

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เผยให้เห็นข้อค้นพบที่สำคัญหลายประการเกี่ยวกับพฤติกรรมการเดินทางของผู้สูงอายุในประเทศไทย และแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างในประสิทธิภาพระหว่างวิธีทางสถิติแบบดั้งเดิมกับวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ในการวิเคราะห์การเลือกรูปแบบการเดินทาง ผลการศึกษาเน้นให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างปัจจัยทางเศรษฐกิจ สังคม และปัจจัยด้านความสะดวกที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจด้านการเดินทางของประชากรสูงอายุ และผลของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการเดินทางของประชากรสูงอายุของเมืองภูมิภาคในประเทศไทย โดยใช้แนวคิดจากทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (TPB) เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์ และการวิเคราะห์เชิงปริมาณ ได้แก่ การวิเคราะห์โครงสร้างปัจจัยโดยใช้เทคนิค CFA, การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM)

5.1 สรุปผลการศึกษา

5.1.1 ปัจจัยกำหนดการเลือกรูปแบบการเดินทางของผู้สูงอายุ

ผลการวิเคราะห์ของเราชี้ให้เห็นอย่างต่อนื่องว่า "ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง" เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุดต่อการเลือกรูปแบบการเดินทางของผู้สูงอายุในทุกวิธีการวิเคราะห์ ทั้งในแบบจำลองถดถอยโลจิสติกพหุกลุ่ม (Multinomial Logit: MNL) ซึ่งแสดงค่าสัมประสิทธิ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญในทุกรูปแบบทางเลือก และในแบบจำลอง Machine Learning ที่การวิเคราะห์ความสำคัญของตัวแปรจัดอันดับให้ "ค่าใช้จ่าย" เป็นตัวแปรสำคัญสูงสุด ความอ่อนไหวต่อค่าใช้จ่ายนี้อาจสะท้อนถึงรายได้ที่ค่อนข้างต่ำของผู้สูงอายุ โดย 78.7% ของผู้ตอบแบบสอบถามมีรายได้ต่ำกว่า 10,000 บาทต่อเดือน ซึ่งความเปราะบางทางเศรษฐกิจนี้ทำให้ประเด็นด้านค่าใช้จ่ายกลายเป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจเลือกวิถีเดินทาง

"รายได้" ปรากฏเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลอันดับสอง โดยผู้สูงอายุที่มีรายได้สูงมีแนวโน้มจะเลือกใช้รถยนต์ส่วนตัวมากกว่าการใช้ขนส่งสาธารณะ ความสัมพันธ์ระหว่างรายได้กับการเลือกโหมดการเดินทางนี้สอดคล้องกับทฤษฎีเศรษฐศาสตร์ ซึ่งชี้ว่า ผู้ที่มีรายได้สูงสามารถให้ความสำคัญกับความสะดวกสบายมากกว่าค่าใช้จ่าย ทั้งนี้แบบจำลอง MNL พบค่าสัมประสิทธิ์เชิงลบที่มีนัยสำคัญของรายได้ในทุกโหมดขนส่งสาธารณะ (รถโดยสาร รถไฟ และพาราแท็กซี่) เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้รถยนต์ส่วนตัว ซึ่งยืนยันข้อสังเกตดังกล่าว

การมีเพื่อนร่วมเดินทางมีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทางอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในกรณีของรถโดยสารและพาราแท็กซี่ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ในแบบจำลอง MNL มีค่าเป็นบวก อย่างชัดเจน ($OR = 9.754$ สำหรับรถโดยสาร และ $OR = 8.357$ สำหรับพาราแท็กซี่) แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีผู้ร่วมเดินทาง ความน่าจะเป็นที่จะเลือกโหมดเหล่านี้เพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อเทียบกับรถยนต์ส่วนตัว ข้อค้นพบนี้ขัดแย้งกับสมมติฐานที่ว่าผู้สูงอายุมักชอบใช้รถยนต์ส่วนตัว และสะท้อนให้เห็นว่า ขนส่งสาธารณะอาจเป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับการเดินทางแบบกลุ่ม โดยเฉพาะเมื่อมีการแบ่งปัน ค่าใช้จ่ายหรือมีแรงจูงใจด้านสังคม

เวลาเดินทางและระยะทางมีผลกระทบที่แตกต่างกันตามรูปแบบการเดินทาง โดยเฉพาะในกรณีของรถไฟ ทั้งสองปัจจัยมีค่าสัมประสิทธิ์เป็นบวก แสดงว่าเมื่อระยะทางและเวลาเดินทางเพิ่มขึ้น ผู้สูงอายุมีแนวโน้มเลือกใช้รถไฟมากขึ้น เนื่องจากข้อได้เปรียบด้านความเร็วและความ สะดวก ในทางกลับกัน พาราแท็กซี่มีค่าสัมประสิทธิ์เชิงลบในเรื่องเวลาเดินทาง ซึ่งบ่งชี้ว่ารูปแบบนี้ เป็นที่นิยมสำหรับการเดินทางระยะสั้น อาจเนื่องมาจากต้นทุนต่อระยะทางที่สูงกว่ารูปแบบขนส่ง สาธารณะอื่น ๆ

5.1.2 การเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการใช้แบบจำลองทางสถิติแบบดั้งเดิมกับ เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) พบความแตกต่างที่น่าสนใจ โดยวิธีการของ Machine Learning แสดงประสิทธิภาพที่เหนือกว่าแบบจำลอง MNL อย่างต่อเนื่องในด้านความ แม่นยำในการพยากรณ์ โดยเฉพาะโมเดลที่มีประสิทธิภาพสูงสุดอย่าง CatBoost ที่สามารถทำนายได้ อย่างแม่นยำถึง 94% ในชุดข้อมูลทดสอบ เมื่อเทียบกับแบบจำลอง MNL ซึ่งมีความแม่นยำต่ำกว่า อย่างชัดเจน โดยเฉพาะในโหมดการเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนตัว (65.60%) และพาราแท็กซี่ (48.86%)

การวิเคราะห์เมทริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) เผยให้เห็นว่ามีอคติในเชิง ระบบของแบบจำลอง MNL ที่มักคาดการณ์ให้ผู้โดยสารและพาราแท็กซี่เป็นผู้โดยสารรถโดยสาร สาธารณะผิดพลาดในสัดส่วนที่สูง ข้อจำกัดนี้สะท้อนว่า แม้แบบจำลอง MNL จะมีพื้นฐานทางทฤษฎี ที่มั่นคงและข้อได้เปรียบด้านความเข้าใจง่ายในการตีความ แต่ก็อาจไม่สามารถจับความสัมพันธ์ที่ ซับซ้อนและไม่เป็นเชิงเส้นระหว่างตัวแปรที่จำแนกโหมดการเดินทางต่าง ๆ ได้อย่างครบถ้วน

ในบรรดาเทคนิค Machine Learning นั้น CatBoost แสดงประสิทธิภาพสูงสุดใน ชุดข้อมูลทดสอบ โดยมีความแม่นยำ 94% ขณะที่ Random Forest ทำผลงานดีที่สุดในการรวม ทั้งหมด ด้วยความแม่นยำสูงถึง 99.83% ความแตกต่างนี้เน้นให้เห็นถึงความสำคัญของการเลือก โมเดลให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลและเป้าหมายการวิเคราะห์ นอกจากนี้ การวิเคราะห์ด้วย SHAP ยังช่วยให้เข้าใจความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างปัจจัยต่าง ๆ กับการเลือกรูปแบบการเดินทางได้ อย่างลึกซึ้ง ซึ่งเป็นสิ่งที่เสริมจากการตีความแบบตรงไปตรงมาของ MNL

นอกจากผลการพยากรณ์ที่เปรียบเทียบระหว่าง MNL และ Machine Learning แล้ว การวิเคราะห์ด้วย การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) และ การวิเคราะห์แบบจำลองโครงสร้าง (SEM) ยังถูกนำมาใช้เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของโครงสร้างทฤษฎี และกลไกเชิงพฤติกรรมที่อยู่เบื้องหลังความตั้งใจของผู้สูงอายุในการใช้บริการขนส่งสาธารณะ โดยใช้กรอบแนวคิด ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of Planned Behavior: TPB)

ผลการวิเคราะห์ CFA แสดงให้เห็นว่า ตัวแปรแฝง ได้แก่ ทศนคติ (Attitude), บรรทัดฐานกลุ่มอ้างอิง (Subjective Norm) และ การรับรู้การควบคุมพฤติกรรม (Perceived Behavioral Control) มีค่า factor loading มากกว่า 0.60 และมีค่าดัชนีความพอดีของโมเดลในระดับที่ยอมรับได้ (เช่น CFI > 0.95 และ RMSEA < 0.06) บ่งชี้ว่าโครงสร้างของ TPB มีความถูกต้อง และเหมาะสมกับการศึกษา

ในส่วนของ SEM ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ตัวแปรแฝงทั้งสามมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อความตั้งใจในการใช้ขนส่งสาธารณะ โดย ทศนคติ ($\beta = 0.321$, $p < 0.001$), บรรทัดฐานกลุ่มอ้างอิง ($\beta = 0.060$, $p < 0.001$) และ การรับรู้การควบคุมพฤติกรรม ($\beta = 0.346$, $p < 0.001$) ล้วนมีผลในเชิงบวกต่อพฤติกรรม และแบบจำลองสามารถอธิบายความแปรปรวนของความตั้งใจได้ถึง 71.5% ($R^2 = 0.715$) ซึ่งถือว่าสูงมาก

ผลลัพธ์จาก SEM นี้ช่วยเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทของปัจจัยทางจิตวิทยา และสังคมในการตัดสินใจของผู้สูงอายุ ซึ่งอาจไม่ปรากฏชัดใน MNL หรือ Machine Learning ที่มุ่งวิเคราะห์ตัวแปรที่สังเกตได้เป็นหลัก

โดยสรุป การใช้วิธีวิเคราะห์ที่หลากหลาย ทั้ง MNL, Machine Learning, CFA และ SEM ทำให้เกิดความเข้าใจเชิงลึกและรอบด้านต่อพฤติกรรมการเดินทางของผู้สูงอายุ โดยแต่ละวิธีมีจุดแข็งเฉพาะตัว ได้แก่ Machine Learning สำหรับการพยากรณ์ที่แม่นยำ, MNL สำหรับการตีความเชิงนโยบาย และ SEM สำหรับการอธิบายกลไกทางพฤติกรรมในระดับทฤษฎี การบูรณาการระหว่างวิธีเชิงปริมาณและทฤษฎีเชิงพฤติกรรมนี้จึงเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการศึกษาปัญหาการเดินทางของประชากรสูงอายุอย่างครบถ้วน

5.2 การเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา

ผลการศึกษาโดยรวมมีความสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าเกี่ยวกับพฤติกรรมการเดินทางของผู้สูงอายุ พร้อมทั้งให้ข้อมูลเชิงลึกใหม่ในบริบทของประเทศไทย โดยเฉพาะปัจจัยด้านเศรษฐกิจ เช่น ค่าใช้จ่ายในการเดินทางและรายได้ ซึ่งมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อการตัดสินใจของผู้สูงอายุในประเทศไทย ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานของ Lui et al. (2018) ที่ระบุว่าข้อจำกัดทางการเงินเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกโหมดการเดินทางของผู้สูงอายุ นอกจากนี้ การที่เวลาในการเดินทางส่งผลต่อ

การเลือกโหมด โดยเฉพาะในกรณีของรถไฟ ก็สอดคล้องกับ Holmes et al. (2024) ที่พบว่าผู้สูงอายุบางกลุ่มให้ความสำคัญกับระยะเวลาการเดินทางมากกว่าค่าใช้จ่าย

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดล Machine Learning กับวิธีการทางสถิติแบบดั้งเดิม ยังสอดคล้องกับงานของ Huang et al. (2024) ซึ่งระบุว่า Machine Learning มีความแม่นยำสูงกว่า (94.30%) เมื่อใช้พยากรณ์รูปแบบการเดินทางของผู้สูงอายุในการเข้ารับบริการทางการแพทย์ในประเทศจีน โดยงานวิจัยนี้ขยายขอบเขตของข้อค้นพบดังกล่าวไปสู่พฤติกรรมการเดินทางทั่วไปในบริบทของประเทศไทย ซึ่งแสดงระดับความแม่นยำที่ใกล้เคียงกัน (CatBoost 94% บนชุดทดสอบ และ Random Forest 99.83% บนชุดข้อมูลรวม)

อย่างไรก็ตาม การใช้บริการรถโดยสารในกลุ่มผู้สูงอายุไทยในระดับสูง (48.4%) มีความแตกต่างจากผลการศึกษาในเขตเมืองของจีนโดย Wei et al. (2024) ซึ่งสะท้อนถึงความแตกต่างด้านโครงสร้างพื้นฐานการคมนาคมและรูปแบบการพัฒนาเมืองระหว่างทั้งสองประเทศ ขณะเดียวกัน อิทธิพลของความสามารถทางกายภาพต่อการเลือกโหมดการเดินทางก็สอดคล้องกับงานของ Shi et al. (2024) ที่ระบุว่าลักษณะทางกายภาพเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดรูปแบบการเดินทางของผู้สูงอายุ

นอกจากนี้ ข้อค้นพบที่ว่า การมีเพื่อนร่วมเดินทางส่งผลต่อการเลือกใช้ระบบขนส่งสาธารณะ ยังถือเป็นมุมมองที่แตกต่างจากงานของ Zhang et al. (2024) ซึ่งศึกษาความแตกต่างของพฤติกรรมการเดินทางระหว่างผู้สูงอายุในเขตเมืองและชนบทของญี่ปุ่น แม้ว่าการวิจัยนี้จะไม่ได้เปรียบเทียบโดยตรงระหว่างเขตเมืองกับชนบท แต่ผลที่แสดงถึงอิทธิพลของปัจจัยทางสังคมอย่างชัดเจนชี้ให้เห็นว่าองค์ประกอบทางสังคมอาจมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการเดินทางของผู้สูงอายุในทุกบริบทภูมิศาสตร์

สุดท้าย ความแม่นยำของโมเดล Random Forest ในการวิเคราะห์ข้อมูลชุดเต็มที่สูงถึง 99.83% มีความสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Hong et al. (2024) ในเกาหลีใต้ ซึ่งใช้เทคนิคเดียวกันและได้ความแม่นยำที่ 92.30% และงานของ Champahom et al. (2025) ในประเทศไทยที่ใช้แบบจำลองลอจิสติกและได้ความแม่นยำที่ 94.20% ความสอดคล้องในประสิทธิภาพของโมเดลในบริบทเอเชียที่หลากหลายนี้ แสดงให้เห็นว่าวิธีวิเคราะห์ขั้นสูงสามารถจับรูปแบบการเดินทางของผู้สูงอายุได้อย่างแม่นยำ แม้จะมีความแตกต่างด้านวัฒนธรรมและโครงสร้างพื้นฐานก็ตาม

5.3 ข้อเสนอเชิงระเบียบวิธี: การเปรียบเทียบระหว่าง MNL และ Machine Learning

การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทางสถิติแบบดั้งเดิมกับวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ในงานวิจัยนี้ นำเสนอข้อเสนอเชิงระเบียบวิธีที่สำคัญสำหรับการศึกษาด้านการขนส่ง แม้ว่าแบบจำลองลอจิสติกพหุกลุ่ม (MNL) จะมีพื้นฐานทางทฤษฎีที่ชัดเจนจากแนวคิดการเพิ่ม

อรรถประโยชน์ (Utility Maximization) และสามารถตีความค่าสัมประสิทธิ์ได้โดยตรง แต่ข้อจำกัดด้านความแม่นยำในการพยากรณ์ชี้ให้เห็นว่าแบบจำลองนี้อาจไม่สามารถสะท้อนความซับซ้อนของกระบวนการตัดสินใจด้านการเดินทางของผู้สูงอายุได้อย่างครบถ้วน

ในทางกลับกัน วิธีการแบบ Machine Learning แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการพยากรณ์ที่เหนือกว่า โดยทั้งสามอัลกอริธึม (XGBoost, Random Forest และ CatBoost) มีความแม่นยำเกินกว่า 90% ข้อได้เปรียบนี้มีแนวโน้มที่จะเกิดจากความสามารถของโมเดลในการตรวจจับความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเชิงเส้นและปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ซับซ้อน โดยไม่จำเป็นต้องกำหนดไว้ล่วงหน้า ซึ่งแตกต่างจากแบบจำลอง MNL ที่ต้องระบุปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรล่วงหน้าตามสมมุติฐานทางทฤษฎี

อย่างไรก็ตาม ข้อวิจารณ์ที่พบโดยทั่วไปต่อ Machine Learning ในฐานะที่เป็น “กล่องดำ” (black box) ที่ตีความได้ยากนั้น ถูกบรรเทาลงบางส่วนในงานวิจัยนี้ผ่านการวิเคราะห์ความสำคัญของตัวแปร (Feature Importance) และ SHAP ซึ่งช่วยให้เข้าใจถึงลำดับความสำคัญและผลกระทบเฉพาะของแต่ละตัวแปรต่อโหมดการเดินทางแต่ละประเภท เพิ่มระดับความเข้าใจและความโปร่งใสในผลลัพธ์ของ Machine Learning นอกจากนี้ ความสอดคล้องของลำดับความสำคัญของปัจจัยจากทั้งสามโมเดล Machine Learning ยังเป็นหลักฐานที่น่าเชื่อถือว่าปัจจัยเหล่านี้มีบทบาทสำคัญต่อพฤติกรรมการเดินทางของผู้สูงอายุ

จากข้อค้นพบดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าทั้งวิธีการทางสถิติแบบดั้งเดิมและ Machine Learning ต่างมีจุดแข็งในแบบของตน การใช้แบบจำลอง MNL ช่วยให้เข้าใจโครงสร้างพฤติกรรมการเดินทางบนพื้นฐานทฤษฎี ขณะที่ Machine Learning ให้ความแม่นยำสูงกว่าในการพยากรณ์ และสามารถค้นหาความสัมพันธ์เชิงลึกที่อาจมองไม่เห็นในการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม การผสมผสานทั้งสองแนวทางจึงสามารถให้ข้อค้นพบที่ครอบคลุมและลึกซึ้งมากกว่าการใช้วิธีใดวิธีหนึ่งเพียงลำพัง

5.4 ข้อเสนอเชิงระเบียบวิธี: การประยุกต์ใช้ CFA และ SEM

การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) และแบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) ในการศึกษาช่วยให้เกิดข้อเสนอเชิงระเบียบวิธีที่สำคัญในการทำความเข้าใจเจตนาพฤติกรรมของผู้สูงอายุในการใช้บริการขนส่งสาธารณะ โดยอิงตามกรอบแนวคิดของทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of Planned Behavior: TPB) ซึ่งเป็นกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีที่ชัดเจนและสามารถนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในขั้นแรก CFA ถูกนำมาใช้เพื่อยืนยันว่า ตัวแปรที่สังเกตได้สามารถแทนค่าตัวแปรแฝง ได้แก่ ทัศนคติ (Attitude toward Behavior: ATT), บรรทัดฐานกลุ่มอ้างอิง (Subjective Norm: SN) และ

การรับรู้การควบคุมพฤติกรรม (Perceived Behavioral Control: PBC) ได้อย่างถูกต้อง โดยผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าแต่ละตัวแปรมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่สูง และค่าดัชนีความสอดคล้องของโมเดล (Model Fit Indices) อยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ สะท้อนถึงความเชื่อถือได้ของแบบจำลองการวัด

ต่อจากนั้น SEM ถูกนำมาใช้เพื่อทดสอบความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างระหว่างตัวแปรแฝง โดยผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่า ATT, SN และ PBC ส่งผลเชิงบวกและมีนัยสำคัญต่อเจตนาของผู้สูงอายุในการใช้บริการขนส่งสาธารณะ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ใช้ TPB เป็นกรอบวิเคราะห์ และแสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมของ SEM ในการอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรทางจิตวิทยาที่ซับซ้อน

นอกจากนี้ การประยุกต์ใช้ SEM ยังสามารถรวมตัวแปรประชากรศาสตร์ เช่น อายุ รายได้ เพศ และพื้นที่อาศัย เข้าไปในแบบจำลองได้อย่างยืดหยุ่น เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยภายนอกเหล่านี้ต่อพฤติกรรมการเดินทางของผู้สูงอายุได้อย่างเป็นระบบ ซึ่งในการศึกษานี้พบว่า อายุและรายได้มีอิทธิพลเชิงบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความตั้งใจในการใช้บริการขนส่งสาธารณะ โดยกลุ่มผู้สูงอายุช่วงวัย 60–69 ปี และผู้ที่มีรายได้เฉลี่ยสูงกว่ามีแนวโน้มที่จะใช้บริการขนส่งสาธารณะมากกว่ากลุ่มอายุ 70 ปีขึ้นไปหรือผู้ที่มีรายได้น้อยกว่า การรวมตัวแปรประชากรศาสตร์ไว้ในโมเดล SEM จึงเป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยให้การวิเคราะห์ครอบคลุมทั้งมิติทางพฤติกรรมและมิติทางเศรษฐกิจสังคมอย่างมีประสิทธิภาพ

จุดแข็งของวิธีการ CFA และ SEM ได้แก่ การวิเคราะห์ตัวแปรแฝงที่ไม่สามารถวัดได้โดยตรง แต่สามารถประเมินผ่านตัวแปรสังเกตได้ ความสามารถในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหลายตัวแปรพร้อมกันในแบบจำลองเดียว และการประเมินความพอดีของโมเดลโดยรวม ซึ่งช่วยให้สามารถตรวจสอบความเหมาะสมของสมมติฐานทั้งหมดได้ในเชิงโครงสร้าง

อย่างไรก็ตาม วิธีการ SEM จำเป็นต้องให้ความสำคัญกับข้อสมมติบางประการ เช่น ขนาดตัวอย่างที่เพียงพอ ความเป็นปกติของข้อมูล และการระบุโมเดลที่ถูกต้อง ซึ่งในงานวิจัยนี้ ได้ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 1,000 คน ซึ่งมีขนาดเพียงพอต่อการวิเคราะห์ที่มีความซับซ้อนของโมเดล SEM ได้อย่างเหมาะสมตามแนวทางของ Stevens (1996)

โดยสรุป การประยุกต์ใช้ CFA และ SEM ในการศึกษาช่วยให้สามารถตรวจสอบเจตนาพฤติกรรมของผู้สูงอายุได้อย่างเป็นระบบและสอดคล้องตามแนวคิดทางทฤษฎี ขณะเดียวกันก็สามารถประเมินผลของปัจจัยประชากรศาสตร์ในบริบททางสังคมที่แท้จริงได้อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่วิธีการด้าน Machine Learning มุ่งเน้นความแม่นยำในการทำนายพลังของ SEM อยู่ในการอธิบายและตีความพฤติกรรมเชิงจิตวิทยาอย่างมีโครงสร้าง ซึ่งสะท้อนถึงความสำคัญของการผสานระหว่าง

กรอบแนวคิดทางทฤษฎีกับการวิเคราะห์เชิงสถิติที่เข้มแข็งในการศึกษาวิจัยด้านการขนส่งสาธารณะในกลุ่มผู้สูงอายุ

5.5 ข้อเสนอเชิงนโยบายสำหรับระบบขนส่งของผู้สูงอายุ

ผลการศึกษานี้ก่อให้เกิดข้อเสนอเชิงนโยบายที่สำคัญหลายประการสำหรับการวางแผนระบบขนส่งที่ตอบสนองต่อความต้องการของประชากรผู้สูงอายุในประเทศไทย โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทางที่พบในงานวิจัยนี้สามารถขึ้นนำการออกแบบมาตรการเฉพาะด้าน เพื่อส่งเสริมความคล่องตัวในการเดินทางและยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ

5.5.1 ความสามารถในการเข้าถึงในมิติด้านเศรษฐกิจ

การที่ปัจจัยด้านค่าใช้จ่ายในการเดินทางและรายได้มีบทบาทสำคัญต่อการตัดสินใจเดินทางของผู้สูงอายุ แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการจัดหาทางเลือกที่มีต้นทุนเหมาะสม โดยสามารถดำเนินนโยบายในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่

- 1) เงินอุดหนุนเฉพาะกลุ่ม: การจัดทำหรือขยายโครงการลดค่าโดยสารเฉพาะสำหรับผู้สูงอายุ โดยเฉพาะกลุ่มที่มีรายได้น้อย จะช่วยเพิ่มการใช้บริการขนส่งสาธารณะในกลุ่มประชากรนี้
- 2) โครงสร้างค่าโดยสารตามรายได้: การออกแบบระบบค่าโดยสารแบบแยกตามระดับรายได้ อาจช่วยให้บริการขนส่งมีความเป็นธรรมและเข้าถึงกลุ่มเปราะบางทางเศรษฐกิจมากขึ้น โดยยังคงรักษาความยั่งยืนทางการเงินของระบบไว้ได้
- 3) ระบบตั๋วร่วม (Integrated ticketing): การพัฒนาระบบการชำระเงินที่สามารถใช้งานร่วมกันได้หลายรูปแบบ เช่น รถเมล์-รถไฟ จะช่วยลดต้นทุนรวมของการเดินทางโดยเฉพาะในกรณีที่ต้องเปลี่ยนหลายโหมดในหนึ่งเที่ยว

5.5.2 มิติทางสังคมของการเดินทาง

การที่การมีเพื่อนร่วมทางส่งผลต่อการเลือกใช้บริการขนส่งสะท้อนถึงมิติทางสังคมของการเดินทางในกลุ่มผู้สูงอายุ จึงสามารถส่งเสริมผ่านนโยบายที่สอดคล้องได้ เช่น

- 1) แรงจูงใจสำหรับการเดินทางเป็นกลุ่ม: การเสนอส่วนลดหรือบริการพิเศษแก่ผู้สูงอายุที่เดินทางเป็นกลุ่ม จะช่วยกระตุ้นให้มีการใช้บริการขนส่งสาธารณะเพิ่มขึ้น และส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ทางสังคม
- 2) โครงการขนส่งโดยชุมชน: การจัดตั้งระบบขนส่งชุมชนสำหรับกิจกรรมจำเป็น เช่น การไปตลาด โรงพยาบาล หรือกิจกรรมสันทนาการ จะช่วยเพิ่มทางเลือกในการเดินทาง และลดความโดดเดี่ยวของผู้สูงอายุ

- 3) ระบบเพื่อนร่วมทางอาสา (Travel buddy system): การจัดตั้งโครงการอาสาสมัครที่จับคู่ผู้สูงอายุที่มีข้อจำกัดในการเดินทางกับผู้ช่วย จะช่วยเพิ่มความมั่นใจในการใช้ขนส่งสาธารณะ

5.5.3 การพัฒนาเฉพาะโหมดการเดินทาง

จากรูปแบบการเลือกใช้บริการที่แตกต่างกันของแต่ละโหมด พบว่ามีโอกาสในการปรับปรุงที่เฉพาะเจาะจง ได้แก่

- 1) รถโดยสารประจำทาง: เนื่องจากเป็นโหมดที่ผู้สูงอายุใช้งานสูงถึง 48.4% จึงควรปรับปรุงระบบให้เหมาะสม เช่น การเพิ่มสิ่งอำนวยความสะดวก การขยายเส้นทางในพื้นที่ที่มีประชากรผู้สูงอายุหนาแน่น และปรับปรุงความสะดวกสบาย
- 2) รถไฟ: ความนิยมในกลุ่มผู้เดินทางระยะไกลแสดงให้เห็นว่า รถไฟมีศักยภาพในการเชื่อมต่อสถานพยาบาล ห้างสรรพสินค้า หรือแหล่งนันทนาการที่ผู้สูงอายุนิยมไป
- 3) รถขนส่งกึ่งสาธารณะ (Paratransit): อัตราการใช้สูงถึง 23.6% สะท้อนถึงความต้องการบริการที่ยืดหยุ่นแบบ door-to-door ควรพิจารณาจัดตั้งระบบอย่างเป็นทางการ พร้อมควบคุมคุณภาพและความปลอดภัยโดยยังคงจุดเด่นเรื่องความยืดหยุ่นไว้

5.5.4 การออกแบบโครงสร้างพื้นฐานและบริการ

จากรูปแบบและช่วงเวลาการเดินทางของผู้สูงอายุ พบประเด็นสำคัญต่อการออกแบบระบบ ได้แก่

- 1) การวางแผนด้านเวลา (Temporal planning): เนื่องจากผู้สูงอายุร้อยละ 64.4 นิยมเดินทางช่วงเช้า การจัดการความถี่และความจุของบริการควรมุ่งเน้นช่วงเวลาดังกล่าว
- 2) การออกแบบเพื่อความเข้าถึง (Accessibility): จากการที่ 41% ของผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีความบกพร่องทางร่างกาย ควรมีการนำแนวคิด Universal Design มาใช้กับทั้งโครงสร้างพื้นฐานและยานพาหนะ
- 3) ระบบข้อมูลที่ชัดเจน: การพัฒนาระบบข้อมูลที่ใช้งานง่าย เช่น เส้นทาง ตารางเวลา และราคาค่าโดยสาร จะช่วยลดความไม่แน่นอน และเพิ่มความมั่นใจในการใช้บริการขนส่งสาธารณะของผู้สูงอายุ

นโยบายเหล่านี้สามารถปรับใช้เพื่อส่งเสริมความเท่าเทียมในการเข้าถึงระบบขนส่งของผู้สูงอายุ และเป็นแนวทางในการวางแผนขนส่งสาธารณะที่ยั่งยืนในบริบทของสังคมผู้สูงวัยในประเทศไทย

5.6 ข้อจำกัดของการศึกษาและแนวทางการวิจัยในอนาคต

แม้ว่างานวิจัยนี้จะนำเสนอข้อค้นพบที่มีคุณค่าเกี่ยวกับพฤติกรรมการเดินทางของผู้สูงอายุ และวิธีการวิเคราะห์เชิงระเบียบวิธี แต่ก็ยังมีข้อจำกัดบางประการที่ควรกล่าวถึง ดังนี้

ประการแรก ลักษณะของข้อมูลเป็นแบบภาคตัดขวาง (cross-sectional) ซึ่งสะท้อนพฤติกรรมการเดินทางในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น และไม่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมในระยะยาวหรือผลกระทบตามฤดูกาลได้ การศึกษาในอนาคตควรใช้รูปแบบการศึกษาติดตาม (longitudinal study) เพื่อเก็บข้อมูลพฤติกรรมการเดินทางของผู้สูงอายุในช่วงเวลาที่ต่อเนื่อง ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมตามวัยหรือสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปได้ดียิ่งขึ้น

ประการที่สอง แม้ว่ากลุ่มตัวอย่างจะมีความหลากหลายทางภูมิศาสตร์ แต่ก็อาจไม่ครอบคลุมประชากรผู้สูงอายุในทุกกลุ่ม โดยเฉพาะกลุ่มที่มีข้อจำกัดทางการเคลื่อนไหวอย่างรุนแรง ซึ่งมักไม่ปรากฏในพื้นที่สาธารณะที่ใช้สำหรับการสุ่มตัวอย่าง การศึกษาในอนาคตควรวางแผนการสุ่มตัวอย่างที่มุ่งเน้นไปยังผู้สูงอายุที่อยู่บ้านหรือมีภาวะพึ่งพิง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมกลุ่มประชากรเหล่านี้อย่างแท้จริง

ประการที่สาม แม้จะงานวิจัยนี้จะใช้ทั้งวิธีวิเคราะห์ทางสถิติแบบดั้งเดิมและเทคนิค Machine Learning ที่ทันสมัย แต่ยังขาดการใช้วิธีการเชิงคุณภาพ ซึ่งอาจช่วยให้เข้าใจลึกซึ้งถึงกระบวนการตัดสินใจและประสบการณ์ส่วนบุคคลของผู้สูงอายุ การศึกษาในอนาคตควรผสมผสานวิธีการเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เช่น การสัมภาษณ์เชิงลึกหรือการสนทนากลุ่ม เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงจิตวิทยาและสังคมมากยิ่งขึ้น

แนวทางการวิจัยในอนาคตที่ควรพิจารณา ได้แก่:

- 1) การวิเคราะห์แยกตามกลุ่มช่วงอายุ: เพื่อศึกษาความแตกต่างของพฤติกรรมการเดินทางระหว่างกลุ่มอายุที่แตกต่างกันในกลุ่มผู้สูงอายุ ซึ่งจะช่วยให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมเมื่อกลุ่มวัยกลางคนปัจจุบันเปลี่ยนผ่านเข้าสู่วัยสูงอายุในอนาคต
- 2) การศึกษาการใช้เทคโนโลยีใหม่: เช่น การใช้แอปพลิเคชันเรียกรถ การชำระเงินผ่านมือถือ และระบบติดตามแบบเรียลไทม์ เพื่อพัฒนาบริการขนส่งดิจิทัลที่เข้าถึงได้สำหรับผู้สูงอายุ
- 3) บริบทด้านภูมิอากาศ: การศึกษาว่าภูมิอากาศแบบเขตร้อนของประเทศไทยส่งผลต่อรูปแบบการเดินทางของผู้สูงอายุอย่างไร เช่น ความถี่ในการเดินทางในช่วงฤดูฝนหรืออุณหภูมิสูง

- 4) การวิเคราะห์เปรียบเทียบ: การขยายขอบเขตการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลของวิธีการ Machine Learning ที่หลากหลายมากขึ้น เช่น Neural Networks หรือ Support Vector Machines เพื่อทำความเข้าใจข้อได้เปรียบเชิงเปรียบเทียบของแต่ละวิธี
- 5) การประยุกต์ GIS: การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อวิเคราะห์การเข้าถึงระบบขนส่งในแต่ละพื้นที่ และศึกษาผลของปัจจัยทางภูมิศาสตร์ต่อพฤติกรรมการเดินทางของผู้สูงอายุ

แม้ว่าการวิเคราะห์โดยใช้ Machine Learning ในการศึกษาจะให้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำสูง แต่ก็ยังมีข้อจำกัดที่ต้องพิจารณา เช่น ความยากในการตีความผลลัพธ์ (interpretability) และความเสี่ยงจากการ overfitting โดยเฉพาะเมื่อฝึกโมเดลด้วยชุดข้อมูลเฉพาะโดยไม่ได้ออกทดสอบความสามารถในการทั่วไป (generalization) งานวิจัยในอนาคตควรใช้เทคนิคเพิ่มเติม เช่น การตรวจสอบข้าม (cross-validation), การถ่วงน้ำหนัก (regularization) และการวิเคราะห์ด้วย Explainable AI (XAI) เพื่อเพิ่มความโปร่งใสในการนำไปใช้กับการกำหนดนโยบายด้านขนส่ง

นอกจากนี้ แม้ว่ากลุ่มตัวอย่างในประเทศไทยจะมีความหลากหลายทางภูมิศาสตร์ แต่ผลลัพธ์อาจไม่สามารถสรุปโดยทั่วไปไปยังประเทศอื่น ๆ ที่มีโครงสร้างพื้นฐานทางคมนาคม บริบททางวัฒนธรรม หรือระบบการดูแลสุขภาพที่แตกต่างกันได้ การศึกษาในอนาคตควรขยายขอบเขตเพื่อเปรียบเทียบระดับภูมิภาคอาเซียนหรือระดับโลก เพื่อเสริมความน่าเชื่อถือของข้อค้นพบ

แม้ว่าการศึกษานี้จะรวมข้อมูลสุขภาพเบื้องต้น เช่น โรคเรื้อรังและความบกพร่องทางกายภาพ แต่ยังไม่มีการวิเคราะห์เชิงลึกถึงอิทธิพลของปัจจัยสุขภาพเหล่านี้ต่อการเลือกโหมดการเดินทาง การศึกษาในอนาคตควรวิเคราะห์เชิงลึกถึงความต้องการด้านการเข้าถึงและความปลอดภัยของผู้สูงอายุที่มีความบกพร่องทางร่างกาย

อีกทั้ง การเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามแบบพบหน้า อาจทำให้กลุ่มผู้สูงอายุที่อยู่บ้านหรือมีข้อจำกัดทางการเคลื่อนไหวรุนแรงไม่ได้รับการคัดเลือกเข้าสู่กลุ่มตัวอย่าง ส่งผลให้เกิดอคติในการสุ่มตัวอย่าง การศึกษาในอนาคตควรพิจารณาวิธีการเก็บข้อมูลแบบทางโทรศัพท์ แบบสอบถามออนไลน์ หรือการสัมภาษณ์ที่บ้าน

สุดท้ายนี้ แม้ว่าการศึกษานี้จะเน้นที่ปัจจัยด้านเศรษฐกิจและกายภาพแล้ว แต่บริบททางสังคมที่กว้างขึ้น เช่น บทบาทของผู้ดูแลในครอบครัว ผลของความโดดเดี่ยวทางสังคม และระบบสนับสนุนของชุมชน ก็มีบทบาทสำคัญต่อพฤติกรรมการเดินทางของผู้สูงอายุ ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่น คุณภาพโครงสร้างพื้นฐานและสภาพภูมิอากาศ ก็ยังเป็นมิติสำคัญที่ควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาระบบขนส่งที่ครอบคลุมและยั่งยืนสำหรับสังคมสูงวัย