุกๆ เงื่อนไขในลักษณะ Full Factorial Design[1] คือ การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ X^k เป็นการออกแบบการทดลองที่ใช้ในกรณีที่มี k ปัจจัย แต่ละปัจจัยประกอบด้วย X ระดับ โดยการออกแบบจะแทนระดับสูงด้วยเครื่องหมาย “+” ระดับปานกลางแทนด้วยเครื่องหมาย “0” และระดับต่ำแทนด้วยเครื่องหมาย “-” ซึ่งอาจจะมีสถานการณ์เป็นจำนวนมาก ในทางปฏิบัติไม่สามารถนำสถานการณ์ทั้งหมดไปออกแบบการทดลองได้ซึ่งอาจทำให้ผู้ตอบแบบสอบถามสับสนและไม่ให้ความร่วมมือได้

(4) การลดขนาดของจำนวนแบบแบบทดลอง (Reducing of Experiment Design) จากกลุ่มสถานการณ์สมมติที่ได้ออกมามีจำนวนมาก ผู้วิจัยจึงควรลดจำนวนสถานการณ์ต่างๆ ลงในลักษณะ Fractional Factorial Design[2] โดยอาจจะทำการสุ่มสถานการณ์ต่างๆ บางสถานการณ์มาออกแบบแทน โดยอิงจากสถานการณ์ที่สอดคล้องกับนโยบายปัจจุบันให้เหลือจำนวนสถานการณ์ 8 - 10 สถานการณ์ เพื่อให้ผู้ตอบแบบสอบถามไม่สับสนหรือเลือกตอบเกินความเป็นจริง

(5) การวางแผนออกแบบระดับปัจจัยให้ครอบคลุมกับสถานการณ์สมมติ (Allocate Attribute to Design Column) โดยการกำหนดระดับปัจจัยของแต่ละตัวแปร ขั้นตอนนี้โดยทั่วไปนิยมใช้เทคนิคช่วยในการสุ่มความสัมพันธ์ของสถานการณ์ต่างๆ ที่เลือกขึ้นมา เรียกว่า Orthogonality[3] เป็นการสลับค่าความสัมพันธ์ในระดับสูง กลาง และต่ำของตัวแปรในแต่ละสถานการณ์ โดยให้ความสำคัญกับตัวแปรที่มีความอ่อนไหวต่อผู้ตอบแบบสอบถาม ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของข้อมูลที่สำรวจในโปรแกรมคำนวณทางสถิติเพื่อสร้างสถานการณ์สมมติ

---

[1] Full Factorial Design คือ วิธีการทดลองที่ผู้ทำการทดลองจะต้องทำการทดลองให้ครบทุกเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงค่าของทุกปัจจัยและจะต้องวิเคราะห์ผลกระทบต่อตัวแปรให้ตอบสนองทุกกรณี

[2] Fractional Factorial Design คือ วิธีที่ผู้ทำการทดลองไม่ต้องทำการทดลองให้ครบทุกเงื่อนไขของการเปลี่ยนแปลงค่าในทุกปัจจัย เนื่องจากจะเกิดจำนวนผลลัพธ์ของข้อมูลที่มากเกินไปจนไม่สามารถดำเนินการได้จากข้อจำกัดบางประการในทางปฏิบัติ

[3] Orthogonality คือ ภาษาที่สามารถประยุกต์ใช้โครงสร้างพื้นฐานของระบบข้อมูลและสารสนเทศเพื่อสร้างคำสั่งควบคุมโครงสร้างหลัก โดยปราศจากข้อกำหนดหรือกฎเกณฑ์ใด ๆ

(6) การสร้างชุดตัวเลือกสถานการณ์สมมติ (Generate Choice Sets) หลังจากออกแบบระดับปัจจัยของแต่ละตัวแปรให้ครอบคลุมกับสถานการณ์สมมติสอดคล้องกับความเป็นจริงมากที่สุดแล้ว โปรแกรมก็จะสร้างชุดตัวเลือกของสถานการณ์สมมติให้ผู้วิจัยเป็นแบบสำเร็จรูปพร้อมนำไปใช้ในการวิจัย

(7) การสุ่มเลือกสถานการณ์สมมติจากชุดตัวเลือก (Randomize Choice Sets) หลังจากโปรแกรมสร้างสถานการณ์สมมติที่ครอบคลุมระดับปัจจัยของแต่ละตัวแปรแล้ว ผู้วิจัยอาจมาตรวจสอบสถานการณ์สมมติเองอีกครั้งเพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์จริงและเหมาะสมกับเหตุการณ์ปัจจุบันมากที่สุด เพื่อสร้างตัวเลือกในแบบสอบถามทัศนคติและการตัดสินใจเป็นไปตามการพิจารณาข้อมูล

4) วิธีการสำรวจ

(1) การสำรวจความคิดเห็นและการนำเสนอทางเลือกให้กลุ่มเป้าหมายพิจารณามีความสำคัญมากต่อความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่จะสำรวจ เพราะการสำรวจตามวิธีนี้เป็นการสอบถามความคิดเห็นหรือการตัดสินใจของกลุ่มเป้าหมายในสถานการณ์จำลองที่สมมติขึ้นมา วิธีการสำรวจที่ใช้จึงต้องเป็นวิธีที่จะโน้มน้าวหรือชักจูงให้กลุ่มเป้าหมายที่ถูกสำรวจแสดงความคิดเห็นที่สะท้อนถึงความชอบและพฤติกรรมที่แท้จริงซึ่งแฝงตัวอยู่ วิธีการสำรวจความคิดเห็นและการตัดสินใจมีอยู่ด้วยกัน 3 วิธี คือ การสัมภาษณ์ตัวต่อตัว การสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์ และการสำรวจทางไปรษณีย์ แต่เมื่อคำนึงถึงความจำเป็นที่จะต้องสำรวจความคิดเห็นและการตัดสินใจของผู้บริโภคในบริบทที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดแล้ว การสัมภาษณ์ตัวต่อตัวน่าจะเป็นวิธีที่เหมาะที่สุดสำหรับการสำรวจด้วยวิธีนี้ (Kroes & Sheldon, 1988)

(2) การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษาและความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับพฤติกรรมของกลุ่มเป้าหมาย นอกจากนี้ การกำหนดจำนวนตัวอย่างให้มีความเหมาะสมมีความสำคัญอย่างมากต่อผลการศึกษา ความถูกต้อง และความน่าเชื่อถือของแบบจำลองโดยจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนตัวอย่างที่สำรวจ แต่ในขณะเดียวกัน ค่าใช้จ่ายในการศึกษาก็เพิ่มตามจำนวนตัวอย่างด้วย โดยทั่วไปการสำรวจข้อมูลการตัดสินใจเลือกภายใต้สถานการณ์ที่ยังไม่เคยเกิดขึ้นแต่ถูกสมมติขึ้นมา (Stated Preference: SP) จะใช้จำนวนตัวอย่างน้อยกว่าวิธีการสำรวจข้อมูลการตัดสินใจเลือกสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน (Revealed Preference: RP) เพราะสามารถออกแบบการสำรวจให้ตัวอย่างแต่ละคนแสดงความคิดเห็นที่สะท้อนถึงพฤติกรรมความต้องการในหลายสถานการณ์ที่แตกต่างกันออกไปได้ ในขณะที่การสำรวจข้อมูลการตัดสินใจเลือกสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันจะทราบถึงพฤติกรรมการตัดสินใจของผู้บริโภคในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงเพียงสถานการณ์เดียวเท่านั้น ซึ่งการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การสำรวจข้อมูลการตัดสินใจเลือกภายใต้

สถานการณ์ที่ยังไม่เคยเกิดขึ้นแต่ถูกสมมติขึ้นมาควรสำรวจอย่างน้อยประมาณ 75 - 100 ตัวอย่าง (Ortúzar & Willumsen, 2002)

(3) การวัดความคิดเห็นและการตัดสินใจของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อทางเลือกที่ได้สมมติขึ้นมานิยมดำเนินการใน 3 ลักษณะ (Louvière & Timmermans, 1990) คือ

- ผู้ตอบแบบสอบถามให้คะแนนกับทางเลือกต่าง ๆ (Rating Scale Method) โดยคะแนนที่ให้นั้นจะอยู่ในช่วงที่ถูกกำหนดขึ้นมา เช่น คะแนนอาจถูกกำหนดให้มีค่าระหว่าง 1 ถึง 5 โดยที่คะแนนเท่ากับ 1 หมายความว่า ไม่ชอบเลย ซึ่งความชอบจะเพิ่มขึ้นตามคะแนนจนถึงคะแนนเท่ากับ 5 หมายความว่า ชอบมาก ทำให้ข้อมูลที่ได้มีรายละเอียดมากที่สุด นอกจากข้อมูลจะได้รับการเปรียบเทียบระหว่างทางเลือกที่กำหนดให้พิจารณาแล้วยังได้ระดับความชอบหรือการตอบสนองของผู้ตอบแบบสอบถามมีต่อแต่ละทางเลือกด้วย
- ผู้ตอบแบบสอบถามเรียงลำดับทางเลือกตามความชอบ (Rank Order Method) จะให้ผลการเปรียบเทียบระหว่างทางเลือกที่มีอยู่ทั้งหมด แต่จะไม่มีข้อมูลที่เกี่ยวกับระดับความชอบของกลุ่มเป้าหมายต่อแต่ละทางเลือก
- ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกทางเลือกที่ชอบที่สุดเพียงทางเลือกเดียว (Discrete Choice Method) แม้ทำให้ทราบละเอียดน้อยที่สุดเพราะดำเนินการได้ง่ายที่สุด แต่ก็เป็นวิธีการสำรวจที่สอดคล้องกับความเป็นจริงที่ผู้บริโภคจะต้องเลือกเพียงทางเลือกใดทางเลือกหนึ่งเท่านั้น

(4) ความถูกต้องแม่นยำและความน่าเชื่อถือของแบบจำลองควรได้รับการประเมินใน 2 ด้าน คือ ความน่าเชื่อถือภายใน (Internal Validity) วัดจากความรอบคอบในการออกแบบและการวางแผนการสำรวจข้อมูล การควบคุมการสำรวจข้อมูลในสนาม และความสมเหตุสมผลในเชิงพฤติกรรมของผลการวิเคราะห์ ส่วนความน่าเชื่อถือภายนอก (External Validity) เป็นการประเมินผลการคาดคะเนหรือพยากรณ์ที่วิเคราะห์ได้จากแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมาจะสอดคล้องกับพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในเหตุการณ์ที่เป็นจริงมากน้อยเพียงใด อย่างไรก็ตาม การสำรวจด้วยวิธีนี้หากมีการออกแบบและดำเนินการอย่างรอบคอบจะสามารถพยากรณ์พฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริงได้อย่างแม่นยำในระดับที่ยอมรับได้ (Bradley & Daly, 1994)

2.3.2 การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกพหุ

การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกพหุ (Multinomial Logistic Regression) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์สถิติเชิงคุณภาพ (Qualitative Statistical Techniques) ของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Independent Variable) กับตัวแปรตาม (Dependent Variable) โดยปรับให้อยู่ในรูป

สมการเชิงเส้น (Linear Equation) เพื่อทำนายโอกาสที่จะเกิดหรืออธิบายสัดส่วนของเหตุการณ์ 2 กลุ่ม คือ โอกาสที่จะไม่เกิดเหตุการณ์สนใจ (ค่า 0) กับโอกาสที่เกิดเหตุการณ์สนใจ (ค่า 1) โดยอาศัยสมการ

การถดถอยโลจิสติกพหุที่สร้างขึ้นจากชุดตัวแปรอิสระที่เป็นข้อมูลระดับช่วง (Interval Scale) ส่งผลให้ตัวแปรมีการกระจายแบบ Sigmoid Curve รวมทั้งเมื่อทราบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแล้ว ยังสามารถระบุความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามว่าเป็นกี่เท่าตัวอีกด้วย ซึ่งการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกพหุประกอบไปด้วยทฤษฎีต่าง ๆ ดังนี้

1) ทฤษฎีอรรถประโยชน์

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

(1) ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ส่วนของความพึงพอใจที่วัดค่าได้แน่นอน (Deterministic Component) ส่วนนี้มีสมมติฐานว่า ผู้เดินทางทราบข้อมูลของทางเลือกอย่างครบถ้วนโดยใช้กฎการตัดสินใจ (Decision Rule) เลือกทางเลือกที่ค่าอรรถประโยชน์มีค่าสูงสุด เป็นผลให้สามารถกำหนดค่าอรรถประโยชน์ได้แน่นอน โดยฟังก์ชันนี้อาจจะกำหนดให้มีความสัมพันธ์เป็นแบบเชิงเส้น ดังสมการที่ 2.10

$$V_i = \sum_{k=1}^{K} (\beta_{ik},\ X_{ik}),\ \forall_i \qquad (2.10)$$

โดยให้ตัวแปร

V_i แทน อรรถประโยชน์ของทางเลือก i

β_{ik} แทน พารามิเตอร์ของตัวแปรตัวที่ k สำหรับฟังก์ชันอรรถประโยชน์ทางเลือก i

X_{ik} แทน ตัวแปรอิสระตัวที่ k ของฟังก์ชันอรรถประโยชน์ทางเลือก i

k แทน $1, 2, 3, \mathrm{K}\ , n$

K แทน จำนวนทั้งหมดของตัวแปรที่ถูกนำมาพิจารณาในฟังก์ชันอรรถประโยชน์

(2) ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ที่ประกอบไปด้วยส่วนขององค์ประกอบเชิงสุ่ม (Random Component) ส่วนนี้มาจากสมมติฐานที่ว่า ผู้เดินทางไม่สามารถทราบข้อมูลทั้งหมดของการเดินทางอย่างครบถ้วนทุกคน ซึ่งทำให้ไม่สามารถกำหนดค่าอรรถประโยชน์ได้แน่นอนจึงเกิดความคลาดเคลื่อน ดังนั้น ฟังก์ชันอรรถประโยชน์นี้จึงประกอบไปด้วยส่วนขององค์ประกอบที่หาค่าได้แน่นอนและองค์ประกอบเชิงสุ่ม หรือนิยมเรียกว่า ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ Stochastic ดังสมการที่ 2.11

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \tag{2.11}$$

โดยให้ตัวแปร

U_{in} แทน ความพึงพอใจหรืออรรถประโยชน์ของคนที่ n มีต่อทางเลือก i

V_{in} แทน ส่วนของความพึงพอใจที่วัดค่าได้แน่นอน (Deterministic Component)

ε_{in} แทน ส่วนของความไม่แน่นอน (Random Component)

n แทน $1, 2, 3, \mathrm{K}$

2) แบบจำลองโลจิตพหุนาม

กฎในการตัดสินใจมีสมมติฐานมาจากผู้เดินทางจะเลือกรูปแบบการเดินทางที่ก่อให้เกิดความพึงพอใจหรือมีค่าอรรถประโยชน์สูงสุด ฉะนั้น ความน่าจะเป็นที่ผู้เดินทางจะเลือกทางเลือก i ก็ต่อเมื่อค่าอรรถประโยชน์ของทางเลือก i มีค่ามากกว่าอรรถประโยชน์ของทางเลือกอื่น ดังสมการที่ 2.12

$$U_{in} \geq U_{jn}, \ \forall_j \in C_n \tag{2.12}$$

โดยให้ตัวแปร

U_{in} แทน ความพึงพอใจหรืออรรถประโยชน์ของคนที่ n มีต่อทางเลือก i

U_{jn} แทน ความพึงพอใจหรืออรรถประโยชน์ของคนที่ n มีต่อทางเลือกอื่น

C_n แทน เซตของโหมดทางเลือกทั้งหมดที่ผู้เดินทาง n ได้พิจารณาเลือก

n แทน $1, 2, 3, \mathrm{K}$

แบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์หาความน่าจะเป็นที่ผู้เดินทางจะตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางนิยมเรียกว่า แบบจำลองโลจิต (Logit Model) ในกรณีที่สถานการณ์ทางเลือก

ของแบบจำลองประกอบไปด้วย 3 ทางเลือกหรือมากกว่า เรียกว่า แบบจำลองโลจิตพหุนาม (Multinomial Logit Model: MNL) เพื่อคำนวณสัดส่วนของผู้เดินทางที่จะเลือกวิธีการเดินทาง i ดังสมการที่ 2.13 หรือ 2.14 ซึ่งเป็นแบบจำลองที่พัฒนามาจากทฤษฎีอรรถประโยชน์แบบสุ่ม (Random Utility Theory) เนื่องจากสถานการณ์จริงนั้นพฤติกรรมการเลือกวิธีการเดินทางมีความไม่แน่นอนอยู่ในตัว ดังนั้น แม้ว่าค่าอรรถประโยชน์ของทางเลือกหนึ่งจะสูงกว่าอีกทางเลือกหนึ่ง แต่ทางเลือกที่มีค่าอรรถประโยชน์ต่ำกว่าอาจถูกเลือกก็ได้ จึงเป็นการแสดงแนวโน้มการเลือกทางเลือกหนึ่งในรูปของความน่าจะเป็น โดยทางเลือกใดที่มีค่าอรรถประโยชน์สูงกว่าย่อมมีความน่าจะเป็นที่จะถูกเลือกสูงกว่า

$$P_n(i) = \frac{e^{U_i}}{e^{U_i} + e^{U_j}} \tag{2.13}$$

หรือ $$P_n(i) = \frac{1}{1 + e^{-(U_i - U_j)}} \tag{2.14}$$

โดยให้ตัวแปร

$P_n(i)$ แทน ความน่าจะเป็นหรือสัดส่วนที่ผู้เดินทางคนที่ n จะเลือกทางเลือก i

U_i แทน ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ของวิธีการเดินทางของทางเลือก i

U_j แทน ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ของวิธีการเดินทางของทางเลือกอื่นๆ j

e แทน Exponential Function ($e = 2.71828$)

n แทน $1, 2, 3, \mathrm{K}$

ปัจจุบัน นักวิชาการและนักวิจัยร่วมมือกันพัฒนาระบบคมนาคมควบคู่กับเทคโนโลยีสมัยใหม่ในการออกแบบ โดยนำตัวแบบทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ เช่น งานวิจัยการขนส่งสินค้าภายในประเทศไทย Sirisoponsilp and Wongita (2003) ได้สำรวจปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกผู้ให้บริการขนส่งของบริษัทรถยนต์ในการขนส่งชิ้นส่วนประกอบรถยนต์และสินค้าอุปโภคในประเทศไทย โดยทำการทดลอง 3 ขั้นตอน คือ 1) การออกแบบสอบถามสำรวจปัจจัย 2) การให้น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยด้วยวิธี Likert Scale และ 3) การออกแบบสอบถามด้วยวิธี Stated Preference ของสินค้าสองประเภท คือ สินค้าชิ้นส่วนประกอบรถยนต์และสินค้าอุปโภคเพื่อให้บริษัทและผู้ให้บริการขนส่งเลือกปัจจัยการให้บริการที่เหมาะสม วิเคราะห์ด้วยแบบจำลองโลจิตทวินาม (Binary Logit Model) พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกผู้ให้บริการขนส่ง คือ ความน่าเชื่อถือของการขนส่งสินค้าตรงเวลา ความเสียหายของสินค้า ต้นทุนการขนส่ง ระยะเวลาการขนส่ง และความรวดเร็วใน

การส่งใบเสร็จรับเงินคืน โดยมีค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยความเสียหายของชิ้นส่วนประกอบรถยนต์มีผลกระทบสูงกว่าสินค้าอุปโภคเพราะเป็นสินค้ามูลค่าสูง หากเกิดความเสียหายหรือขนส่งสินค้าไม่ตรงเวลาจะทำให้บริษัทเสียชื่อเสียงและเกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก

เช่นเดียวกับการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่ง 2 รูปแบบ คือ รถไฟเปรียบเทียบกับรถบรรทุก โดยได้ประยุกต์ใช้เทคนิค Stated Preference เพื่อสำรวจพฤติกรรมการเลือกใช้รูปแบบการขนส่งที่เปลี่ยนแปลงไป โดยผู้ตอบแบบสอบถามต้องตัดสินใจเลือกใช้ระหว่างการขนส่งทางรถไฟหรือรถบรรทุก เมื่อกำหนดสถานการณ์สมมติที่แตกต่างกันไป ข้อมูลที่ได้จะนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลอง Binary Logit เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่ง พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกขนส่งทางรถไฟของบริษัทที่สถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่อง (Inland Container Depot: ICD) คือ ต้นทุนการขนส่ง ระยะเวลาในการขนถ่าย และความน่าเชื่อถือของการให้บริการ ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกขนส่งทางรถไฟของสายเรือที่ใช้บริการผ่านสถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่อง คือ ต้นทุนการขนส่ง ระยะเวลาในการขนส่ง และความน่าเชื่อถือของการให้บริการ โดยมีค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 ดังนั้น หากสถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่องให้ความสำคัญกับปัจจัยดังกล่าวก็จะสามารถดึงดูดให้บริษัทและสายเรือใช้บริการขนส่งทางรถไฟมากขึ้น (ธงเทพ สวัสดิกุล และสราวุธ จันทร์สุวรรณ, 2558)

งานวิจัยการขนส่งสินค้าของต่างประเทศ ได้แก่ งานวิจัยของ Arencibia et al. (2015) ได้พัฒนาแบบจำลองการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศสเปนและประเทศแถบช่องแคบโดเวอร์ของทวีปยุโรป โดยนำข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกรูปแบบของผู้นำเข้าและส่งออกจากวิธี Likert Scale มาคัดเลือกปัจจัยที่มีเกณฑ์ระดับปานกลางขึ้นไป ออกแบบระดับของปัจจัยด้วยการผันแปรค่าตามความอ่อนไหวของปัจจัยที่สำรวจมาเพื่อจำลองออกเป็น 9 สถานการณ์ตามเทคนิค Orthogonal Design โดยใช้โปรแกรม N-gene แสดงผลของแบบสอบถาม Stated Preference ไปยัง 93 บริษัท วิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง Multinomial Logit และ Nested Logit พบว่า ต้นทุนการขนส่ง ระยะเวลาการขนส่ง ความถี่ในการให้บริการ และความน่าเชื่อถือของการให้บริการ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่ง โดยเปลี่ยนจากการขนส่งทางถนนที่มีการจราจรหนาแน่นมาเป็นทางรางและทางน้ำเพื่ออำนวยความสะดวกทางการค้า

ซึ่งคล้ายคลึงกับการศึกษาพฤติกรรมของผู้ให้บริการขนส่งทางรถบรรทุกและปัจจัยแฝงที่มีผลต่อการเลือกการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบทางใต้ของประเทศอิตาลี ด้วยการสำรวจ 2 วิธี ประกอบด้วย การสำรวจข้อมูลการตัดสินใจเลือกในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน (Revealed Preference) เป็นการเก็บข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงภายใต้ทางเลือกนั้น และการสำรวจข้อมูลการตัดสินใจเลือกในสถานการณ์ที่ยังไม่เคยเกิดขึ้นแต่ถูกสมมติขึ้นมา (Stated Preference) ทำให้สามารถกำหนดตัวแปรและควบคุมระดับค่าของตัวแปรโดยตรงเพื่อสร้างทางเลือกใหม่ให้กับกลุ่มเป้าหมาย โดยผู้วิจัย

กำหนดทางเลือกใหม่เป็นรถบรรทุก รถบรรทุกร่วมกับทางเรือ และรถบรรทุกร่วมกับทางสถานีขนส่งและพักสินค้าเพื่อขนส่งแบบเต็มคัน (Full Truckload) ออกแบบระดับของตัวแปรด้วยการผันแปรค่าตามความอ่อนไหวของปัจจัยที่สำรวจมาเพื่อจำลองออกเป็น 8 สถานการณ์ตามเทคนิค Fractional Factorial Design ในแบบสอบถาม และระบุคะแนนความสำคัญ 5 ระดับ ด้วยวิธี Likert Scale ในแต่ละสถานการณ์ที่เลือกว่าปัจจัยใดสำคัญสุดไปยัง 90 บริษัท วิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง Nested Logit โดยโปรแกรม Blogeme พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่ง คือ ระยะเวลาการขนส่ง ความตรงต่อเวลา ความเสียหายของสินค้า ความถี่ในการให้บริการ และต้นทุนการขนส่ง โดยเฉพาะสินค้าประเภทเน่าเสียง่ายที่ผู้ให้บริการขนส่งจะเลือกรูปแบบการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบเป็นรถบรรทุกร่วมกับรูปแบบอื่นถ้ารูปแบบนั้นมีความปลอดภัยกับสินค้า เพื่อเพิ่มปริมาณสินค้าและประหยัดต้นทุนการขนส่งจากรถบรรทุกไปปลายทางรูปแบบเดียว (Bergantino et al., 2013)

Shinghal and Fowkes (2002) ศึกษารูปแบบการขนส่งสินค้าในพื้นที่แนวระเบียงเศรษฐกิจเมืองเดลีและบอมเบย์ของประเทศอินเดีย โดยนำข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกรูปแบบของผู้ให้บริการขนส่งมาสร้างแบบสอบถามด้วยวิธี Stated Preference ออกเป็น 3 ทางเลือก คือ รถบรรทุก รถไฟ และรถบรรทุกร่วมกับทางเรือ โดยใช้โปรแกรม Leed Adaptive Stated Preference ไปยัง 41 บริษัทจาก 6 กลุ่มของประเภทสินค้า วิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง Multinomial Logit พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่ง คือ ความถี่ในการให้บริการ ความน่าเชื่อถือของการให้บริการ ต้นทุนการขนส่ง และระยะเวลาการขนส่ง ซึ่งการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบเหมาะกับสินค้าที่มีราคาสูงและสินค้าสำเร็จรูป ส่วนรถไฟควรเป็นการขนส่งสินค้าแบบปริมาณมาก (Bulk) และ Rich et al. (2009) วิจัยการพัฒนาแบบจำลองของรูปแบบการขนส่งสินค้าที่ช่องแคบโอเรซุนประเทศเดนมาร์ก โดยการให้คะแนนแบบถ่วงน้ำหนักความสำคัญของตัวแปร วิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง Binary Logit และความสัมพันธ์ระหว่างจุดต้นทางและปลายทาง (Origin–Destination Matrix : OD Matrix) พบว่า ต้นทุนโลจิสติกส์ ระยะเวลาในการขนส่ง ระยะเวลาในการขนถ่าย เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญกับรูปแบบการขนส่ง 5 ประเภท คือ รถบรรทุก รถไฟ รถไฟแบบขนส่งต่อเนื่อง เรือ และเรือแบบขนส่งต่อเนื่อง ของ 13 กลุ่มสินค้า ตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์การเกษตรอาหารและอาหารสัตว์ ไม้และเส้นใย ฟอสซิลที่ไม่เป็นของเหลว เป็นต้น

สอดคล้องกับงานวิจัยต่างประเทศที่ประยุกต์นำไปใช้ในการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางเพื่อตอบสนองความพึงพอใจในอนาคต อย่างเช่นโครงการขนส่งสาธารณะ เพื่อวางแผนการเชื่อมโยงและปรับปรุงการขนส่งสาธารณะทั้งรถโดยสารประจำทาง รถไฟ และรถไฟรางเบาในประเทศออสเตรเลีย โดยใช้วิธี Stated Preference วิเคราะห์ด้วยแบบจำลองขนส่งสาธารณะ (The Public Transport Project Model : PTPM) ซึ่งให้ความสำคัญกับความถี่ในการให้บริการ ช่วงเวลาการรอเรียกขึ้น

ยานพาหนะโดยสาร คุณภาพของยานพาหนะโดยสาร และค่าโดยสาร จากผลการวิจัยระบุว่า มีโอกาสความเป็นไปได้ที่ประชาชนจะเปลี่ยนมาใช้บริการร้อยละ 65-77 ถ้าแผนการเดินทางด้วยระยะเวลาเดิมจาก 25 นาทีเป็น 6.1, 2.6, 2.8 นาที ของรถโดยสารประจำทาง รถไฟ และรถไฟรางเบาตามลำดับ (Douglas & Jones, 2016)

การเดินทางและการขนส่งทางรางมีงานวิจัยที่ศึกษาเช่นกัน ได้แก่ Zheng et al. (2016) เป็นการเลือกเดินทางโดยรถไฟที่วิเคราะห์โดยแบบจำลอง Multinomial Logit พบว่า ตัวแปรลักษณะประชากรศาสตร์ เวลาในการเข้าถึงยานพาหนะ จำนวนครั้งการต่อขบวนรถ ราคาค่าโดยสาร การให้บริการเครือข่ายอินเตอร์เน็ตไร้สาย (Wi-Fi) และจัดตั้งศูนย์บริการคอมพิวเตอร์เป็นตัวแปรที่สำคัญในการสนับสนุนการใช้บริการนี้ มี โดยมีค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 การวิเคราะห์ยังชี้ให้เห็นว่า ยุคปัจจุบันปัจจัยการให้บริการเครือข่ายอินเตอร์เน็ตไร้สาย (Wi-Fi) และจัดตั้งศูนย์บริการคอมพิวเตอร์ในสถานีขนส่งจะช่วยดึงดูดผู้ใช้บริการเพิ่มขึ้น เพราะเป็นการอำนวยความสะดวกระหว่างการเดินทาง Ben-Akiva and Morikawa (1990) ศึกษาพฤติกรรมการเปลี่ยนรูปแบบการใช้ยานพาหนะเดินทาง กรณีโครงการรถไฟใต้ดินที่กำลังจะเปิดใหม่ในเมืองโยโกฮาม่าของประเทศญี่ปุ่น โดยสำรวจตามบ้านเรือนทั้งก่อนและหลังการเปิดให้บริการรถไฟใต้ดินจำนวน 564 และ 1,201 ตัวอย่าง ตามลำดับ ทั้งการเดินทางที่เป็นแบบไปทำงานและไปโรงเรียน พบว่า ก่อนรถไฟเปิดให้บริการประชาชนเดิมร้อยละ 42.90 จะเปลี่ยนการเดินทางมาเป็นรถไฟ การสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลนี้ทำทั้งก่อนและหลังการเปิดให้บริการของรถไฟซึ่งเป็นการสำรวจแบบกำหนดสถานการณ์สมมติ (Stated Preference) และประเมินจากสถานการณ์จริง (Revealed Preference) ในการสร้างแบบจำลอง ผู้วิจัยได้พิจารณาปัจจัยทางด้านสังคมและเศรษฐกิจ เวลาในการเข้าถึงยานพาหนะ จำนวนครั้งของการต่อขบวนรถ ค่าโดยสาร ตัวแปรหุ่น (Dummy Variable) ยานพาหนะที่ใช้เข้าถึงรถไฟ (รถยนต์ รถเมล์ หรือจักรยาน) แล้วทำการสร้างแบบจำลองแยกแต่ละแบบการสำรวจโดยวิธี Multinomial Logit และรวมแบบจำลองที่ได้จากการสำรวจทั้งสองแบบเข้าด้วยกัน จากผลการทดสอบแบบจำลอง พบว่า แนวโน้มการใช้รถไฟใต้ดินจะมีการใช้บริการเพิ่มขึ้นคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 82.80 แต่จากการสำรวจจริงนั้น พบว่า ส่วนแบ่งของการบริการของรถไฟใต้ดินมีเพียงร้อยละ 59.40 จะเห็นได้ว่าเกิดการประมาณค่าที่มากเกินจริง ผู้ศึกษาได้อธิบายว่า อาจจะเกิดจากแบบสอบถามในช่วงหลังการเปิดให้บริการมีความกำกวม ซึ่งไม่สามารถบ่งชี้ถึงความชัดเจนได้จากพฤติกรรมจริง และอาจเกิดจากแบบสอบถามซึ่งไม่ได้ถามเกี่ยวกับผู้เดินทางที่ไม่มีทางเลือกอื่น ซึ่งในสถานการณ์จริงนั้นผู้เดินทางจำนวนมากไม่สามารถใช้บริการรถไฟใต้ดินได้

และงานวิจัยการติดตามเวลาการแล่นของรถไฟเมื่อเวลาผ่านไปในเมืองซิดนี่ของประเทศออสเตรเลีย เพื่อปรับปรุงระบบรางและต้องการลดค่าใช้จ่ายกับระยะเวลาการเดินทางของผู้ใช้บริการด้วยวิธี Stated Preference ออกแบบสำรวจสามช่วงเวลา คือ ปี ค.ศ.1992, ค.ศ.2003-2010 และ

ค.ศ.1992-2010 วิเคราะห์ด้วยค่าความยืดหยุ่นของอุปสงค์ที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลาโดยให้ความสำคัญกับปัจจัยระยะเวลาการเดินทาง ระยะเวลาการรอเปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง ความถี่ในการให้บริการ ค่าโดยสาร ค่าจ้างพนักงาน และดัชนีผู้บริโภค พบว่า ผู้ใช้บริการพึงพอใจกับค่าเฉลี่ยของค่าโดยสารเท่ากับ 11.71 เหรียญสหรัฐฯต่อชั่วโมง (Douglas & Karpouzis, 2011)

นอกจากนี้ มีงานวิจัยการเดินทางและการขนส่งทางถนน Devarasetty et al. (2012) วิเคราะห์การจัดการช่องจราจรพิเศษบนทางด่วนเพื่อลดระยะเวลาการเดินทางเพื่อถึงที่หมายตามเวลาที่กำหนด ด้วยการวิเคราะห์แบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical Model Estimation) และแบบจำลอง Mixed Logit พบว่า ปัจจัยค่าทางด่วน อัตราเร็ว ระยะเวลาและช่วงเวลาการเดินทางและอัตราเร็วในการขับขี่จะเพิ่มโอกาสให้ผู้ขับขี่เปลี่ยนมาใช้บริการมากถึงร้อยละ 63 โดยผู้ใช้บริการเต็มใจที่จะจ่ายราคา 50 เหรียญสหรัฐฯต่อชั่วโมง และ Polzin et al. (2001) ได้ศึกษาพฤติกรรมในการเลือกรูปแบบการเดินทางของคนเชื้อชาติต่าง ๆ ในประเทศสหรัฐอเมริกา กรณีการเดินทางที่นอกเหนือจากการทำงาน (Non-Work Travel) โดยการเก็บข้อมูลและสำรวจเชิงลึก ได้แก่ การเดินทางส่วนตัว การเดินทางกับครอบครัว การเดินทางไปโรงเรียน การเดินทางเกี่ยวกับศาสนา การเดินทางเกี่ยวกับเพื่อสุขภาพ การเดินทางเกี่ยวกับงานสังคม และการเดินทางเพื่อการพักผ่อน การเดินทางที่นอกเหนือจากการไปทำงานทั้งหมดนี้มีสัดส่วนถึงร้อยละ 70 ของการเดินทางทั้งหมด จากการศึกษาพบว่า ผู้เดินทางทุกเชื้อชาติจะเดินทางเป็นขับขี่รถยนต์ร้อยละ 57.30 เป็นผู้โดยสารรถยนต์ร้อยละ 31.20 ใช้ระบบการขนส่งมวลชนร้อยละ 1.40 ใช้จักรยานร้อยละ 1.00 และการเดินเท้าร้อยละ 6.40 เชื้อชาติที่มีสัดส่วนการเดินทางมากที่สุด คือ คนผิวขาว ผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองเพื่อตรวจสอบพฤติกรรมการเลือกยานพาหนะโดยการถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear Regression) พบว่า ผู้ที่มีรถยนต์ส่วนบุคคลและมีใบขับขี่ในการครอบครองจะเลือกใช้รถยนต์ส่วนตัวในการเดินทางซึ่งมีสัดส่วนมากกว่าใช้ระบบการขนส่งมวลชน รวมทั้งทำการเปรียบเทียบระหว่างวัตถุประสงค์ของการเดินทางเพื่อไปทำงานกับการเดินทางที่นอกเหนือจากการไปทำงาน พบว่า การเลือกใช้รถยนต์ส่วนตัวและการเลือกใช้ระบบการขนส่งมวลชนของการเดินทางไปทำงานนั้นมีสัดส่วนที่มากกว่าถึงร้อยละ 15 จากงานวิจัยข้างต้นนี้ทำให้ทราบว่า วัตถุประสงค์ของการเดินทางมีผลต่อการเลือกยานพาหนะในการเดินทาง