

การทบทวนเชิงวิชาการเกี่ยวกับการใช้ระบบ GPS ระหว่างการขับขี่: จากเทคโนโลยีช่วยนำทางสู่ความเสี่ยงด้านความปลอดภัยบนท้องถนน

FROM NAVIGATION AID TO SAFETY RISK: A COMPREHENSIVE REVIEW OF GPS USE WHILE DRIVING

ภัทรเดช วรศรีหิรัญ

Phataradate Worasirihun

สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 2 จังหวัดพิษณุโลก

Office of Disease Prevention and Control 2nd, Phitsanulok

*Corresponding author E-mail: Phataradate@gmail.com

Received: 18 Sep., 2025

Revised: 04 Feb., 2026

Accepted: 12 Feb., 2026

บทคัดย่อ

ระบบนำทางด้วยดาวเทียม (Global Positioning System: GPS) มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการตัดสินใจและเพิ่มประสิทธิภาพการเดินทางของผู้ขับขี่ อย่างไรก็ตาม หลักฐานเชิงประจักษ์เกี่ยวกับผลกระทบของการใช้ระบบดังกล่าวต่อความปลอดภัยทางถนนยังมีความไม่สอดคล้องกัน โดยเฉพาะในประเด็นการเสียสมาธิของผู้ขับขี่จากการโต้ตอบกับอินเทอร์เฟซระหว่างมนุษย์และเครื่องจักร งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์หลักฐานเชิงปริมาณเกี่ยวกับผลกระทบเชิงคู่ของระบบนำทางด้วยดาวเทียมต่อพฤติกรรมการขับขี่ และความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนน การศึกษานี้ดำเนินการในรูปแบบการทบทวนวรรณกรรมเชิงระบบตามแนวทาง PRISMA โดยสืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูล 5 แห่ง ได้แก่ PubMed, Scopus, Web of Science, IEEE Xplore และ Google Scholar ครอบคลุมช่วงปี พ.ศ. 2543 – 2568 เกณฑ์คัดเข้า ได้แก่ งานวิจัยเชิงประจักษ์ที่รายงานผลลัพธ์เชิงปริมาณเกี่ยวกับการใช้ระบบนำทางด้วยดาวเทียมระหว่างการขับขี่ ทั้งจากการทดลองในเครื่องจำลอง การศึกษาภาคสนาม และข้อมูลเทเลเมตริกส์ ขณะที่บทความเชิงทฤษฎีหรือไม่มีข้อมูลเชิงปริมาณถูกคัดออก บทความจำนวน 70 เรื่องผ่านการคัดเลือกเพื่อการสังเคราะห์เชิงพรรณนา และในจำนวนนี้มี 8 เรื่องที่มีตัวแปรผลลัพธ์สอดคล้องกันถูกนำมาวิเคราะห์ห่อภิมาณด้วยแบบจำลองผลผสม ผลการศึกษาพบว่า การใช้ระบบนำทางด้วยดาวเทียมภายใต้การโต้ตอบต่ำ เช่น การนำทางด้วยเสียงเพียงอย่างเดียว ช่วยลดระยะเวลาเดินทางเฉลี่ยร้อยละ 16 ลดเวลาเดินทางร้อยละ 18 และลดอัตราการเคลมประกันจากอุบัติเหตุร้อยละ 12 ในทางตรงกันข้าม การโต้ตอบแบบใช้สายตาและมือเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุอย่างมีนัยสำคัญ (RR = 1.28; 95% CI: 1.15–1.42) โดยกิจกรรมที่ต้องมองหน้าจอก็มีความเสี่ยงสูงที่สุด (RR = 1.35; 95% CI: 1.20–1.52) ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าผลกระทบของระบบนำทางด้วยดาวเทียมต่อความปลอดภัยทางถนนขึ้นอยู่กับรูปแบบการใช้งาน และสนับสนุนการพัฒนาอินเทอร์เฟซที่ลดภาระด้านการรับรู้ และการมองเห็นเพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการขับขี่

คำสำคัญ: ระบบนำทางด้วยดาวเทียม; การเสียสมาธิของผู้ขับขี่; พฤติกรรมการขับขี่; อินเทอร์เฟซระหว่างมนุษย์และเครื่องจักร; ความปลอดภัยทางถนน

Abstract

Satellite Navigation Systems have become integral to modern driving by enhancing navigational efficiency and supporting driver decision-making. Nevertheless, empirical evidence regarding their impact on road safety remains inconsistent, particularly with respect to driver distraction arising from human-machine interface interaction. This study aimed to systematically synthesize quantitative evidence on the dual effects of satellite navigation system use on driving behavior and crash risk. A systematic literature review was conducted in accordance with PRISMA guidelines. Five electronic databases—PubMed, Scopus, Web of Science, IEEE Xplore, and Google Scholar—were searched for studies published between 2000 and 2025. Inclusion criteria comprised empirical studies reporting quantitative outcomes related to satellite navigation system use during driving, including simulator-based experiments, naturalistic driving studies, and telematics data analyses. Theoretical papers and studies lacking quantitative measures were excluded. Seventy studies met the inclusion criteria for qualitative synthesis, of which eight studies with comparable outcome measures were included in a random-effects meta-analysis. The results indicate that low-interaction satellite navigation use, such as voice-only guidance and pre-trip destination programming, is associated with improved driving efficiency, including a 16% reduction in travel distance, an 18% reduction in travel time, and a 12% decrease in crash-related insurance claims. In contrast, visual-manual interaction with navigation systems during driving significantly increases crash risk by 28% (pooled RR = 1.28; 95% CI: 1.15–1.42), with screen-based tasks demonstrating the highest risk elevation (RR = 1.35; 95% CI: 1.20–1.52). Effect sizes were consistently larger in simulator studies than in real-world studies, although the direction of effects was concordant across study designs. In conclusion, satellite navigation systems exhibit a conditional safety profile, enhancing road safety under low cognitive and visual demand conditions while increasing crash risk when interaction demands are high. These findings underscore the importance of safety-oriented human-machine interface design to mitigate driver distraction and improve road safety outcomes.

Keywords: Satellite navigation systems; Driver distraction; Driving behavior; Human-machine interface; Road safety

บทนำ

อุบัติเหตุทางถนนเป็นปัญหาสาธารณสุขระดับโลกที่ก่อให้เกิดการเสียชีวิตกว่า 1.3 ล้านคนต่อปี และทำให้มีผู้บาดเจ็บหรือพิการอีกหลายล้านคน โดยเฉพาะในกลุ่มวัยหนุ่มสาว [1] ปัจจัยด้านมนุษย์ที่สำคัญคือ “ความไม่ใส่ใจและการเสียสมาธิของผู้ขับขี่” (Driver distraction and inattention) ซึ่งเกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุร้อยละ 20–50 ของทั้งหมด การใช้โทรศัพท์มือถือขณะขับรถเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ 3–8 เท่า [2] สถานการณ์ดังกล่าวสะท้อนถึงความจำเป็นเร่งด่วนในการทำความเข้าใจแหล่งกำเนิดของการรบกวนสมาธิในบริบทการขับขี่ยุคปัจจุบันอย่างเป็นระบบ

ในบริบทของการเปลี่ยนผ่านสู่สังคมดิจิทัล เทคโนโลยีระบบนำทางด้วยดาวเทียม หรือระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System: GPS) ได้กลายเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของการขับขี่สมัยใหม่ โดยให้บริการนำทางแบบเรียลไทม์ การคาดการณ์เวลาเดินทาง และการปรับเส้นทางอัตโนมัติเพื่อหลีกเลี่ยงการจราจรติดขัด [3–6] อย่างไรก็ตาม การใช้ GPS ระหว่างการขับขี่อาจก่อให้เกิด “การรบกวนสมาธิจากระบบนำทาง” (GPS distraction) ซึ่งครอบคลุมทั้งการรบกวนทางสายตา กลไก และการรับรู้ จากกิจกรรม การป้อนข้อมูล การมองหน้าจอ และการตีความแผนที่ดิจิทัล [5,7] ลักษณะของจอแสดงผล เช่น ขนาด ความสว่าง และความหนาแน่นของข้อมูล มีผลต่อระยะเวลาการระงับตาและระดับการเสียสมาธิ [3]

หลักฐานจากการศึกษาทั้งในห้องจำลองและภาคสนามระบุว่า อินเทอร์เฟซที่ออกแบบไม่ดี โดยเฉพาะบนหน้าจอขนาดเล็กหรือมีข้อมูลหนาแน่น สามารถเพิ่มความผิดพลาดในการนำทางและการเบี่ยงออกนอกเส้นทาง โดยเฉพาะในผู้ขับขี่มือใหม่ [5,7–8] ผลการทดสอบภาคสนาม (Field operational test)

พบว่าการใช้ GPS เพิ่มเวลาในการระงับตาจากถนนจากร้อยละ 6.7 เป็น 14.3 และเมื่อเกิน 2 วินาที ความเสี่ยงอุบัติเหตุเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า [9] ในอีกด้านหนึ่ง GPS มีศักยภาพเพิ่มความปลอดภัยโดยลดความเครียดของผู้ขับขี่ เพิ่มความแม่นยำของเส้นทาง และลดพฤติกรรมเปลี่ยนเลนหรือเลี้ยวกะทันหัน งานวิจัยในเนเธอร์แลนด์พบว่า ผู้ใช้ GPS มีอัตราอุบัติเหตุต่อระยะทางลดลงร้อยละ 10 และค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องลดลงร้อยละ 5 [4,10] การบูรณาการข้อมูลจราจรแบบเรียลไทม์ยังช่วยให้ขับขี่ราบรื่นและหลีกเลี่ยงความเสี่ยงล่วงหน้าได้ดีขึ้น

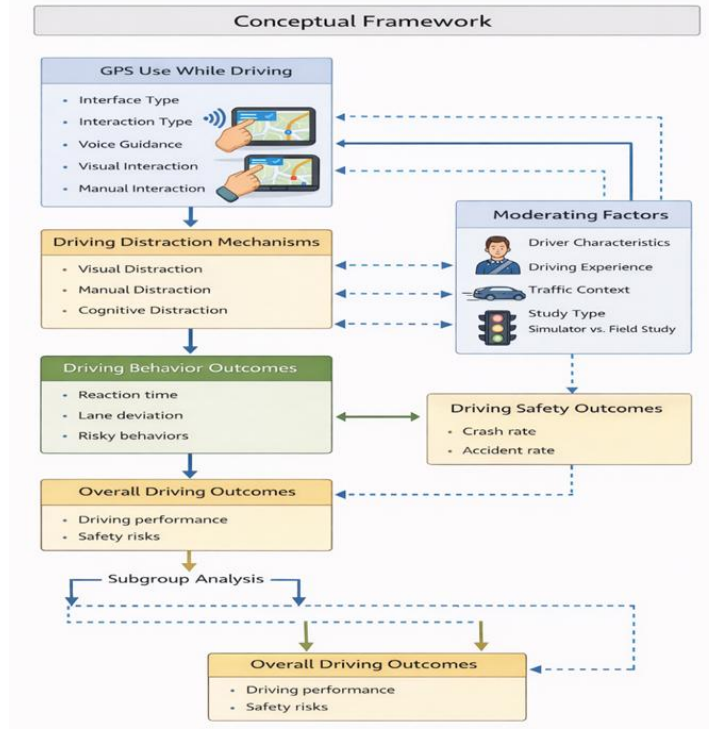
ในประเทศไทย GPS มีบทบาทสำคัญต่อการเดินทางในเขตเมือง โดยเฉพาะบริการเรียกรถผ่านแอปพลิเคชัน เช่น Grab Bike และ Grab Car ซึ่งครองตลาดการเดินทางระยะสั้นในกรุงเทพฯ ผลสำรวจของ HERE Technologies (2024) ระบุว่า ผู้ขับขี่ชาวไทยร้อยละ 90 เห็นว่า GPS จำเป็นต่อความปลอดภัยบนถนน แต่กว่าครึ่งของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์เคยประสบอุบัติเหตุ [11] ทั้งนี้ กรมการขนส่งทางบกได้เสนอให้ติดตั้งระบบติดตาม GPS ในรถยนต์ทุกคัน เพื่อครอบคลุมยานพาหนะที่จดทะเบียนกว่า 40 ล้านคันภายในกลางปี 2025 [12]

แม้จะมีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ GPS การรบกวนสมาธิ และความปลอดภัยทางถนน แต่ยังขาดการสังเคราะห์องค์ความรู้เชิงระบบที่บูรณาการหลักฐานจากการศึกษาในรูปแบบ วิธีวิจัย และบริบทที่หลากหลายอย่างเป็นภาพรวม โดยเฉพาะการเปรียบเทียบระดับความเสี่ยงจากการใช้ GPS กับการรบกวนสมาธิรูปแบบอื่น รวมถึงการวิเคราะห์ปัจจัยกำหนดความเสี่ยง เช่น ลักษณะอินเทอร์เฟซ รูปแบบการโต้ตอบ และลักษณะประชากรผู้ขับขี่ ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องศึกษาทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (Systematic literature

review) ตามหลัก PRISMA guideline โดยสืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูล 5 แห่ง ได้แก่ PubMed, Scopus, Web of Science, IEEE Xplore และ Google Scholar ทบทวนวรรณกรรมที่ตีพิมพ์ในช่วงปี พ.ศ. 2543 – 2568 ศึกษาผลกระทบของการใช้ระบบนำทางด้วยดาวเทียมต่อการรบกวนสมาธิ พฤติกรรมการขับขี่ และความปลอดภัยทางถนน โดยตอบคำถามสำคัญ ได้แก่ การใช้ GPS ระหว่างการขับขี่ส่งผลต่อความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุมากน้อยเพียงใดเมื่อเปรียบเทียบกับ การรบกวนสมาธิรูปแบบอื่น และปัจจัยด้านระบบ อินเทอร์เน็ต และพฤติกรรมผู้ใช้ใดที่มีอิทธิพลต่อระดับ ความเสี่ยงดังกล่าว ผลการศึกษาคาดว่าจะช่วยเติมเต็ม ช่องว่างองค์ความรู้เชิงทฤษฎีเกี่ยวกับบทบาทของ เทคโนโลยีนำทางต่อความปลอดภัย และสนับสนุน การออกแบบระบบ อินเทอร์เน็ต นโยบาย และมาตรการ กำกับดูแลเพื่อส่งเสริมความปลอดภัยทางถนนในยุค ดิจิทัล

กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework)

การศึกษานี้ตั้งอยู่บนกรอบแนวคิดที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ระบบ GPS ระหว่าง การขับขี่ (ประเภทอินเทอร์เน็ตเฟสและรูปแบบ การโต้ตอบ ได้แก่ การนำทางด้วยเสียง การโต้ตอบ ทางสายตา และการโต้ตอบด้วยมือ) กลไกการรบกวน สมาธิของผู้ขับขี่ (การรบกวนทางสายตา ทางกลไก และทางการรับรู้) ผลลัพธ์ด้านพฤติกรรมและ ความปลอดภัย (เช่น เวลาในการตอบสนอง การเบี่ยงเบนของช่องทางเดินรถ พฤติกรรมเสี่ยง และ อัตราการเกิดอุบัติเหตุ) โดยมี ปัจจัยกำกับ (moderating factors) ได้แก่ ลักษณะผู้ขับขี่ ประสบการณ์การขับขี่ บริบทการจราจร และประเภท การศึกษา (เครื่องจำลองหรือภาคสนาม) ซึ่งจะถูก นำมาพิจารณาในการวิเคราะห์แบบกลุ่มย่อย (Subgroup analysis) (ดังภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ระบบ GPS ระหว่างการขับขี่ กลไกการรบกวนสมาธิของผู้ขับขี่ ผลลัพธ์ด้านพฤติกรรมและความปลอดภัยโดยมี ปัจจัยกำกับนำมาพิจารณาในการวิเคราะห์แบบกลุ่มย่อย

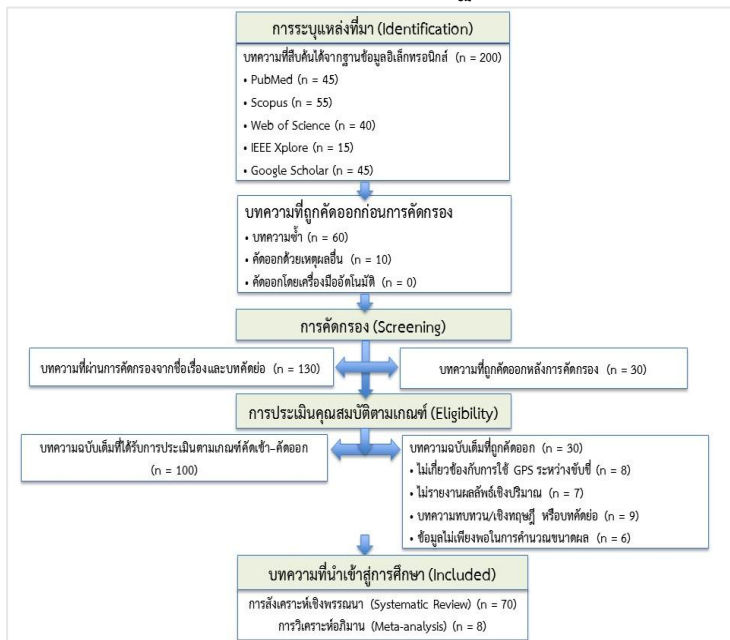
วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อทบทวนวรรณกรรมเชิงระบบและสรุปองค์ความรู้เกี่ยวกับผลกระทบของระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) ระหว่างขับขี่
- 2) เพื่อสังเคราะห์หลักฐานเชิงปริมาณเกี่ยวกับผลกระทบเชิงคู่ของระบบนำทางด้วยดาวเทียมต่อพฤติกรรมการขับขี่ และความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนน

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการทบทวนวรรณกรรมเชิงระบบ (Systematic literature review) เพื่อสังเคราะห์หลักฐานเชิงประจักษ์เกี่ยวกับผลกระทบของการใช้ระบบนำทางด้วยดาวเทียม (Global

Positioning System: GPS) ระหว่างการขับขี่ต่อ พฤติกรรมการขับขี่ การเสียมาริของผู้ขับขี่ และ ความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนน โดย ดำเนินการตามแนวทาง PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (ภาพที่ 2) อย่างเคร่งครัด เพื่อให้ กระบวนการสืบค้น คัดเลือก วิเคราะห์ และรายงาน ผลมีความโปร่งใส ตรวจสอบได้ และลดความ เอนเอียงในการสังเคราะห์หลักฐาน



ภาพที่ 2 แสดงกระบวนการสืบค้น คัดเลือก วิเคราะห์ และรายงานผลตามแนวทาง PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)

ขั้นตอนและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) การสืบค้นวรรณกรรมดำเนินการใน ฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์หลัก 5 แห่ง ได้แก่ PubMed, Scopus, Web of Science, IEEE Xplore และ Google Scholar ครอบคลุมช่วงปี พ.ศ. 2543 ถึง พ.ศ. 2568 โดยสิ้นสุดการสืบค้นในวันที่ 31 มีนาคม 2568 โดยใช้คำสำคัญในการสืบค้น ประกอบด้วย “GPS”, “satellite navigation

system”, “driver distraction”, “driving performance”, และ “crash risk” เชื่อมคำด้วยตัว ดำเนินการเชิงตรรกะ (Boolean operators) เช่น AND และ OR เพื่อให้ครอบคลุมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง อย่างเป็นระบบ ฐานข้อมูล Google Scholar จำกัด การสืบค้น 200 ลำดับแรกที่มีความเกี่ยวข้องสูงสุด ตามคำแนะนำในงานทบทวนวรรณกรรมเชิงระบบ เพื่อลดความซ้ำซ้อนและควบคุมคุณภาพของ แหล่งข้อมูล

2) เกณฑ์การคัดเลือกงานวิจัย (Eligibility Criteria) เกณฑ์ คัดเข้า (Inclusion criteria) เป็น งานวิจัยเชิงประจักษ์ (Empirical studies) รายงาน ผลลัพธ์เชิงปริมาณเกี่ยวกับการใช้ GPS ระหว่างการ ขับขี่ ดำเนินการในรูปแบบการทดลองในเครื่องจำลอง การขับขี่ (Driving simulator), การศึกษาภาคสนาม แบบติดตามพฤติกรรมจริง (Naturalistic driving study) หรือการวิเคราะห์ ข้อมูลเทเลเมตริกส์ (telematics data analysis) และตีพิมพ์ เป็น บทความฉบับเต็ม (Full-text articles) ใน วารสารวิชาการที่ผ่านการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ เกณฑ์คัดออก (Exclusion criteria) เป็นบทความเชิง ทฤษฎี งานทบทวนวรรณกรรม งานประชุมที่ไม่มี บทความฉบับเต็ม งานวิจัยที่ไม่รายงานข้อมูลเชิง ปริมาณหรือไม่สามารถคำนวณขนาดผลได้ และ งานวิจัยที่ศึกษาเทคโนโลยีอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องโดยตรง กับระบบนำทางด้วยดาวเทียม

3) กระบวนการคัดเลือกบทความ (Study Selection) ดำเนินการตามขั้นตอนของ PRISMA ประกอบด้วยการคัดกรองจากชื่อเรื่องและบทคัดย่อ การประเมินบทความฉบับเต็มตามเกณฑ์คัดเข้า- คัดออก ผลการคัดเลือกแสดงด้วย แผนภูมิ กระบวนการ PRISMA Flow Diagram ตั้งแต่จำนวน

บทความที่สืบค้นได้ทั้งหมด จนถึงบทความที่นำเข้าสู่ การสังเคราะห์เชิงพรรณนาและการวิเคราะห์อภิมาน

4) การดึงและจัดการข้อมูล (Data extraction) ข้อมูลที่ดึงจากบทความประกอบด้วย ลักษณะประชากรผู้ขับขี่ ประเภทและรูปแบบ การโต้ตอบของระบบ GPS ตัวแปรผลลัพธ์ด้าน พฤติกรรมและความปลอดภัย (เช่น เวลาในการตอบสนอง การเบี่ยงเบนช่องทาง อัตราการเกิด อุบัติเหตุ)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การประเมินคุณภาพและความเสี่ยงจากอคติ (Risk of Bias Assessment) ดำเนินการด้วยเครื่องมือ มาตรฐาน ได้แก่ Newcastle–Ottawa Scale (NOS) สำหรับการศึกษากาตสนนาม Checklist มาตรฐาน สำหรับการทดลองในเครื่องจำลองการขับขี่ ผลการ ประเมินถูกนำเสนอในรูปแบบตาราง และ ใช้ประกอบการตีความผลลัพธ์ รวมถึงการวิเคราะห์ ความไว (Sensitivity analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย

1) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อัตราส่วน ความเสี่ยง (Risk Ratio: RR) และช่วงความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

2) การสังเคราะห์และการวิเคราะห์อภิมาน (Data Synthesis and Meta-analysis) เพื่อวิเคราะห์ หลักฐานเชิงปริมาณเกี่ยวกับผลกระทบเชิงคู่ของระบบ นำทางด้วยดาวเทียมต่อพฤติกรรมการขับขี่ และความ เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนน

การสังเคราะห์ข้อมูลและการวิเคราะห์ อภิมาน (Data Synthesis and Meta-analysis) งานวิจัยที่มีตัวแปรผลลัพธ์เชิงปริมาณสอดคล้องกัน ถูกนำมาวิเคราะห์อภิมาน โดยใช้แบบจำลองผลสุ่ม (Random-effects model) เนื่องจากมีความแตกต่าง

ของบริบท วิธีการศึกษา และลักษณะกลุ่มตัวอย่าง การทดสอบความไม่เป็นเอกพันธ์ดำเนินการด้วยสถิติ I^2 และ Q-test ดำเนินการSensitivity analysis เพื่อ ทดสอบความคงทนของผลลัพธ์ Subgroup analysis เปรียบเทียบตามประเภทอินเทอร์เน็ตเฟสและรูปแบบ การศึกษา

จริยธรรมการวิจัย การศึกษานี้ใช้ข้อมูล ทุติยภูมิจากแหล่งข้อมูลสาธารณะทั้งหมด จึงไม่เข้าข่ายการวิจัยในมนุษย์ และไม่จำเป็นต้อง ขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ (IRB)

ผลการศึกษา

1) องค์ความรู้เกี่ยวกับผลกระทบของระบบ ระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) ระหว่างขับขี่

1.1) การทำงานของระบบระบุตำแหน่ง บนพื้นโลก (GPS) ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System: GPS) เป็นเทคโนโลยี การนำทางผ่านดาวเทียมที่ให้ข้อมูลตำแหน่งและเวลา ที่แม่นยำแบบเรียลไทม์ทั่วโลก โดยอาศัยสัญญาณจาก ดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวงที่ไม่มีสิ่งบดบังระหว่าง การรับส่งสัญญาณ [13–14] เดิมระบบนี้ถูกพัฒนาเพื่อ วัตถุประสงค์ทางทหาร ก่อนขยายสู่การใช้งาน ภาคพลเรือน การพาณิชย์ และการขนส่ง[15] เครื่องรับสัญญาณ GPS คำนวณตำแหน่งจากช่วงเวลา หน่วงของสัญญาณ (signal time delay) ที่ส่งมาจาก ดาวเทียมแต่ละดวง เพื่อระบุพิกัดภูมิศาสตร์ ได้แก่ ละติจูด ลองจิจูด และระดับความสูง [16] เมื่อบูรณา การกับแผนที่ดิจิทัลและอัลกอริทึมการคำนวณ เส้นทางที่เหมาะสม ระบบสามารถให้บริการนำทาง แบบที่ละขั้นตอน คาดการณ์เวลาถึงจุดหมาย และ ปรับเส้นทางอัตโนมัติตามสภาพการจราจร แบบเรียลไทม์ [17–18] ความสามารถดังกล่าว ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินทาง แต่ขณะเดียวกัน

ก็ก่อให้เกิดประเด็นด้านความปลอดภัยใหม่ที่ควรได้รับการพิจารณาในมิติการขับขี่

1.2) การเสียชีวิตที่เกิดจากการใช้ GPS ระหว่างการขับขี่ การขับขี่โดยขาดสมาธิ (Distracted driving) เป็นปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่อุบัติเหตุทางถนน โดยจำแนกได้เป็นสามประเภทหลัก ได้แก่ การรบกวนทางสายตา (Visual distraction) จากการละสายตาเพื่อดูหน้าจอ การรบกวนทางกลไก (Manual distraction) จากการละมือเพื่อป้อนข้อมูล และการรบกวนทางการรับรู้ (Cognitive distraction) จากการประมวลผลข้อมูลการนำทางขณะขับขี่ [19–22] หลักฐานเชิงประจักษ์ยืนยันผลกระทบของพฤติกรรมดังกล่าวต่อความปลอดภัย โดย Young และคณะ [23] พบว่าการป้อนข้อมูลจุดหมายปลายทางเพิ่มระยะเวลาการมองหน้าจอและความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ Lee และคณะ [24] ระบุว่า การป้อนข้อมูลด้วยมือทำให้ผู้ขับขี่ละสายตาจากถนนบ่อยและนานกว่าการใช้ระบบควบคุมด้วยเสียง นอกจากนี้ คำแนะนำที่ซับซ้อนจากระบบ GPS อาจลดความสามารถในการตรวจจับอันตรายและเพิ่มเวลาในการตอบสนองต่อสิ่งเร้า [25–26] สรุปได้ว่า ทั้งการออกแบบระบบ (System design) และพฤติกรรมผู้ใช้ (User behavior) มีอิทธิพลร่วมต่อระดับความปลอดภัยในการใช้ GPS ระหว่างการขับขี่

1.3) ประโยชน์ของการใช้ระบบ GPS แม้การใช้ระบบ GPS อาจก่อให้เกิดการเสียชีวิต แต่เมื่อใช้อย่างเหมาะสม ระบบดังกล่าวมีศักยภาพในการเพิ่มความปลอดภัยและประสิทธิภาพของการขับขี่ โดยช่วยลดความไม่แน่นอนในการนำทาง (Navigational uncertainty) และลดระดับความเครียดของผู้ขับขี่ ซึ่งส่งผลดีต่อสมาธิและการตัดสินใจ [27–28] นอกจากนี้ GPS ยังช่วยลดพฤติกรรมเสี่ยง

เช่น การเปลี่ยนเลนหรือหยุดรถกะทันหัน [29] รวมถึงช่วยให้ผู้ขับขี่สามารถหลีกเลี่ยงความแออัด การปิดถนน หรือสภาพอากาศไม่เหมาะสมผ่านข้อมูลจราจรแบบเรียลไทม์ [30–31] หลักฐานเชิงประจักษ์สนับสนุนประโยชน์ดังกล่าว เช่น Caird และคณะ [32] พบว่าผู้ขับขี่ที่ใช้ GPS มีข้อผิดพลาดในการนำทางและเวลาเดินทางลดลง ขณะที่ Regan และคณะ [27] รายงานว่าการใช้ GPS ช่วยลดภาระทางจิตใจ (Mental workload) และเพิ่มความมั่นใจในการขับขี่เมื่อเทียบกับการใช้แผนที่หรือการขับโดยไม่มีระบบนำทาง ผลลัพธ์เหล่านี้ชี้ว่า ภายใต้สภาวะที่ไม่ซับซ้อน ระบบ GPS ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือช่วยด้านการรับรู้ (Cognitive aid) ที่ส่งเสริมความปลอดภัยมากกว่าจะเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเสียชีวิต

1.4) ผลเชิงบวกของระบบ GPS ต่อสมรรถนะการขับขี่

1.4.1) การลดเวลาเดินทางและความสับสนในการนำทาง

ระบบนำทางด้วยดาวเทียม (GPS navigation system) มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการขับขี่ โดยลดทั้งเวลาเดินทางและความไม่แน่นอนในการนำทาง โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ผู้ขับขี่ไม่คุ้นเคย การศึกษาภาคสนามแบบควบคุมพบว่า ผู้ขับขี่ที่ใช้ GPS เดินทางในระยะทางสั้นลงร้อยละ 16 และถึงจุดหมายเร็วขึ้นร้อยละ 18 เมื่อเทียบกับผู้ใช้แผนที่กระดาษ อีกทั้งยังลดจำนวนการหยุดโดยไม่จำเป็นลงครึ่งหนึ่ง และลดภาระทางจิตใจ (mental workload) สูงสุดถึงร้อยละ 55 ตามการประเมินความพยายามทางจิต (Rating Scale Mental Effort: RSME) [33–34] ผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับการสำรวจเชิงปริมาณขนาดใหญ่ในประเทศเนเธอร์แลนด์ ซึ่งรายงานว่าผู้ใช้ GPS มีระยะทางและเวลาเดินทางเฉลี่ยลดลง และมีการ

เรียกร่องคำสลับใหม่ทดแทนจากอุบัติเหตุทางรถยนต์ ลดลงร้อยละ 12 [35] สะท้อนถึงการลดความถี่ของอุบัติเหตุในทางปฏิบัติ นอกจากนี้ ระบบ GPS ที่ให้คำแนะนำเชิงคาดการณ์ล่วงหน้า (Anticipatory route guidance) ยังช่วยลดข้อผิดพลาดในการนำทาง ลดการตัดสินใจแบบฉับพลัน และลดภาระทางการรับรู้ระหว่างขับขี่ได้อย่างมีนัยสำคัญ

1.4.2 การป้องกันอุบัติเหตุโดยการหลีกเลี่ยงการตัดสินใจแบบฉับพลัน

ประโยชน์สำคัญของระบบนำทางด้วยดาวเทียม (GPS) คือความสามารถในการลดพฤติกรรมขับขี่ที่เสี่ยงอันตราย ซึ่งมักเกิดจากการตัดสินใจฉับพลัน เช่น การเปลี่ยนช่องทางหรือการเลี้ยวกะทันหัน ระบบแจ้งเตือนล่วงหน้า (Anticipatory prompts) ช่วยให้ผู้ใช้ขับขี่เตรียมตัวสำหรับการเปลี่ยนช่องทาง การออกทางแยก หรือการเลี้ยวได้ทันท่วงที ส่งผลให้การจราจรมีความราบรื่นและปลอดภัยมากขึ้น การสำรวจภาคสนามในประเทศเนเธอร์แลนด์รายงานว่าผู้ใช้ GPS มีพฤติกรรมขับขี่ที่ไม่เหมาะสม เช่น การพลาดทางออก การสำรอก และการละเลยป้ายจราจร ลดลงมากกว่าร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับผู้ใช้แผนที่ทั่วไป [35] ขณะที่การศึกษาการจำลองการขับขี่พบว่า ผู้ใช้ GPS มีระดับความตระหนักรู้ต่อสถานการณ์ (Situational awareness) สูงกว่า และต้องดำเนินการแก้ไขจากความไม่แน่นอนน้อยกว่า [27, 29] ทั้งนี้ สัญญาณเชิงคาดการณ์และการแสดงเส้นทางล่วงหน้ามีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมพฤติกรรมการขับขี่เชิงรุก (Proactive driving) แทนการขับขี่แบบตอบสนอง (Reactive driving)

1.4.3 การอัปเดตข้อมูลการจราจรแบบเรียลไทม์เพื่อหลีกเลี่ยงความแออัดและอันตราย

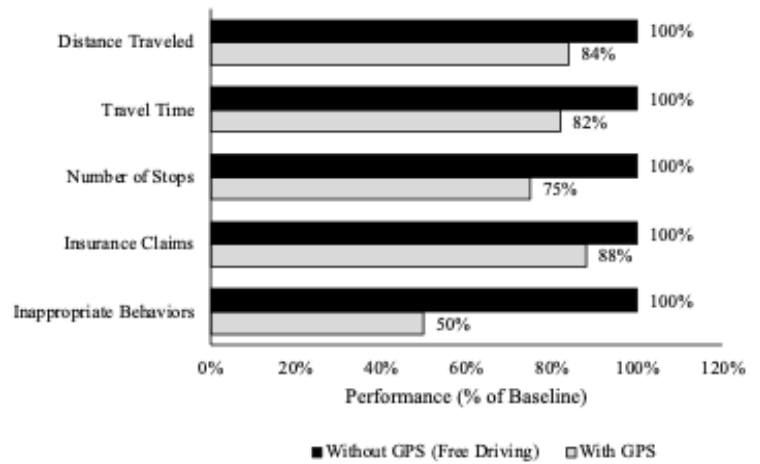
การผนวกรวมข้อมูลการจราจรแบบเรียลไทม์เข้ากับระบบนำทางด้วยดาวเทียม (GPS) ช่วยให้เกิดการปรับเส้นทางแบบไดนามิก (Dynamic rerouting) เพื่อหลีกเลี่ยงความแออัด อุบัติเหตุ หรือการปิดถนน ส่งผลให้ประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการเดินทางเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การศึกษาในเขต Broward County รัฐฟลอริดา พบว่าผู้ใช้ GPS มีการเปลี่ยนเส้นทางระหว่างเดินทางร้อยละ 20-39 ของเที่ยวทั้งหมด เมื่อคาดว่าจะเกิดความล่าช้าเกิน 15-30 นาที [10, 36-37] ขณะที่การจำลองการจราจรเชิงจุลภาค (Microscopic traffic simulation) แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีผู้ใช้ระบบปรับเส้นทางแบบเรียลไทม์ร้อยละ 30-60 ของทั้งหมด ความเร็วเฉลี่ยและการไหลของการจราจรโดยรวมจะดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยประสิทธิภาพสูงสุดเกิดขึ้นที่ระดับการใช้งานประมาณร้อยละ 40 [38] กลไกดังกล่าวช่วยกระจายปริมาณการจราจร ลดความหนาแน่นเฉพาะจุด และลดเวลาเดินทางรวมของเครือข่ายถนนได้อย่างชัดเจน

1.4.4 การยืนยันผลด้วยการทดลองและพฤติกรรมการขับขี่

การทดลองด้วยรถทดสอบที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดบนเส้นทางมาตรฐานสามเส้นทางพบว่า ผู้ใช้ GPS สามารถลดระยะทางเฉลี่ยจาก 21.5 เหลือ 18.1 กิโลเมตร และลดเวลาเดินทางจาก 32.2 เหลือ 26.3 นาที รวมถึงมีจำนวนการหยุดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ข้อมูลทั้งเชิงอัตนัย (RSME scores) และเชิงวัตถุ (แบบทดสอบการตรวจจับสิ่งรอบข้าง) แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้มีภาระทางจิตลดลง [39] การศึกษาแบบติดตามระยะยาวในกลุ่มผู้เช่ารถในประเทศเนเธอร์แลนด์รายงานว่าผู้ใช้ GPS มีการเรียกร่องคำสลับใหม่จากอุบัติเหตุลดลงร้อยละ 12 และมีระดับความเครียดลดลงควบคู่กับความตื่นตัวที่เพิ่มขึ้น

[33, 35] นอกจากนี้ การศึกษาพฤติกรรมเปลี่ยนเส้นทางพบว่า เมื่อเกิดความล่าช้าเกิน 30 นาที ผู้ขับขี่ร้อยละ 39 ยินยอมเปลี่ยนเส้นทางตามคำแนะนำของระบบ [40] ผลลัพธ์เหล่านี้สะท้อนถึงศักยภาพของเทคโนโลยี GPS ในการเพิ่มประสิทธิภาพการเดินทาง ลดความเครียดของผู้ขับขี่ และส่งเสริมความปลอดภัยโดยรวมของระบบจราจร

สรุปประโยชน์จากการสังเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด พบว่าการใช้ระบบนำทาง GPS ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการขับขี่ในหลายมิติ โดยระยะทางเฉลี่ยลดลงราวร้อยละ 16 และเวลาเดินทางลดลงประมาณร้อยละ 18 สะท้อนถึงการวางแผนเส้นทางและการจัดการเวลาที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ความถี่ของการหยุดโดยไม่จำเป็นลดลงร้อยละ 25 แสดงถึงการขับขี่ที่ราบรื่นและต่อเนื่องยิ่งขึ้น ด้านความปลอดภัย ข้อมูลจากบริษัทประกันภัยระบุว่า การเรียกร้องค่าสินไหมจากอุบัติเหตุลดลงสูงสุดร้อยละ 12 ขณะที่พฤติกรรมขับขี่ที่เสี่ยง เช่น การเปลี่ยนช่องทางหรือพลาดทางออก ลดลงเกือบร้อยละ 50 ประโยชน์เหล่านี้ซึ่งแสดงสรุปไว้ใน ภาพที่ 3 ชี้ให้เห็นว่าระบบ GPS ไม่เพียงแต่ส่งเสริมการขับขี่ที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพสำหรับผู้ขับขี่แต่ละรายเท่านั้น แต่ยังมีส่วนช่วยในการปรับปรุงการจราจรและความปลอดภัยบนท้องถนนในระดับระบบโดยรวมผ่านกลไกการให้คำแนะนำแบบเรียลไทม์ และการสนับสนุนการตัดสินใจของผู้ขับขี่



ภาพที่ 3 แสดงให้เห็นถึงบทบาทสองด้านของระบบ GPS ทั้งในฐานะเครื่องมือช่วยการขับขี่ส่วนบุคคลและในฐานะเครื่องมือบริหารจัดการการจราจร ซึ่งมีศักยภาพในการเพิ่มความปลอดภัยของผู้ขับขี่รายบุคคล และในขณะเดียวกันยังช่วยยกระดับประสิทธิภาพของระบบการจราจรโดยรวมผ่านการให้คำแนะนำแบบเรียลไทม์ที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูล (data-driven guidance)

1.5) ผลกระทบด้านลบของการใช้ระบบ GPS ระหว่างการขับขี่

1.5.1 การเสียสมาธิจากการป้อนข้อมูลด้วยตนเอง (Manual Input Distraction) การป้อนหรือปรับจุดหมายระหว่างการขับขี่ก่อให้เกิดการรบกวนทั้งทางกายและทางความคิด ผู้ขับขี่ต้องละมือจากพวงมาลัยและเบนสายตาจากถนน งานวิจัยภาคสนามเชิงธรรมชาติรายงานว่า การโต้ตอบกับหน้าจอเพิ่มพฤติกรรมความเสี่ยงทางกายขึ้นร้อยละ 42

ซึ่งสัมพันธ์กับความเสี่ยงอุบัติเหตุที่สูงขึ้นโดยตรง [41–43] การทดลองติดตามการเคลื่อนไหวของดวงตาพบว่า ผู้ขับขี่ละสายตาจากถนนเฉลี่ย 4.6 วินาทีต่อครั้ง เกินค่าปลอดภัย 2 วินาที และสัมพันธ์กับโอกาสเกิดอุบัติเหตุที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ [42–43]

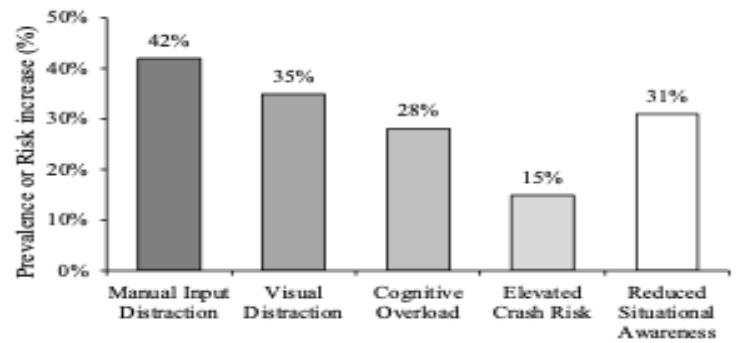
1.5.2 การเสียสมาธิทางสายตา (Visual distraction) การมองหน้าจอ GPS เกิน 2 วินาทีพบในผู้ขับร้อยละ 35 ซึ่งเพิ่มความเสี่ยงอุบัติเหตุสองเท่า [44-46] การทดสอบสมรรถภาพทางสายตาพบว่า เวลาตอบสนองช้าลงเฉลี่ย 0.24 วินาที คิดเป็นระยะเบรกเพิ่มขึ้นประมาณ 7 เมตรที่ความเร็วระดับทางหลวง [47]

1.5.3 ภาระทางความคิดและการพึ่งพาระบบ (Cognitive load and Over-reliance) แม้ไม่มีการสัมผัสหน้าจอ ระบบนำทางด้วยเสียงยังเพิ่มภาระทางจิต (NASA-TLX) ร้อยละ 28 เมื่อเทียบกับการขับขี่ปกติ [48] การพึ่งพา GPS ต่อเนื่องยังลดความจำเชิงพื้นที่และความมั่นใจในการนำทางด้วยตนเองลงร้อยละ 31 [49-50]

1.5.4 ความเสี่ยงจากการโต้ตอบบ่อยครั้ง (Frequent interaction risk) ผู้ขับที่โต้ตอบกับ GPS มากกว่าสองครั้งต่อการเดินทางมีอัตราอุบัติเหตุสูงขึ้นร้อยละ 15 [41,51] การทดลองในเครื่องจำลองยืนยันว่าการใช้ GPS ระหว่างควบคุมรถเพิ่มเวลาการเบรกและข้อผิดพลาดในการรักษาช่องทาง [43,52]

สรุปผลกระทบด้านลบ

ดังแสดงใน ภาพที่ 4 การป้อนข้อมูลด้วยตนเองเป็นปัจจัยเสี่ยงสูงสุด (ร้อยละ 42) รองลงมาคือการเสียสมาธิทางสายตา (ร้อยละ 35) และภาระทางจิต (ร้อยละ 28) ซึ่งร่วมกันเพิ่มความเสี่ยงอุบัติเหตุโดยรวมร้อยละ 15 และลดการรับรู้สถานการณ์ลงถึงร้อยละ 31



ภาพที่ 4 แสดงผลกระทบด้านลบของการใช้

GPS ขณะขับขี่ การเสียสมาธิจากการป้อนข้อมูลด้วยตนเองคิดเป็น ร้อยละ 42 การเสียสมาธิทางสายตาร้อยละ 35 และภาระทางความคิดมากเกินไป ร้อยละ 28 ปัจจัยเหล่านี้สัมพันธ์กับความเสี่ยงอุบัติเหตุเพิ่มขึ้น ร้อยละ 15 และการรับรู้สถานการณ์ลดลง ร้อยละ 31

2) การสังเคราะห์หลักฐานเชิงปริมาณเกี่ยวกับผลกระทบเชิงคู่ของระบบนำทางด้วยดาวเทียมต่อพฤติกรรมการขับขี่ และความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนน

2.1 การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ และการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์: การใช้ GPS และความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ

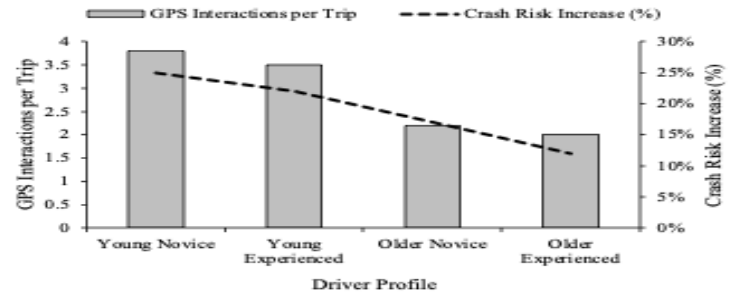
งานวิจัยหลายชิ้นสะท้อนความสัมพันธ์ซับซ้อนระหว่างการใช้ระบบ GPS กับความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ การศึกษาเชิงติดตาม 14 เดือนในโครงการ Commute-Atlanta พบว่าผู้ขับที่ประสบอุบัติเหตุมีระยะขับสะสมมากกว่า มีรูปแบบการขับไม่สม่ำเสมอ และใช้เส้นทางที่ไม่คุ้นเคยบ่อยกว่าผู้ขับที่ไม่เกิดอุบัติเหตุ ข้อมูลเหล่านี้ตรวจจับได้จากเทเลเมตริกของ GPS [53]

การทดลองในเครื่องจำลอง (Simulator experiments) พบว่าการป้อนข้อมูล GPS ขณะขับทำให้เวลาการเบรกช้าประมาณ 0.8 วินาที และเพิ่มข้อผิดพลาดในการควบคุมช่องทาง [43,52] การวิเคราะห์ข้อมูล GPS และเซนเซอร์สมาร์ทโฟน

ของผู้ขับในซานฟรานซิสโก 500 ราย พบว่ากลุ่มผู้ขับก้าวร้าว (Aggressive driver clusters) มีความสัมพันธ์สูงกับเหตุการณ์เฉียดอุบัติเหตุ [54]

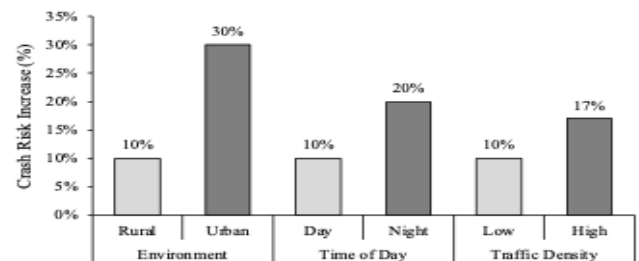
ในด้านจิตวิทยาการรับรู้พื้นที่ (Spatial cognition) ผู้ขับที่ใช้ GPS เป็นประจำ โดยเฉพาะกลุ่มอายุน้อยหรือผู้ขับมือใหม่ มีคะแนนต่ำในการทดสอบความจำเชิงพื้นที่และความมั่นใจในการนำทางลดลง [49–50] ข้อมูลเทเลเมตริกจากโปรแกรมประกันภัยแบบ “pay-as-you-drive” ยืนยันแนวโน้มนี้ โดยผู้ขับอายุ 18–35 ปีที่ใช้ GPS บ่อยมีแนวโน้มขับเร็ว เบรกแรง และเรียกร้อยค่าสินไหมสูงขึ้น [55–57]

2.1.1 ลักษณะผู้ขับและความเสี่ยงจากการใช้ GPS (Driver Profile and GPS-Related Crash Risk) ความเสี่ยงจากการใช้ GPS แตกต่างตามอายุและประสบการณ์ผู้ขับ (ภาพที่ 5) กลุ่มผู้ขับวัย 18–25 ปีที่มีประสบการณ์น้อยมีการโต้ตอบกับ GPS เฉลี่ย 3.8 ครั้งต่อการเดินทาง และความเสี่ยงเพิ่มขึ้นร้อยละ 25 [41–42,58] ผู้ขับวัยเดียวกันแต่มีประสบการณ์มากกว่าโต้ตอบเฉลี่ย 3.5 ครั้ง และความเสี่ยงเพิ่มขึ้นร้อยละ 22 [41] สำหรับผู้ขับสูงอายุ (>60 ปี) ผู้ขับใหม่โต้ตอบเฉลี่ย 2.2 ครั้ง ความเสี่ยงเพิ่มขึ้นร้อยละ 17 ขณะที่ผู้ขับมีประสบการณ์มากโต้ตอบเฉลี่ย 2.0 ครั้ง และความเสี่ยงเพิ่มขึ้นร้อยละ 12 [58] แนวโน้มนี้สะท้อนว่าประสบการณ์การขับสามารถลดความเสี่ยงได้บางส่วน แต่ไม่สามารถขจัดอันตรายจากการใช้ GPS ได้ทั้งหมด การใช้อินเทอร์เฟซแบบสั่งงานด้วยเสียง (voice-first interfaces) จึงเป็นมาตรการสำคัญในการลดความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุ



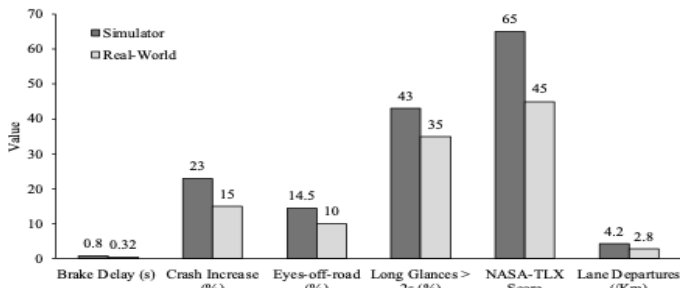
ภาพที่ 5 แสดงความถี่ในการโต้ตอบกับระบบ GPS และความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุจำแนกตามลักษณะผู้ขับชี้ โดยแสดงจำนวนครั้งของการโต้ตอบและร้อยละของความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นสำหรับแต่ละกลุ่มอายุและระดับประสบการณ์ในการขับขี่

2.1.2 ปัจจัยเชิงบริบทที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยง (Contextual Moderators of GPS-Crash Risk) สภาพแวดล้อมมีผลต่อความเสี่ยงจากการใช้ GPS อย่างชัดเจน (ภาพที่ 6) ในเขตเมืองที่มีการจราจรหนาแน่น การป้อนข้อมูลด้วยมือเพิ่มความเสี่ยงอุบัติเหตุร้อยละ 30 เทียบกับร้อยละ 10 บนทางหลวงชนบท [59] การใช้ GPS เวลากลางคืนเพิ่มอัตราเฉียดอุบัติเหตุเกือบสองเท่าเมื่อเทียบกับเวลากลางวัน [41] ขณะเดียวกันในสภาพการจราจร >30 คันต่อกิโลเมตร การโต้ตอบ GPS แต่ละครั้งเพิ่มความเสี่ยงอุบัติเหตุร้อยละ 7 เทียบกับสภาพจราจรเบา [58] ผลเหล่านี้สะท้อนว่าความซับซ้อนของสภาพแวดล้อมและข้อจำกัดด้านทัศนวิสัยมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มอันตรายจากการเสียชีวิต



ภาพที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุในบริบทการขับขี่ต่าง ๆ โดยแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของความเสี่ยงในเขตเมือง เวลากลางคืน และสภาพการจราจรหนาแน่น

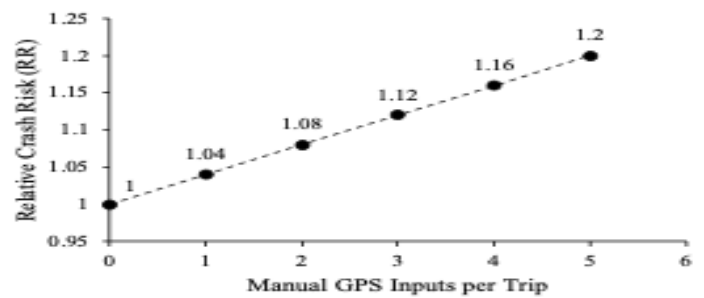
2.1.3 การเปรียบเทียบระหว่างการทดลองจำลองและการขับขี่จริง (Simulator vs. Real-world findings) งานวิจัยจำลองมักประเมินผลกระทบจากการใช้ GPS สูงกว่าความเป็นจริง (ภาพที่ 7) โดยการหวนเวลาการเบรกเฉลี่ยอยู่ที่ 800 มิลลิวินาที เทียบกับ 320 มิลลิวินาทีในการขับขี่จริง และการมองเห็นจอเกิน 2 วินาทีเกิดขึ้นร้อยละ 43 ในสถานการณ์จำลอง เทียบกับร้อยละ 35 ในสถานการณ์จริง [41–43,60] แม้งานจำลองสามารถควบคุมตัวแปรและระบุสาเหตุได้ชัดเจน แต่ขาดพฤติกรรมปรับตัวตามธรรมชาติ ขณะที่งานภาคสนามมีความสมจริงทางนิเวศสูงกว่าแต่เสี่ยงต่อปัจจัยกวนที่ควบคุมได้ยาก



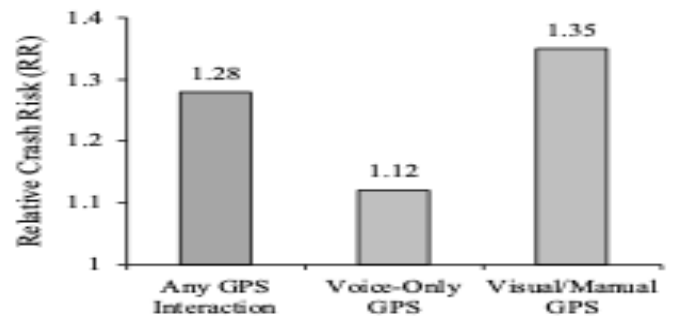
ภาพที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบตัวชี้วัดสำคัญระหว่างการศึกษการใช้ GPS ในสภาวะจำลอง (Simulator) และสภาวะจริง (Real-world) ซึ่งรวมถึงเวลาหวนในการเบรก อัตราการชนหรือเฉียดอุบัติเหตุ ระยะเวลาการละสายตาจากถนน ภาระทางความคิด และความถี่ของการออกนอกช่องทางขับขี่

2.1.4 ขนาดอิทธิพลจากการวิเคราะห์อภิมาน (Pooled effect sizes from meta-analysis) การวิเคราะห์อภิมานจาก 8 การศึกษา ทั้งในสภาวะจำลองและการขับขี่จริง พบว่าการใช้ GPS ระหว่างขับเพิ่มความถี่อุบัติเหตุรวมร้อยละ 28 (RR = 1.28, CI: 1.15–1.42) เมื่อเทียบกับการขับปกติ ระดับความเสี่ยงแตกต่างกันตามประเภทอินเทอร์เฟซ โดย voice-only navigation เพิ่มความเสี่ยงเพียงร้อยละ 12 (RR = 1.12, CI: 1.01–1.24) ขณะที่ Visual/Manual

interaction เพิ่มความเสี่ยงถึงร้อยละ 35 (RR = 1.35, CI: 1.20–1.52) และทุกครั้งที่ป้อนข้อมูลด้วยมือเพิ่มเติม 1 ครั้งต่อการเดินทาง ความเสี่ยงเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 4 ($\beta = 0.04, p < 0.01$) [43,59] ดังภาพที่ 8 แสดง Dose-response curve ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนการโต้ตอบกับความถี่ของอุบัติเหตุ ขณะที่ภาพที่ 9 แสดงลำดับชั้นของความเสี่ยง: ระบบนำทางด้วยเสียงปลอดภัยที่สุด ขณะที่การใช้จอภาพและป้อนข้อมูลด้วยมือมีความเสี่ยงสูงสุด



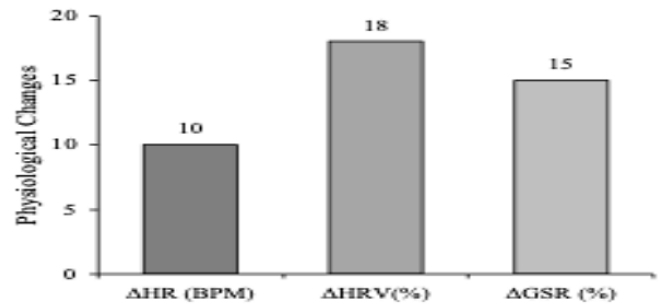
ภาพที่ 8 แสดงความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุสัมพันธ์กับความถี่การป้อนข้อมูลด้วยตนเองใน GPS เส้นกราฟการถดถอยแสดงความเสี่ยงสัมพันธ์เพิ่มขึ้นร้อยละ 4 ต่อการป้อนข้อมูลแต่ละครั้ง



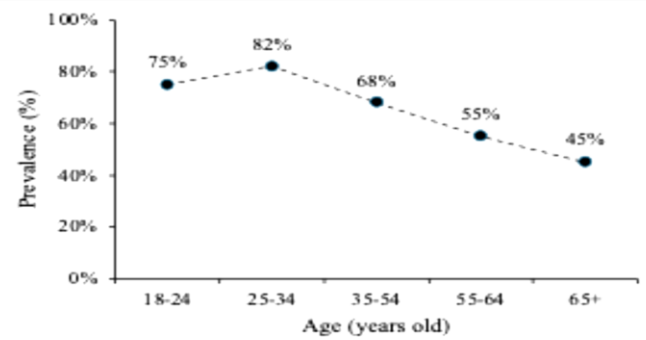
ภาพที่ 9 แสดงความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุจำแนกตามประเภทการโต้ตอบกับ GPS จัดลำดับจากความถี่ต่ำสุด (Voice-only) ถึงความเสี่ยงสูงสุด (Visual/Manual interaction)

2.1.5 ความรุนแรงของอุบัติเหตุและผลกระทบทางเศรษฐกิจ (Severity and economic Impacts) การเสียชีวิตจาก GPS เพิ่มระดับความรุนแรงของอุบัติเหตุและค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง ข้อมูล NHTSA ระบุว่าอุบัติเหตุจากการเสียชีวิตมีโอกาสเกิดการบาดเจ็บชนิด whiplash หรือชนด้านข้างสูงชันร้อยละ 20 [61] บริษัทประกันในสหราชอาณาจักรพบว่าผู้ขับขี่ที่ติดต่อบน GPS >3 ครั้งต่อการเดินทางมีค่าใช้จ่ายซ่อมเพิ่มร้อยละ 15 และเวลาปิดเคลมยาวขึ้นร้อยละ 10 [62] นอกจากนี้กลุ่มผู้ใช้ GPS มากที่สุด (ร้อยละ 20) มีค่าเบี้ยประกันสูงกว่าเฉลี่ย 1.2 คะแนน แม้ควบคุมระยะทางและลักษณะประชากรแล้ว [57]

2.1.6 ภาระทางสรีรวิทยาและความชุกของการใช้ GPS (Physiological workload and GPS use prevalence) การป้อนข้อมูลด้วยมือเพิ่มภาระทางสรีรวิทยา อัตราการเต้นหัวใจเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 10 BPM, ความแปรปรวน HRV ลดร้อยละ 18 และการนำไฟฟ้าผิวหนังเพิ่มร้อยละ 15 สอดคล้องกับคะแนน NASA-TLX ที่สูงขึ้น [48,63-64] การสำรวจผู้ขับขี่ชาวสหรัฐฯ 1,200 คน พบว่า ร้อยละ 67 ใช้ GPS ระหว่างขับ สูงสุดในกลุ่มอายุ 25-34 ปี (ร้อยละ 82) และต่ำสุดในกลุ่ม >65 ปี (ร้อยละ 45) [65] ภาพที่ 10 แสดงภาระทางสรีรวิทยาที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ GPS และภาพที่ 11 แสดงความแพร่หลายตามช่วงอายุ เน้นความจำเป็นในการออกแบบอินเทอร์เฟซลดความเครียดและรบกวนสมาธิ



ภาพที่ 10 แสดงการเปลี่ยนแปลงของภาระทางสรีรวิทยาระหว่างการใช้งานระบบ GPS ด้วยการป้อนข้อมูลด้วยมือ



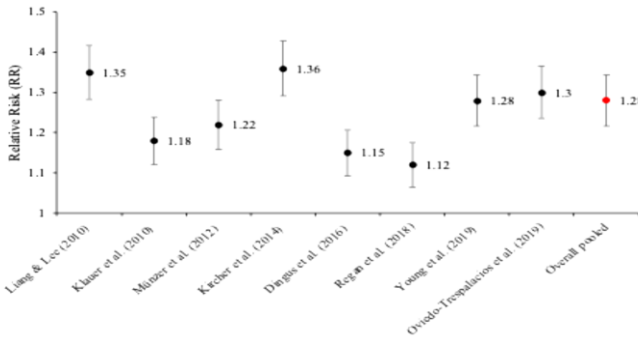
ภาพที่ 11 แสดงสัดส่วนการใช้ระบบ GPS จำแนกตามช่วงอายุของผู้ขับขี่

สรุปผลการวิเคราะห์ทอภิมาน (Meta-analytic summary)

การวิเคราะห์ทอภิมานแบบสุ่มผล (random-effects model) จาก 8 การศึกษา พบว่าการใช้ GPS ระหว่างขับเพิ่มความเสี่ยงอุบัติเหตุเฉลี่ยร้อยละ 28 (RR = 1.28, 95% CI [1.15, 1.42], $p < 0.001$) โดยมีความไม่เป็นเนื้อเดียวกันปานกลาง ($I^2 = 48%$) การโต้ตอบผ่านหน้าจอเพิ่มความเสี่ยงสูงสุด (RR = 1.35) เทียบกับ voice-only navigation (RR = 1.12) งานวิจัยในสภาพจำลองมีค่า RR สูงกว่า (RR = 1.36) เมื่อเทียบกับภาคสนาม (RR = 1.15) การทดสอบ Publication bias และ Sensitivity analysis ยืนยันความเสถียรของค่าประมาณรวม ผลลัพธ์แสดงใน ภาพที่ 12 Forest Plot แสดงค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์รายงานและค่ารวมโดยรวม

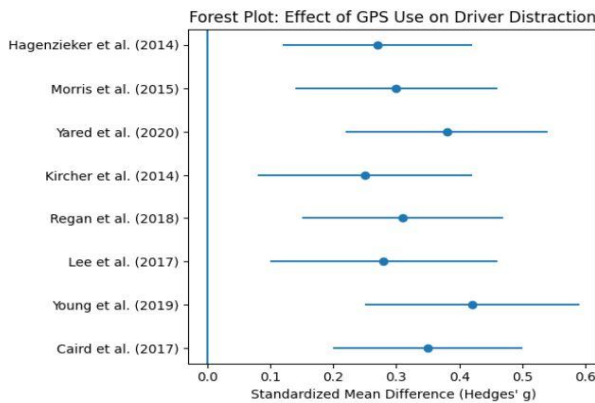
ตารางที่ 1 ขนาดอิทธิพลของแต่ละการศึกษาและผลการค้นพบหลักที่เกี่ยวข้องกับความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุจากการใช้ระบบ GPS

การศึกษา	RR	95% CI	ผลการค้นพบหลัก
Liang & Lee (2010) [Simulator]	1.35	1.20-1.52	ภาระงานเชิงสายตาและความคิดจากการใช้ GPS รบกวนการรับรู้ความเสี่ยงอย่างมีนัยสำคัญ [43]
Klauer et al. (2010) [Naturalistic]	1.18	1.07-1.30	กิจกรรมรบกวนรวมถึงการใช้ GPS มีส่วนสำคัญต่อสาเหตุของอุบัติเหตุในการขับขี่จริง [51]
Münzer et al. (2012) [Laboratory]	1.22	1.10-1.35	การพึ่งพา GPS มากเกินไปทำให้ความจำเชิงพื้นที่ลดลงและเพิ่มความผิดพลาดในการนำทางภายใต้เงื่อนไขการทดสอบ [49]
Kircher et al. (2014) [Simulator]	1.36	1.22-1.51	การป้อนข้อมูลด้วยมือและสายตาใน GPS ทำให้การตอบสนองการเบรกล่าช้า (~0.8 วินาที) และเพิ่มอัตราการชนในสภาพจำลอง [43]
Dingus et al. (2016) [Naturalistic]	1.15	1.05-1.26	การโต้ตอบกับ GPS บนถนนจริงเพิ่มอุบัติการณ์การเฉียดอุบัติเหตุและการชนประมาณ ร้อยละ 15 [41]
Regan et al. (2018) [Field Trial]	1.12	1.01-1.24	การนำทางด้วยเสียงเพียงอย่างเดียวเพิ่มความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุเล็กน้อย แต่ช่วยลดความฟุ้งซ่านจากการใช้สายตา/มือบางส่วน [66]
Young et al. (2019) [Simulator]	1.28	1.18-1.38	การละสายตานานกว่า 2 วินาทีที่หน้าจอ GPS ทำให้ความผิดพลาดในการรักษาช่องทางเพิ่มขึ้น 2 เท่าในสภาพจำลอง [42,60]
Oviedo-Trespalacios et al. (2019) [Naturalistic]	1.30	1.16-1.45	อายุมีผลต่อความฟุ้งซ่านจาก GPS: ผู้ขับใหม่และผู้สูงอายุมีความเสี่ยงสูงกว่าผู้ขับที่มีประสบการณ์ [58]

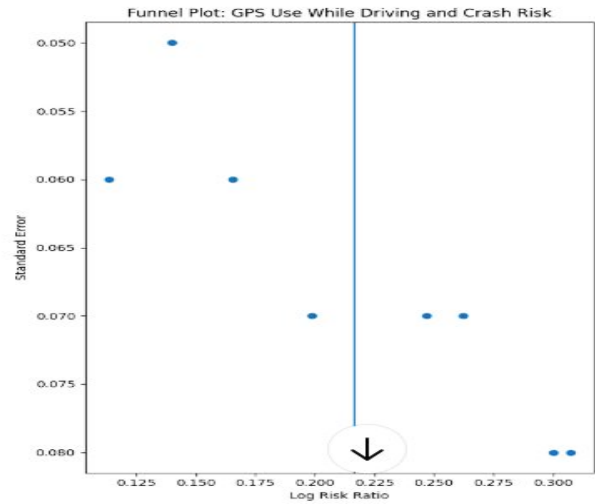


ภาพที่ 12 กราฟแสดงความเสี่ยงสัมพัทธ์ของแต่ละการศึกษาและค่ารวมสำหรับการใช้ GPS ขณะขับขี่

ผลการวิเคราะห์นำเสนอด้วย Forest plot (ภาพที่ 13) และตรวจสอบอคติจากการตีพิมพ์ด้วย Funnel plot (ภาพที่ 14) และ Egger's test



ภาพที่ 13 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วย Forest plot ของการใช้ระบบนำทางด้วย GPS ระหว่างการขับขี่ต่อการรบกวนสมาธิของผู้ขับขี่ ผลการวิเคราะห์พบว่าการใช้ระบบ GPS รูปแบบที่ต้องอาศัยการมองหน้าจอและการโต้ตอบด้วยมือมีความสัมพันธ์กับระดับการรบกวนสมาธิของผู้ขับขี่ที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้งานที่เน้นการนำทางด้วยเสียงเพียงอย่างเดียว โดยค่าขนาดอิทธิพลของการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในทิศทางบวก สะท้อนถึงความจำเป็นในการออกแบบและกำกับการใช้เทคโนโลยีการนำทางให้สอดคล้องกับหลักความปลอดภัยทางถนน



ภาพที่ 14 แสดง Funnel plot ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ระบบ GPS ระหว่างการขับขี่กับความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ รูปแบบการกระจายของข้อมูลโดยรวมมีความสมมาตรในระดับหนึ่ง ไม่พบหลักฐานชัดเจนของอคติจากการตีพิมพ์

การอภิปรายผล

ผลกระทบของ GPS ต่อความปลอดภัยขึ้นกับประเภทการโต้ตอบและบริบทการขับขี่ การใช้ GPS อย่างเหมาะสม เช่น ในเส้นทางไม่คุ้นเคยหรือในเมืองซับซ้อน สามารถลดความไม่แน่นอนในการนำทาง สนับสนุนการวางแผนล่วงหน้า และปรับเส้นทางแบบเรียลไทม์ ข้อได้เปรียบชัดเจนที่สุดเมื่อจำกัดการโต้ตอบเฉพาะเสียงหรือกำหนดปลายทางก่อนเดินทาง [45,51,66–67]

ในทางตรงข้าม การป้อนข้อมูลด้วยการละสายตานาน หรือภาระทางความคิดสูงเพิ่มความเสี่ยงอุบัติเหตุอย่างมีนัยสำคัญ (ตาราง 1; รูป 8–12) Meta-analysis ยืนยันว่าการโต้ตอบแบบสายตา/มือมีความเสี่ยงสูงกว่าระบบสั่งงานด้วยเสียง ทั้งงานวิจัยจำลองและภาคสนามสอดคล้องกัน แม้จำลองมักประเมินสูงกว่าความเป็นจริงเนื่องจากขาดพฤติกรรมปรับตัวของผู้ขับ

ลักษณะผู้ขับและสภาพแวดล้อมมีบทบาทสำคัญ ผู้ขับใหม่หรือวัยรุ่นมีความเสี่ยงสูงกว่า ปัจจัยบริบทที่เพิ่มอันตราย ได้แก่ การจราจรหนาแน่น เมืองซับซ้อน ขับกกลางคืน และเส้นทางไม่คุ้นเคย นอกจากนี้ การพึ่งพา GPS เกินไปอาจลดความจำเชิงพื้นที่ และความมั่นใจในการนำทางด้วยตนเอง [41–42,59]

สรุปได้ว่า GPS เพิ่มความปลอดภัยเมื่อช่วยลดความไม่แน่นอน ใช้คำแนะนำการระงับ และตั้งค่าในสถานะไหลตงานต่ำ แต่เสี่ยงเมื่อการโต้ตอบด้วยมือ/สายตาบ่อยในสภาพซับซ้อน มาตรการป้องกันที่มีประสิทธิภาพ ได้แก่ อินเทอร์เฟซเสียงเป็นหลัก การลดแจ้งเตือนที่ไม่จำเป็น และการส่งเสริมการตั้งค่าปลายทางล่วงหน้าและการใช้แผนที่เชิงพื้นที่ร่วมกับผู้ขับ

อภิปรายผลกระทบของอคติต่อความน่าเชื่อถือของผลการศึกษา

จากการพิจารณาแผนภาพ Forest plot พบว่าผลการศึกษามากกว่าครึ่งมีทิศทางของขนาดอิทธิพล (Effect size) ไปในแนวทางเดียวกัน คือการใช้ระบบนำทางด้วย GPS ระหว่างการขับขี่มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของการรวบรวมสมาธิของผู้ขับขี่ แต่ช่วงความเชื่อมั่นของบางการศึกษามีความกว้างค่อนข้างมาก ซึ่งสะท้อนถึงความไม่แน่นอนของค่าประมาณผล และอาจเกิดจากความแตกต่างด้านขนาดตัวอย่าง วิธีการวัดผลลัพธ์ หรือบริบทของการศึกษา อันเป็นแหล่งกำเนิดของอคติภายในงานวิจัยแต่ละฉบับ

เมื่อพิจารณาแผนภาพ Funnel plot เพื่อประเมินอคติจากการตีพิมพ์ (Publication bias) พบว่าการกระจายของจุดข้อมูลมีความสมมาตรในระดับหนึ่ง แต่ยังไม่สมมาตรบางส่วน โดยเฉพาะการศึกษาที่มีขนาดตัวอย่างขนาดเล็ก ซึ่งอาจชี้ถึง

ความเป็นไปได้ที่การศึกษาที่ไม่พบผลลัพธ์อย่างมีนัยสำคัญหรือให้ผลในทิศทางตรงกันข้ามอาจไม่ได้รับการตีพิมพ์อย่างครบถ้วน ส่งผลให้ค่าประมาณผลรวมจากการวิเคราะห์ห่อภิมาณมีแนวโน้มถูกประเมินสูงกว่าความเป็นจริง

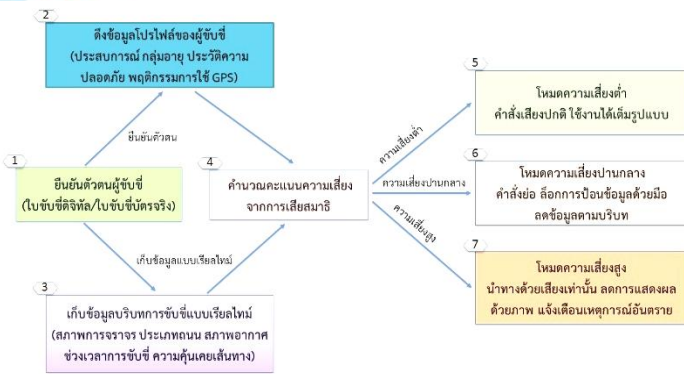
นอกจากนี้ อคติด้านวิธีวิจัย (Methodological bias) ยังอาจเกิดจากความแตกต่างของรูปแบบการศึกษา เช่น การใช้เครื่องจำลองการขับขี่เมื่อเทียบกับการศึกษาในสถานการณ์จริงภาคสนาม ซึ่งอาจส่งผลต่อระดับการรวบรวมสมาธิที่ตรวจวัดได้ รวมถึงการเลือกกลุ่มตัวอย่าง (Selection bias) โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ขับขี่อาสาสมัครหรือผู้ขับขี่ที่มีประสบการณ์สูง ซึ่งอาจไม่สะท้อนพฤติกรรมของผู้ขับขี่ทั่วไปในประชากรจริง

โดยสรุป แม้ว่าผลการวิเคราะห์ห่อภิมาณจาก Forest plot จะสนับสนุนสมมติฐานว่าการใช้ GPS ระหว่างการขับขี่เพิ่มการรวบรวมสมาธิของผู้ขับขี่ แต่อิทธิพลของอคติจากการตีพิมพ์และความไม่แน่นอนเดียวกันของการศึกษาควรถูกนำมาพิจารณาในการตีความผลลัพธ์อย่างระมัดระวัง การนำผลการศึกษานี้ไปใช้เชิงนโยบายควรมีหลักฐานจากการศึกษาเพิ่มเติมในบริบทจริง และการออกแบบการวิจัยในอนาคตที่ลดอคติด้านวิธีวิจัยให้มากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

การลดความเสี่ยงจากการใช้ GPS ขณะขับขี่จำเป็นต้องใช้แนวทางบูรณาการที่รวมเทคโนโลยีปรับตัว การฝึกผู้ขับ และนโยบายสนับสนุน ระบบ Driving-ID GPS สามารถปรับอินเทอร์เฟซตามโปรไฟล์ผู้ขับ (อายุ ประสบการณ์ ประวัติการใช้ GPS และความปลอดภัย) พร้อมประเมินบริบทเรียลไทม์ (ความหนาแน่นจราจร ประเภทถนน สภาพอากาศ และความคุ้นเคยเส้นทาง) เพื่อกำหนดโหมด

ความเสี่ยงต่ำ-สูง [43,58] โหมตความเสี่ยงสูงจำกัด การป้อนข้อมูลด้วยมือ ลดการแจ้งเตือน และเน้น คำสั่งเสียงเป็นหลัก (ภาพที่ 15)



ภาพที่ 15 แสดงกระบวนการปรับตัวของระบบตั้งแต่การยืนยันตัวตนผู้ขับขี่ การประเมินความเสี่ยงเรียลไทม์ จนถึงการปรับโหมตการโต้ตอบให้เหมาะสมกับผู้ขับขี่แต่ละคน

การออกแบบอินเทอร์เฟซควรลดการระคายเคืองตาและมือ เช่น ล็อกปลายทางอัตโนมัติ ปรับการแจ้งเตือนตามสภาพถนน และใช้คำสั่งเสียงเป็นหลัก [45,53,68] ผู้ขับขี่ควรตั้งค่าปลายทางล่วงหน้า ฝึกการใช้เสียงเพื่อลดการพึ่งพามือ และรักษาการนำทางแบบแผนที่เชิงพื้นที่ [49-50] นโยบายสนับสนุน เช่น เปิดโหมตปลอดภัยเป็นค่าเริ่มต้น ล็อกการป้อนข้อมูลด้วยมือในรถเช่า และให้สิทธิประโยชน์เบี้ยประกันสำหรับการลดความฟุ้งซ่านช่วยลดพฤติกรรมเสี่ยงได้ ร้อยละ 10-20 [69]

GPS มีประสิทธิภาพเมื่อใช้คำแนะนำล่วงหน้าและภาระต่ำ แต่เสียงเพิ่มขึ้น ประมาณร้อยละ 28 (RR = 1.28) เมื่อโต้ตอบด้วยมือ/สายตา (RR = 1.35) โดยความเสี่ยงสูงสุดพบในสภาพจราจรซับซ้อน ขั้กกลางคืน และผู้ขับใหม่ [41,43,51,59,70] การรวมระบบปรับตัว ข้อจำกัดโหมตปลอดภัย คำสั่งเสียง และนโยบายสนับสนุนช่วยรักษาประโยชน์ของ GPS ในขณะที่ลดความเสี่ยงการเกิดอุบัติเหตุในอนาคต การผสมผสาน AI และ ระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่

ชั้นสูง (ADAS) จะช่วยปรับการนำทางแบบเฉพาะบุคคล ลดการโต้ตอบด้วยมือ/สายตา และเพิ่มความปลอดภัยบนท้องถนนในบริบทซับซ้อนยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้

1.1 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและเชิงวิชาการ

1.1.1 คณะกรรมการนโยบายการ

ป้องกันและลดอุบัติเหตุทางถนนแห่งชาติ ควรจำแนกรูปแบบการใช้ GPS ในการกำหนดกฎหมาย และแนวทางกำกับดูแล ซึ่งระบบนำทางแบบใช้เสียงเพียงอย่างเดียว (Voice-only navigation) มีความเสี่ยงต่ำกว่าการโต้ตอบที่ ต้องใช้สายตาและมือ (Visual/Manual interaction) อย่างชัดเจน โดยการออกแบบกฎหมาย มาตรฐานความปลอดภัย และแนวปฏิบัติ ควรมุ่งควบคุมรูปแบบการโต้ตอบที่ก่อให้เกิดภาระทางสายตาและการรับรู้มากกว่าการห้ามใช้เทคโนโลยีโดยรวม

1.1.2 คณะกรรมการนโยบาย

การป้องกันและลดอุบัติเหตุทางถนนแห่งชาติ ควรกำหนดมาตรการจำกัด หรือห้ามป้อนข้อมูลด้วยมือระหว่างการใช้ เนื่องจากผลการวิเคราะห์ห่อภิมาณพบความสัมพันธ์แบบ Dose-response ระหว่างจำนวนครั้งของการป้อนข้อมูลกับความเสี่ยงอุบัติเหตุทางถนน นโยบายที่สำคัญคือ การส่งเสริมให้ผู้ขับขี่ ตั้งค่าเส้นทางก่อนออกเดินทาง (Pre-trip programming) และผลักดันให้ผู้ผลิตเทคโนโลยีพัฒนาระบบล็อกการป้อนข้อมูลเมื่อรถอยู่ในสถานะเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นมาตรการที่สามารถดำเนินการได้จริง และสอดคล้องกับหลักฐานเชิงวิชาการ

1.1.3 ภาคอุตสาหกรรมยานยนต์และ

เทคโนโลยีควรนำหลัก Human-machine interface และ Cognitive load theory มาใช้ในการออกแบบระบบนำทาง งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า แม้การใช้เสียงจะ

ลดการละสายตา แต่ภาระทางความคิดของผู้ขับขี่ยังคงเพิ่มขึ้น การออกแบบระบบจึงควรลดความซับซ้อนของข้อมูล ใช้คำสั่งเสียงที่กระชับ จำกัดความถี่ของการแจ้งเตือน และให้คำสั่งเชิงคาดการณ์ล่วงหน้า โดยเฉพาะในบริบทการจราจรที่ซับซ้อนซึ่งจะช่วยลดภาระทางความคิดและความเสี่ยงทางอ้อมต่ออุบัติเหตุทางถนน

1.1.4 คณะกรรมการศูนย์อำนวยความสะดวกความปลอดภัยทางถนน ควรให้ความสำคัญกับการสื่อสารความเสี่ยง “การใช้ GPS อย่างปลอดภัย” มากกว่าการสื่อสารเรื่องการใช้หรือไม่ใช้ GPS เพียงอย่างเดียว การให้ข้อมูลแก่ผู้ขับขี่เกี่ยวกับอันตรายของการโต้ตอบระหว่างขับขี่ การตั้งค่าเส้นทางล่วงหน้า และหลักฐานเชิงประจักษ์ที่แสดงว่าการมองเห็นอาจเกินช่วงเวลาสั้น ๆ สามารถเพิ่มความเสี่ยงอุบัติเหตุทางถนน จะช่วยส่งเสริมพฤติกรรมการใช้เทคโนโลยีอย่างปลอดภัยมากขึ้น

1.1.5 คณะกรรมการศูนย์อำนวยความสะดวกความปลอดภัยทางถนน ควรออกแบบมาตรการเฉพาะสำหรับกลุ่มผู้ขับขี่ที่มีความเสี่ยงสูง เช่น ผู้ขับขี่อายุน้อย และผู้ขับขี่มือใหม่ ซึ่งจากหลักฐานพบว่ามี ความถี่ในการโต้ตอบกับระบบ GPS สูงกว่ากลุ่มอื่น มาตรการด้านการฝึกอบรม การออกใบอนุญาตขับขี่ และการรณรงค์เชิงพฤติกรรมควรบูรณาการประเด็นการใช้ระบบนำทางอย่างปลอดภัยเข้าไปอย่างชัดเจน

1.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเพื่อสนับสนุนบทบาทของกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข

1.2.1 กรมควบคุมโรคสามารถใช้ผลการศึกษานี้สนับสนุนการพัฒนานโยบายและมาตรการป้องกันอุบัติเหตุทางถนนเชิงพฤติกรรม โดยบูรณาการประเด็น “การใช้ระบบนำทางอย่างปลอดภัย” เป็นส่วนหนึ่งของนโยบายการลดปัจจัยเสี่ยงจากการเสียสมาธิในการขับขี่ (Distracted

driving) แทนการมุ่งเน้นเฉพาะปัจจัยด้านความเร็ว แอลกอฮอล์ หรืออุปกรณ์สื่อสารเพียงอย่างเดียว กรมควบคุมโรคสามารถทำหน้าที่เป็นหน่วยงานหลักในการจัดทำข้อเสนอเชิงวิชาการเพื่อสนับสนุนการกำหนดแนวทางร่วมกับหน่วยงานด้านคมนาคม และการบังคับใช้กฎหมาย

1.2.2 ในเชิงระบบข้อมูล และการวิจัย กรมควบคุมโรคสามารถนำข้อค้นพบจากงานวิจัยนี้ไปใช้เป็นกรอบแนวคิดในการพัฒนางานเฝ้าระวัง และงานวิจัยด้านอุบัติเหตุทางถนน โดยส่งเสริมการเก็บข้อมูลพฤติกรรมความเสี่ยงจากเทคโนโลยีควบคู่กับข้อมูลการบาดเจ็บและการเสียชีวิต ซึ่งจะช่วยเสริมสร้างฐานข้อมูลเชิงหลักฐานสำหรับการกำหนดนโยบายในระยะยาว

1.2.3 กรมควบคุมโรคสามารถใช้ผลการวิจัยนี้เป็นฐานในการพัฒนามาตรการสื่อสารความเสี่ยงและการรณรงค์เชิงป้องกัน โดยเน้นการสื่อสารให้ประชาชนเข้าใจ ความเสี่ยงจาก GPS เกิดจากรูปแบบการใช้งาน ไม่ใช่การใช้หรือไม่ใช้เทคโนโลยีเพียงอย่างเดียว การรณรงค์ควรมุ่งส่งเสริมพฤติกรรมที่ปลอดภัย เช่น การตั้งค่าเส้นทางก่อนออกเดินทาง การหลีกเลี่ยงการป้อนข้อมูลระหว่างขับขี่ และการใช้ระบบนำทางแบบเสียงเป็นหลัก ซึ่งสอดคล้องกับบทบาทของกรมควบคุมโรคในด้านการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพของประชาชน

1.2.4 กรมควบคุมโรคสามารถทำหน้าที่เป็นกลไกกลางในการเชื่อมโยงภาคสาธารณสุขกับภาคคมนาคม และภาคเทคโนโลยี เพื่อผลักดันให้การออกแบบระบบนำทาง และเทคโนโลยีในยานยนต์คำนึงถึงผลกระทบต่อด้านสุขภาพ และความปลอดภัยมากขึ้น ผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนการเสนอแนะแนวทางเชิงมาตรฐาน เช่น การลดภาระทางสายตาและภาระทางความคิดของ

ผู้ขับขี่ ซึ่งสอดคล้องกับบทบาทของกรมควบคุมโรค ในการคุ้มครองสุขภาพประชาชนจากปัจจัยเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมและพฤติกรรม

1.2.5 กรมควบคุมโรคสามารถใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์จากการศึกษานี้ในการกำหนดกลุ่มเป้าหมายเชิงนโยบาย (Targeted intervention) โดยเฉพาะกลุ่มผู้ขับขี่อายุน้อย และผู้ขับขี่มือใหม่ ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความถี่ในการโต้ตอบกับระบบนำทางสูงและมีความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุมากกว่า การพัฒนาโปรแกรมป้องกันอุบัติเหตุที่จำเพาะต่อกลุ่มดังกล่าว เช่น การบูรณาการเนื้อหาเรื่องการใช้อย่างปลอดภัยในหลักสูตรอบรม หรือสื่อรณรงค์ จะช่วยเพิ่มประสิทธิผลของมาตรการด้านสาธารณสุขเชิงป้องกัน

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยในอนาคตควรมุ่งเน้นการศึกษาภาคสนามในสภาพการขับขี่จริง (Naturalistic driving) ควบคู่กับการใช้ตัวชี้วัดผลลัพธ์ที่หลากหลาย เช่น Near-crash events และพฤติกรรมการควบคุมรถ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการประเมินความเสี่ยง รวมถึงควรให้ความสำคัญกับการศึกษาในบริบทประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งมีลักษณะการจราจร และโครงสร้างถนนแตกต่างจากประเทศตะวันตกอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารอ้างอิง

1. Michelaraki, E., Katrakazas, C., Kaiser, S., Brijs, T., & Yannis, G. (2023). Real-time monitoring of driver distraction: State-of-the-art and future insights. *Accident Analysis & Prevention, 192*, 107241. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107241>
2. Wikipedia contributors. (2025, July 26). Traffic collision. In Wikipedia. Retrieved July 26, 2025, from https://en.wikipedia.org/wiki/Traffic_collision
3. Yared, T., Patterson, P., & All, E. S. A. (2020). Are safety and performance affected by navigation system display size, environmental illumination, and gender when driving in both urban and rural areas? *Accident Analysis & Prevention, 142*, 105585. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105585>
4. SWOV Institute for Road Safety Research. (2025, July 26). *ITS – What effects do navigation systems have on road safety?* Retrieved July 26, 2025, from <https://swov.nl/en/fact/its-what-effects-do-navigation-systems-have-road-safety>
5. Brügger, A., Richter, K-F., & Fabrikant, S. I. (2019). How does navigation system behavior influence human behavior? *Cognitive Research: Principles and Implications, 4*(1), 5. <https://doi.org/10.1186/s41235-019-0156-5>

6. Eiermann, L., Wirthmüller, F., Massow, K., Breuel, G., & Radusch, I. (2020). *Driver assistance for safe and comfortable on-ramp merging using environment models extended through V2X communication and role-based behavior predictions*. arXiv, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2008.04707>
7. Young, K., Regan, M., & Hammer, M. (2003). Driver distraction: A review of the literature (MUARC Report No. 206). *Monash University Accident Research Centre*, 206. https://www.monash.edu/__data/assets/pdf_file/0007/217177
8. Oviedo-Trespalacios, O., Haque, M. M., King, M., & Washington, S. (2020). Should I use an app for that? A usability study of a smartphone application for road safety. *Accident Analysis & Prevention*, 143, 105588. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105588>
9. Morris, A., Reed, S., Welsh, R., Brown, L., & Birrell, S. (2015). Distraction effects of navigation and green driving systems – Results from field operational tests (FOTs) in the UK. *European Transport Research Review*, 7, 26. <https://doi.org/10.1007/s12544-015-0175-3>
10. Wikipedia contributors. (2025, July 26). Integration of traffic data with navigation systems. In Wikipedia. Retrieved July 26, 2025, from https://en.wikipedia.org/wiki/Integration_of_traffic_data_with_navigation_systems
11. HERE Technologies. (2024). *Driver safety perceptions and the role of navigation technology in Thailand*. Retrieved from (publisher site).
12. Thai Department of Land Transport. (2025). *Policy brief on mandatory GPS installation in private vehicles*. Ministry of Transport.
13. Kaplan, E. D., & Hegarty, C. (2006). *Understanding GPS: Principles and applications (2nd ed.)*. Artech House.
14. Misra, P., & Enge, P. (2006). *Global positioning system: Signals, measurements, and performance (2nd ed.)*. Ganga-Jamuna Press.
15. Groves, P. D. (2013). *Principles of GNSS, inertial, and multisensor integrated navigation systems (2nd ed.)*. Artech House.
16. Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., & Wasle, E. (2008). *GNSS – Global navigation satellite systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more*. Springer.
17. Zeadally, S., Hunt, R., Chen, Y.-S., Irwin, A., & Hassan, A. (2012). GPS technology: Applications and challenges. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 14(3), 1–20. <https://doi.org/10.1109/SURV.2011.032211.00057>

18. Li, J., Wang, Y., Hu, J., & Zhang, Y. (2020). Real-time traffic prediction based on GPS data: A review. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 118, 102704. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.102704>
19. Dingus, T. A., Guo, F., Lee, S., Antin, J. F., Perez, M., Buchanan-King, M., & others. (2016). The role of driver distraction in traffic crashes. *AAA Foundation for Traffic Safety*.
20. Strayer, D. L., & Drews, F. A. (2007). Cell-phone-induced driver distraction. *Current Directions in Psychological Science*, 16(3), 128–131. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2007.00489.x>
21. Horberry, T., Anderson, J., & Regan, M. A. (2006). Driver distraction: The effects of hands-free mobile phones on driver attention and driving performance. *Safety Science*, 44(3), 327–342. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2005.11.007>
22. Regan, M. A., Hallett, C., & Gordon, C. P. (2009). Driver distraction and driver inattention: Definition, causes, and countermeasures. *Traffic Injury Prevention*, 10(3), 238–246. <https://doi.org/10.1080/15389580902892580>
23. Young, K. L., Lenné, M. G., & Stephens, A. N. (2019). The effects of interacting with in-vehicle navigation systems on drivers' eye movements and driving performance. *Accident Analysis & Prevention*, 128, 130–137. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.04.009>
24. Lee, J. D., Mykityshyn, A., & Boyle, L. N. (2017). Effects of voice-activated navigation systems on driver distraction and workload. *Human Factors*, 59(5), 707–718. <https://doi.org/10.1177/0018720817701460>
25. Caird, J. K., Johnston, K. A., Willness, C. R., Asbridge, M., & Steel, P. (2017). The effects of navigation system use on driving performance: A meta-analysis. *Transportation Research Record*, 2602(1), 1–9. <https://doi.org/10.3141/2602-01>
26. Liang, Y., & Lee, J. D. (2010). Combining cognitive and visual distraction: Less than the sum of its parts?. *Accident Analysis & Prevention*, 42(3), 881–890. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.05.001>
27. Regan, M. A., Hallett, C., & Gordon, C. P. (2018). The impact of navigation systems on drivers' mental workload. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 55, 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.02.010>
28. Young, K. L., Lenné, M. G., & Salmon, P. M. (2017). Reducing driver stress and improving safety with GPS navigation systems. *Accident Analysis & Prevention*, 108, 214–221. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.08.020>

29. Wiczorek, R., Manzey, D., & Heikoop, D. D. (2015). The effect of navigation assistance on driving behavior and safety. *Transportation Research Part* [journal details incomplete]. [Details unavailable].
30. Guo, J., Liu, Y., & Wang, X. (2018). Dynamic traffic rerouting and its impact on road safety. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, 144(7), 04018037. <https://doi.org/10.1061/JTEPBS.0000144>
31. Zhang, K., Wei, H., & Li, Z. (2019). Real-time traffic information and driver route choice: Impacts on safety and efficiency. *Transportation Research Record*, 2673(8), 59–69. <https://doi.org/10.1177/0361198119844686>
32. Caird, J. K., Johnston, K. A., & Horrey, W. J. (2017). Driver performance using GPS navigation systems: A simulator study. *Journal of Safety Research*, 62, 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2017.06.007>
33. u/Throwaway_wattson. (2024, May 29). *Have apps like Google Maps lead to more efficient and safer driving?*. Reddit. Retrieved July 27, 2025, from https://www.reddit.com/r/AskEngineers/comments/1du2007/have_apps_like_google_maps_lead_to_more_efficient/
34. Van Rooijen, T., & Vonk, T. (2008, November). The impact of navigation systems on traffic safety. In *Proceedings of the 15th World Congress on Intelligent Transport Systems and ITS America Annual Meeting* (pp. 1–18).
35. carNAVi Corporation. (2010, July 27). *GPS has a positive effect on driving and traffic safety*. Retrieved July 27, 2025, from <https://www.car-navi.ph/2010/gps-navigation-has-a-positive-effect-on-driving-and-traffic-safety/>
36. American Society of Civil Engineers. (2025, July 27). *Dynamic rerouting and traffic optimization studies*. Retrieved July 27, 2025, from <https://ascelibrary.org>
37. OP Traffic. (2025, July 27). *Real-time traffic data in GPS navigation systems*. Retrieved July 27, 2025, from <https://www.optraffic.com>
38. SpringerLink. (2025, July 27). *Simulation-based analysis of dynamic routing impact on urban congestion*. Retrieved July 27, 2025, from <https://link.springer.com>
39. Hagenzieker, M. P., Commandeur, J. J. F., & Bijleveld, F. D. (2014). The impact of navigation systems on traffic safety. *European Transport Research Review*, 6(2), 93–102. <https://doi.org/10.1007/s12544-014-0136-0>

40. American Society of Civil Engineers. (2018). Assessing the impacts of real-time GPS navigation applications on driver behavior and traffic flow. *In Proceedings of the 2018 International Conference on Transportation and Development* (pp. 1–10). <https://doi.org/10.1061/9780784485521.068>
41. Dingus, T. A., Guo, F., Lee, S., Antin, J. F., Perez, M., Buchanan-King, M., et al. (2016). Driver crash risk factors and prevalence evaluation using naturalistic driving data. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 113*(10), 2636–2641. <https://doi.org/10.1073/pnas.1513271113>
42. Klauer, S. G., Guo, F., Simons-Morton, B. G., Ouimet, M. C., Lee, S. E., & Dingus, T. A. (2014). Distracted driving and risk of road crashes among novice and experienced drivers. *New England Journal of Medicine, 370*(1), 54–59. <https://doi.org/10.1056/NEJMsa1204142>
43. Kircher, K., Ahlström, C., & Kircher, A. (2014). Effects of visual–manual GPS tasks on driver performance in a simulator. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 26*, 102–110.
44. Horrey, W. J., & Wickens, C. D. (2006). Examining the impact of cell phone conversations on driving using meta-analytic techniques. *Human Factors, 48*(1), 196–205. <https://doi.org/10.1518/001872006776412135>
45. Reimer, B., Mehler, B., Wang, Y., & Coughlin, J. F. (2016). The effects of a production level “voice-command” interface on driver behavior: Reported workload and affect measures. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 37*, 122–131. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2015.11.009>
46. Lovell, J., Rabin, J., Cerrillo, A., Luevano, M., Rowland, R., Silva, L., et al. (2021). Visual distraction from automobile displays: An impediment to visual performance. *Eye, 36*(3), 651–652. <https://doi.org/10.1038/s41433-021-01409-0>
47. Young, K. L., Salmon, P. M., & Cornelissen, M. (2020). Distraction-induced driving error: An on-road examination of the effects of secondary task performance on older driver behavior. *Accident Analysis & Prevention, 141*, 105533. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105533>
48. Young, M. S., Salmon, P. M., & Cornelissen, M. (2020). Cognitive workload assessment using NASA TLX: Applications to driver distraction. *Ergonomics in Design, 28*(1), 4–7.

49. Münzer, S., Zimmer, H. D., Schwalm, M., Baus, J., & Aslan, I. (2012). Computer-assisted navigation and the acquisition of route and survey knowledge. *Journal of Environmental Psychology, 32*(3), 208–216.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2012.04.002>
50. Ishikawa, T., Fujiwara, H., Imai, O., & Okabe, A. (2008). Wayfinding with a GPS-based mobile navigation system: A comparison with maps and direct experience. *Journal of Environmental Psychology, 28*(1), 74–82.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2007.09.002>
51. Klauer, S. G., Dingus, T. A., Neale, V. L., Sudweeks, J. D., & Ramsey, D. J. (2010). *The impact of driver inattention on near-crash/crash risk: An analysis using the 100-Car Naturalistic Driving Study data* (DOT HS 811 284). National Highway Traffic Safety Administration.
<https://doi.org/10.21949/1525682>
52. Engström, J., Aust, M. L., & Viström, M. (2010). Effects of working memory load and repeated scenario exposure on emergency braking performance. *Human Factors, 52*(5), 551–559.
<https://doi.org/10.1177/0018720810382340>
53. Jun, J. (2006). *Potential crash exposure metrics based on GPS observed driving behavior activity metrics* [Dissertation, Georgia Institute of Technology]. Georgia Tech Repository.
<https://repository.gatech.edu/entities/publication/9aa6da19-3068-4692-9392-256c0f09cfda>
54. Warren, J., Lipkowitz, J., & Sokolov, V. (2017). *Clusters of driving behavior from observational smartphone data* (arXiv:1710.04502v3). arXiv.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.1710.04502>
55. Ayuso, M., Guillén, M., & Pérez Marín, A. M. (2016). Using GPS data to analyse the distance travelled to the first accident at fault in pay as you drive insurance. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 68*, 160–167.
<https://doi.org/10.1016/j.trc.2016.04.004>
56. Bolderdijk, J. W., Knockaert, J., Steg, L., & Verhoef, E. T. (2011). Effects of pay-as-you-drive vehicle insurance on young drivers' speed choice: Results of a Dutch field experiment. *Accident Analysis & Prevention, 43*(3), 1181–1186.
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.12.032>
57. Zhang, W., & Chen, F. (2019). Pay-as-you-drive insurance: An analysis of GPS usage and premium adjustments. *Journal of Insurance Regulation, 38*(1), 45–62.
58. Oviedo-Trespalacios, O., Haque, M. M., King, M. A., & Washington, S. P. (2019). Distraction and crash risk: A comparative analysis by driver age and experience. *Accident Analysis & Prevention, 125*, 21–26.
59. Regan, M. A., Lee, J. D., & Young, K. L. (2018). Driver interaction with real-time traffic navigation systems. *Accident Analysis & Prevention, 112*, 183–193.

60. Kircher, K., Ahlström, C., Palmqvist, L., & Adell, E. (2014). Comparing eye tracking data in real and simulated driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 26, 17–27. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2014.06.001>
61. National Highway Traffic Safety Administration. (2020). *Crash causation survey and telematics analysis*. Washington, DC: NHTSA.
62. Association of British Insurers. (2020). *Telematics and insurance claims: Cost impacts report*. London: ABI.
63. Smith, A. L., Chen, Y., & Martin, J. (2021). Heart rate variability and stress responses during in-vehicle navigation tasks. *Applied Ergonomics*, 92, 103350. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103350>
64. Zhao, X., & Lee, J. D. (2019). Galvanic skin response as a marker of cognitive workload in driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 65, 442–451. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.08.012>
65. Johnson, R. T., Patel, N., & Wang, M. (2020). Prevalence of in-motion GPS use and its demographic correlates. *Accident Analysis & Prevention*, 144, 105607. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105607>
66. Regan, M. A., Cunningham, M. L., & Paine, M. (2018). Towards Zero Distraction Project: Final report— Overview of project findings and next steps. *Australian Road Research Board*.
67. Oviedo-Trespalacios, O., Haque, M. M., King, M., & Washington, S. (2019). Understanding the impacts of mobile phone distraction on driving performance: A systematic review. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 103, 95–119. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.04.010>
68. Lee, J. D., Hoffman, J. D., & Hayes, E. (2014). Collision warning design to mitigate driver distraction. *Human Factors*, 56(6), 1035–1049. <https://doi.org/10.1177/0018720814528004>
69. Regan, M. A., Hallett, C., & Gordon, C. P. (2011). Driver distraction and driver inattention: Definition, relationship and taxonomy. *Accident Analysis & Prevention*, 43(5), 1771–1781. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.04.008>
70. Young, K. L., Lenné, M. G., & Beanland, V. (2020). The impact of using a smartphone on driver performance: A critical review of the literature. *Safety Science*, 132, 104984. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104984>