การศึกษาการปรับปรุงจุดกลับรถบนถนนสุขุมวิท 64/1 กรณีเกาะกลางไม่มีช่องรอเลี้ยว โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองจราจรระดับจุลภาค

นางสาวกัญญ์วรา เทพสันทัด

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2569

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การศึกษาการปรับปรุงจุดกลับรถบนถนนสุขุมวิท 64/1 กรณีเกาะกลางไม่มีช่องรอเลี้ยว โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองจราจรระดับจุลภาค

นางสาวกัญญ์วรา เทพสันทัด

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2569

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การศึกษาการปรับปรุงจุดกลับรถบนถนนสุขุมวิท 64/1 กรณีเกาะกลางไม่มีช่องรอเลี้ยว โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองจราจรระดับจุลภาค

โดย นางสาวกัญญ์วรา เทพสันทัด

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

..... รักษาการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.เสาวณิต สุขภารังษี)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาวัต ไชยชาณวาทิก)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.เทอดศักดิ์ รองวิริยะพานิช)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติชัย ธนทรัพย์สิน)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพรชัย อุทัยนฤมล)

ชื่อ : นางสาวกัญญ์วรา เทพสันทัด

ชื่อวิทยานิพนธ์ : การศึกษาการปรับปรุงจุดกลับรถบนถนนสุขุมวิท 64/1 กรณีเกาะกลางไม่มีช่องรอเลี้ยว โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองจราจรระดับจุลภาค

สาขาวิชา : วิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รองศาสตราจารย์ ดร.เทอดศักดิ์ รองวิริยะพานิช

ปีการศึกษา : 2569

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและเสนอแนวทางแก้ไขจุดกลับรถที่มีข้อจำกัดทางกายภาพแบบเกาะกลางไม่มีช่องรอเลี้ยว (No Storage Lane) บนถนนสุขุมวิท ช่วงระยะทาง 650 เมตร ครอบคลุมจุดกลับรถหน้าธนาคารกสิกรไทย สาขาบางจาก และสุขุมวิท 64/1 ซึ่งประสบปัญหาการตัดกระแสจราจรอย่างรุนแรง ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบจำลองจราจรระดับจุลภาค (Microscopic Traffic Simulation Model) ด้วยโปรแกรม PTV VISSIM เพื่อประเมินมาตรการแก้ไขปัญหา 4 รูปแบบ และวิเคราะห์ความปลอดภัยด้วยแบบจำลองเหตุการณ์ขัดแย้งจราจร (Surrogate Safety Assessment Model: SSAM) ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบที่ 4 ซึ่งติดตั้งสัญญาณไฟจราจรจังหวะแยกเฉพาะ (Exclusive Phase) สำหรับการกลับรถทั้ง 2 จุด ร่วมกับการจัดช่องจราจรซ้ายสุด ให้รถทางตรงผ่านตลอด (Continuous Flow) มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยสามารถลดความล่าช้าเฉลี่ยได้ร้อยละ 30-40 และลดความยาวแถวคอยสะสมได้อย่างมีนัยสำคัญ แม้การติดตั้งสัญญาณไฟจะส่งผลให้เกิดความล่าช้า (Delay) ต่อรถทางตรงในช่องจราจรเลนกลางและขวาเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ภาพรวมของโครงข่ายมีประสิทธิภาพดีขึ้นจากการระบายรถทางตรงในช่องซ้ายได้อย่างต่อเนื่อง ในด้านความปลอดภัย พบว่าสามารถลดจำนวนจุดขัดแย้งจราจร (Conflict Points) ในภาพรวม ได้ร้อยละ 73.84 และลดจุดขัดแย้งแบบตัดกระแส (Crossing Conflict) ได้เกือบสมบูรณ์ เมื่อวิเคราะห์ผ่านดัชนีเวลาที่ใช้ก่อนเกิดการชน (Time-to-Collision: TTC) พบว่าช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุรุนแรงและเพิ่มความคล่องตัวในการเดินทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(มีจำนวนทั้งสิ้น 88 หน้า)

คำสำคัญ : จุดกลับรถเกาะกลางไม่มีช่องรอเลี้ยว แบบจำลองจราจรระดับจุลภาค การประเมินความปลอดภัย เวลาที่ใช้ก่อนเกิดการชน การไหลจราจรแบบต่อเนื่อง

_____ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Name : Miss Kanwara Tepsantad

Thesis Title : A Study on the Improvement of U-Turn Facilities with No Storage Lane on Sukhumvit 64/1 using Microscopic Traffic Simulation

Major Field : Civil Engineering
King Mongkut's University of Technology North Bangkok

Thesis Advisor : Terdsak Rongveriyapanich

Academic Year : 2026

ABSTRACT

This study aims to analyze traffic issues and propose mitigation strategies for U-turn locations with physical constraints, specifically those lacking storage lanes (No Storage Lane), on Sukhumvit Road. The study area covers a 650-meter segment encompassing critical U-turn slots at KASIKORNBANK (Bang Chak Branch) and Sukhumvit 64/1, which experience severe traffic weaving. A microscopic traffic simulation model was developed using PTV VISSIM to evaluate four improvement scenarios, while safety performance was assessed using the Surrogate Safety Assessment Model (SSAM). The results indicate that Scenario 4, featuring an Exclusive Phase signal for both U-turns combined with a Continuous Flow Lane for leftmost through traffic, is the most effective. This configuration reduces average delay by 30-40% and significantly shortens queue lengths. Although signalization induces slight delays through traffic in the middle and inner lanes, the overall network performance is enhanced by the uninterrupted flow in the outermost lane. In terms of safety, the proposed measure reduces total traffic conflicts by 73.84% and nearly eliminates crossing conflicts. Analysis using the Time-to-Collision (TTC) index confirms that this approach effectively improves traffic fluidity and mitigates the risk of severe accidents.

(Total 88 Pages)

Keywords: U-Turn without Storage Lane, Microscopic Traffic Simulation (PTV VISSIM), Surrogate Safety Assessment Model, Time-to-Collision, Continuous Flow

_____ Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.เทอดศักดิ์ รองวิริยะพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัยมาโดยตลอด และเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จได้ และขอขอบคุณคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้กรุณาประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และคำแนะนำต่าง ๆ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่เคยศึกษาร่วมกันในระดับปริญญาตรีที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้แก่ ลภัสสินทร จิตรา, วิธิสรรค์ ธนากิจ, จันทร์นภา กาบแก้ว, ชินกฤต บรรยงค์, พงศกร เปรมศรี, ศุภากร มีลักษณะสม, ภานุวัฒน์ วิสุทธิ์วัฒนศักดิ์ และรุ่นพี่ที่ศึกษาร่วมกันในระดับปริญญาโทที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้แก่ เสมา ทองประดิษฐ ที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำตลอดการทำวิทยานิพนธ์นี้ ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และน้องสาว ที่ให้การสนับสนุน และให้กำลังใจตลอดการทำงานและทำวิทยานิพนธ์นี้ จนจบการศึกษาสำเร็จไปได้ด้วยดี

กัญญ์วรา เทพสันทัด

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับมาตรการจัดการจราจร	4
2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับตัวชี้วัดประสิทธิภาพและความปลอดภัย	16
2.3 บริบทที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่วิจัย	21
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
2.5 สรุปกรอบแนวคิดการวิจัย	23
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	24
3.1 การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	25
3.2 การกำหนดพื้นที่ศึกษา	25
3.3 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม	26
3.4 การสร้างแบบจำลองจราจรระดับจุลภาค	27
3.5 การปรับเทียบแบบจำลอง	30
3.6 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง	31
3.7 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง	32
3.8 การประเมินความปลอดภัย	39
3.9 การวิเคราะห์และสรุปผล	40

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการศึกษาและการอภิปราย	41
4.1 ผลการศึกษาสภาพการจราจรบริเวณพื้นที่ศึกษา	41
4.2 ข้อมูลสถิติอุบัติเหตุย้อนหลังบริเวณพื้นที่ศึกษา	47
4.3 สภาพปัญหาการจราจรบริเวณพื้นที่ศึกษาและมาตรการในการแก้ไข	48
4.4 ผลการพัฒนาแบบจำลองสภาพจราจรและการจัดการจราจรบริเวณพื้นที่ศึกษา	52
4.5 ผลการประเมินประสิทธิภาพการจราจร	59
4.6 ผลการประเมินความปลอดภัยทางถนนด้วย SSAM	62
4.7 สรุปผลการวิเคราะห์ในพื้นที่ศึกษา	65
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	66
5.1 สรุปผลการวิจัย	66
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	67
5.3 ข้อเสนอแนะ	67
บรรณานุกรม	69
ภาคผนวก ก	73
แบบสำรวจปริมาณจราจรบนช่วงถนน	73
ภาคผนวก ข	76
แบบสำรวจปริมาณจราจรที่เลี้ยวเข้า - ออกถนน	76
ภาคผนวก ค	78
แบบสำรวจปริมาณจราจรบนจุดกลับรถ	78
ภาคผนวก ง	81
แบบสำรวจระยะเวลาในการเดินทาง	81
ภาคผนวก จ	84
แบบสำรวจข้อมูลความเร็วของยานพาหนะ	84
ประวัติผู้เขียน	88

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	ความกว้างของเกาะกลางถนนที่น้อยที่สุด	7
2-2	ระยะห่างที่น้อยที่สุดระหว่างจุดกลับรถที่ไม่มีสัญญาณไฟ	8
2-3	ระยะห่างของจุดกลับรถที่เหมาะสม	8
2-4	องค์ประกอบของช่องทางเลี้ยวขวา	10
2-5	ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งของยวดยานที่กลับรถ	20
3-1	การจัดสรรจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบคงที่สำหรับรูปแบบที่ 3 และรูปแบบที่ 4	36
4-1	ปริมาณจราจรในแต่ละทิศทางแยกตามประเภทยานพาหนะ	43
4-2	ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งของยวดยานที่กลับรถ	44
4-3	ปริมาณจราจรในแต่ละทิศทางแปลงเป็นหน่วยคันเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล	44
4-4	สรุปรายละเอียดของสภาพปัญหาและมาตรการแนวทางการแก้ไข	51
4-5	ผลการปรับเทียบปริมาณจราจรของแบบจำลองฯ ตามเกณฑ์ของ GEH	53
4-6	ผลการปรับเทียบเวลาในการเดินทางของแบบจำลองฯ และการสำรวจจริง	53
4-7	ผลการปรับเทียบความยาวแถวคอยของแบบจำลองฯ และการสำรวจจริง	54
4-8	ผลการปรับเทียบปริมาณจราจรของแบบจำลองฯ ตามเกณฑ์ของ GEH	54
4-9	ผลการปรับเทียบเวลาในการเดินทางของแบบจำลองฯ และการสำรวจจริง	55
4-10	ผลการปรับเทียบความยาวแถวคอยของแบบจำลองฯ และการสำรวจจริง	56
4-11	ผลการวิเคราะห์เวลาในการเดินทางและความล่าช้าของแบบจำลองแต่ละรูปแบบ	59
4-12	ผลการวิเคราะห์ความยาวแถวคอยสะสมสูงสุดของแบบจำลองแต่ละรูปแบบ	60
4-13	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดำเนินงานจราจรในภาพรวมระหว่างแบบจำลองฐานและรูปแบบการจำลองแต่ละรูปแบบ	62
4-14	ผลการวิเคราะห์จำนวนจุดขัดแย้งทางจราจรและค่าเฉลี่ย TTC ของแต่ละแบบจำลอง	63
ก-1	แบบสำรวจปริมาณจราจรบนช่วงถนน	74
ข-1	แบบสำรวจปริมาณจราจรที่เลี้ยวเข้า – ออกถนน	77
ค-1	แบบสำรวจปริมาณจราจรบนจุดกลับรถ	79
ง-1	ผลการสำรวจระยะเวลาในการเดินทาง	82
จ-1	ผลการสำรวจข้อมูลความเร็วของยานพาหนะรถจักรยานยนต์	85
จ-2	ผลการสำรวจข้อมูลความเร็วของยานพาหนะรถยนต์ส่วนบุคคล	86
จ-3	ผลการสำรวจข้อมูลความเร็วของยานพาหนะรถโดยสารและรถบรรทุก	87

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	องค์ประกอบของจุดกลับรถ	6
2-2	การวัดระยะจุดกลับรถ	7
2-3	การพิจารณากำหนดจุดกลับรถบริเวณเกาะกลาง	10
2-4	กายภาพบริเวณช่องจราจรระยะสอบเข้า	11
2-5	ลักษณะและจำนวนทิศทางการตัดกันของกระแสจราจรแต่ละรูปแบบ	13
2-6	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล ความเร็ว และความหนาแน่นของการจราจร	16
3-1	กรอบการดำเนินการวิจัย	24
3-2	พื้นที่ทำการศึกษา	25
3-3	การจำลองโครงข่ายถนนบริเวณพื้นที่ศึกษา	28
3-4	การกำหนดข้อมูลจราจรในแบบจำลอง	29
3-5	การปรับแก้ค่าตัวแปรพฤติกรรมการขับขี่	30
3-6	ลักษณะพื้นที่ของจุดกลับรถรูปแบบที่ 1 (แบบจำลองฐาน)	32
3-7	ลักษณะทางกายภาพของจุดกลับรถบริเวณพื้นที่ศึกษา	32
3-8	ลักษณะทางกายภาพของจุดกลับรถรูปแบบการปรับปรุงด้านมาตรการ	33
3-9	ลักษณะทางกายภาพของจุดกลับรถรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร	36
3-10	ลักษณะทางกายภาพของจุดกลับรถรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรและปรับการเดินรถ	39
3-11	แถบเวลาจังหวะสัญญาณไฟจราจร (Phase Diagram) ในแบบจำลอง PTV VISSIM	39
4-1	ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา	42
4-2	ลักษณะทางกายภาพและตัวเลขแสดงทิศทางของปริมาณจราจรแต่ละทิศทาง	43
4-3	สัดส่วนของประเภทยานพาหนะ	43
4-4	การกระจายตัวความเร็วของจักรยานยนต์	46
4-5	การกระจายตัวความเร็วของรถยนต์ส่วนบุคคล	46
4-6	การกระจายตัวความเร็วของความเร็วรถโดยสารและรถบรรทุก	47
4-7	แผนที่แสดงตำแหน่งการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของจุดเกิดอุบัติเหตุสะสมบริเวณพื้นที่ศึกษา	48
4-8	แบบจำลองสภาพจราจรบริเวณพื้นที่ศึกษา	52
4-9	แบบจำลองรูปแบบที่ 1 สภาพการจราจรปัจจุบัน	57
4-10	แบบจำลองรูปแบบที่ 2 การจัดการทิศทางการเดินรถ	57

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4-11	แบบจำลองรูปแบบที่ 3 การควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจร	58
4-12	แบบจำลองรูปแบบที่ 4 การปรับรูปแบบเดินรถร่วมกับสัญญาณไฟ	58
4-13	เปรียบเทียบเวลาในการเดินทางและความล่าช้าของแบบจำลองแต่ละรูปแบบ	60
4-14	เปรียบเทียบความยาวแถวคอยเฉลี่ยและแถวคอยสะสมสูงสุดบริเวณจุดกลับรถ	61
4-15	กราฟเปรียบเทียบสัดส่วนประเภทจุดขัดแย้งและแนวโน้มค่าเฉลี่ย TTC ในแต่ละรูปแบบการจำลอง	64
4-16	การแสดงผลความขัดแย้งในแบบจำลอง SSAM	64
ก-1	ทิศทางการสำรวจปริมาณจราจรในแต่ละทิศทาง	74
ง-1	ทิศทางการสำรวจระยะเวลาในการเดินทาง	82

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันปัญหาด้านการจราจรในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลมีแนวโน้มทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการขยายตัวของเมืองและความต้องการในการเดินทางของผู้ใช้รถใช้ถนนที่เพิ่มสูงขึ้น โดยหนึ่งในประเภทปัญหาด้านการจราจรที่สำคัญซึ่งก่อให้เกิดความล่าช้าและลดทอนความจุของโครงข่ายถนนคือ ปัญหาบริเวณจุดกลับรถ (U-turn) สอดคล้องกับรายงานของสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) ในปี พ.ศ. 2566 ที่ระบุว่ากลุ่มปัญหาด้านจุดกลับรถเป็น 1 ใน 5 กลุ่มปัญหาสำคัญระดับโครงข่ายที่ต้องเร่งแก้ไข โดยเน้นย้ำแนวทางการแก้ปัญหาด้วยการบริหารจัดการจราจร (Traffic Management) เพื่อใช้พื้นที่เขตทางที่มีอยู่จำกัดให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

เมื่อพิจารณาสภาพพื้นที่ศึกษาบนถนนสุขุมวิท ช่วงตั้งแต่จุดกลับรถหน้าธนาคารกสิกรไทย สาขาบางจาก จนถึงบริเวณสุขุมวิท 64/1 ซึ่งมีระยะทางครอบคลุมประมาณ 650 เมตร พบว่ามีข้อจำกัดทางกายภาพที่รุนแรง โดยลักษณะเกาะกลางเป็นแบบยกสูง (Raised Median) ที่มีความกว้างเพียง 4.00 เมตร ประกอบกับมีโครงสร้างเสาตอม่อรถไฟฟ้าสายสีเขียวตั้งอยู่ตรงกลาง ข้อจำกัดนี้ทำให้เหลือระยะห่างสุทธิจากขอบตอม่อถึงขอบถนนเพียง 1.50 - 1.80 เมตรต่อทิศทาง ซึ่งเป็นระยะที่ไม่เพียงพอต่อการก่อสร้างช่องรอเลี้ยว (Storage Lane) ตามมาตรฐานของหน่วยงาน American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, 2018) ที่กำหนดความกว้างขั้นต่ำไว้ที่ 2.50 - 3.00 เมตร ส่งผลให้ลักษณะทางกายภาพในปัจจุบันเป็นรูปแบบ "จุดกลับรถที่ไม่มีช่องรอเลี้ยว (No Storage Lane)"

จากข้อจำกัดดังกล่าว ทำให้รถที่ต้องการกลับรถต้องหยุดรอในช่องจราจรขวาสุดของทิศทางตรง ก่อให้เกิดการเบรกชะลอตัวและการเปลี่ยนช่องจราจรกะทันหัน ซึ่งนำไปสู่การตัดกระแสจราจร (Crossing Conflict) ที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดอุบัติเหตุ ยิ่งไปกว่านั้น ในช่วงเวลาเร่งด่วนที่มีความต้องการกลับรถสูง ผู้ขับขี่มักมีพฤติกรรมกลับรถซ้อนคัน (Double U-turn) ซึ่งล้ำเข้าไปกีดขวางช่องจราจรฝั่งสวนทางถึง 2 ช่องจราจร ส่งผลให้เกิดแถวคอยสะสมย้อนกลับ (Queue Spillback) กีดขวางทางแยกและซอยใกล้เคียงจนระบบจราจรติดขัดเป็นวงกว้าง ข้อมูลจากศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุ (ThaiRSC) ระหว่างปี พ.ศ. 2564 - 2568 ยังระบุว่าพื้นที่ศึกษาดังกล่าวมีอุบัติเหตุสะสมถึง 48 ครั้ง มีผู้บาดเจ็บ 52 ราย และเสียชีวิต 1 ราย ดังนั้น การประยุกต์ใช้แบบจำลองจราจรระดับจุลภาค (PTV VISSIM) และแบบจำลองเหตุการณ์ขัดแย้งจราจร (SSAM) เพื่อประเมินและหามาตรการจัดการจราจรที่เหมาะสมมาทดแทนการปรับปรุงทางกายภาพ จึงเป็นความจำเป็นเร่งด่วนในการยกระดับประสิทธิภาพและความปลอดภัยของโครงข่ายถนน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลัก 3 ประการ ดังต่อไปนี้

1. เพื่อสร้างและปรับเทียบความถูกต้อง (Calibration and Validation) ของแบบจำลองจราจรระดับจุลภาคด้วยโปรแกรม PTV VISSIM ให้สอดคล้องกับสภาพจราจรจริงบริเวณหน้าธนาคารกสิกรไทย สาขาบางจาก และสุขุมวิท 64/1

2. เพื่อประเมินและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดำเนินงานจราจร (Traffic Operational Performance) ของมาตรการแก้ไขปัญหา 4 รูปแบบ ผ่านตัวชี้วัดความล่าช้าเฉลี่ย เวลาเดินทางเฉลี่ย และความยาวแถวคอยสะสม

3. เพื่อประเมินระดับความปลอดภัยเชิงรุกด้วยแบบจำลองเหตุการณ์ขัดแย้งจราจร (SSAM) ผ่านตัวชี้วัดจำนวนจุดขัดแย้ง (Conflict Points) และค่าระยะเวลาที่เสี่ยงต่อการชน (Time-to-Collision: TTC)

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อให้การศึกษามีความชัดเจนและสามารถตอบวัตถุประสงค์ได้อย่างครบถ้วน ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ดังนี้

1. ขอบเขตด้านพื้นที่ บริเวณถนนสุขุมวิท ช่วงระยะทางประมาณ 650 เมตร ครอบคลุมพื้นที่จุดกลับรถ 2 แห่ง ได้แก่ จุดกลับรถหน้าธนาคารกสิกรไทย สาขาบางจาก และจุดกลับรถบริเวณซอยสุขุมวิท 64/1 แขวงบางจาก เขตพระโขนง กรุงเทพมหานคร อยู่ในพื้นที่รับผิดชอบของหน่วยงานสำนักการจราจรและขนส่ง กรุงเทพมหานคร ซึ่งจุดกลับรถทั้งสองตำแหน่งมีความสัมพันธ์กันในเชิงปฏิบัติ โดยจะทำการวิเคราะห์การศึกษาร่วมกันเป็นโครงข่าย

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลด้านการจราจรของจุดกลับรถหน้าธนาคารกสิกรไทย สาขาบางจาก ถนนสุขุมวิท และจุดกลับรถบริเวณสุขุมวิท 64/1 จากโครงการศึกษาการแก้ไขปัญหาการจราจรทั้งระบบบนถนนสายหลัก ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จัดทำโดยหน่วยงานสำนักการจราจรและขนส่ง กรุงเทพมหานคร เพื่อนำมาต่อยอดและพัฒนาแนวทางการแก้ไขปัญหาด้านการจราจร ทั้งข้อมูลพื้นที่ศึกษาด้านกายภาพ และข้อมูลพื้นที่ศึกษาใช้ข้อมูลจราจรจากการสำรวจภาคสนาม ปริมาณการจราจรและพฤติกรรมการขับขี่ที่เกิดขึ้นจริงบนพื้นที่ศึกษา โดยจำแนกประเภทยานพาหนะออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ รถจักรยานยนต์ รถยนต์ส่วนบุคคล รถโดยสารสาธารณะ และรถบรรทุกในวันทำงานปกติ (วันพุธที่ 18 มกราคม พ.ศ. 2566) โดยจัดเก็บข้อมูลในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (06:00-09:00 น.) และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (16:00-19:00 น.) และนำช่วงเวลาที่มีปริมาณจราจรหนาแน่นและวิกฤติที่สุดมาวิเคราะห์สภาพการจราจร

3. ขอบเขตด้านเครื่องมือ การประยุกต์ใช้โปรแกรม PTV VISSIM 2025 เพื่อจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค และใช้โปรแกรม SSAM เพื่อวิเคราะห์ความปลอดภัยทางถนน โดยจะทำการทดสอบและเปรียบเทียบมาตรการแก้ไขปัญหา 4 รูปแบบ (Scenarios)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทำให้ทราบถึงสภาพปัญหาเชิงลึกและปัจจัยทางกายภาพที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการจราจรของจุดกลับรถกรณีไม่มีช่องรอเลี้ยว

1.4.2 ได้มาตรการและรูปแบบแนวทางการแก้ไขปัญหาจราจรบริเวณจุดกลับรถหน้าธนาคารกสิกรไทย สาขาบางจาก และจุดกลับรถบริเวณสุขุมวิท 64/1 ที่มีความเหมาะสม สามารถนำไปสู่การปฏิบัติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสูงสุดได้จริง

1.4.3 ผลการศึกษาและกระบวนการประเมินสามารถใช้เป็นข้อมูลฐาน (Baseline Data) และเป็นแนวทางปฏิบัติ (Guideline) สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในการแก้ไขหรือออกแบบจุดกลับรถที่มีข้อจำกัดทางกายภาพในอนาคต

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 จุดกลับรถเกาะกลางไม่มีช่องรอเลี้ยว (No Storage Lane U-turn) : บริเวณเปิดเกาะกลางถนนสำหรับให้ยานพาหนะเปลี่ยนทิศทาง โดยปราศจากช่องจราจรพิเศษที่ใช้สำหรับให้รถชะลอความเร็วหรือจอดรอเพื่อทำการกลับรถ

1.5.2 แบบจำลองจราจรระดับจุลภาค (Microscopic Traffic Simulation) : แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้คอมพิวเตอร์ (PTV VISSIM) ในการจำลองพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของยานพาหนะแต่ละคันบนโครงข่ายถนนอย่างเป็นอิสระ โดยพิจารณาตามพฤติกรรมการขับขี่และการติดตามรถคันหน้า (Car-Following Model)

1.5.3 แบบจำลองประเมินความปลอดภัยเสมือนจริง (Surrogate Safety Assessment Model: SSAM) : เครื่องมือซอฟต์แวร์ที่ใช้ร่วมกับผลลัพธ์จากแบบจำลองจราจรระดับจุลภาค เพื่อวิเคราะห์และคาดการณ์หาจุดที่มีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ โดยไม่ต้องรอให้เกิดอุบัติเหตุจริง

1.5.4 เวลาที่ใช้ก่อนเกิดการชน (Time-to-Collision: TTC) : ดัชนีชี้วัดความปลอดภัยเชิงรุก ซึ่งหมายถึงระยะเวลาที่ยานพาหนะ 2 คันจะชนกัน หากยานพาหนะทั้งสองยังคงรักษาความเร็วและทิศทางเดิมไว้

1.5.5 ความล่าช้าจากการควบคุม (Control Delay) : ระยะเวลาที่ยานพาหนะต้องสูญเสียไปจากการหยุดรอ ชะลอความเร็ว หรือเร่งความเร็วอันเป็นผลมาจากการควบคุมการจราจร บริเวณทางแยกหรือจุดกลับรถ

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยเรื่องการศึกษาปรับปรุงจุดกลับรถบริเวณสุขุมวิท 64/1 มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องอาศัยทฤษฎีและหลักวิชาการด้านวิศวกรรมการจราจรมาเป็นกรอบในการวิเคราะห์ปัญหา ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนวรรณกรรม แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีการวิเคราะห์เชิงวิพากษ์ (Critical Analysis) เพื่อชี้ให้เห็นถึงความเชื่อมโยงและช่องว่างของการวิจัย (Research Gap) โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 หัวข้อหลัก ดังนี้

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับมาตรการจัดการจราจร

การกำหนดรูปแบบและมาตรการในการจัดการจราจร เพื่อแก้ไขปัญหาในบริเวณพื้นที่ที่มีข้อจำกัด จำเป็นต้องอาศัยหลักการทางวิศวกรรมจราจรที่มุ่งเน้นการใช้มาตรการการจัดการจราจรทดแทนการปรับเปลี่ยนทางกายภาพ โดยมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1.1 มาตรฐานและลักษณะทางกายภาพของจุดกลับรถ

2.1.1.1 มาตรฐานการออกแบบจุดกลับรถและข้อจำกัดทางกายภาพ

มาตรฐานการออกแบบจุดกลับรถ (U-Turn) เป็นงานวิศวกรรมจราจรที่มีความสำคัญ เพื่อให้ผู้ใช้ถนนสามารถเปลี่ยนทิศทางจราจรได้อย่างปลอดภัยและราบรื่น โดยเฉพาะในพื้นที่เขตเมืองที่มีความหนาแน่นทางจราจรค่อนข้างสูงและมีข้อจำกัดในด้านกายภาพ การออกแบบที่เหมาะสมจะช่วยลดความขัดแย้งระหว่างกระแสจราจรทางตรงและรถที่ต้องการกลับรถ เพื่อลดอุบัติเหตุและลดความล่าช้าในการเดินทาง AASHTO (2018) ได้สรุปมาตรฐานการออกแบบจุดกลับรถที่สำคัญ ไว้ดังนี้

1. ยานพาหนะการออกแบบ (Design Vehicle) การเลือกประเภทของยานพาหนะออกแบบเป็นขั้นตอนแรกในการกำหนดรัศมีวงเลี้ยวและพื้นที่กลับรถ

2. ความกว้างเกาะกลาง (Median Width) AASHTO (2018) แนะนำความกว้างสำหรับรองรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคลควรมีความกว้างขั้นต่ำ 6–12 เมตร สำหรับรถบรรทุกหรือรถโดยสาร ควรมีความกว้างมากกว่าหรือเท่ากับ 15–18 เมตร หากความกว้างไม่เพียงพออาจต้องขยายผิวทางเพิ่มด้านข้างหรือใช้ช่องรอพิเศษ (Bulb-out / Flare) ในกรณีที่มีข้อจำกัด เช่น มีตอม่อรถไฟฟ้า ทำให้ไม่สามารถเพิ่มความกว้างได้ AASHTO (2018) แนะนำให้ใช้มาตรการทางจราจร เช่น การควบคุมด้วยสัญญาณไฟหรือการจำกัดทิศทางเข้าออก

3. ระยะชะลอและช่องรอเลี้ยว (Deceleration Length and Storage Length) ควรมีระยะชะลอ เพื่อลดผลกระทบต่อการจราจรทางตรง และควรให้ความเร็วในช่องรอช้ากว่าทางตรงไม่เกิน 15

กิโลเมตรต่อชั่วโมง สำหรับช่องรอเลี้ยว ควรมีระยะทางเพียงพอในการรองรับรถในชั่วโมงเร่งด่วนโดยไม่ล้นเข้าสู่ทางหลัก

4. ระยะห่างระหว่างช่องเปิดเกาะกลาง (Median Opening Spacing) สำหรับในเขตเมืองที่มีความเร็วน้อยกว่าเท่ากับ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ควรเว้นระยะอย่างน้อย 200 เมตร หากความเร็วสูงกว่า 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ควรเว้นระยะอย่างน้อย 400 เมตร เพื่อป้องกันปัญหาการเกิดคอขวดและลดจุดตัดกระแสจราจร

5. ระยะมองเห็น (Sight Distance) ต้องให้ผู้กลับรถมองเห็นกระแสรถทางตรงเพียงพอ เช่น ที่ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ควรมีระยะมองเห็นอย่างน้อย 160 เมตร แต่ถ้าหากมีสิ่งบดบัง เช่น ตอม่อรถไฟฟ้า ควรมีระยะถอยร่นของช่องรอ หรือติดตั้งอุปกรณ์เตือนล่วงหน้า

สำหรับมาตรฐานการออกแบบจุดกลับรถโดยหน่วยงานในประเทศไทย โดยคู่มือออกแบบทางหลวง กรมทางหลวง ได้มีการกำหนดมาตรฐานการออกแบบ ไว้ดังนี้

1. ประเภทเกาะกลางที่รองรับจุดกลับรถ กำหนดให้ใช้เกาะกลางแบบยกสูง (Raised Median) เป็นมาตรฐานหลักในเขตเมืองเพื่อความปลอดภัย โดยมีความกว้างขั้นต่ำ 6 เมตร หากถนนมีความกว้าง 30 เมตร และความกว้างเกาะกลางขั้นต่ำ 8-10 เมตร หากถนนมีความกว้าง 40-60 เมตร สำหรับพื้นที่ที่มีข้อจำกัด อนุญาตให้ใช้ช่องทางรอเลี้ยว (Pocket Lane) และให้เสริมเครื่องหมายเตือนหรือราวกันอันตราย

2. ระยะชะลอและระยะช่วงเบี่ยง (Deceleration Lane and Taper Length) แนะนำระยะชะลอตามความเร็วในการออกแบบ (Design Speed) และระยะช่วงเบี่ยงสำหรับในเมือง ควรมีระยะ 15 เมตร สำหรับ 1 ช่องจราจร และระยะ 30 เมตร สำหรับ 2 ช่องจราจร เพื่อใช้พื้นที่จำกัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

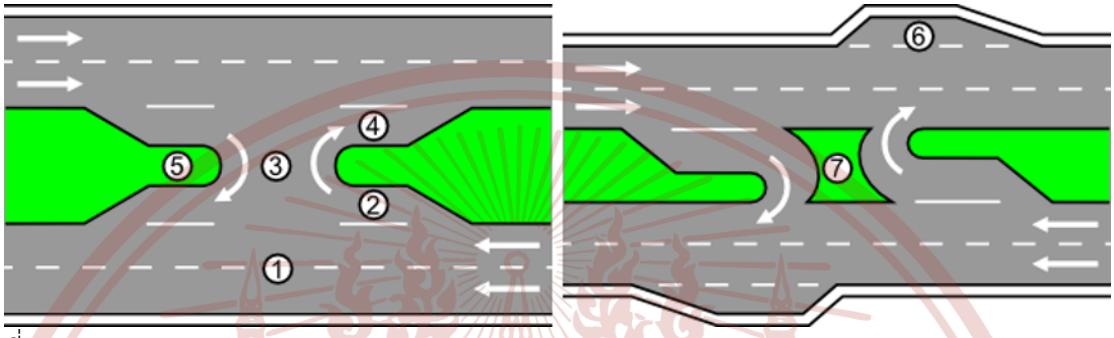
3. การกำหนดตำแหน่งเปิดเกาะกลางในเมือง ควรห่างจากทางแยกหรือจุดตัดทางหลักอย่างน้อย 200 เมตร หากมีสิ่งกีดขวางถาวร เช่น ต่อม่อรถไฟฟ้า ควรปรับตำแหน่งมิให้บดบังทัศนวิสัย และพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟจราจรเสริม เพื่อจัดลำดับการไหล

4. การจัดการในพื้นที่ที่ไม่สามารถขยายได้ กรมทางหลวง แนะนำให้ใช้มาตรการบริหารจัดการจราจร เช่น ช่องกลับรถเปิด–ปิดตามช่วงเวลา, ป้ายเตือน, ไฟกระพริบเตือน, การบังคับช่องทางฉพาะ

อย่างไรก็ตาม พื้นที่ศึกษาบริเวณสุขุมวิท 64/1 มีความกว้างของเกาะกลางเพียง 4 เมตร ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของ AASHTO (2018) และกรมทางหลวง เนื่องจากข้อจำกัดของกายภาพพื้นที่และเสาตอม่อรถไฟฟ้า ทำให้ไม่สามารถแก้ไขด้วยกายภาพ (Geometric Design) ได้ จึงจำเป็นต้องใช้มาตรการการจัดการจราจร (Traffic Management) มาทดแทน ดังนั้น เมื่อพื้นที่ไม่สามารถรองรับการสร้างช่องรอเลี้ยว (Storage Lane) ได้ การปรับปรุงรูปแบบการจราจร (Traffic Management) จึงเป็นเครื่องมือในการบรรเทาปัญหาคอขวด

2.1.1.2 องค์ประกอบของจุดกลับรถ (Elements of U-turns)

จุดกลับรถโดยทั่วไป (I. Meel, et al., 2014) มีองค์ประกอบหลัก เช่น (1) ช่องจราจรทางตรง (2) ช่องจราจรชะลอความเร็ว (3) ช่องจราจรเกาะกลาง (4) ช่องจราจรเร่งความเร็ว (5) ความกว้างเกาะกลาง (6) ช่องขยายพื้นที่ด้านข้าง และ (7) เกาะกลางกำหนดทิศทาง ดังภาพที่ 2-1



ที่มา : https://www.researchgate.net/figure/Elements-of-U-turns-322-Classification-of-U-turns-In-Thailand-various-geometric-design_fig1_270555092

ภาพที่ 2-1 องค์ประกอบของจุดกลับรถ

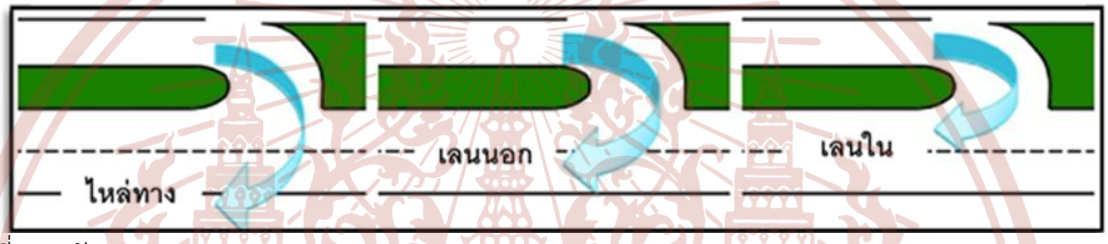
2.1.1.3 เกาะกลางถนน (Road Median)

เกาะกลางถนนเป็นโครงสร้างที่ช่วยแบ่งทิศทางการจราจร ลดความเสี่ยงการชนประสานงา และรองรับพื้นที่ติดตั้งป้ายหรืออุปกรณ์ความปลอดภัย ช่วยเพิ่มความปลอดภัยและประสิทธิภาพของถนน โดยทั่วไปสามารถแบ่งประเภทของเกาะกลางออกได้เป็น 4 ประเภท คือ (1) เกาะกลางถนนแบบเกาะสี (Flush Median or Paint Median), (2) เกาะกลางถนนแบบเกาะยก (Raised Median), (3) เกาะกลางถนนแบบเกาะกดเป็นร่อง (Depressed Median) และ (4) เกาะกลางถนนแบบเกาะแบบราวหรือกำแพงกั้น (Barrier Median) โดยงานวิจัยในครั้งนี้ได้กล่าวถึงประเภทของเกาะกลางถนนแบบเกาะยก (Raised Median) เนื่องจากลักษณะของพื้นที่กายภาพของการวิจัย ซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเรขาคณิตของถนนที่กรมทางหลวงกำหนดให้ใช้เพื่อแยกทิศทางการจราจรและเพิ่มความปลอดภัย โดยเกาะกลางประเภทนี้จะถูกยกสูงจากผิวจราจร มีคันขอบ (curb) เพื่อป้องกันการขับขี่ข้ามเกาะกลาง และสามารถใช้เป็นพื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์จราจรหรือสาธารณูปโภคได้ ลักษณะของเกาะกลางแบบยกช่วยควบคุมการเคลื่อนที่ของยานพาหนะให้เป็นระเบียบ ลดโอกาสเกิดอุบัติเหตุจากการชนประสานงา และเพิ่มประสิทธิภาพของการจราจรในถนนที่มีหลายช่องทาง ทั้งนี้ความกว้างของเกาะกลางมักอยู่ในช่วงประมาณ 3-5 เมตร โดยปรับให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และระดับความเร็วของถนน

2.1.1.4 การเปิดเกาะกลางเพื่อกลับรถ

การเปิดเกาะกลางเพื่อกลับรถกรณีที่ทางแยกสามารถทำได้ในกรณีที่มีปริมาณความต้องการกลับรถสูง และทางแยกดังกล่าวมีจังหวะสัญญาณไฟที่ทำให้ยวดยานที่ทำการกลับรถได้โดยไม่ตัดกับกระแสจราจรอื่น ๆ เช่น ให้รถที่จะกลับรถใช้จังหวะสัญญาณร่วมกับรถที่จะเลี้ยวขวา

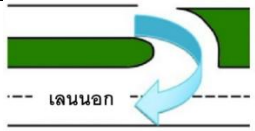
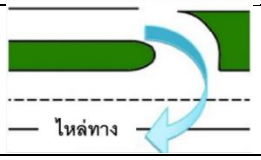
นอกจากนี้จำเป็นจะต้องพิจารณาถึงความกว้างของเกาะกลางถนนประกอบด้วย โดยในกรณีของรถ 4 ล้อ จะใช้ความกว้างประมาณ 9 เมตร ในขณะที่รถ 6 ล้อหรือมากกว่าจะใช้ความกว้าง 19 เมตร ภาพที่ 2-2 แสดงถึงการวัดระยะจุดกลับรถประเภทต่าง ๆ และตารางที่ 2-1 แสดงถึงความกว้างของเกาะกลางถนนที่น้อยที่สุด สำหรับใช้ในการออกแบบจุดกลับรถ เพื่อมิให้เกิดอุบัติเหตุ



ที่มา : ดัดแปลงจาก A policy on the geometric design of highways and streets (7th ed.), โดย American Association of State Highway and Transportation Officials (2018)

ภาพที่ 2-2 การวัดระยะจุดกลับรถ

ตารางที่ 2-1 ความกว้างของเกาะกลางถนนที่น้อยที่สุด

ประเภทการออกแบบ		ความกว้างของเกาะกลางถนนที่น้อยที่สุด		
		รถยนต์ส่วนบุคคล	รถบรรทุกช่วงเดียว	รถประจำทาง
		ความยาวยานพาหนะ (เมตร)		
		5.8	9.1	12.2
เลนด้านในถึงเลนด้านใน		9.1	21.6	25.0
เลนด้านในถึงเลนด้านนอก		5.5	18.0	21.3
เลนด้านในถึงไหล่ทาง		1.8	14.3	17.7

ที่มา : American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO] (2018)

ทางแยกที่จะอนุญาตให้กลับรถได้ ควรมีการติดตั้งป้ายจราจรให้ชัดเจนทั้งในทิศทางที่ยวดยานจะกลับรถ และทิศทางตรงกันข้าม เพื่อเตือนผู้ขับขี่ให้ระมัดระวังการตัดกระแสจราจร

ในกรณีจุดกลับรถบนเกาะกลางนั้น ในกรณีที่ทางแยกมีระยะห่างกันมากและปริมาณการกลับรถมีสูง ทำให้เกิดความจำเป็นในการเพิ่มจุดกลับรถระหว่างช่วงทางแยก การเปิดเกาะกลางให้กลับรถเป็นทางเลือกที่สะดวกและประหยัดค่าใช้จ่ายที่สุด แต่ก็เป็นรูปแบบที่ทำให้เกิดการตัดกระแสจราจรมาก จึงอาจกลายเป็นคอขวดส่งผลกระทบด้านจราจร และเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุอีกด้วย ดังนั้นการเปิดเกาะกลางจึงจำเป็นต้องจัดให้มีด้วยระยะที่เหมาะสมตามลำดับชั้นของถนนและความเร็วของกระแสจราจรดังแสดงในตารางที่ 2-2 และตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-2 ระยะห่างที่น้อยที่สุดระหว่างจุดกลับรถที่ไม่มีสัญญาณไฟ

ความเร็วจำกัด (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	ระยะห่างที่น้อยที่สุด (เมตร)
48	110
56	140
64	160
72	205
80	240
88	280

ที่มา : ดัดแปลงจาก Transportation and land development, โดย F. J. Koepke และ V. G. Stover (1988)

ตารางที่ 2-3 ระยะห่างของจุดกลับรถที่เหมาะสม

ลำดับชั้นถนน	ระยะห่างของจุดกลับรถ (เมตร)		
	เขตเมือง	ชานเมือง	ชนบท
ถนนสายหลัก	200	200	400
ถนนสายรอง	100	200	400

ที่มา : ดัดแปลงจาก Transportation and land development, โดย F. J. Koepke และ V. G. Stover (1988)

อย่างไรก็ตาม ในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดโครงสร้าง เช่น มีตอม่อรถไฟฟ้า อาจไม่สามารถปรับตำแหน่งหรือเพิ่มช่องรอได้ จำเป็นต้องพิจารณา การปรับปรุงรูปแบบการจราจร และการควบคุมสัญญาณแทนการปรับขนาดกายภาพ

2.1.1.5 ระยะมองเห็นสำหรับจุดกลับรถ (Sight Distance)

ตามแนวทางของ Florida Department of Transportation (FDOT, 2014) การออกแบบจุดกลับรถ (U-turn Median Opening) จำเป็นต้องคำนึงถึง “ระยะมองเห็นที่เพียงพอ” (Adequate

Sight Distance) เพื่อให้ผู้ขับขี่สามารถประเมินการเคลื่อนไหวของกระแสจราจรในทิศทางตรงได้อย่างปลอดภัยก่อนตัดสินใจกลับรถ ซึ่งถือเป็นปัจจัยสำคัญในการลดความเสี่ยงจากอุบัติเหตุและเพิ่มประสิทธิภาพของการไหลจราจร โดยมีระยะมองเห็นที่ต้องพิจารณาในจุดกลับรถมักแบ่งออกเป็นสองประเภทหลัก ได้แก่

1. Stopping Sight Distance (SSD) – ระยะที่ผู้ขับขี่ต้องใช้ในการรับรู้เหตุการณ์ออกแรงเบรก และหยุดรถได้อย่างปลอดภัยหากมีสิ่งกีดขวางในเส้นทางการกลับรถ

2. Intersection Sight Distance (ISD) – ระยะที่จำเป็นสำหรับผู้ขับขี่ซึ่งจะออกจากจุดกลับรถให้สามารถมองเห็นยานพาหนะที่วิ่งในทิศทางตรงได้เพียงพอ เพื่อทำการกลับรถหรือแทรกเข้าช่องทางเดินรถได้โดยไม่กระทบกระแสจราจรหลัก

โดยทั่วไปให้พิจารณา Intersection Sight Distance (ISD) เป็นหลักในบริเวณจุดกลับรถ เนื่องจากผู้ขับขี่ต้องมีเวลามากพอในการประเมินช่องว่าง (Gap) ของยานพาหนะในทิศทางตรงทั้งสองฝั่ง ซึ่งค่าระยะมองเห็นที่เพียงพอจะขึ้นอยู่กับความเร็วจำกัดของถนนหลัก และประเภทของยานพาหนะที่ใช้กลับรถ เช่น รถยนต์ส่วนบุคคลหรือรถบรรทุก ซึ่งสำหรับถนนหลักที่มีความเร็วออกแบบ 60–80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ค่าระยะมองเห็นตามแนวทางของ FDOT (2014) จะอยู่ในช่วงประมาณ 120–160 เมตร เพื่อให้ผู้ขับขี่สามารถเริ่มการเคลื่อนไหวได้อย่างปลอดภัยโดยไม่ต้องเร่งความเร็วเกินความเหมาะสม นอกจากนี้ FDOT (2014) ยังเน้นให้พื้นที่ทางกายภาพรอบจุดกลับรถปราศจากสิ่งบดบังทัศนวิสัย เช่น ป้ายโฆษณา ราวกันชน ต้นไม้ หรือโครงสร้างริมทาง เพื่อรักษามุมมองที่ชัดเจนในระยะการตัดสินใจของผู้ขับขี่ โดยให้ความสำคัญกับการออกแบบจุดกลับรถที่มีระยะมองเห็นเพียงพอต่อการรับรู้และการตัดสินใจของผู้ขับขี่ เพื่อให้การกลับรถดำเนินไปได้อย่างปลอดภัย ลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุจากการมองเห็นไม่ชัด และส่งเสริมให้การไหลของจราจรโดยรวมมีประสิทธิภาพมากขึ้น

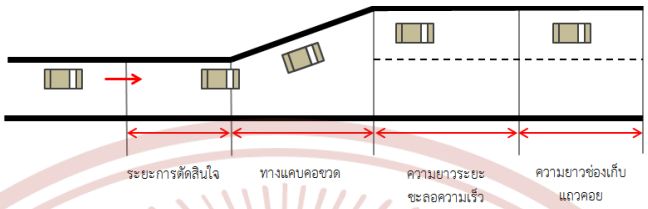
ในกรณีจุดกลับรถที่ตั้งอยู่ใต้โครงสร้างรถไฟฟ้า เสาตอม่อถือเป็นสิ่งกีดขวางถาวรที่ลดทอน Intersection Sight Distance (ISD) อย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้ผู้ขับขี่ต้องตัดสินใจใช้ Gap ที่สั้นลงหรือชะลอตัวนานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสภาพปัญหาที่ผู้วิจัยพบในพื้นที่ศึกษา

2.1.1.6 การบริหารพื้นที่รอเลี้ยว

การบริหารพื้นที่รอเลี้ยวจำเป็นต้องพิจารณากำหนดจุดกลับรถบริเวณเกาะกลาง จำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ระยะมองเห็น ซึ่งจะแตกต่างกันตามลักษณะทางกายภาพของถนนและเกาะกลาง
2. ระยะห่างของจุดกลับรถหรือระยะห่างจากทางแยกที่เหมาะสม

3. ช่องจราจร เพื่อลดความเร็ว (Deceleration lane) และพื้นที่รองรับแถวคอย (Queue storage) ดังแสดงในภาพที่ 2-3 ทั้งนี้จะต้องออกแบบความยาวให้สอดคล้องกับความเร็วของการจราจรบนสายทางนั้น ดังแสดงในตารางที่ 2-4



ที่มา : ดัดแปลงจาก Turn lane length for various speed roads, โดย Minnesota Department of Transportation (2008)

ภาพที่ 2-3 การพิจารณากำหนดจุดกลับรถบริเวณเกาะกลาง

ตารางที่ 2-4 องค์ประกอบของช่องทางเลี้ยวขวา

ความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	ความยาวช่องทางเลี้ยวขวา (เมตร)		
	ระยะชะลอความเร็ว	ระยะทางแคบ	ระยะชะลอความเร็ว
48	52	30	
56	52	30	
64	84	40	LT = 0.001*TV + 0.010*OV +
72	104	40	0.105*RTV – 0.028*Sp +
80	125	40	0.068*HVT + 0.192*HVR –
88	148	40	0.024*Gr
96	148	40	
104	148	40	
112	148	40	

ที่มา : ดัดแปลงจาก Turn lane length for various speed roads, โดย Minnesota Department of Transportation (2008)

หมายเหตุ:

Storage Length (LT) = ความยาวช่องเก็บแถวคอย (เมตร)

Through Volume (TV) = ปริมาณจราจรทิศทางตรง (คัน/ชั่วโมง)

Opposing Volume (OV) = ปริมาณจราจรทิศสวนทาง (คัน/ชั่วโมง)

Right Turn Volume (RTV) = ปริมาณจราจรที่กลับรถ (คัน/ชั่วโมง)

Heavy Vehicle Through Percent (HVT) = ร้อยละของปริมาณรถบรรทุกทิศทางตรงสูงสุด

Heavy Vehicle Right Turn Percent (HVR) = ร้อยละของปริมาณรถบรรทุกทิศกลับรถสูงสุด

Speed (Sp) = ความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง)

Grade (Gr) = ร้อยละความลาดชันของพื้นผิวถนน

2.1.1.7 ระยะสอบเข้า (Taper Length)

ระยะสอบเข้า เป็นองค์ประกอบสำคัญของพื้นที่เปลี่ยนทิศทางหรือความเร็วของกระแสจราจร เช่น ช่องเลี้ยว ช่องรอเลี้ยว หรือทางแยก โดยเฉพาะในเขตเมือง (Urban Area) ที่มีพื้นที่จำกัดและปริมาณจราจรหนาแน่น การออกแบบระยะสอบเข้าที่เหมาะสมช่วยให้ผู้ขับขี่สามารถปรับตำแหน่งรถได้อย่างราบรื่น ปลอดภัย และลดการรบกวนกระแสจราจรหลัก AASHTO (2018) แนะนำให้ระยะสอบเข้ามีค่าที่ สอดคล้องกับความเร็วออกแบบ (Design Speed) และความกว้างของช่องจราจรที่เปลี่ยนแปลง (Offset Width) ซึ่งมักมีความเร็วออกแบบอยู่ระหว่าง 40–60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีการจำกัดพื้นที่ริมทาง การมีระยะสอบเข้าที่สั้นลง แต่ยังคงต้องเพียงพอสำหรับการเปลี่ยนช่องทางโดยไม่เกิดการตัดกระแสจราจรกะทันหัน สำหรับในเขตเมืองที่มีความเร็วต่ำกว่า 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สามารถคำนวณระยะสอบเข้าได้จาก

$$L = WXS \tag{2-1}$$

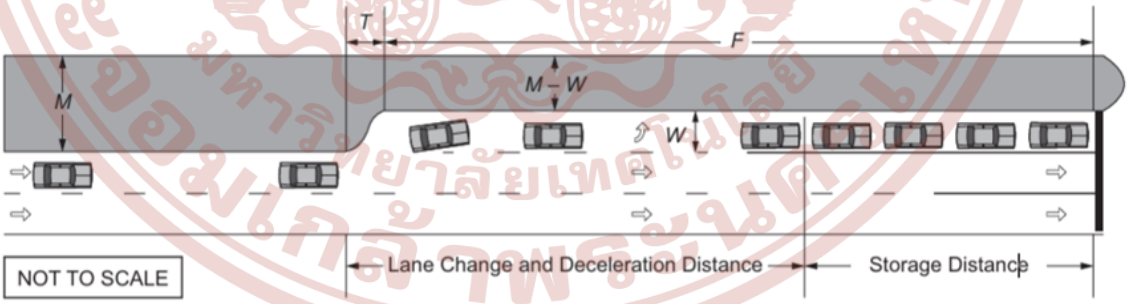
สำหรับกรณีที่ใช้ความเร็วสูงกว่า 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือพื้นที่นอกเขตเมือง สามารถคำนวณระยะสอบเข้าได้จาก

$$L = \frac{W\,x\,s^2}{60} \tag{2-2}$$

โดยที่ L = ระยะสอบเข้า (เมตร)

W = ความกว้างของช่องจราจรที่ต้องการเปลี่ยน (เมตร)

S = ความเร็วของกระแสจราจร (กม./ชม.)



ที่มา : A policy on the geometric design of highways and streets (7th ed.), โดย American Association of State Highway and Transportation Officials (2018)

ภาพที่ 2-4 กายภาพบริเวณช่องจราจรระยะสอบเข้า

โดยทั่วไประยะสอบเข้าที่เหมาะสมในเขตเมืองมักอยู่ในช่วง 25–45 เมตร ทั้งนี้ต้องพิจารณาควบคู่กับปริมาณจราจร ความหนาแน่นของช่องจราจร และพฤติกรรมผู้ขับขี่ในบริเวณนั้น นอกจากนี้ AASHTO (2018) ยังเน้นให้คำนึงถึง การรับรู้ของผู้ขับขี่ (Driver Expectancy) โดยการจัดวางเส้น

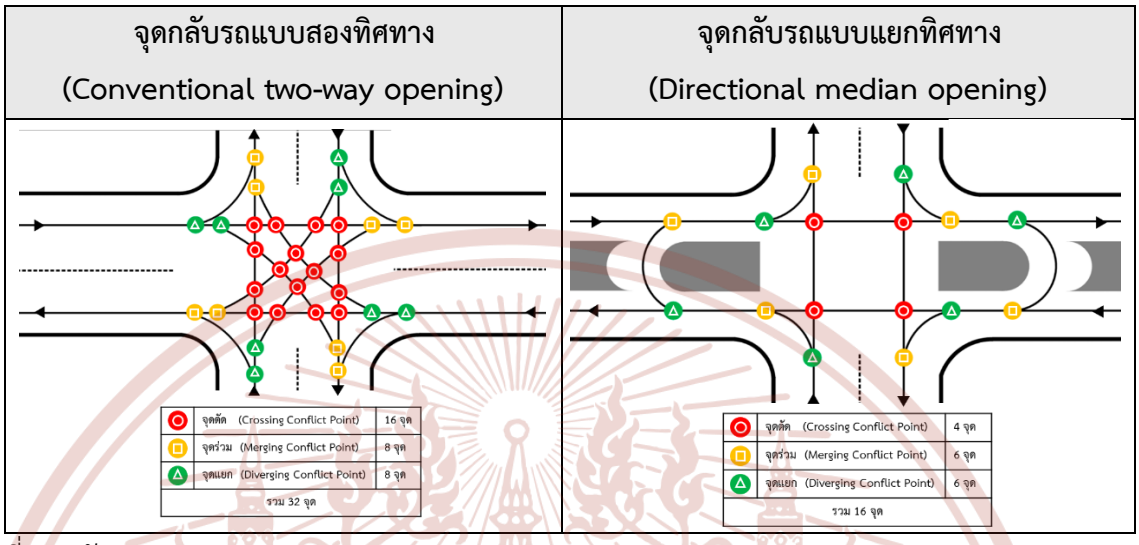
แบ่งช่องจราจร ป้ายเตือน และเครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง เพื่อให้ผู้ขับขี่ทราบการเปลี่ยนช่องทางล่วงหน้า และสามารถเคลื่อนรถเข้าหรือออกจากช่องรอเลี้ยวได้อย่างต่อเนื่อง ลดโอกาสการชนหรือการหยุดกะทันหัน โดยเน้นความปลอดภัย ความต่อเนื่องของการไหลจราจร และความเข้าใจของผู้ขับขี่เป็นหลักมากกว่าการเพิ่มระยะทางโดยไม่จำเป็น

2.1.2 ทฤษฎีการจัดการและควบคุมจุดตัดจราจร

2.1.2.1 จุดกลับรถเป็นจุดที่มักจะเกิดจุดตัดของจราจร ซึ่งหมายถึง ตำแหน่งที่กระแสจราจรจากทิศทางต่างๆ มาบรรจบกัน โดยยานพาหนะที่เคลื่อนที่เข้าหากันในลักษณะที่มีแนวโน้มเกิดการขัดแย้ง ทั้งในรูปแบบการตัดผ่าน การรวม หรือการแยกออก จุดเหล่านี้จึงเป็นบริเวณที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดอุบัติเหตุ สามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภทหลัก ประกอบด้วย (1) จุดตัดกัน (Crossing Conflict) ยานพาหนะวิ่งมาตัดกัน เช่น การเลี้ยวขวาข้ามทาง หรือการกลับรถ (2) จุดร่วมกัน (Merging Conflict) ยานพาหนะวิ่งมารวมกันในทิศทางเดียวกัน เช่น การเบียดเพื่อเปลี่ยนช่องทาง และ (3) จุดแยกกัน (Diverging Conflict) ยานพาหนะวิ่งแยกออกจากช่องทาง เช่น การเลี้ยวซ้ายออกจากช่องทาง จำนวนและลักษณะของจุดตัดกัน จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้ประเมินความปลอดภัยของทางแยกและจุดกลับรถ ดังนั้นการออกแบบที่ดีจะช่วยลดจำนวนจุดตัดและช่วยลดโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุ เพิ่มอัตราการไหลของกระแสจราจร โดยเฉพาะบนถนนสายหลักหรือถนนที่มีการใช้ความเร็วสูง ในบริบทประเทศไทย รูปแบบการออกแบบจุดกลับรถที่พบได้ทั่วไป ได้แก่

1. จุดกลับรถแบบสองทิศทาง (Conventional Two-Way Median Opening) จุดกลับรถลักษณะนี้เป็นการเปิดช่องกลางเกาะ (median opening) เพื่อให้รถสามารถเลี้ยวขวาและกลับรถได้จากทั้งสองทิศทางในตำแหน่งเดียวกัน ลักษณะนี้แม้จะใช้งานสะดวกและประหยัดพื้นที่ แต่ส่งผลให้มีจำนวน Conflict Points สูง โดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 32 จุด ต่อหนึ่งตำแหน่งกลับรถ ซึ่งรวมทั้งจุดตัด จุดรวม และจุดแยกกันหลายจุด ทำให้มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดอุบัติเหตุ โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่มีปริมาณจราจรหนาแน่น (FHWA, 2009)

2. จุดกลับรถแบบแยกทิศทาง (Directional Median Opening) การออกแบบลักษณะนี้จะควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของรถจากทางแยก โดยอนุญาตให้เลี้ยวขวาหรือกลับรถในทิศทางเดียวเท่านั้น ส่วนอีกทิศทางจะต้องเดินทางเลยไปยังจุดกลับรถที่กำหนดไว้ในระยะปลอดภัย ลักษณะนี้ช่วยลดจำนวน Conflict Points ลงได้มาก โดยอยู่ที่ประมาณ 16 จุด เท่านั้น ส่งผลให้ความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุน้อยลง และยังช่วยให้การควบคุมสัญญาณไฟจราจรมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากสามารถลดจำนวน phase ของสัญญาณลงได้ จุดกลับรถแบบแยกทิศทางช่วยลดจำนวนทิศทางของการตัดกระแสจราจร จึงเหมาะสมกับการใช้งานบนถนนสายหลักมากกว่ากับจุดกลับรถแบบสองทิศทาง ดังแสดงในภาพที่ 2-5



ที่มา : ดัดแปลงจาก "Median U-turn intersection critical parameter research and operational performance evaluation", โดย C. Zhao และคณะ (2024)

ภาพที่ 2-5 ลักษณะและจำนวนทิศทางการตัดกันของกระแสจราจรแต่ละรูปแบบ

2.1.2.2 ทฤษฎีการควบคุมสัญญาณไฟจราจรบริเวณจุดกลับรถ

การจัดการจราจรบริเวณจุดกลับรถที่มีปริมาณจราจรสูง การใช้เพียงป้ายเตือนหรือการรอจังหวะที่การจราจรว่าง (Gap Acceptance) อาจไม่เพียงพอต่อความปลอดภัยและประสิทธิภาพของการกลับรถ ทฤษฎีการควบคุมสัญญาณไฟจราจรจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญ โดยสามารถจำแนกรูปแบบการจัดการได้ดังนี้

2.1.2.2.1 รูปแบบจังหวะสัญญาณไฟ (Signal Phasing)

ก) การกลับรถแบบรอจังหวะ (Permitted U-turn Phase) เป็นรูปแบบที่อนุญาตให้รถกลับรถได้เมื่อเห็นว่าปลอดภัยและไม่มีรถทางตรงสวนมา (ใช้สัญญาณไฟเขียวร่วมกับทางตรง) รูปแบบนี้เหมาะสำหรับจุดที่มีปริมาณจราจรทางตรงต่ำ แต่มีความเสี่ยงสูงในการเกิดอุบัติเหตุหากทัศนวิสัยไม่ดี

ข) การกลับรถแบบมีสัญญาณไฟเฉพาะ (Protected U-turn Phase) เป็นรูปแบบที่กำหนดให้รถทางตรงในทิศทางสวนกันต้องหยุด เพื่อให้สิทธิ์แก่รถที่จะกลับรถวิ่งผ่านไปได้อย่างปลอดภัยโดยไม่มีจุดตัดกระแสจราจร (Conflict) ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการแก้ไขปัญหาในงานวิจัยนี้ที่ต้องการลดความขัดแย้งบริเวณจุดกลับรถ

2.1.2.2.2 ระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร (Signal Control Strategy)

ก) ระบบตั้งเวลาคงที่ (Fixed-time Control) การกำหนดรอบสัญญาณไฟไว้ล่วงหน้าตามสถิติปริมาณจราจร ซึ่งอาจทำให้เกิดความล่าช้าในกรณีที่ไม่มีรถมารอเลี้ยวแต่ยังได้ไฟเขียว

ข) ระบบแปรผันตามปริมาณจราจร (Actuated/Adaptive Traffic Control) เป็นระบบที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับยานพาหนะ (Vehicle Detector) เพื่อปรับเปลี่ยนจังหวะไฟเขียวให้สอดคล้องกับปริมาณรถที่มารอจริงในขณะนั้น ช่วยลดความล่าช้าที่ไม่จำเป็นและเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายรถสูงสุด ซึ่งเป็นมาตรการที่นำมาพิจารณาในกรณีศึกษาจุดกลับรถหน้าธนาคารกสิกรไทยและสุขุมวิท 64/1

2.1.3 พฤติกรรมผู้ขับขี่และแบบจำลองการจราจร

2.1.3.1 พฤติกรรมผู้ขับขี่และการยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance)

ในด้านของวิศวกรรมจราจร พฤติกรรมผู้ขับขี่เป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีผลต่อการไหลของจราจร โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบจำลองระดับจุลภาค (Microscopic Traffic Simulation Models) ซึ่งจะพิจารณาพฤติกรรมของผู้ขับขี่แต่ละราย พฤติกรรมเหล่านี้ครอบคลุมถึงการตัดสินใจเกี่ยวกับความเร็วที่ใช้ในการขับขี่ ระยะห่างระหว่างรถ การเปลี่ยนช่องจราจร และการตอบสนองต่อสัญญาณและป้ายจราจร ซึ่งพฤติกรรมเหล่านี้มีผลโดยตรงต่อความหนาแน่นจราจร ความเร็วเฉลี่ยและความสามารถในการระบายรถบนถนน (Gipps, 1981; Treiber & Kesting, 2013) การวิเคราะห์และทำความเข้าใจพฤติกรรมผู้ขับขี่อย่างแม่นยำจึงมีความจำเป็นต่อการพัฒนาแบบจำลองการจราจรที่สะท้อนสภาพจริง และสามารถนำไปใช้ในการวางแผน ออกแบบ และบริหารจัดการระบบจราจรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

พฤติกรรมผู้ขับขี่ เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อความปลอดภัยทางถนนและประสิทธิภาพของระบบจราจร มีทฤษฎีหลายทฤษฎีได้อธิบายพฤติกรรมของมนุษย์หรือผู้ขับขี่ไว้ว่าทฤษฎีพฤติกรรมมนุษย์ เน้นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งกระตุ้น พฤติกรรม และผลลัพธ์ (ABC Model) ซึ่งอธิบายว่าผู้ขับขี่มักตอบสนองต่อสิ่งเร้า เช่น สัญญาณไฟจราจร หรือป้ายเตือน โดยพฤติกรรมจะเปลี่ยนแปลงไปตามผลลัพธ์ที่ได้รับ เช่น หากขับรถเร็วแล้วไม่เกิดผลเสียก็อาจมีแนวโน้มขับเร็วยิ่งขึ้น (Skinner, 1953) นอกจากนี้ยังมีทฤษฎีจิตวิทยาที่เกี่ยวข้อง เช่น ทฤษฎีการรับรู้ความเสี่ยง (Risk Perception Theory) และทฤษฎีสมดุลความเสี่ยง (Risk Homeostasis Theory) ของ Wilde (1994) ที่เสนอว่า ผู้ขับขี่มีระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้อยู่ในใจ และจะปรับพฤติกรรมให้สอดคล้องกับระดับความเสี่ยงนั้น เช่น เมื่อรู้สึกปลอดภัยมากขึ้นจากการใช้เข็มขัดนิรภัย ก็อาจขับรถเร็วขึ้นโดยไม่รู้ตัว ขณะเดียวกัน แนวคิดด้านปัจจัยมนุษย์ (Human Factors) เช่น Haddon Matrix ยังชี้ให้เห็นถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมผู้ขับขี่ในแต่ละช่วงเวลา ได้แก่ ก่อนเกิดเหตุ ระหว่างเกิดเหตุ และหลังเกิดเหตุ (Haddon, 1980)

โดยมีทั้งปัจจัยส่วนบุคคล (เช่น ความเหนื่อยล้า ความเครียด) ปัจจัยสิ่งแวดล้อม (เช่น สภาพถนน ป้ายจราจร) และปัจจัยทางเทคโนโลยี (เช่น ระบบช่วยเบรกอัตโนมัติ) ร่วมกับกำหนดพฤติกรรมของผู้ขับขี่ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องยังพบว่า พฤติกรรมที่มีความเสี่ยง เช่น การขับเร็ว การใช้โทรศัพท์ การขับในขณะเมาสุรา หรือไม่ปฏิบัติตามกฎจราจร ล้วนมีความสัมพันธ์โดยตรงกับโอกาสเกิดอุบัติเหตุ (Reason et al., 1990; Özkan & Lajunen 2005) ดังนั้น การทำความเข้าใจพฤติกรรมผู้ขับขี่จากหลากหลายมุมมองทั้งทางจิตวิทยา พฤติกรรมศาสตร์ และระบบมนุษย์ – เครื่องจักร จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการออกแบบมาตรการป้องกันอุบัติเหตุ และพัฒนาแนวทางจัดการจราจรอย่างมีประสิทธิภาพ

การยอมรับช่องว่าง (AASHTO, 2018) หมายถึง กระบวนการตัดสินใจของผู้ขับขี่ในการเข้าสู่กระแสจราจร (Traffic Stream) เมื่อมีช่องว่างระหว่างยานพาหนะในช่องทางหลักมากพอที่จะสามารถเคลื่อนยานพาหนะได้อย่างปลอดภัย โดยไม่รบกวนการจราจรหลักหรือก่อให้เกิดอุบัติเหตุ โดยช่องว่าง (Gap) หมายถึง ระยะเวลาระหว่างยานพาหนะสองคันที่ผ่านจุดอ้างอิงเดียวกัน (เช่น จุดตัด หรือช่องกลับรถ) มีหน่วยเป็นวินาที โดยการยอมรับช่องว่างเป็นพื้นฐานสำคัญของการออกแบบและการวิเคราะห์ ทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟ (Unsignalized Intersection), จุดกลับรถ (U-turns), และ ทางออก/ทางเข้าทางหลัก (Merging and Diverging Areas) ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

1. ช่องว่างที่ยอมรับได้ (Accepted Gap) คือ ช่องว่างที่ผู้ขับขี่เลือกใช้ในการเคลื่อนเข้าสู่การจราจร โดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับ ความเร็วของกระแสจราจรหลัก ประเภทของยานพาหนะ ทัศนวิสัย และพฤติกรรมผู้ขับขี่

2. ช่องว่างวิกฤติ (Critical Gap) หมายถึง ช่องว่างที่มีค่าต่ำสุดซึ่งผู้ขับขี่ยอมรับได้เพื่อเริ่มเคลื่อนที่เข้าสู่การจราจรหลักอย่างปลอดภัย เป็นค่าที่ใช้บ่อยที่สุดในการวิเคราะห์ทางแยกแบบไม่มีสัญญาณไฟ และมักคำนวณจากข้อมูลภาคสนาม

3. เวลาตามหลัง (Follow-up Time) คือ ระยะเวลาที่รถคันถัดไปในแถวเดียวกันต้องการเพื่อเข้าสู่กระแสจราจรหลังจากรถคันแรกเคลื่อนที่ไปแล้ว โดยทั่วไปมีค่าน้อยกว่าช่องว่างวิกฤติ (Critical Gap)

ในการออกแบบทางแยกหรือจุดกลับรถ โดยโปรแกรมจำลองจราจร เช่น PTV VISSIM จะใช้ค่า Critical Gap และ Follow-up Time เป็นตัวแปรหลักในการกำหนดพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อ ค่าความล่าช้า (Delay), ความยาวแถวคอย (Queue Length) และความจุ (Capacity) ของทางร่วม

2.1.3.2 แบบจำลองพฤติกรรมการขับขี่ตามกัน

แบบจำลองจราจรระดับจุลภาค (Microscopic Simulation) เป็นการจำลองการเคลื่อนที่ของรถแต่ละคันโดยอิสระ โดยอาศัยพื้นฐานทฤษฎีจิตวิทยากายภาพ (Psycho-physical Perception)

ของ Wiedemann (1974, 1999) ซึ่งอธิบายว่าผู้ขับขี่จะมีการตอบสนองต่อรถคันหน้าโดยพิจารณาจากระยะห่าง (Distance) และความเร็วสัมพัทธ์ (Relative Speed) แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบหลัก คือ (1) Wiedemann 99 (Freeway Model) เหมาะสำหรับการจำลองจราจรบนทางหลวงหรือทางด่วนที่มีการไหลของกระแสจราจรต่อเนื่องและไม่มีการหยุดชะงักบ่อยครั้ง และ (2) Wiedemann 74 (Urban Model) เหมาะสำหรับการจำลองจราจรในเขตเมืองที่มีสภาพการจราจรแบบผสมผสาน มีการหยุดรถบ่อยครั้ง และมีการเปลี่ยนช่องจราจรที่ซับซ้อน ซึ่งสอดคล้องกับบริบทของพื้นที่ศึกษาบนถนนสุขุมวิทที่เป็นถนนสายหลักในเขตเมืองและมีจุดกลับรถ

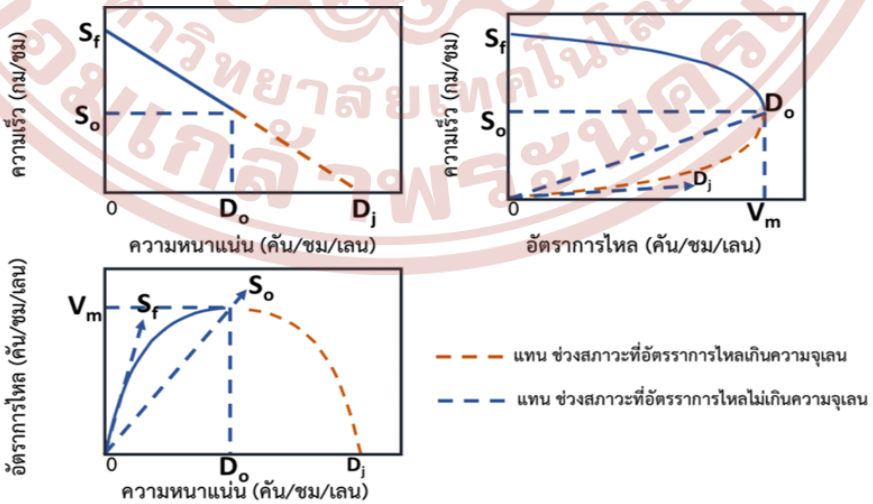
ในการจำลองสถานการณ์จราจรบริเวณจุดกลับรถ ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม PTV VISSIM (Thesis License) โดยเลือกใช้โมเดล Wiedemann 74 เป็นหลัก และจำเป็นต้องมีการปรับเทียบค่าพารามิเตอร์ (Calibration) ที่สำคัญ ได้แก่ ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างรถเมื่อหยุดนิ่ง (Average Standstill Distance) ซึ่งมีผลต่อความยาวแถวคอยบริเวณจุดกลับรถ และค่าที่กำหนดระยะปลอดภัยที่ผู้ขับขี่ต้องการเว้นห่างจากรถคันหน้า (Additive part of safety distance และ Multiplicative part of safety distance ซึ่งส่งผลต่อความจุ (Capacity) ของช่องทางกลับรถ

2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับตัวชี้วัดประสิทธิภาพและความปลอดภัย

เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ของมาตรการจัดการจราจร การวิจัยนี้อาศัยตัวชี้วัดทั้งในด้านการเคลื่อนตัว (Mobility) และด้านความปลอดภัย (Safety) ดังนี้

2.2.1 ทฤษฎีการไหลของจราจร (Traffic Flow Theory)

ทฤษฎีการไหลของจราจร (Highway Capacity Manual [HCM], 2022) อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการไหล ความหนาแน่น และความเร็ว ได้ดังนี้



ที่มา : ดัดแปลงจาก คู่มือความจุทางหลวงสำหรับทางหลวงหลายช่องจราจร โดย กรมทางหลวง (2023)

ภาพที่ 2-6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล ความเร็ว และความหนาแน่นของการจราจร

ความเร็ว HCM (2022) หมายถึง อัตราการเคลื่อนที่ของยานพาหนะต่อหน่วยเวลา ซึ่งเป็นหนึ่งในตัวแปรหลักที่สะท้อนถึงลักษณะการไหลของจราจร (Traffic Flow Characteristics) และมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณจราจร (Flow) และความหนาแน่นของยานพาหนะ (Density) สามารถคำนวณหาความเร็วได้จาก

$$Q = k\ x\ v \qquad (2\text{-}3)$$

โดยที่ Q = อัตราการไหลของจราจร (คัน/ชม.)

k = ความหนาแน่นของยานพาหนะ (คัน/กม.)

v = ความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ (กม./ชม.)

ความเร็วสามารถบ่งบอกสภาพการจราจรได้ว่ามีความคล่องตัวหรือสภาพติดขัดมากน้อยเพียงใด สามารถคำนวณได้จากระยะทางที่รถคันนั้น ๆ เคลื่อนที่ไปได้ภายในหนึ่งหน่วยเวลา โดยในกระแสจราจร รถแต่ละคันจะใช้ความเร็วที่แตกต่างกันไป ฉะนั้นกระแสจราจรจะมีการกระจายตัวของความเร็วของรถแต่ละคัน ซึ่งสามารถใช้ค่าความเร็วเฉลี่ยเป็นตัวแทนของกระแสจราจรนั้น ๆ ได้

จากภาพที่ 2-6 จะเห็นว่า อัตราการไหลเท่ากับศูนย์ เกิดขึ้นที่ภายใต้สองสภาวะที่แตกต่างกัน คือ (1) เมื่อไม่มียวดยานบนท้องถนน ซึ่งความหนาแน่นจะเท่ากับศูนย์ และอัตราการไหลก็เท่ากับศูนย์ ความเร็วจะเท่ากับความเร็วอิสระ (Free flow speed) และ (2) เมื่อความหนาแน่นสูงมาก จนรถทุกคันหยุด ความเร็วจึงเท่ากับศูนย์ และอัตราการไหลเท่ากับศูนย์ เนื่องจากรถไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ อัตราการไหลผ่านจุดใด ๆ บนถนนจึงเท่ากับศูนย์ ความหนาแน่นรถทุกคันไม่สามารถเคลื่อนที่ได้เรียกว่า Jam Density

นอกจากนี้ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัว ได้แก่ ความเร็ว ความหนาแน่น และอัตราการไหล สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นจากศูนย์ ความหนาแน่นก็เพิ่มขึ้นด้วยเนื่องจากยวดยานบนถนนเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ความเร็วลดลงเนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างรถด้วยกัน

2. อัตราการไหลเพิ่มขึ้นถึงความจุ เมื่อผลคูณของความหนาแน่นและความเร็วให้ค่าอัตราการไหลที่มากที่สุด ซึ่งที่สภาวะแสดงถึง Optimum speed หรือ Critical Speed Optimum Density หรือ Critical Density และ Maximum Flow

3. ในกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการไหล และความหนาแน่น เส้นที่ลากจากจุดเริ่มต้นไปในแนวรัศมี ไปยังจุดต่าง ๆ บน Curve แสดงถึงค่าความเร็ว นอกจากอัตราการไหลที่ความจุแล้วอัตราการไหลเดียวกันจะเกิดขึ้นที่ 2 สภาวะ คือ (1) ความเร็วสูงและความหนาแน่นต่ำ และ (2) ความเร็วต่ำ และความหนาแน่นสูง ซึ่งแสดงถึงสภาวะ Oversaturated Flow

4. ในแง่ของระดับการให้บริการ (Level of Service) มาตรฐาน Highway Capacity Manual ได้แบ่งระดับการให้บริการไว้ 6 ระดับ ประกอบด้วย ระดับการให้บริการจาก A (สภาพจราจรอิสระ) ถึง F (สภาพจราจรติดขัด)

2.2.2 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการจราจร (Operational Performance)

2.2.2.1 เวลาในการเดินทาง (Travel Time)

เวลาในการเดินทาง HCM (2022) หมายถึง ช่วงระยะเวลาที่ผู้ขับขี่ใช้ในการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายทางตามเส้นทางที่กำหนด ซึ่งรวมถึงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จริง (Running Time) และเวลาที่สูญเสียจากการหยุดหรือชะลอตัวระหว่างทาง (Delay Time) ซึ่งเป็นหนึ่งในตัวชี้วัดของระดับการให้บริการ (Level of Service: LOS) และประสิทธิภาพการดำเนินงานของระบบจราจร (Operational Performance) โดยสะท้อนถึงความคล่องตัว (Mobility) และความน่าเชื่อถือของระบบคมนาคม โดย HCM (2022) แนะนำให้ใช้เวลาในการเดินทางเฉลี่ย (Average Travel Time per Vehicle) เป็นตัวชี้วัดเชิงปริมาณ เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ก่อนและหลังการปรับปรุงทางกายภาพหรือการจัดการจราจร โดยในงานวิจัยนี้จะคำนวณเวลาการเดินทางเฉลี่ยในสภาวะจำลอง (Simulation Models)

2.2.2.2 ความล่าช้า (Delay)

ความล่าช้า หมายถึง ช่วงระยะเวลาที่ผู้ใช้ทางต้องใช้มากกว่าระยะเวลาที่จะใช้ในสภาวะการจราจรอิสระ (Free-Flow Condition) เพื่อเดินทางผ่านจุดใดจุดหนึ่งของระบบทางหลวงหรือทางแยก กล่าวคือ เป็นผลต่างระหว่างเวลาในการเดินทางจริง (Actual Travel Time) และ เวลาในการเดินทางในสภาวะอิสระ (Ideal Travel Time) มีหน่วยเป็นนาทีหรือวินาทีต่อคัน ความล่าช้าจึงเป็นตัวชี้วัดสำคัญของ ประสิทธิภาพการจราจร (Traffic Performance) และใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินระดับการให้บริการ (Level of Service: LOS) โดยเฉพาะบริเวณทางแยก (Intersections) และจุดกลับรถ (U-turns) ตามมาตรฐานของ Highway Capacity Manual (HCM, 2022) ความล่าช้าแบ่งได้เป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่ (1) ความล่าช้าจากการควบคุม (Control Delay) เป็นเวลาที่สูญเสียไปจากการควบคุมการจราจร เช่น สัญญาณไฟจราจร ป้ายหยุด หรือการให้ทางมักใช้เป็นตัวแทนหลักของความล่าช้าที่ทางแยกหรือจุดกลับรถควบคุมด้วยสัญญาณไฟ (2) ความล่าช้าจากการลดและเร่งความเร็ว (Deceleration and Acceleration Delay) เกิดขึ้นจากการที่รถต้องชะลอตัวก่อนเข้าจุดจราจรคับคั่ง และเร่งความเร็วหลังผ่านจุดนั้นไป และ (3) ความล่าช้าจากสภาพทางกายภาพหรือการดำเนินการ (Geometric or Operational Delay) เกิดจากปัจจัยทางกายภาพ เช่น ความแคบของช่องจราจร การออกแบบจุดกลับรถ หรือการตัดกระแสจราจร

2.2.2.3 ความยาวแถวคอย (Queue Length)

ความยาวแถวคอยเป็นดัชนีสำคัญในการประเมินระดับการให้บริการของจุดกลับรถ การเพิ่มช่องรอเลี้ยว (Storage Lane) และช่องชะลอความเร็ว (Deceleration Lane) ช่วยลดผลกระทบต่อกระแสจราจรหลัก (HCM, 2022) แนะนำให้คำนวณตามปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน และพิจารณาความแตกต่างความเร็วระหว่างรถในช่องรอกับรถทางตรงไม่เกิน 15 กม./ชม. ในกรณีที่ไม่สามารถเพิ่มช่องรอได้ (เช่น พื้นที่ใต้ตอม่อรถไฟฟ้า) ต้องเน้นการจัดการความยาวแถวคอยเพื่อลดผลกระทบต่อกระแสหลัก เช่น การปรับความยาวช่องรอให้เหมาะสมตามปริมาณรถที่กลับในช่วงเร่งด่วน การปรับระยะสอบเข้า (Taper) ให้สั้นเพื่อลดการล้นเข้ากระแสหลัก การจัดช่องจราจรเฉพาะเวลาหรือชั่วคราวในชั่วโมงเร่งด่วน (Time-based Lane Management) ซึ่งการเพิ่มช่องจราจรสำหรับรองรับแถวคอยจากการกลับรถ ในกรณีที่ยวดยานบนถนนมีความเร็วสูง แต่จำเป็นต้องเปิดจุดกลับรถบนเกาะกลาง อาจพิจารณาเพิ่มช่องจราจรสำหรับกลับรถเพื่ออำนวยความปลอดภัยแก่ยวดยานที่ขับรถ และเตือนผู้ขับขี่ในทิศทางที่ถูกตัดกระแสจราจร ผลกระทบของจุดกลับรถ การกลับรถบนเกาะกลางถนนจะเป็นรูปแบบที่สร้างผลกระทบจราจรสูงที่สุดในทั้งสองทิศทาง กล่าวคือทำให้เกิดคอขวดจากการไหลที่ลดลงของช่องจราจรที่ใช้กลับรถและการเปลี่ยนช่องจราจรก่อนถึงจุดกลับรถในทิศทางของยวดยานที่กลับรถ และกระทบต่อความจุของกระแสจราจรในทิศทางที่ถูกตัดกระแสจราจร ทั้งนี้ผลกระทบจะแตกต่างกันตามขนาดของของเกาะกลาง โดยจุดกลับรถบนเกาะกลางที่มีขนาดใหญ่จะส่งผลกระทบน้อยกว่าเนื่องจากการตัดกระแสจราจรจะน้อยกว่า

ความยาวแถวคอยสะสม (Queue Length) บริเวณจุดกลับรถ เกิดจากอัตราการไหลของรถที่ต้องการกลับรถมีมากกว่าความจุ (Capacity) ของช่องกลับรถในช่วงเวลานั้น ๆ ในทางวิศวกรรมจราจร การคำนวณและคาดการณ์ความยาวแถวคอยไม่เพียงแต่พิจารณาจากจำนวนคันของยานพาหนะเท่านั้น แต่ต้องพิจารณาถึง ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคลขณะกลับรถ (PCE-U) ด้วย เนื่องจากกิจกรรมการกลับรถเป็นพฤติกรรมที่ใช้พื้นที่จราจรและเวลาในการเคลื่อนที่ (Clearance Time) สูงกว่าการวิ่งทางตรงอย่างมาก สอดคล้องกับผลการศึกษาของ ธีรพล (2548) พบว่ายวดยานที่กลับรถจะมีค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่ง (PCE) ดังตารางที่ 2-5 โดยช่องกลับรถ 1 ช่องจราจรทั่วไปสามารถกลับรถได้ประมาณ 400 PCE/ชั่วโมง หรือคิดเป็น 100 EU/ชั่วโมง (เทียบจากรถยนต์ขณะขับรถกลับรถมีค่าเป็น 4 เท่าของรถยนต์วิ่งทางตรง)

ตารางที่ 2-5 ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งของยวดยานที่กลับรถ

ชนิดของยานพาหนะ	ค่า PCE ทางตรง	ค่า PCE กลับรถ (U-Turn)
รถจักรยานยนต์ (MC)	0.8	1.8
รถยนต์ชนิด 4 ล้อและรถบรรทุกขนาดเล็ก (SU)	1.0	4.1
รถบรรทุกขนาดกลาง (M)	2.0	4.9
รถบรรทุกขนาดใหญ่ (T)	2.5	6.2

ที่มา : ธีรพล (2548)

ความแตกต่างของค่า PCE ในตารางที่ 2-5 ชี้ให้เห็นว่าสัดส่วนประเภทรถและทิศทางการเลี้ยวส่งผลต่อการสะสมของแถวคอยอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม การคำนวณด้วยสูตรคณิตศาสตร์ทั่วไปอาจไม่สามารถจำลองพฤติกรรมการรบกวนกันของรถแต่ละคันในสภาพจริงได้อย่างแม่นยำ การศึกษานี้จึงนำแนวคิดเรื่องผลกระทบจากประเภทรถตามทฤษฎีของ ธีรพล (2548) ไปประยุกต์ใช้ร่วมกับแบบจำลองสถานการณ์จราจรระดับจุลภาค (Micro-simulation) ในหัวข้อถัดไป ซึ่งจะป้อนข้อมูลเป็นหน่วยคันต่อชั่วโมง เพื่อให้ระบบจำลองพฤติกรรมการขับขี่ และคำนวณความยาวแถวคอยสะสมที่สะท้อนความเป็นจริงได้สูงสุด

2.2.3 การประเมินความปลอดภัยด้วย SSAM (Surrogate Safety Assessment Model)

เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ความปลอดภัยทางถนนของจุดกลับรถ โดยอาศัยข้อมูลจากแบบจำลองสภาพจราจร PTV VISSIM เพื่อคาดการณ์และประเมินความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุในจุดต่าง ๆ โดยไม่จำเป็นต้องรอให้เหตุการณ์เกิดขึ้นจริง โดยมีวิธีการในการวิเคราะห์ คือ แบบจำลอง SSAM จะนำข้อมูลเส้นทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะจากโปรแกรมจำลองมาคำนวณตัวชี้วัดด้านความปลอดภัย เช่น เวลาเหลือก่อนชน (Time to Collision: TTC) และเวลาหลังจากที่รถอีกคันออกจากจุดปะทะ (Post-Encroachment Time: PET) เพื่อตรวจหาความขัดแย้งระหว่างยานพาหนะที่อาจนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุ โดยแบบจำลอง SSAM จะจำแนกประเภทของความขัดแย้งออกเป็น 3 ประเภท คือ (1) การชนกันด้านหน้า (Rear-End Conflict) เกิดจากรถที่ตามหลังมีความเร็วสูงกว่ารถคันหน้า และมีระยะเบรกไม่เพียงพอ (2) การชนกันด้านข้าง (Crossing Conflict) มักเกิดจากยานพาหนะต่างเคลื่อนที่ตัดกัน เช่นบริเวณทางแยก และ (3) การชนจากการแซงและการเบี่ยงเลน (Lane-Change Conflict) เกิดจากการเปลี่ยนช่องทางจราจรในระยะกระชั้นชิด ซึ่งแบบจำลอง SSAM จะช่วยให้ผู้วิจัยสามารถประเมินและเปรียบเทียบประสิทธิภาพความปลอดภัยของแต่ละรูปแบบแนวทางแก้ไขของจุดกลับรถได้อย่างเป็นระบบและป้องกันการเกิดอุบัติเหตุจริง

2.3 บริบทที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่วิจัย

พื้นที่ศึกษาบริเวณถนนสุขุมวิท 64/1 และหน้าธนาคารกสิกรไทย สาขาบางจาก มีความซับซ้อนทางวิศวกรรมที่นำไปสู่ปัญหาจราจรที่รุนแรง ดังนี้

1. ข้อจำกัดด้านระยะมองเห็นและกายภาพ : ระยะมองเห็นสำหรับทางแยก (Intersection Sight Distance: ISD) เป็นปัจจัยสำคัญในการให้ผู้ขับขี่ประเมินช่องว่าง แต่พื้นที่ศึกษามีตอม่อรถไฟฟ้าเป็นสิ่งกีดขวางถาวรที่บดบังทัศนวิสัย ส่งผลให้ผู้ขับขี่ต้องใช้ช่องว่างที่สั้นลงหรือชะลอตัวนานขึ้น

2. การขาดช่องรอเลี้ยว : ความกว้างของเกาะกลางในพื้นที่มีเพียง 4 เมตร ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ทำให้ไม่สามารถสร้างช่องรอเลี้ยว (Geometric Design) ได้ รถที่ต้องการกลับรถจึงต้องหยุดกีดขวางช่องทางหลัก ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อความจุของกระแสจราจรฝั่งทางตรง การวิเคราะห์บริบทนี้ชี้ให้เห็นว่า เมื่อปัญหาทางกายภาพไม่อาจแก้ไขได้ การนำระบบสัญญาณไฟและมาตรการปรับทิศทางเดินรถมาประยุกต์ใช้ จึงเป็นทางออกเชิงวิศวกรรมที่เหมาะสม

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้รวบรวมและวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงจุดกลับรถ การจำลองสถานการณ์จราจร และการประเมินความปลอดภัย โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเด็นหลัก ดังนี้

2.4.1 การศึกษาประสิทธิภาพและการจัดการจราจรบริเวณจุดกลับรถ

2.4.1.1 ผลกระทบของสัญญาณไฟต่อจุดกลับรถ: Liu, et al. (2017) ได้ศึกษาการออกแบบจุดกลับรถบริเวณทางแยกที่มีสัญญาณไฟในนครเซี่ยงไฮ้ พบว่าการจัดการจราจรด้วยสัญญาณไฟช่วยลดความล่าช้า (Delay) ของรถทางตรงได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่ต้องแลกมาด้วยความล่าช้าของรถที่รอเลี้ยวกลับรถที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับบริบทของเมืองใหญ่ที่มีปริมาณจราจรหนาแน่น

2.4.1.2 การจัดการในพื้นที่เขตเมืองของไทย : สำหรับบริบทในประเทศไทย: วัชรพงษ์และกิตติชัย (2564) ได้ศึกษาการปรับปรุงจุดกลับรถบนถนนจรัญสนิทวงศ์ ซึ่งมีลักษณะกายภาพคล้ายคลึงกับถนนสุขุมวิท (มีแนวรถไฟฟ้า) ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การปิดจุดกลับรถบางจุดแล้วบังคับให้ไปกลับรถในจุดถัดไป หรือการใช้ระบบสัญญาณไฟ สามารถระบายรถได้ดีกว่าการปล่อยให้กระแสจราจรตัดกันโดยอิสระ โดยเฉพาะในช่วงเวลาเร่งด่วน นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยของ Mohamed, et al. (2013) ที่ศึกษาผลกระทบของจุดกลับรถต่อความจุของถนน (Road Capacity) พบว่าจุดกลับรถที่ไม่มีช่องรอเลี้ยว (Turning Pocket) จะทำให้ความจุของช่องจราจรทางตรงลดลงถึง 15-20% เนื่องจากรถทางตรงต้องชะลอตัวหรือเปลี่ยนเลนหนีรถที่รอเลี้ยว ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่สนับสนุนสมมติฐานของงานวิจัยนี้ที่ว่าจุดกลับรถบริเวณสุขุมวิท 64/1 ส่งผลกระทบวงกว้างต่อถนนสายหลัก

2.4.2 การประยุกต์ใช้แบบจำลองจราจรในพื้นที่มีข้อจำกัดทางกายภาพ

2.4.2.1 กรณีไม่มีช่องรอเลี้ยว (No Storage Lane) : บัญชาและกิตติชัย (2565) ได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกรณีจุดกลับรถที่มีช่องรอเลี้ยวและไม่มีช่องรอเลี้ยวอย่างชัดเจน ผลการวิจัยยืนยันว่า "จุดกลับรถที่ไม่มีช่องรอเลี้ยว" ก่อให้เกิดจุดขัดแย้ง (Conflict Points) ที่รุนแรงกว่า และส่งผลให้ความเร็วเฉลี่ยของกระแสจราจรลดลงอย่างมากเนื่องจากรถส่วนท้ายยื่นล้ำเข้ามาในเลนทางตรง

2.4.2.2 การจำกัดประเภทยานพาหนะ : พิกุลและนพดล (2563) ใช้แบบจำลองระดับจุลภาคศึกษาจุดเปิดเกาะกลางแบบจำกัดยานพาหนะ พบว่าการห้ามรถขนาดใหญ่ (เช่น รถบรรทุก) กลับรถในจุดที่คับแคบ ช่วยเพิ่มความคล่องตัวได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นแนวทางที่ผู้วิจัยสามารถนำมาปรับใช้เป็นข้อเสนอแนะในบทที่ 5 ได้

2.4.3 การประเมินความปลอดภัยด้วยแบบจำลอง SSAM (Safety Assessment)

2.4.3.1 การใช้ค่า TTC ประเมินความเสี่ยง: Fakher & Sayed (2020) ได้นำเสนอวิธีการประเมินความปลอดภัยบริเวณจุดกลับรถโดยใช้เทคนิค Cross-sectional ร่วมกับแบบจำลอง พบว่าค่าระยะเวลาถึงจุดชน (Time-to-Collision: TTC) เป็นตัวชี้วัดที่แม่นยำในการทำนายโอกาสเกิดอุบัติเหตุ โดยเฉพาะอุบัติเหตุจากการชนท้าย (Rear-end) และการชนด้านข้าง (Side-swipe) บริเวณจุดกลับรถ

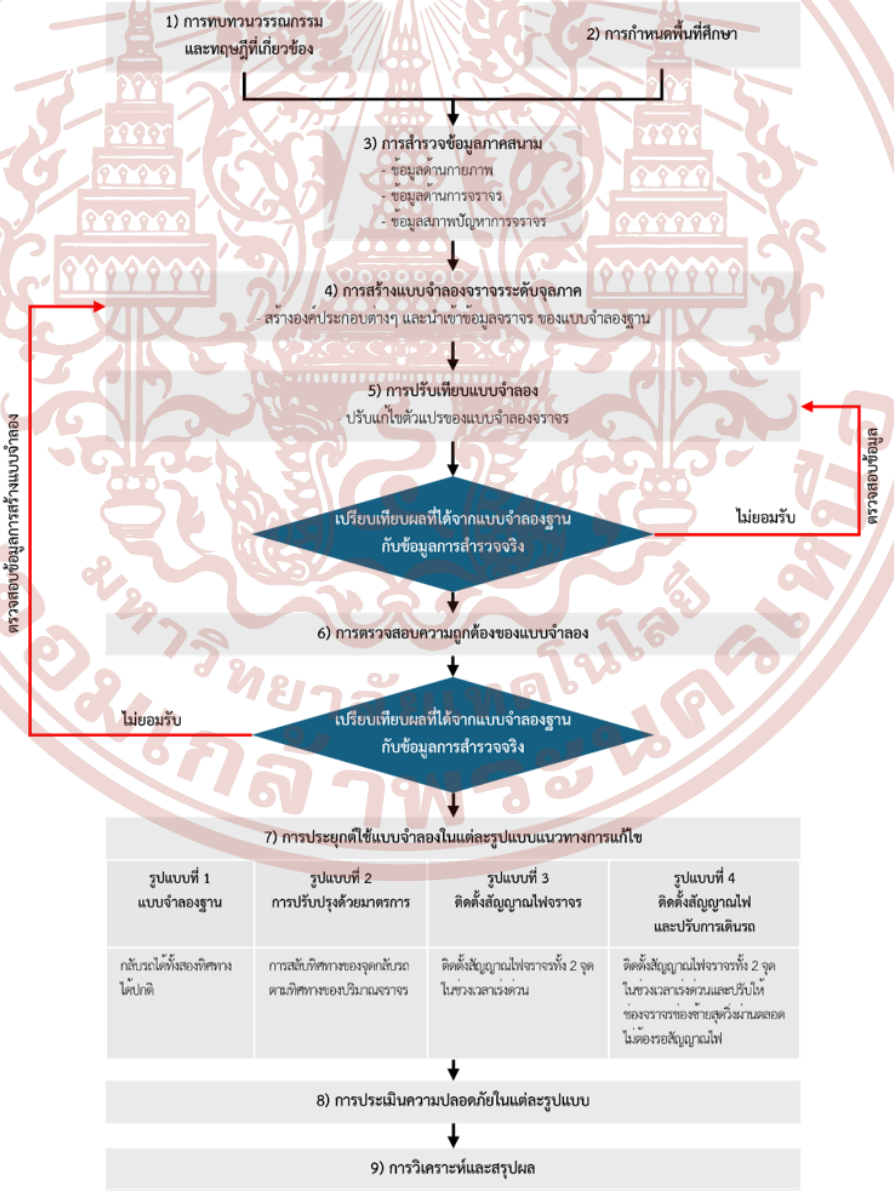
2.4.3.2 การระบุจุดอันตรายในไทย : วุฒิชัยและกิตติชัย (2564) ได้ประยุกต์ใช้แนวคิดนี้ในการปรับปรุงจุดกลับรถหน้ากองบิน 2 จังหวัดลพบุรี โดยพบว่าการปรับปรุงกายภาพที่ลดจุดตัดกระแสจราจร สามารถลดจำนวนจุดขัดแย้งในโปรแกรม SSAM ได้อย่างสอดคล้องกับความรู้สึกปลอดภัยของผู้ขับขี่จริง สอดคล้องกับงานของ Essa & Sayed (2018) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลจากโปรแกรม SSAM กับสถิติอุบัติเหตุจริง (Field Observation) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในระดับสูง (High Correlation) โดยเฉพาะในจุดที่มีการตัดกระแสจราจรซับซ้อน เช่น จุดกลับรถและทางแยก ซึ่งช่วยยืนยันความน่าเชื่อถือของการเลือกใช้เครื่องมือ SSAM ในวิจัยฉบับนี้

2.5 สรุปกรอบแนวคิดการวิจัย

จากการทบทวนมาตรฐานของ AASHTO (2018) และคู่มือกรมทางหลวง (2023) พบว่าจุดกลับรถในเขตเมืองควรมีช่องรอเลี้ยว (Storage Lane) อย่างไรก็ตาม พื้นที่ศึกษาบริเวณสุขุมวิท 64/1 มีข้อจำกัดทางกายภาพจากเสาตอม่อรถไฟฟ้า ทำให้ไม่สามารถขยายเขตทางได้ ซึ่งสอดคล้องกับช่องว่างของงานวิจัย (Research Gap) โดย Liu et al. (2017) ระบุว่าในพื้นที่ที่มีข้อจำกัด การใช้มาตรการจัดการจราจร (Traffic Management) เช่น การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร และการจัดการช่องจราจร เป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดความขัดแย้งและเพิ่มความปลอดภัย แม้จะส่งผลให้รถทางตรงเกิดความล่าช้าบ้าง แต่สามารถบรรเทาได้ด้วยการออกแบบรอบสัญญาณไฟที่เหมาะสม ดังนั้น กรอบแนวคิดของการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการประยุกต์ใช้โปรแกรม PTV VISSIM เพื่อเปรียบเทียบมาตรการจัดการจราจรในรูปแบบต่างๆ เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับตัวชี้วัดด้านประสิทธิภาพและความปลอดภัย ได้แก่ ความล่าช้า ความยาวแถวคอยสะสม และจำนวนจุดขัดแย้งที่ประเมินผ่านโปรแกรม SSAM เพื่อค้นหารูปแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับบริบทโครงสร้างพื้นฐานที่มีข้อจำกัดทางกายภาพ

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ดำเนินการศึกษาเชิงจำลองสถานการณ์ (Simulation-based Research) เพื่อแก้ไขปัญหาจุดกลับรถที่ไม่มีช่องรอเลี้ยวบริเวณถนนสุขุมวิท 64/1 และหน้าธนาคารกสิกรไทย สาขาบางจาก โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค (Microscopic Traffic Simulation) เพื่อประเมินและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของมาตรการจัดการจราจรรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดกรอบการดำเนินงานและวิธีการวิจัยไว้ดังนี้



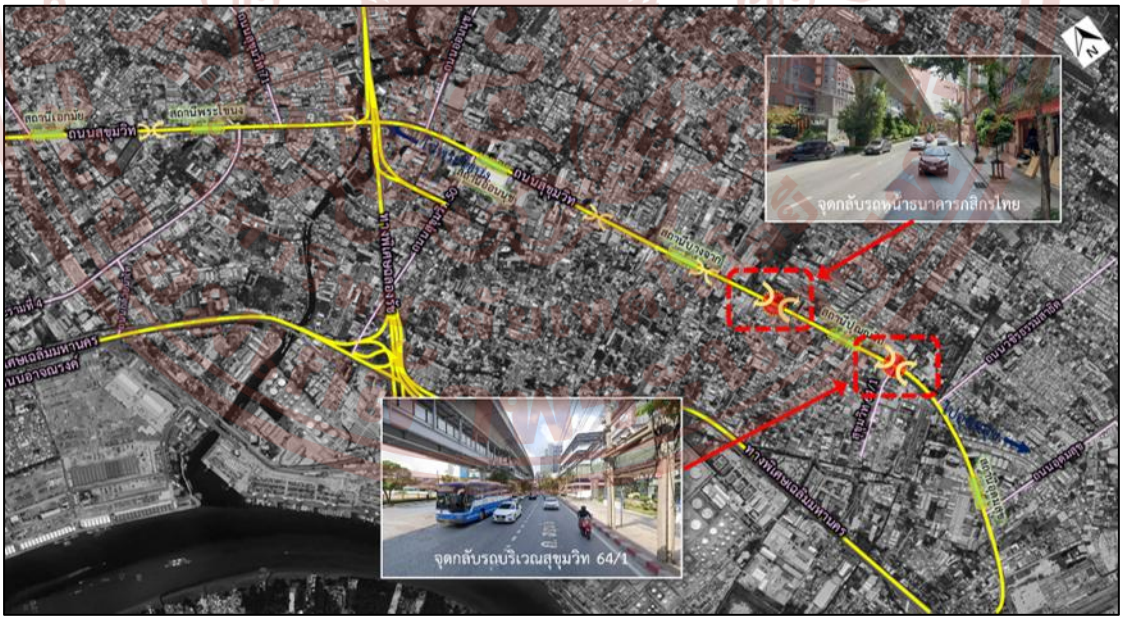
ภาพที่ 3-1 กรอบการดำเนินการวิจัย

3.1 การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการดำเนินการวิจัยขั้นแรก ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังบทที่ 2 เพื่อใช้เป็นกรอบอ้างอิงและฐานข้อมูลทางวิศวกรรมจราจรในการออกแบบวิธีการวิจัย ซึ่งผลการศึกษาและรวบรวมข้อมูลได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นรากฐานสำคัญในการกำหนดตัวแปรวิจัย การตั้งค่าพารามิเตอร์พฤติกรรมการขับขี่ในโปรแกรม PTV VISSIM ตลอดจนการออกแบบสถานการณ์จำลองเพื่อแก้ไขปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ และการกำหนดเกณฑ์ประเมินความปลอดภัยเชิงรุกด้วยโปรแกรม SSAM เพื่อให้กระบวนการทดสอบและวิเคราะห์ผลลัพธ์ในขั้นตอนถัดไปมีความถูกต้องตามมาตรฐานวิชาการ และสามารถสะท้อนพฤติกรรมการจราจรที่เกิดขึ้นจริงได้อย่างน่าเชื่อถือ

3.2 การกำหนดพื้นที่ศึกษา

สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกพื้นที่ศึกษาบนโครงข่ายถนนสุขุมวิท ครอบคลุมระยะทาง 650 เมตร ตั้งแต่จุดกลับรถหน้าธนาคารกสิกรไทย สาขาบางจาก จนถึงจุดกลับรถบริเวณสุขุมวิท 64/1 พื้นที่แขวงบางจาก เขตพระโขนง กรุงเทพมหานครฯ และมีความสัมพันธ์กันในเชิงปฏิบัติ โดยจะทำการวิเคราะห์ร่วมกันเป็นโครงข่าย มิได้พิจารณาการปรับปรุงทางกายภาพของพื้นที่ถนน เนื่องจากมีข้อจำกัดทางกายภาพ



ภาพที่ 3-2 พื้นที่ทำการศึกษา

3.3 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

ดำเนินการสำรวจข้อมูลจราจรบริเวณพื้นที่ศึกษา บนถนนสุขุมวิทและบริเวณจุดกลับรถที่มีอิทธิพลกับพื้นที่ศึกษา โดยทำการสำรวจเก็บข้อมูลด้านกายภาพของพื้นที่ และการสำรวจข้อมูลด้านจราจร เช่น ข้อมูลปริมาณจราจรบนช่วงถนน ปริมาณจราจรที่จุดกลับรถ ความเร็วในการเดินทาง และความยาวแถวคอย รวมถึงการสำรวจสภาพปัญหาด้านการจราจรที่พบ เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาปรับปรุงแบบจำลองด้านการจราจรต่อไป

3.3.1 การสำรวจข้อมูลด้านกายภาพของพื้นที่

ดำเนินการสำรวจข้อมูลด้านกายภาพของพื้นที่ ได้แก่ ลักษณะของเกาะกลางถนน ทิศทางการเดินรถ ความกว้างของช่องจราจร ความกว้างทางเท้า ความกว้างไหล่ทาง จำนวนช่องจราจรแต่ละทิศทาง ความยาวถนนที่ทำการศึกษา รูปแบบการควบคุมการจราจร ลักษณะป้ายจราจร เครื่องหมายจราจร การทาสีตีเส้น ลักษณะพื้นที่จอดรถบริเวณพื้นที่ศึกษา และจังหวะสัญญาณไฟ หากมีการควบคุมด้วยสัญญาณไฟ

3.3.2 การสำรวจข้อมูลด้านจราจร

ดำเนินการสำรวจข้อมูลปริมาณจราจร ความเร็วในการขับขี่ เวลาการเดินทาง ความยาวแถวคอย ความหนาแน่นของการจราจร ข้อมูลลักษณะของยานพาหนะ พฤติกรรมการขับขี่ ข้อมูลการใช้ช่องจราจร เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประกอบการสร้างแบบจำลองระดับจุลภาค โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.3.2.1 การสำรวจปริมาณจราจร

ดำเนินการสำรวจข้อมูลปริมาณจราจรบนช่วงถนน และปริมาณจราจรบนจุดกลับรถ เพื่อให้ทราบถึงปริมาณและสภาพการจราจรในปัจจุบัน โดยผู้วิจัยได้เลือกเก็บข้อมูลในวันทำงาน วันพุธที่ 18 มกราคม พ.ศ. 2566 จำนวน 2 ช่วงเวลา คือช่วงเร่งด่วนเช้า (06:00-09:00 น.) และช่วงเร่งด่วนเย็น (16:00-19:00 น.) เพื่อนำข้อมูลปริมาณจราจรสูงสุดในชั่วโมงเร่งด่วนไปวิเคราะห์ผล โดยทำการแบ่งข้อมูลประเภทยานพาหนะที่สำรวจเป็น 4 ประเภท ได้แก่ รถจักรยานยนต์ รถยนต์ส่วนบุคคล รถโดยสารสาธารณะและรถบรรทุก โดยมีรายละเอียดแบบฟอร์มการสำรวจและผลการสำรวจปริมาณจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วน ดังแสดงในภาคผนวก ก

3.3.2.2 การสำรวจความเร็วของยานพาหนะ

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลความเร็วของยานพาหนะจากสภาวะการเดินทางจริงบนท้องถนน (Actual Operating Speed) ในช่วงเวลาเร่งด่วน (Peak Hour) ซึ่งเป็นช่วงเวลาตัวแทนในการศึกษา โดยใช้วิธีการสำรวจความเร็วเฉพาะจุด (Spot Speed) ด้วยวิธีจับเวลาผ่านช่วงระยะทางที่กำหนด (Trap Length Method) โดยกำหนดจุดอ้างอิง 2 จุด และใช้นาฬิกาจับเวลาบันทึกเวลาที่ยานพาหนะแต่ละคันแล่นผ่าน เพื่อคำนวณหาความเร็วเฉลี่ย (Time Mean Speed) ของยานพาหนะแต่ละประเภท การสำรวจจำแนกยานพาหนะออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ รถจักรยานยนต์ รถยนต์ส่วนบุคคล

รถโดยสารสาธารณะ และรถบรรทุก โดยข้อมูลความเร็วที่ได้จากการสำรวจนี้ จะถูกนำไปใช้เป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบและปรับเทียบความถูกต้อง (Calibration and Validation) ของแบบจำลองระดับจุลภาค เพื่อให้ผลลัพธ์ความเร็วจากแบบจำลองสอดคล้องกับสภาพจราจรจริงที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเร่งด่วน โดยมีรายละเอียดแบบฟอร์มการสำรวจและผลการสำรวจ ดังแสดงในภาคผนวก ก

3.3.2.3 การสำรวจความยาวแถวคอย

ดำเนินการสำรวจปริมาณรถสะสมบริเวณช่องจราจรสำหรับกลับรถ โดยใช้วิธีกำหนดจุดอ้างอิงขึ้นมา 2 จุด เช่น บริเวณเสาตอม่อของรถไฟฟ้าสายสีเขียวอ่อน (สุขุมวิท) กับขอบทางเกาะกลางก่อนถึงจุดกลับรถ เพื่อให้ง่ายและสะดวกในการสังเกตในการเก็บข้อมูล โดยทำการบันทึกความยาวแถวคอยทุก ๆ 5 นาที (ระยะเวลาบันทึกขึ้นอยู่กับลักษณะสภาพจราจรในแต่ละพื้นที่) และนำผลลัพธ์ที่ได้นำไปใช้เป็นตัวแปรในการปรับเทียบผลของแบบจำลองให้มีความถูกต้องและเสมือนกับการจราจรที่เกิดขึ้นจริง

3.3.3 การสำรวจสภาพปัญหาด้านการจราจร

ดำเนินการสำรวจสภาพปัญหาที่พบจากการสำรวจบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยมีการส่งผลให้เกิดความยาวแถวคอยและความล่าช้าสะสม ลดประสิทธิภาพบนท้องถนน เช่น ลักษณะทางกายภาพที่ไม่เหมาะสม การไม่มีช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวกลับรถ วงเลี้ยวของจุดกลับรถ เครื่องหมายหรือป้ายจราจร จำนวนช่องจราจรที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ลักษณะการใช้งานของสิ่งแวดล้อมบริเวณพื้นที่ การจอดรถริมทาง การจอดรับ - ส่ง ในพื้นที่ห้ามจอด ลักษณะการควบคุมการจราจร พฤติกรรมของผู้ขับขี่ เป็นต้น โดยเสนอแนะมาตรการรวมถึงแนวทางการแก้ไขโดยใช้การทดสอบจากแบบจำลองจราจรระดับจุลภาคเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความเหมาะสม

3.4 การสร้างแบบจำลองจราจรระดับจุลภาค

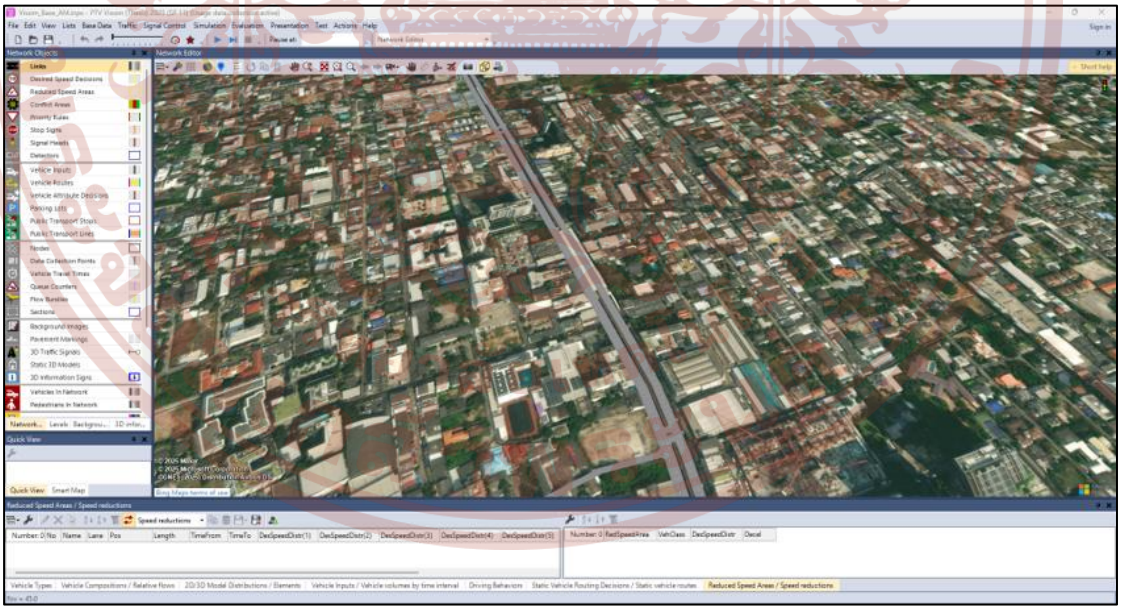
โดยผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรม PTV VISSIM (Thesis License) ซึ่งเป็นโปรแกรมใช้ในการจำลองสภาพการจราจรที่พัฒนาโดยบริษัท PTV ประเทศเยอรมัน ซึ่งมีจุดเด่นคือสามารถใช้จำลองสภาพการจราจรในเขตเมืองที่มีประเภทการเดินทางหลายรูปแบบ และสามารถปรับค่าตัวแปรพื้นฐานให้สอดคล้องกับพฤติกรรมของสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นจริง สามารถแสดงผลของแบบจำลองเป็นภาพเคลื่อนไหวสามมิติ และสามารถประเมินผลระบบการจราจรได้อย่างมีประสิทธิภาพในแต่ละรูปแบบที่ทำการจำลอง เช่น การควบคุมระบบการจราจร จังหวะรอบสัญญาณไฟแต่ละช่วงเวลาเร่งด่วน รูปแบบช่องจราจร พฤติกรรมการขับขี่ของการจราจร เป็นต้น ดังนั้นโปรแกรม VISSIM จึงถือเป็นเครื่องมือที่มีความเหมาะสมในการใช้วิเคราะห์สภาพปัญหาด้านการจราจรทั้งในปัจจุบัน และการจำลองในอนาคต ช่วยพัฒนาแบบจำลองในการหาแนวทางแก้ไขปัญหาด้านการจราจรให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ในการสร้างแบบจำลองฯ ด้วยโปรแกรม PTV VISSIM มีขั้นตอนดังนี้

3.4.1 การเตรียมข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ศึกษา

รวบรวมข้อมูลจราจรที่ได้จากการสำรวจบริเวณพื้นที่ศึกษา ซึ่งได้แก่ (1) ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของถนน เช่น จำนวนช่องจราจร ขนาดความกว้างช่องจราจร ลักษณะของจุดกลับรถ ลักษณะการเชื่อมต่อของถนน ระยะทางระหว่างจุดสำคัญต่าง ๆ (2) ข้อมูลปริมาณจราจรแต่ละทิศทาง จำแนกตามประเภทของยานพาหนะ 4 ประเภท ได้แก่ รถจักรยานยนต์ รถยนต์ส่วนบุคคล รถโดยสารสาธารณะ และรถบรรทุก (3) ข้อมูลการควบคุมการจราจร เช่น ป้ายจราจร สัญลักษณ์/ป้ายควบคุมการจราจร ระบบสัญญาณไฟจราจร สิทธิ์การผ่านทาง โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำมาจัดรูปแบบให้อยู่ในหน่วยมาตรฐานเดียวกัน เพื่อใช้ในการนำเข้าสู่โปรแกรมแบบจำลอง

3.4.2 การสร้างโครงข่ายถนน

ดำเนินการสร้างแบบจำลองทางกายภาพของพื้นที่ศึกษาในโปรแกรม PTV VISSIM โดยทำการกำหนดโครงสร้างของถนนด้วยเครื่องมือเส้นทาง (Link) และการเชื่อมต่อ (Connector) เพื่อจำลองเส้นทางหลักและเส้นทางเชื่อมต่อกัน รวมทั้งกำหนดจำนวนช่องจราจร ขนาดช่องจราจร ความยาวของถนน และทิศทางการจราจรตามความเป็นจริงที่ได้จากการสำรวจบริเวณพื้นที่ศึกษา พร้อมทั้งการกำหนดเกาะกลางถนน จุดกลับรถ ทางเท้า และจุดตัด เพื่อให้ลักษณะของโครงข่ายถนนมีความสมบูรณ์



ภาพที่ 3-3 การจำลองโครงข่ายถนนบริเวณพื้นที่ศึกษา

3.4.3 การกำหนดข้อมูลจราจร

ทำการป้อนข้อมูลปริมาณจราจรที่ได้จากการสำรวจในภาคสนามเข้าสู่แบบจำลอง โดยระบุจุดเริ่มต้นของการเดินทาง (Entry Point) และจุดสิ้นสุดของเส้นทาง (Exit Point) การกำหนดเส้นทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะภายในพื้นที่ศึกษา โดยทำการระบุทิศทางการเดินทางหลักบนช่วงถนนและเส้นทางบนจุดกลับรถ หรือการเปลี่ยนช่องทาง เพื่อให้การกระจายของปริมาณจราจรในแบบจำลองมีความสอดคล้องกับการเคลื่อนที่จริงของยานพาหนะภายในพื้นที่ศึกษา พร้อมทั้งระบุสัดส่วนของประเภทยานพาหนะในแต่ละประเภท



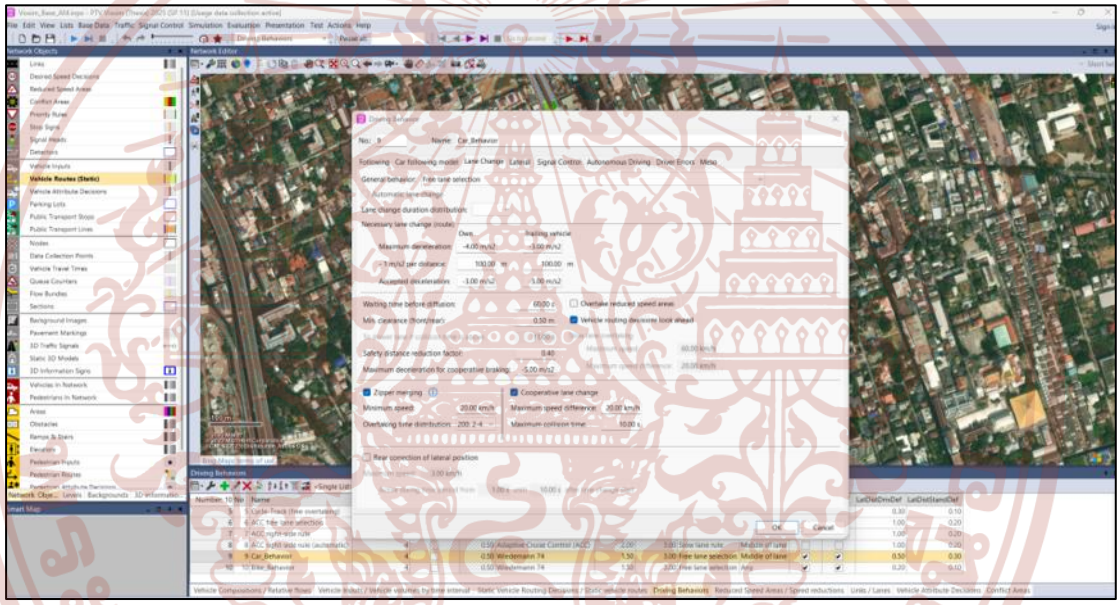
ภาพที่ 3-4 การกำหนดข้อมูลจราจรในแบบจำลอง

3.4.4 การกำหนดตัวแปรในการควบคุมการจราจร

กำหนดองค์ประกอบของค่าตัวแปรในการควบคุมการจราจรในพื้นที่แบบจำลองโดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามและมาตรฐานวิศวกรรมจราจร เช่น (1) ข้อมูลกายภาพถนน ผู้วิจัยได้สร้างโครงข่ายถนนและจุดเชื่อมต่อ ตามภาพถ่ายดาวเทียมและกายภาพจริงของถนนสุขุมวิท ซึ่งเป็นถนนสายหลักในเขตเมือง โดยกำหนดความกว้างช่องจราจร รัศมีวงเลี้ยวบริเวณจุดกลับรถ ให้ตรงตามความเป็นจริง (2) ข้อมูลปริมาณและองค์ประกอบจราจร กำหนดการปล่อยปริมาณจราจรเข้าสู่ระบบและสัดส่วนประเภทยานพาหนะออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ รถจักรยานยนต์ รถยนต์ส่วนบุคคล และรถบรรทุก/รถโดยสารสาธารณะ เพื่อให้สอดคล้องกับพฤติกรรมที่มีความแตกต่างกัน และ (3) ข้อมูลความเร็วของยานพาหนะแต่ละประเภท ผู้วิจัยได้กำหนดการแจกแจงความเร็วของยานพาหนะแต่ละประเภทให้สัมพันธ์กับพฤติกรรมจริงที่ได้จากการสำรวจ

3.4.5 การตั้งค่าพฤติกรรมการขับขี่

การกำหนดพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ใช้ถนนในแบบจำลองที่ได้จากการสำรวจบนพื้นที่ศึกษา เพื่อให้การเคลื่อนไหวของยานพาหนะในแบบจำลองมีลักษณะสมจริงตามพฤติกรรมของผู้ขับขี่ในพื้นที่ศึกษา โดยเลือกใช้โมเดลพฤติกรรมการขับตามกันแบบ Wiedemann 74 ซึ่งเหมาะสมสำหรับการจราจรในเขตเมือง โดยมีการปรับตั้งค่าระยะห่างระหว่างคันและระยะห่างเพื่อความปลอดภัย เพื่อให้รถในแบบจำลองมีพฤติกรรมการต่อแถวคอยและการตัดสินใจเข้าใช้จุดกลับรถที่ใกล้เคียงกับสภาพจริง ดังแสดงในภาพที่ 3-5 ซึ่งในการตั้งค่าพฤติกรรมการขับขี่จะปรับให้เหมาะสมกับสภาพการจราจรของพื้นที่



ภาพที่ 3-5 การปรับแก้ค่าตัวแปรพฤติกรรมการขับขี่

3.5 การปรับเทียบแบบจำลอง

ปรับเทียบแบบจำลองเป็นขั้นตอนสำคัญเพื่อให้พฤติกรรมการจราจรในโปรแกรม PTV VISSIM มีความสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษา โดยมีรายละเอียดการดำเนินการดังนี้

3.5.1 การกำหนดตัวชี้วัดและตั้งค่าพารามิเตอร์การจำลอง

การตั้งค่าแบบจำลองผ่านคำสั่ง Evaluation Configuration ผู้วิจัยได้กำหนดช่วงเวลาเพื่อปรับสภาพจราจรในโครงข่ายให้มีความคงที่ (Warm-up Time) ตั้งแต่วินาทีที่ 0 ถึง 900 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ไม่ได้ทำการบันทึกผลข้อมูล จากนั้นจึงเริ่มประเมินและบันทึกข้อมูล (From time) ตั้งแต่วินาทีที่ 900 จนถึงสิ้นสุด (To time) ที่ 4,500 วินาที โดยมีระยะเวลาในการบันทึกผล (Interval) ทั้งสิ้น 3,600 วินาที นอกจากนี้ ได้เลือกตัวชี้วัด (Result Attributes) เพื่อประเมินผล 4 ด้าน ได้แก่ ข้อมูลปริมาณ

จราจร (Data collections), ความล่าช้า (Delays), ความยาวแถวคอย (Queue counters) และเวลาในการเดินทาง (Vehicle travel times)

3.5.2 กระบวนการปรับเทียบพฤติกรรมการขับขี่

ผู้วิจัยได้ทำการปรับแก้พารามิเตอร์ของโมเดลพฤติกรรมการขับขี่ตามกันแบบ Wiedemann 74 ซึ่งเหมาะสมกับสภาพจราจรในเขตเมือง ได้แก่ ระยะห่างเฉลี่ยขณะหยุดนิ่ง (Average Standstill Distance) และระยะปลอดภัยขั้นต่ำ เพื่อให้พฤติกรรมการเคลื่อนที่ การเบรก และการยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) ในแบบจำลอง สามารถสะท้อนพฤติกรรมการกลับรถซ้อนคันและระยะเบียดแทรกที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่ได้อย่างแม่นยำ

3.6 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

หลังจากการปรับเทียบแบบจำลองเสร็จสิ้น ผู้วิจัยจะดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Validation) โดยใช้ข้อมูลอีกชุดหนึ่งที่ไม่ได้ใช้ในขั้นตอนการปรับเทียบ ใช้ชุดข้อมูลปริมาณจราจรจากช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าปรับเป็นช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น เพื่อทดสอบความสามารถของแบบจำลองในการจำลองสภาพจราจรในช่วงเวลาหรือสถานการณ์อื่น ๆ หากผลการตรวจสอบพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของตัวชี้วัดต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แสดงว่าแบบจำลองมีความถูกต้องและสามารถนำไปใช้ในการจำลองสถานการณ์เพื่อการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปได้อย่างน่าเชื่อถือ โดยผู้วิจัยใช้ดัชนีทางสถิติ GEH (Geoffrey E. Havers) ในการประเมินความคลาดเคลื่อนและตรวจสอบความน่าเชื่อถือระหว่างปริมาณจราจรที่ได้จากแบบจำลอง (Simulation Volume) และปริมาณจราจรที่ได้จากการสำรวจพื้นที่จริง (Observed Volume) โดยคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนได้จาก

$$GEH = \sqrt{\frac{(M-C)^2}{0.5(M+C)}} \quad (3\text{-}1)$$

โดยที่ M = ปริมาณจราจรที่ได้จากแบบจำลอง (คัน/ชั่วโมง)

C = ปริมาณจราจรที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม (คัน/ชั่วโมง)

แบบจำลองจะถือว่ามีความถูกต้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ทดสอบสถานการณ์จำลองได้เมื่อค่าสถิติ GEH มีค่าน้อยกว่า 5.0 ในจุดตรวจวัดปริมาณจราจรไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 ของข้อมูลทั้งหมด

3.7 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง

ภายหลังแบบจำลองผ่านการตรวจสอบความถูกต้องแล้ว ผู้วิจัยได้นำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างสถานการณ์จำลอง (Scenarios) ในการประเมินประสิทธิภาพการจราจร (Operational Performance) ผ่านตัวชี้วัดค่าความล่าช้าเฉลี่ยและความยาวแถวคอยสะสม โดยทำการทดสอบมาตรการ 4 รูปแบบ (กำหนดให้จุดกลับรถจุดที่ 1 หมายถึงจุดกลับรถหน้าธนาคารกสิกรไทย สาขาบางจาก และจุดกลับรถที่ 2 หมายถึงจุดกลับรถบนถนนสุขุมวิท 64/1) ดังนี้

3.7.1 รูปแบบที่ 1 แบบจำลองฐาน

สภาพจราจรปัจจุบันที่ไม่มีการควบคุมด้วยสัญญาณไฟ ปล่อยให้รถหาช่องว่างในการกลับรถด้วยตนเอง ลักษณะทางกายภาพบนช่วงถนนมีจำนวนช่องจราจร 3 ช่องจราจรต่อทิศทาง เดินรถแบบ 2 ทิศทาง มีเกาะกลางเป็นตัวแบ่งทิศทางจราจรโดยมีเสาตอม่อรถไฟฟ้าสายสีเขียวอ่อน (สุขุมวิท) ตั้งอยู่บริเวณจุดกลับรถทั้ง 2 จุด ไม่มีช่องจราจรสำหรับรถรอเลี้ยว



ภาพที่ 3-6 ลักษณะพื้นที่ของจุดกลับรถรูปแบบที่ 1 (แบบจำลองฐาน)



ภาพที่ 3-7 ลักษณะทางกายภาพของจุดกลับรถบริเวณพื้นที่ศึกษา

3.7.2 รูปแบบที่ 2 การปรับปรุงด้านมาตรการ

การสลับทิศทางของจุดกลับรถตามสัดส่วนของปริมาณจราจร ลักษณะทางกายภาพบนช่วงถนนคงเดิมเหมือนแบบจำลองฐาน แต่มีการปรับลักษณะทิศทางการกลับรถ โดยใช้มาตรการสลับทิศทางการกลับรถตามทิศทางของปริมาณจราจร กล่าวคือ ใช้มาตรการให้จุดกลับรถ 1 จุด สำหรับการกลับรถ 1 ทิศทาง (1) จุดกลับรถจุดที่ 1 ให้กลับรถได้เฉพาะทิศทางการจราจรที่จะมุ่งไปยังอุดมสุข (2) จุดกลับรถจุดที่ 2 ให้กลับรถได้เฉพาะทิศทางการจราจรที่จะมุ่งไปยังพระโขนง



ภาพที่ 3-8 ลักษณะทางกายภาพของจุดกลับรถรูปแบบการปรับปรุงด้านมาตรการ

3.7.3 รูปแบบที่ 3 การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรควบคุมทั้ง 2 จุด

กำหนดรอบสัญญาณไฟออกเป็น 2 ระยะ (2 Phases) คือ ระยะที่ 1 (Thru Traffic Phase) สัญญาณไฟเขียวสำหรับรถทางตรงทุกช่องจราจร โดยรถกลับรถต้องหยุดรอ และระยะที่ 2 (Exclusive U-turn Phase) สัญญาณไฟเขียวสำหรับรถกลับรถเท่านั้น โดยรถทางตรงต้องหยุดรอทุกช่องจราจร พร้อมทั้งนำหลักการคลื่นสัญญาณไฟสีเขียว (Green Wave) มาประสานสัญญาณไฟ (Signal Coordination) ระหว่างจุดกลับรถทั้งสองแห่งที่ห่างกัน 650 เมตร โดยใช้ความยาวรอบสัญญาณไฟร่วม (Common Cycle Length) และคำนวณระยะเลื่อนของเวลา (Offset Calculation) เพื่อระบายรถและป้องกันปัญหารถสะสมท้ายแถว (Spillback) ลักษณะทางกายภาพบนช่วงถนนคงเดิมเหมือนแบบจำลองฐาน แต่มีการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรควบคุมการจราจรทั้ง 2 จุดกลับรถ คือ เปิดใช้ระบบสัญญาณไฟจราจรควบคุมการหยุดการจราจรทุกช่องจราจร เพื่อให้รถที่ต้องการกลับรถสามารถกลับรถได้ในช่วงเวลาเร่งด่วน ในรูปแบบการแก้ไขปัญหานี้ มุ่งเน้นการจัดการสิทธิ์การใช้ทาง (Right-of-Way) บริเวณจุดกลับรถเพื่อลดความขัดแย้งระหว่างกระแสจราจร โดยยังคงรักษาลักษณะทางกายภาพของถนนเดิมไว้ ไม่มีการขยายผิวจราจรหรือปรับปรุงรัศมีวงเลี้ยว แต่ใช้วิธีการควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจรเต็มรูปแบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.7.3.1 การควบคุมสัญญาณไฟจราจร (Traffic Signal Control Strategy)

ดำเนินการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรบริเวณจุดกลับรถทั้ง 2 จุด โดยกำหนดรูปแบบการควบคุมแบบ "แยกเฟสสัญญาณไฟอย่างเด็ดขาด" (Exclusive Phasing) เพื่อขจัดจุดตัดกระแสจราจร (Conflict Point Elimination) ระหว่างรถทางตรงและรถกลับรถ โดยมีหลักการทำงานดังนี้

การหยุดรถทุกช่องจราจร (All-Lane Stop Control): ในจังหวะที่เปิดสัญญาณไฟเขียวให้รถกลับรถ (U-turn Phase) ระบบจะสั่งการให้สัญญาณไฟของรถทางตรงในทิศทางสวนกัน (Opposing Traffic) เปลี่ยนเป็นสีแดงทุกช่องจราจร เพื่อเปิดโอกาสให้รถรอเลี้ยวกลับสามารถทำการกลับรถได้เต็มประสิทธิภาพโดยไม่ต้องกังวลกับรถทางตรง หรือรถทางซ้ายที่อาจแทรกตัวเข้ามา และช่วยให้รถขนาดใหญ่สามารถใช้วงเลี้ยวได้เต็มพื้นที่ถนน (Sweeping Path) โดยไม่กีดขวางการจราจร

3.7.3.2 การกำหนดเฟสสัญญาณไฟ (Signal Phasing Configuration)

เพื่อให้สอดคล้องกับหลักการหยุดรถทุกช่องทาง ช่วยระบายรถกลับรถที่สะสมตัวยาวในช่วงเวลาเร่งด่วนได้รวดเร็วที่สุด เพราะไม่ต้องรอหาช่องว่าง (Gap Acceptance) จากกระแสรถทางตรง จึงกำหนดรอบสัญญาณไฟออกเป็น 2 ระยะ (2 Phases) อย่างชัดเจน คือ

ระยะที่ 1 (Thru Traffic Phase): สัญญาณไฟเขียวสำหรับ รถทางตรงทุกช่องจราจร ให้สามารถเคลื่อนที่ผ่านจุดตัดได้ ในขณะที่รถรอเลี้ยวกลับรถต้องหยุดรอสัญญาณ

ระยะที่ 2 (Exclusive U-turn Phase): สัญญาณไฟเขียวสำหรับ รถกลับรถเท่านั้น ในขณะที่รถทางตรงฝั่งสวนทาง (Opposing Thru Traffic) ต้องหยุดรอสัญญาณไฟในทุกช่องจราจร

3.7.3.3 การประสานสัญญาณไฟ (Signal Coordination)

เนื่องจากจุดกลับรถทั้งสองจุดมีระยะห่างกัน 650 เมตร ซึ่งเป็นระยะทางที่สามารถจัดระบบการจราจรแบบต่อเนื่องได้ จึงนำหลักการ "คลื่นสัญญาณไฟสีเขียว (Green Wave)" มาประยุกต์ใช้เพื่อลดการหยุดรถซ้ำซ้อน (Multiple Stops) เพื่อให้กลุ่มรถทางตรง (Platoon) ที่ผ่านจุดหนึ่งมาแล้วสามารถวิ่งผ่านจุดที่สองได้ทันทีโดยไม่ต้องหยุดรอ ซึ่งจะช่วยระบายรถออกจากพื้นที่ระหว่างจุดกลับรถ (Queue Clearance) ป้องกันปัญหารถสะสมท้ายแถวกีดขวางกระแสจราจร (Spillback) ในช่วงเวลาเร่งด่วน โดยมีรายละเอียดทางเทคนิคดังนี้

การใช้รอบสัญญาณไฟร่วม (Common Cycle Length): กำหนดให้สัญญาณไฟจราจรทั้ง 2 จุด ใช้ความยาวรอบสัญญาณไฟ (Cycle Length) ที่เท่ากัน เพื่อให้สามารถรักษาจังหวะการประสานสัญญาณได้ตลอดเวลา

การคำนวณระยะเลื่อนของเวลา (Offset Calculation): กำหนดค่าความต่างของเวลาเริ่มไฟเขียว (Offset) ระหว่างจุดกลับรถจุดที่ 1 และจุดที่ 2 ให้สัมพันธ์กับความเร็วเดินทางเฉลี่ย (Travel Speed) ของกลุ่มรถ และระยะทาง 650 เมตร

หลักการ : เมื่อกลุ่มรถ (Platoon) ได้รับสัญญาณไฟเขียวจากจุดกลับรถแรก และวิ่งด้วยความเร็วตามที่กำหนด จะต้องเดินทางไปถึงจุดกลับรถที่สองในช่วงเวลาที่สัญญาณไฟเริ่มเขียวพอดี

3.7.3.4 การกำหนดรูปแบบและจังหวะสัญญาณไฟจราจร (Signal Timing Design)

ในการประเมินมาตรการแก้ไขปัญหาการจราจรของรูปแบบที่ 3 และรูปแบบที่ 4 ผู้วิจัยกำหนดให้ใช้สัญญาณไฟแบบคาบเวลาคงที่ (Fixed-Time Signal Control) บริเวณจุดกลับรถทั้ง 2 จุด โดยประยุกต์ใช้หลักการของ Webster (Webster's Method) เพื่อคำนวณหารอบสัญญาณไฟที่เหมาะสมที่สุด (Optimum Cycle Length) (Webster, 1958) โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. การวิเคราะห์กระแสจราจรที่ขัดแย้งกัน (Conflicting Movements Analysis) ผู้วิจัยได้พิจารณากลุ่มการเคลื่อนที่ของกระแสจราจรที่มีการตัดกระแสกันจริงในพื้นที่ศึกษา ซึ่งประกอบด้วย 2 เฟส (Phases) หลัก ได้แก่ กระแสจราจรทางตรงบนถนนสุขุมวิท (Through Movement) และกระแสจราจรที่ต้องการกลับรถ (U-turn Movement) โดยทำการคำนวณอัตราส่วนปริมาณการจราจรต่อความจุของแต่ละกระแสจราจรวิกฤต

2. การคำนวณรอบสัญญาณไฟตามทฤษฎีของ Webster (1958) ผู้วิจัยทำการคำนวณความยาวรอบสัญญาณไฟที่ทำให้เกิดความล่าช้าน้อยที่สุดตามสมการของ Webster (1958) ดังนี้

$$C_0 = \frac{1.5L+5}{1-\sum_{i=1}^{n} y_i} \quad (3\text{-}2)$$

โดยที่ C_0 คือ รอบสัญญาณไฟที่เหมาะสมที่สุด (วินาที)

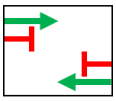
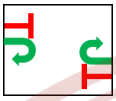
L คือ เวลาสูญเสียรวมในหนึ่งรอบสัญญาณไฟ (Total Lost Time) ซึ่งประกอบด้วยเวลาเหลือง (Yellow Time) และเวลาแดงล้วน (All-Red Time) (วินาที)

y_i คือ อัตราส่วนกระแสจราจรวิกฤตในเฟสที่ i

n คือ จำนวนเฟสของสัญญาณไฟ

3. การปรับแก้เพื่อการจำลองสภาพจริง แม้การคำนวณตามทฤษฎีของ Webster (1958) จะให้ค่ารอบสัญญาณไฟทางคณิตศาสตร์ แต่การจัดการจราจรบนโครงข่ายถนนสายประธานที่มีความหนาแน่นสูง ผู้วิจัยได้พิจารณาปัจจัยเสริมด้านการประสานสัญญาณไฟ (Signal Coordination) และระยะกักรถ (Storage Capacity) เพื่อป้องกันปัญหาแถวคอยสะสมย้อนกลับ (Spillback) กีดขวางช่องจราจรทางตรง จากผลการประเมิน ผู้วิจัยจึงกำหนดความยาวรอบสัญญาณไฟ (Cycle Length) รวมที่ 120 วินาที สำหรับใช้ในแบบจำลอง PTV VISSIM โดยได้จัดสรรเวลาไฟเขียว (Green Split) และเวลาสูญเสีย (Lost Time) ให้สอดคล้องกับพฤติกรรมจราจร ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3-1 และการกำหนดจังหวะสัญญาณไฟในแบบจำลองในตารางที่ 3-11

ตารางที่ 3-1 การจัดสรรจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบคงที่สำหรับรูปแบบที่ 3 และรูปแบบที่ 4

รูปแบบ		จังหวะสัญญาณไฟ (Phase)	เวลา (วินาที)
Phase 1		รถทางตรงบนถนนสุขุมวิท (ทิศทางไปพระโขนงและอุดมสุข)	74
Phase 2		รถกลับรถ (Exclusive Phase)	36
Lost Time		เวลาสูญเสียรวม (Yellow 3 วินาที + All-red 2 วินาที)/ Phase	10
รวม		รอบสัญญาณไฟ (Cycle Length)	120

หมายเหตุ : ในรูปแบบที่ 4 ช่องจราจรซ้ายสุดที่กำหนดเป็น Continuous Flow จะไม่มีการควบคุมด้วยสัญญาณไฟ และไม่ถูกนับรวมในจังหวะสัญญาณไฟที่แสดงในตาราง

3.7.3.5 การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมและอำนวยความปลอดภัย

เส้นหยุดรถ (Stop Line): ตีเส้นหยุดรถสำหรับรถทางตรงในทุกช่องจราจร (รวมถึงช่องซ้ายสุด) ให้ชัดเจน เพื่อป้องกันการล้ำพื้นที่ในจังหวะที่รถอีกฝั่งกำลังกลับรถ

ป้ายบังคับ (Regulatory Signs): ติดตั้งป้าย "สัญญาณไฟแดงหยุดทุกช่อง" หรือ "ห้ามเลี้ยวซ้ายผ่านตลอด" (No Left Turn on Red) ในบริเวณทางแยกจุดกลับรถ เพื่อเน้นย้ำให้ผู้ขับขี่ในช่องซ้ายสุดทราบว่าจะต้องหยุดรอสัญญาณไฟพร้อมกับช่องอื่น ๆ



ภาพที่ 3-9 ลักษณะทางกายภาพของจุดกลับรถรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร

3.7.4 รูปแบบที่ 4 การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรและปรับการเดินรถ

ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรควบคุมเฉพาะช่องจราจรทางตรงเลนกลางและช่องรอเลี้ยวกลับรถ แบ่งเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 (Major Move) รถทางตรงเลนกลางเคลื่อนที่ และระยะที่ 2 (U-turn Move) รถเลี้ยวกลับรถเคลื่อนที่ ทั้งนี้ อนุญาตให้กระแสจราจรในช่องทางซ้ายสุดสามารถผ่านตลอดได้ในทุกระยะสัญญาณ (Continuous Flow) โดยมีการติดตั้งป้ายกำหนดช่องเดินรถแบบแขวนสูง (Overhead Sign) ระบุข้อความ "ซ้ายผ่านตลอด" รวมถึงดำเนินการตีเส้นทึบสีขาว (Solid White Line) ย้อนหลังจากเส้นหยุดครอบคลุมความยาวแถวคอย เพื่อห้ามเปลี่ยนช่องจราจร (No Lane Changing) ป้องกันอุบัติเหตุจากการตัดกระแสจราจร ลักษณะทางกายภาพบนช่วงถนนคงเดิมเหมือนแบบจำลองฐาน แต่มีการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรควบคุมการจราจรทั้ง 2 จุดกลับรถ ร่วมกับการปรับการเดินรถ คือ การปรับให้การจราจรในช่องซ้ายสุดสามารถวิ่งผ่านได้ตลอดไม่ต้องรอสัญญาณไฟ ใช้การควบคุมการจราจรโดยสัญญาณไฟทิศทางรถทางตรง ในช่องจราจรเลนกลาง และช่องจราจรสำหรับจุดกลับรถ

3.7.4.1 การติดตั้งและควบคุมสัญญาณไฟจราจร (Traffic Signal Installation & Control)

ดำเนินการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรบริเวณจุดกลับรถทั้ง 2 จุด เพื่อควบคุมกระแสจราจรระหว่างรถทางตรงและรถรอเลี้ยวกลับ

กำหนดเฟสสัญญาณไฟ (Signal Phasing) ควบคุมเฉพาะ ช่องจราจรทางตรงเลนกลาง (Center Lane) และ ช่องรอเลี้ยวกลับรถ (U-turn Lane) ให้หยุดรอตามสัญญาณไฟ โดยเพื่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุดและลดจุดตัดกระแสจราจร จึงกำหนดรูปแบบการปล่อยสัญญาณไฟเป็น 2 ระยะ (2 Phases) ในแต่ละจุดกลับรถ ดังนี้

1. ระยะที่ 1 (Phase 1 - Major Move): สัญญาณไฟเขียวสำหรับ รถทางตรงในช่องจราจรเลนกลาง (Center Lane) ของทั้งสองฝั่ง (ทิศทางขาเข้าและขาออก) เคลื่อนที่พร้อมกัน ในขณะที่รถที่จะกลับรถต้องหยุดรอ

2. ระยะที่ 2 (Phase 2 - U-turn Move): สัญญาณไฟเขียวสำหรับ รถที่จะกลับรถ (U-turn Lane) โดยรถทางตรงในช่องเลนกลางของทิศทางตรงกันข้ามจะต้องหยุดรอ (เพื่อให้รถกลับรถสามารถเลี้ยวได้อย่างปลอดภัยโดยไม่มีกระแสจราจรตัดผ่าน)

3. ช่องทางซ้ายสุด (Leftmost Lane) สามารถผ่านตลอดได้ในทุกระยะสัญญาณ

การประสานสัญญาณไฟจราจร (Signal Coordination) เช่นเดียวกับรูปแบบอื่น เนื่องจากจุดกลับรถทั้งสองจุดมีระยะห่าง 650 เมตร จึงมีการนำหลักการประสานสัญญาณไฟ (Signal Coordination) มาใช้ โดยคำนวณระยะ Offset ให้สอดคล้องกับความเร็วเดินทาง เพื่อให้รถทางตรงที่ได้รับสัญญาณไฟเขียวจากจุดแรก สามารถเคลื่อนที่ผ่านจุดที่สองได้ต่อเนื่อง (Green Wave) ลดผลกระทบจากการที่ต้องหยุดรถทุกช่องทางในเฟสกลับรถ

อนุญาตให้กระแสจราจรในช่องทางซ้ายสุด (Leftmost Lane) สามารถเคลื่อนตัวผ่านทางแยกได้ตลอดเวลา (Continuous Flow) โดยไม่ต้องหยุดรอสัญญาณไฟ (Free Flow Movement)

3.7.4.2 การติดตั้งป้ายจราจร (Traffic Signs)

เพื่อให้ผู้ขับขี่รับทราบข้อมูลการจราจรล่วงหน้าและลดความสับสนในการเลือกช่องจราจร จึงกำหนดให้มีการติดตั้งป้ายจราจรเพิ่มเติมตามมาตรฐาน ดังนี้

ป้ายเตือนสัญญาณไฟจราจรข้างหน้า (Signal Ahead Warning Sign): ติดตั้งก่อนถึงจุดกลับรถในระยะที่เหมาะสม (เช่น 150-300 เมตร ตามความเร็วออกแบบ) เพื่อเตือนให้ผู้ขับขี่เตรียมชะลอความเร็ว

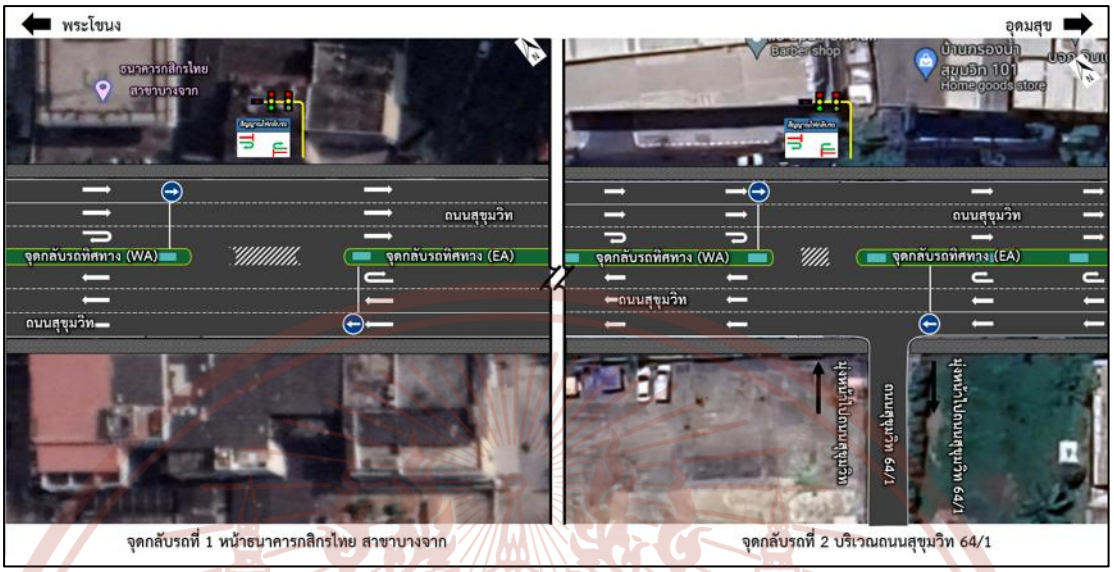
ป้ายกำหนดช่องเดินรถ (Lane Designation Sign): ติดตั้งแบบแขวนสูง (Overhead Sign) หรือข้างทาง ก่อนถึงทางแยก เพื่อระบุรูปแบบการเดินรถในแต่ละช่องทางให้ชัดเจน ช่องซ้ายสุด : ระบุข้อความหรือสัญลักษณ์ "ตรงไปผ่านตลอด" หรือ "ซ้ายผ่านตลอด" (แล้วแต่ทิศทางจริง) เพื่อให้รถที่ไม่ต้องการติดสัญญาณไฟเบี่ยงเข้าซ้ายล่วงหน้า ช่องกลางและขวา: ระบุสัญลักษณ์ควบคุมโดยสัญญาณไฟ

3.7.4.3 การตีเส้นและเครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง (Pavement Markings)

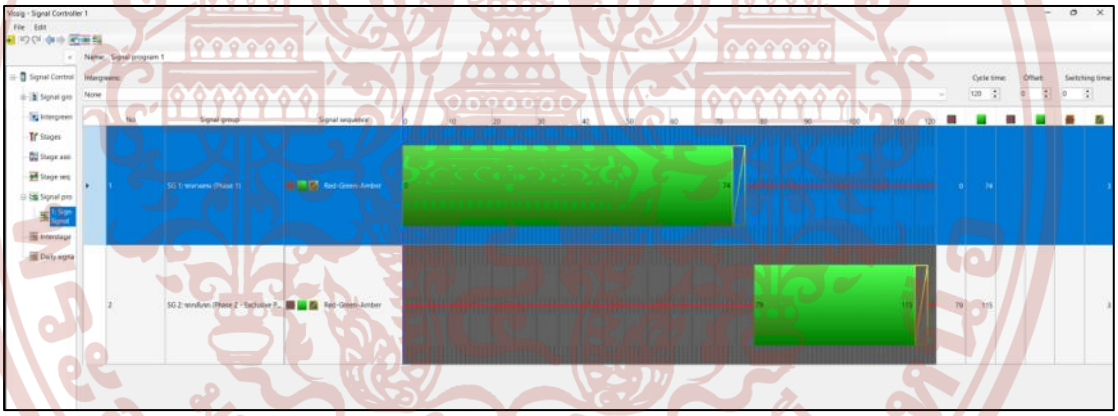
เพื่อจัดระเบียบช่องจราจรและป้องกันอุบัติเหตุจากการเปลี่ยนเลนในระยะกระชั้นชิด (Weaving conflict) อันเกิดจากความแตกต่างของความเร็วระหว่างรถที่จอดรอสัญญาณไฟและรถที่วิ่งผ่านตลอด ได้กำหนดรายละเอียดดังนี้

เส้นทึบสีขาว (Solid White Line): ดำเนินการตีเส้นทึบแบ่งช่องจราจรระหว่าง "ช่องซ้ายสุด (ผ่านตลอด)" และ "ช่องกลาง (ติดไฟแดง)" โดยมีความยาวต่อเนื่องย้อนหลังจากเส้นหยุด (Stop Line) กลับไปเป็นระยะทางที่ครอบคลุมความยาวแถวคอย (Queue Length) ของรถที่ติดสัญญาณไฟ เพื่อห้ามเปลี่ยนช่องจราจร (No Lane Changing) ในบริเวณดังกล่าว ป้องกันปัญหารถในช่องทางตรงเลนกลางที่ติดสัญญาณไฟ เปลี่ยนเลนกะทันหันออกมายังช่องซ้ายสุดซึ่งรถกำลังวิ่งด้วยความเร็ว หรือรถช่องซ้ายพยายามเบียดเข้าขวาในระยะกระชั้นชิด

ลูกศรแสดงทิศทางบนพื้นทาง (Directional Arrows) : ตีเส้นลูกศรระบุทิศทางในแต่ละช่องจราจรให้สอดคล้องกับป้ายจราจร เพื่อย้ำเตือนผู้ขับขี่อีกครั้งก่อนเข้าสู่พื้นที่ควบคุม



ภาพที่ 3-10 ลักษณะทางกายภาพของจุดกลับรถรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรและปรับการเดินรถ



ภาพที่ 3-11 แถบเวลาจังหวะสัญญาณไฟจราจร (Phase Diagram) ในแบบจำลอง PTV VISSIM

3.8 การประเมินความปลอดภัย

เพื่อประเมินความปลอดภัยเชิงรุก ผู้วิจัยได้นำไฟล์ประวัติการเคลื่อนที่ (.trj) จากแบบจำลอง PTV VISSIM ของทุกสถานการณ์จำลอง มาประมวลผลในโปรแกรม Surrogate Safety Assessment Model (SSAM) เพื่อวิเคราะห์จำนวนและประเภทของจุดขัดแย้ง (Conflict Points) โดยกำหนดเกณฑ์ (Thresholds) ในการวิเคราะห์ดังนี้

1. ค่าเวลาที่จะเกิดการชน (Time to Collision: TTC): กำหนดค่ามาตรฐานความเสี่ยงที่ไม่เกิน 1.5 วินาที

2. ค่าเวลาหลังออกจุดปะทะ (Post Encroachment Time: PET): กำหนดค่ามาตรฐานที่ไม่เกิน 5.0 วินาที

3. ประเภทของจุดขัดแย้ง: โปรแกรมจะจำแนกความขัดแย้งตามมุมการชนออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ การชนกันด้านหน้า (Rear-end) ที่มุมน้อยกว่า 30 องศา, การชนกันด้านข้าง (Crossing) ที่มุมมากกว่า 85 องศา และการชนจากการเปลี่ยนเลน (Lane-change) ที่มุมระหว่าง 30 ถึง 85 องศา

3.9 การวิเคราะห์และสรุปผล

จากการดำเนินงานสำรวจข้อมูลภาคสนาม การปรับเทียบแบบจำลอง และการประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อทดสอบมาตรการจัดการจราจรทั้ง 4 รูปแบบ รวมถึงการประเมินความปลอดภัยด้วยแบบจำลอง SSAM ในบทนี้ ผู้วิจัยจะนำข้อมูลตัวเลขและผลลัพธ์ทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์เชิงสถิติเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการระบายการจราจรและระดับความปลอดภัยที่เพิ่มขึ้น โดยจะนำเสนอรายละเอียดการวิเคราะห์ การเปรียบเทียบ และการอภิปรายผล ในบทที่ 4 ผลการศึกษาและการอภิปราย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

บทที่ 4
ผลการศึกษาและการอภิปราย

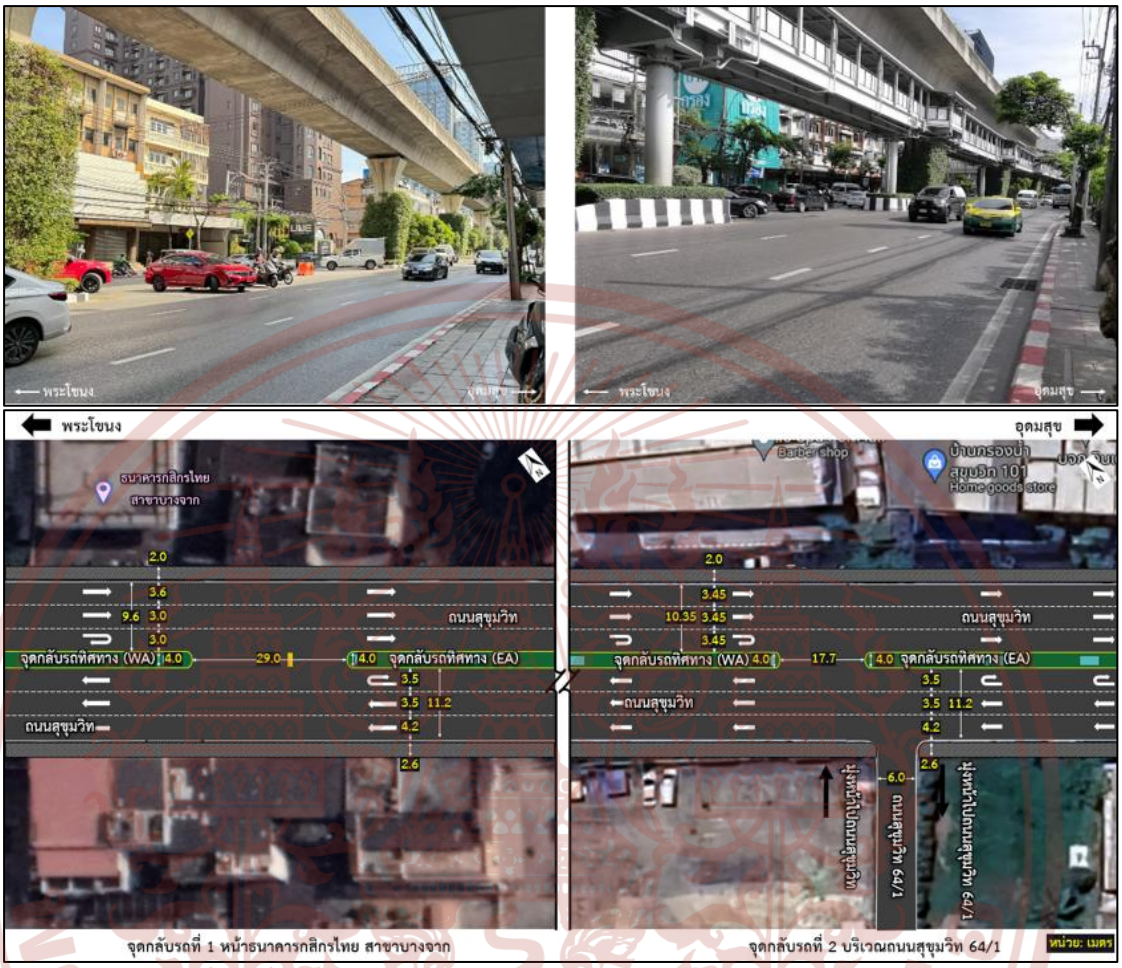
จากขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ในการศึกษา ผู้วิจัยดำเนินการอธิปรายผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยผู้วิจัยได้ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลสภาพการจราจร รวมถึงสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่ศึกษา และนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการจำลองสภาพจราจรร่วมกับการประเมินความปลอดภัย โดยมีรายละเอียดของผลการศึกษา ดังนี้

4.1 ผลการศึกษาสภาพการจราจรบริเวณพื้นที่ศึกษา

ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามบริเวณถนนสุขุมวิท ช่วงถนนสุขุมวิท 64/1 ซึ่งครอบคลุมจุดกลับรถจำนวน 2 จุด ได้แก่ จุดกลับรถที่ 1 (บริเวณหน้าธนาคารกสิกรไทย สาขาบางจาก) และจุดกลับรถที่ 2 (บริเวณสุขุมวิท 64/1) พบว่า ปริมาณจราจรเร่งด่วนเช้าคือช่วงเวลา 07:00 - 08:00 น. และปริมาณจราจรเร่งด่วนเย็นคือช่วงเวลา 17:15 - 18:15 น. ของวันทำงาน เพื่อนำข้อมูลมาใช้เป็นฐานข้อมูลในการสร้างและปรับเทียบกับแบบจำลองจราจร โดยมีผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งตามลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

4.1.1 ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา

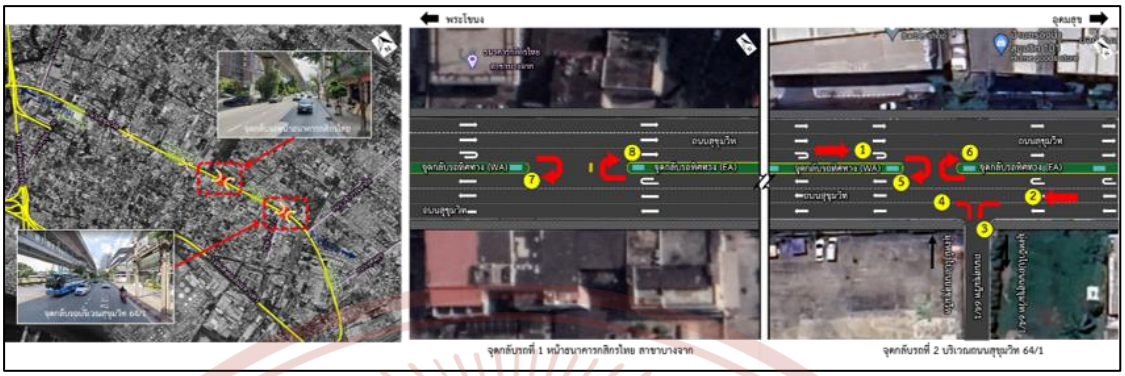
พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บนโครงข่ายถนนสุขุมวิท (สายหลัก) ครอบคลุมระยะทางประมาณ 650 เมตร ลักษณะผิวทางเป็นถนนคอนกรีตที่มีการจัดการจราจรแบบ 2 ทิศทาง โดยมีช่องจราจรจำนวน 3 ช่องจราจรต่อทิศทาง ความกว้างช่องจราจรเฉลี่ย 3.20 - 3.45 เมตร มีเกาะกลางถนนเป็นแบบยกสูง กว้าง 4.00 เมตร ข้อจำกัดทางกายภาพที่สำคัญที่สุดของพื้นที่ศึกษาคือ การมีโครงสร้างเสาตอม่อรถไฟฟ้าสายสีเขียวตั้งอยู่บนเกาะกลางถนนตลอดแนว ส่งผลให้ระยะห่างสุทธิจากขอบเสาตอม่อถึงขอบช่องจราจรเหลือเพียง 1.50 - 1.80 เมตรต่อทิศทาง ซึ่งเป็นระยะที่ไม่เพียงพอต่อการจัดสร้างช่องรอเลี้ยวตามมาตรฐานวิศวกรรมจราจร ทำให้จุดกลับรถทั้งสองแห่งมีสถานะเป็น "จุดกลับรถที่ไม่มีช่องรอเลี้ยว (No Storage Lane)" ยานพาหนะที่ต้องการเปลี่ยนทิศทางจึงจำเป็นต้องหยุดรอในช่องจราจรขวาสุดของกระแสจราจรทางตรง



ภาพที่ 4-1 ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา

4.1.2 ปริมาณจราจรบนพื้นที่ศึกษาและปริมาณจราจรที่จุดกลับรถ

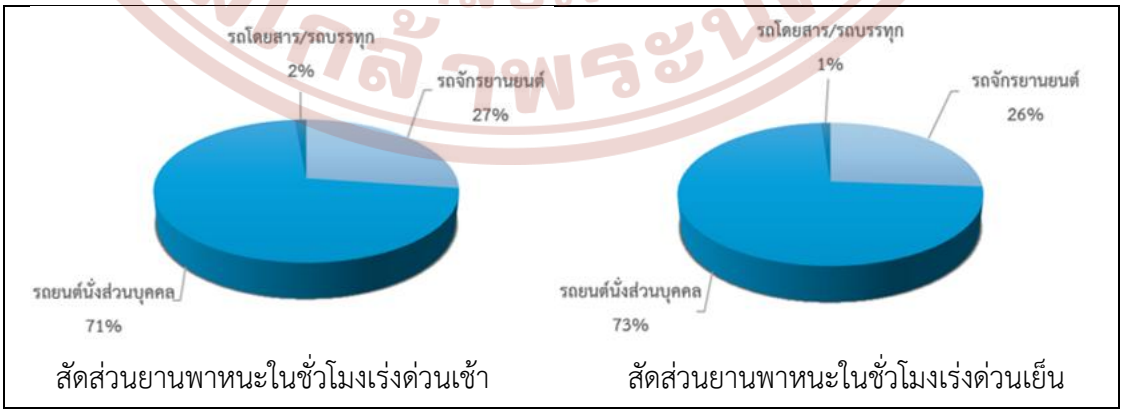
จากการสำรวจและจัดเก็บข้อมูลปริมาณจราจร (Traffic Volume) ในช่วงเวลาเร่งด่วนคือ ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (07:00 - 08:00 น.) และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (17:15 - 18:15 น.) ดังภาพที่ 4-2 ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจำนวนยานพาหนะที่ได้จากการสำรวจแยกประเภท (คัน/ชั่วโมง) ดังตารางที่ 4-1 และภาพที่ 4-3 มาแปลงเป็นหน่วยคันเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car Unit: PCU/ชั่วโมง) ดังตารางที่ 4-3 โดยใช้ปัจจัยเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car Equivalent: PCE) ตามทฤษฎีของ ธีรพล (2548) ดังตารางที่ 4-2 เพื่อให้สามารถสะท้อนถึงภาระการจราจร (Traffic Load) และพื้นที่ผิวจราจรที่ถูกใช้งานจริงบนโครงข่าย โดยเฉพาะบริเวณจุดกลับรถที่มีผลกระทบจากขนาดและวงเลี้ยวของยานพาหนะแต่ละประเภท



ภาพที่ 4-2 ลักษณะทางกายภาพและตัวเลขแสดงทิศทางของปริมาณจราจรแต่ละทิศทาง

ตารางที่ 4-1 ปริมาณจราจรในแต่ละทิศทางแยกตามประเภทยานพาหนะ

ทิศทาง	ปริมาณจราจร (คัน/ชั่วโมง)					
	ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (07:00 - 08:00 น.)			ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (17:15 - 18:15 น.)		
	รถจักรยานยนต์	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	รถโดยสาร/รถบรรทุก	รถจักรยานยนต์	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	รถโดยสาร/รถบรรทุก
1	784	2034	43	756	2120	31
2	770	2105	44	741	2114	41
3	14	8	0	11	10	0
4	55	96	0	42	73	0
5	101	296	8	87	364	2
6	70	150	6	98	154	6
7	92	298	0	86	262	0
8	80	165	4	81	188	7



สัดส่วนยานพาหนะในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า สัดส่วนยานพาหนะในชั่วโมงเร่งด่วนเย็น

ภาพที่ 4-3 สัดส่วนของประเภทยานพาหนะ

ตารางที่ 4-2 ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งของยวดยานที่กลับรถ

ชนิดของยานพาหนะ	ค่า PCE ทางตรง	ค่า PCE กลับรถ
รถจักรยานยนต์ (MC)	0.8	1.8
รถยนต์ชนิด 4 ล้อและรถบรรทุกขนาดเล็ก (SU)	1.0	4.1
รถบรรทุกขนาดกลาง (M)	2.0	4.9
รถบรรทุกขนาดใหญ่ (T)	2.5	6.2

ที่มา : ธีรพล (2548)

ตารางที่ 4-3 ปริมาณจราจรในแต่ละทิศทางแปลงเป็นหน่วยคันเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล

กลุ่มกระแสจราจร	ทิศทาง	ปริมาณจราจร			
		ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (07:00 - 08:00 น.)		ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (17:15 - 18:15 น.)	
		(คัน/ชั่วโมง)	(PCU/ชั่วโมง)	(คัน/ชั่วโมง)	(PCU/ชั่วโมง)
1. บนช่วงถนน (ทางตรง)	1	2,861	2,747	2,907	2,787
	2	2,919	2,809	2,896	2,789
2. เลี้ยวเข้า-ออกซอย	3	22	19	21	19
	4	151	140	115	107
3. เลี้ยวกลับรถ (U-turn)	5	405	1,435	453	1,659
	6	226	770	258	837
	7	390	1,387	348	1,229
	8	249	840	276	951
รวมปริมาณจราจรบนช่วงถนน		5,780	5,556	5,803	5,576
รวมปริมาณจราจรเลี้ยวเข้า-ออกซอย		173	159	136	125
รวมปริมาณจราจรเลี้ยวกลับรถ		1,270	4,433	1,335	4,676

หมายเหตุ : ผู้วิจัยใช้ค่า PCE กลับรถสำหรับรถโดยสาร/รถบรรทุกเท่ากับ 4.9 (อ้างอิงค่าเทียบเท่าของรถบรรทุกขนาดกลาง)

ผู้วิจัยได้จำแนกกระแสจราจรออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ กระแสจราจรบนช่วงถนน (รถทางตรง) กระแสจราจรเลี้ยวเข้า-ออกซอย และกระแสจราจรกลับรถ มีผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

4.1.2.1 กระแสจราจรบนช่วงถนน (Through Traffic)

บนถนนสุขุมวิทในพื้นที่ศึกษามีปริมาณรถทางตรง (ทิศทางที่ 1 และ 2) หนาแน่นอย่างมาก โดยมีอัตราการไหลรวมเฉลี่ยสูงถึง 5,500 - 5,600 PCU/ชั่วโมง ทั้งในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็น ซึ่งเป็นตัวเลขที่เข้าใกล้ขีดความสามารถสูงสุดในการรองรับของถนน (Capacity) สำหรับโครงข่ายขนาด 6 ช่องจราจร (ไป-กลับ)

4.1.2.2 กระแสจราจรกลับรถ (U-turn Traffic)

ปริมาณความต้องการกลับรถ (ทิศทางที่ 5 ถึง 8) มีตัวเลขที่สูงอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น เมื่อพิจารณาปริมาณรถพบว่ามีจำนวนรวม 1,335 คัน/ชั่วโมง แต่เมื่อแปลงเป็นค่า PCE สำหรับการเลี้ยวกลับรถ พบว่าเพิ่มขึ้นเป็น 4,676 PCU/ชั่วโมง การขยายตัวของตัวเลขนี้เกิดจากการที่ยานพาหนะ (โดยเฉพาะรถขนาดใหญ่และรถบรรทุก) ต้องใช้เวลาในการเคลื่อนที่และพื้นที่ในการใช้รัศมีวงเลี้ยว (Turning Radius) สูงกว่าการวิ่งทางตรงปกติหลายเท่าตัว และมีผลกระทบต่อรถที่ขับตามกันมา (Platoon Disruption) ทำให้เกิดปัญหาภาวะคอขวดที่รุนแรงยิ่งขึ้น

4.1.2.3 ผลกระทบต่อโครงข่ายในภาพรวม (Total Network Impact)

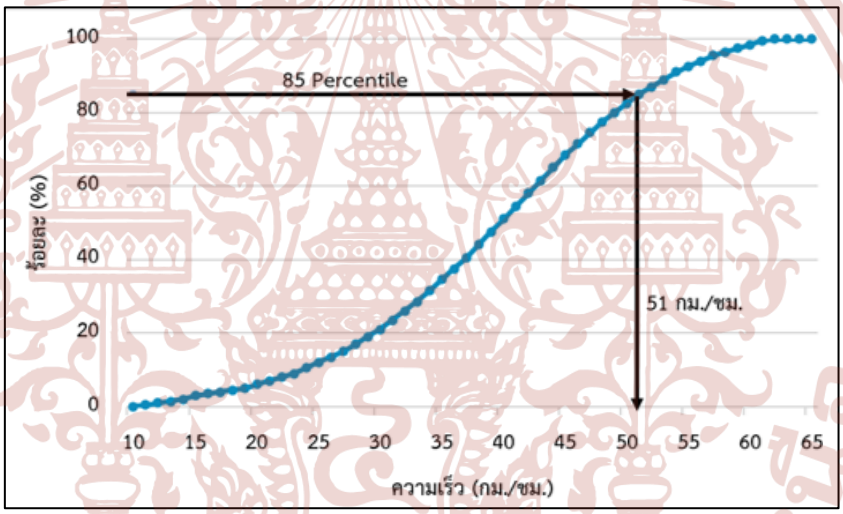
เมื่อพิจารณาปริมาณการเดินทางรวมบนโครงข่ายถนนในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น พบว่า จำนวนยานพาหนะรวมทุกทิศทางมีประมาณ 7,274 คัน/ชั่วโมง ซึ่งในเชิงกายภาพถนนสุขุมวิทขนาด 6 ช่องจราจรยังสามารถรองรับได้ อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ในรูปแบบการรองรับทางจราจร จะพบว่าโครงข่ายต้องแบกรับจราจรรวม สูงถึง 10,377 PCU/ชั่วโมง ซึ่งเข้าใกล้จุดวิกฤตของความจุถนน ข้อมูลนี้เป็นการยืนยันความรุนแรงของปัญหา โดยพบว่า พื้นที่ศึกษาต้องรองรับปริมาณรถกลับรถรวมทั้งสองจุดสูงกว่า 4,600 PCU/ชั่วโมง ซึ่งเมื่อนำมาวิเคราะห์สัดส่วนความต้องการกลับรถเทียบกับรถทางตรงในทิศทางเดียวกันในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (ในหน่วย PCU/ชั่วโมง) พบว่า จุดกลับรถหน้าธนาคารกสิกรไทย สาขาบางจาก มีสัดส่วนความต้องการกลับรถมุ่งหน้าพระโขนง และมุ่งหน้าอุดมสุข (ทิศทางที่ 7 และ 8) สูงถึงร้อยละ 44.1 และ 34.1 ของกระแสจราจรทางตรง ตามลำดับ ในขณะที่จุดกลับรถบริเวณสุขุมวิท 64/1 (ทิศทางที่ 5 และ 6) มีสัดส่วนอยู่ที่ร้อยละ 59.5 และ 30.0 ตามลำดับ การที่สัดส่วนรถกลับรถในแต่ละจุดพุ่งสูงถึงระดับร้อยละ 30 - 59 บนสภาพกายภาพที่ไม่มีช่องรอเลี้ยว (No Storage Lane) ทำให้ต้องสูญเสียพื้นที่ผิวจราจรในช่องทางขวาสุดไปโดยปริยาย นำไปสู่ปัญหาการตัดกระแสจราจรและภาวะคอขวดที่รุนแรงเกินกว่าที่จำนวนยานพาหนะทางกายภาพจะสะท้อนให้เห็นได้

4.1.3 ความเร็วของยานพาหนะ

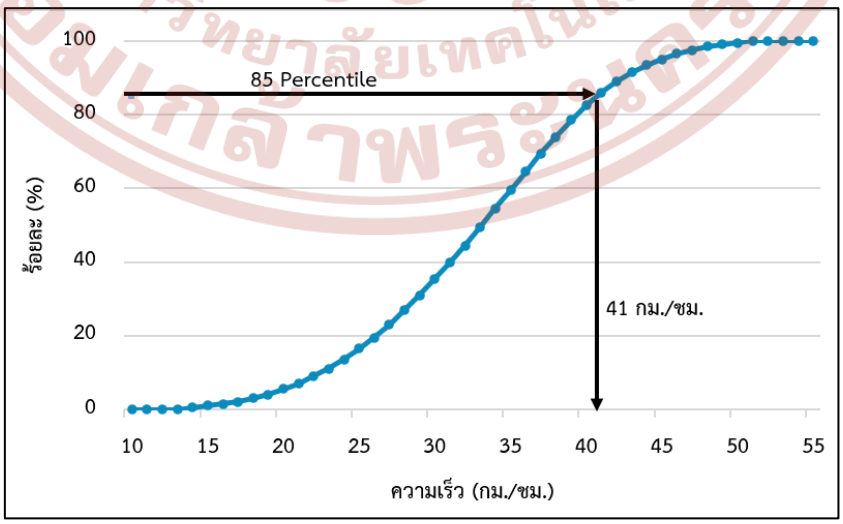
การสำรวจความเร็วของยานพาหนะในพื้นที่ศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าความเร็วนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการตั้งค่าพฤติกรรมการขับขี่ (Desired Speed) ในแบบจำลองสถานการณ์จราจรระดับจุลภาค ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจความเร็วแบบจุด (Spot Speed Study) และนำข้อมูลมา

แจกแจงความถี่เพื่อสร้างเส้นโค้งความถี่สะสม (Cumulative Frequency Curve) แยกตามประเภทยานพาหนะ เพื่อหาค่าความเร็วเปอร์เซ็นไทล์ที่ 85 (85th Percentile Speed) ซึ่งเป็นความเร็วที่ยานพาหนะร้อยละ 85 ขับขี่ด้วยความเร็วเท่ากับหรือต่ำกว่าค่านี้ จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลเส้นโค้งความถี่สะสม สามารถสรุปค่าความเร็วเปอร์เซ็นไทล์ที่ 85 แยกตามประเภทยานพาหนะเท่ากับรถจักรยานยนต์ 51 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รถยนต์นั่งส่วนบุคคล 41 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และรถโดยสารและรถบรรทุก 39 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แสดงดังภาพที่ 4-4 ถึงภาพที่ 4-6

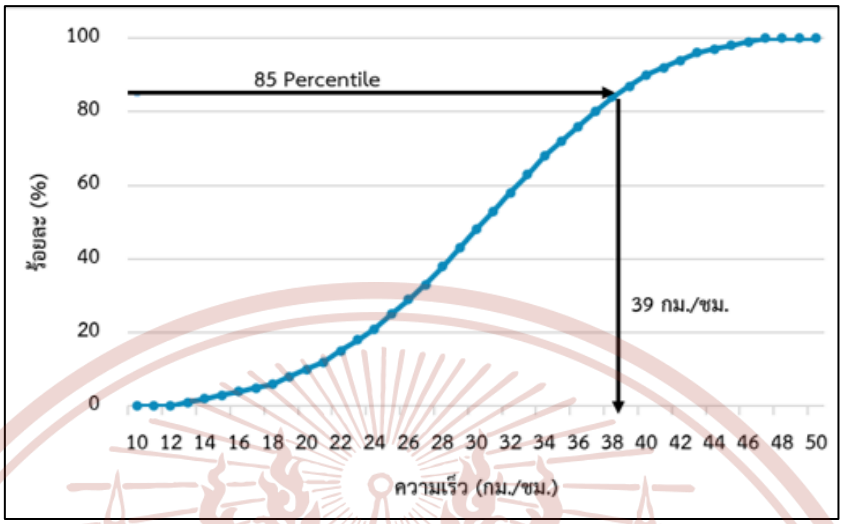
ทั้งนี้ ผู้วิจัยจะนำค่าความเร็วเปอร์เซ็นไทล์ที่ 85 ของยานพาหนะแต่ละประเภทนี้ ไปใช้เป็นพารามิเตอร์นำเข้า (Input Parameters) สำหรับการจำลองพฤติกรรมการขับขี่ในโปรแกรม PTV VISSIM เพื่อให้แบบจำลองสามารถสะท้อนสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นจริงได้อย่างแม่นยำสูงสุด



ภาพที่ 4-4 การกระจายตัวความเร็วของจักรยานยนต์



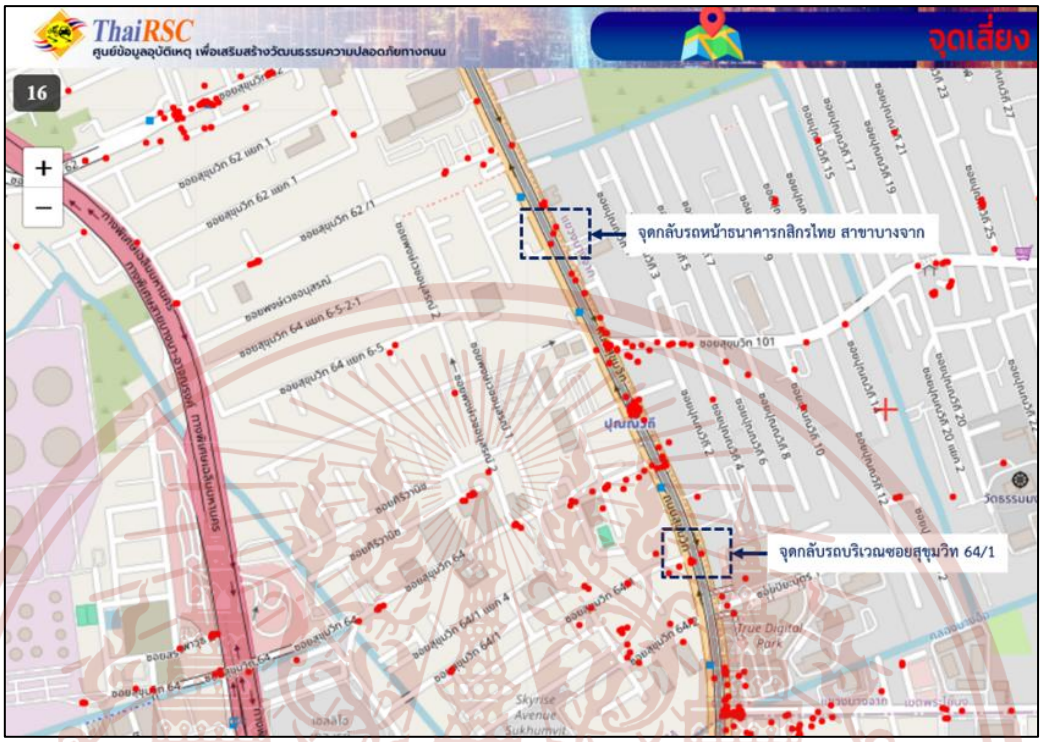
ภาพที่ 4-5 การกระจายตัวความเร็วของรถยนต์ส่วนบุคคล



ภาพที่ 4-6 การกระจายตัวความเร็วของความเร็วรถโดยสารและรถบรรทุก

4.2 ข้อมูลสถิติอุบัติเหตุย้อนหลังบริเวณพื้นที่ศึกษา

การประเมินสภาพปัญหาการจราจรบริเวณพื้นที่ศึกษา จำเป็นต้องพิจารณาทั้งด้านโครงข่ายและความปลอดภัยทางถนนควบคู่กัน เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษามีจุดกลับรถบนเกาะกลางถนนโดยปราศจากช่องรอเลี้ยว มักก่อให้เกิดจุดขัดแย้ง (Conflict Points) ที่มีความเสี่ยงสูง ผู้วิจัยจึงได้ทำการรวบรวมข้อมูลสถิติการเกิดอุบัติเหตุทางถนนย้อนหลัง 5 ปี (พ.ศ. 2564 – 2568) จากระบบข้อมูลอุบัติเหตุเพื่อเสริมสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนน (ThaiRSC) โดยกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาครอบคลุมจุดกลับรถหน้าธนาคารกสิกรไทย สาขาบางจาก และจุดกลับรถบริเวณซอยสุขุมวิท 64/1 พบว่า พื้นที่ศึกษามีอุบัติเหตุสะสมเกิดขึ้นจำนวน 48 ครั้ง มีผู้บาดเจ็บจำนวน 52 ราย และเสียชีวิต 1 ราย ซึ่งมีสาเหตุหลักจากการเฉี่ยวชนบริเวณจุดกลับรถ



ที่มา : ระบบข้อมูลอุบัติเหตุ ThaiRSC (2569)

ภาพที่ 4-7 แผนที่แสดงตำแหน่งการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของจุดเกิดอุบัติเหตุสะสมบริเวณพื้นที่ศึกษา

4.3 สภาพปัญหาการจราจรบริเวณพื้นที่ศึกษาและมาตรการในการแก้ไข

จากการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม รวมถึงการสังเกตพฤติกรรมการขับขี่บริเวณจุดกลับรถทั้ง 2 จุด ได้แก่ (1) จุดกลับรถหน้าธนาคารกสิกรไทย สาขาบางจาก และ (2) จุดกลับรถบริเวณสุขุมวิท 64/1 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และจำแนกสภาพปัญหาการจราจร พร้อมทั้งกำหนดมาตรการในการแก้ไขปัญหาเพื่อนำไปสู่การพัฒนาแบบจำลองจราจร โดยมีรายละเอียด ดังนี้

4.3.1 สภาพปัญหาการจราจรบริเวณพื้นที่ศึกษา

จากการวิเคราะห์สภาพปัญหาด้านจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนบริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่าปัญหาหลักที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการจราจรและความปลอดภัยมี 3 ประการสำคัญ ได้แก่

4.3.1.1 ปัญหาด้านกายภาพและการตัดกระแสจราจร

สภาพกายภาพของถนนสุขุมวิทบริเวณพื้นที่ศึกษา มีลักษณะเป็นเกาะกลางแบบยกสูง (Raised Median) กว้าง 4.00 เมตร และมีเสาตอม่อรถไฟฟ้าสายสีเขียวอ่อนตั้งอยู่ ทำให้ "ไม่มีช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยว (No Storage Lane)" ส่งผลให้รถที่ต้องการกลับรถต้องชะลอความเร็วหรือหยุดรอในช่องจราจรขวาสุด (ช่องทางที่ 3) ของทางตรง การหยุดรอนี้ทำให้รถทางตรงที่ขับตามมาต้องเบรกชะลอตัวหรือเปลี่ยนเลนกะทันหัน ก่อให้เกิดความล่าช้าและการตัดกระแสจราจร (Crossing Conflict) ที่เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุชนท้ายและเฉี่ยวชนด้านข้าง

4.3.1.2 ปัญหาปริมาณความต้องการกลับรถสูงเกินขีดความสามารถ

ในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็นของวันทำงาน ปริมาณจราจรที่ต้องการกลับรถมีจำนวนมากเกินกว่าความจุของจุดกลับรถที่จะรองรับได้ ส่งผลให้เกิดพฤติกรรม "การกลับรถซ้อนคัน (Double U-turn)" หรือการกลับรถพร้อมกัน 2 ช่องจราจร พฤติกรรมนี้ใช้พื้นที่ช่องจราจรฝั่งตรงข้ามถึง 2-3 ช่องทาง ทำให้รถทางตรงในทิศทางสวนมาถูกกีดขวางการจราจร เกิดภาวะคอขวด (Bottleneck) และทำให้ความเร็วเฉลี่ยของกระแสจราจรลดลงอย่างมาก

4.3.1.3 ปัญหาความยาวแถวคอยสะสม

เนื่องจากปริมาณจราจรทางตรงบนถนนสุขุมวิทมีปริมาณหนาแน่น ทำให้รถที่ต้องการกลับรถหาจังหวะว่าง (Gap Acceptance) ในการกลับรถได้ยาก ส่งผลให้เกิดแถวคอยสะสม (Queue Length) ยาวเหยียดในช่องทางขวาสุด บางช่วงเวลาแถวคอยสะสมยาวต่อเนื่องจนกีดขวางทางเข้า - ออกซอยใกล้เคียง และส่งผลกระทบต่อเนื่องไปยังจุดกลับรถถัดไปในลักษณะปฏิกิริยาลูกโซ่

4.3.2 มาตรการการแก้ไขปัญหาบริเวณพื้นที่ศึกษา

เพื่อให้การแก้ไขปัญหาสอดคล้องกับมาตรฐานวิศวกรรมจราจรและข้อจำกัดทางกายภาพที่ไม่สามารถขยายผิวจราจรได้ (เนื่องจากติดเสาตอม่อรถไฟฟ้า) ผู้วิจัยจึงเสนอมาตรการแก้ไขปัญหาโดยเน้นการบริหารจัดการจราจร (Traffic Management) และ การควบคุมสัญญาณไฟ (Signal Control) ตามแนวทางของกรมทางหลวงและ AASHTO (2018) เพื่อนำไปกำหนดเป็นรูปแบบการจำลอง (Scenarios) ในแบบจำลอง PTV VISSIM ดังนี้

4.3.2.1 มาตรการที่ 1 การจัดการทิศทางการเดินรถ

การสลับทิศทางจุดกลับรถหรือกำหนดให้จุดกลับรถแต่ละจุด ทำหน้าที่รองรับรถเพียงทิศทางเดียว (Directional U-turn) เพื่อลดจุดตัดกระแสจราจรที่ซับซ้อน ลดความสับสนและจัดระเบียบการไหลของการจราจร โดยผู้วิจัยกำหนดให้เป็นรูปแบบจำลองรูปแบบที่ 2 กำหนดให้จุดกลับรถหน้าธนาคารกสิกรไทย กลับรถได้เฉพาะทิศทางมุ่งหน้าอุดมสุข และจุดกลับรถสุขุมวิท 64/1 กลับรถได้เฉพาะทิศทางมุ่งหน้าพระโขนง

4.3.2.2 มาตรการที่ 2 การควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจร

การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรเพื่อกำหนดจังหวะการหยุด โดยใช้ระบบสัญญาณไฟแบบ "กำหนดเวลาตายตัว (Fixed-time Control)" ที่มีการคำนวณรอบสัญญาณไฟให้เหมาะสมกับปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน เพื่อแก้ปัญหาการหาจังหวะว่าง (Gap) ที่ทำได้ยากและอันตราย โดยผู้วิจัยกำหนดให้เป็นรูปแบบจำลองรูปแบบที่ 3 ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรทั้ง 2 จุด กำหนดรอบสัญญาณไฟให้สอดคล้อง (Coordinate) กับทางแยกใกล้เคียง (สุขุมวิท 101/1) เพื่อให้รถทางตรงหยุดรอและเปิดโอกาสให้รถกลับรถสามารถเลี้ยวได้อย่างปลอดภัยโดยไม่ตัดกระแสจราจร

4.3.2.3 มาตรการที่ 3 การปรับรูปแบบเดินรถร่วมกับสัญญาณไฟ

การปรับรูปแบบการเดินรถในช่องทางซ้ายสุดให้เป็นแบบ "ซ้ายผ่านตลอด (Continuous Flow)" หรือสามารถวิ่งตรงได้โดยไม่ต้องรอสัญญาณไฟ (ในขณะที่เลนกลางและเลนขวาหยุดรอสัญญาณ) เพื่อชดเชยเวลาที่สูญเสียไปจากการติดสัญญาณไฟแดงของรถทางตรง โดยติดตั้งป้ายข้อความระบุชัดเจนว่า "ช่องซ้ายตรงไปผ่านตลอด" หรือ "ช่องซ้ายผ่านตลอด" ร่วมกับป้ายกำหนดทิศทางเดินรถ (Lane Usage Sign) ป้ายลูกศรชี้ตรงไปเพื่อยืนยันว่าช่องนี้สำหรับรถทางตรงเท่านั้น (ห้ามเปลี่ยนเลนไปกลับรถ) ติดตั้งบริเวณด้านซ้ายของทางเดินรถ หรือแขวนเหนือช่องจราจรซ้ายสุด (Overhead Sign) โดยติดตั้งก่อนถึงจุดเริ่มเส้นทึบ เพื่อเตือนให้ผู้ขับขี่เลือกช่องทางให้ถูกต้องล่วงหน้า และติดตั้งป้ายเตือน "ห้ามเปลี่ยนช่องเดินรถ" (No Lane Change) เป็นระยะทางอย่างน้อย 30-50 เมตร หรือจากระยะความยาวแถวคอยเฉลี่ยของช่องจราจรกลาง เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ที่รถมักจะชะลอตัวสะสม โดยผู้วิจัยกำหนดให้เป็นรูปแบบจำลองรูปแบบที่ 4 การจำลองสภาพการจราจรที่มีการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ควบคู่ไปกับการอนุญาตให้รถทางตรงในช่องจราจรซ้ายสุดสามารถวิ่งผ่านจุดกลับรถได้ตลอดเวลา เพื่อเพิ่มระบายรถทางตรงและลดความล่าช้าในภาพรวม

โดยสามารถสรุปรายละเอียดของสภาพปัญหาและมาตรการแนวทางการแก้ไขได้ดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 สรุปรายละเอียดของสภาพปัญหาและมาตรการแนวทางการแก้ไข

ปัญหาด้าน	สภาพปัญหา / ผลกระทบ	มาตรการ / แนวทางการแก้ไข
1. กายภาพและการตัดกระแสจราจร 	สภาพถนนไม่มีช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยว (No Storage Lane) ทำให้รถที่ต้องการกลับรถต้องหยุดรอในช่องจราจรขวาสุด กีดขวางรถทางตรงที่ขับตามมา ทำให้ต้องเบรกหรือเปลี่ยนเลนกะทันหัน เสี่ยงต่ออุบัติเหตุชนท้ายและเฉี่ยวชนด้านข้าง	มาตรการที่ 1: การจัดการทิศทางการเดินรถ กำหนดให้แต่ละจุดกลับรถรองรับรถเพียงทิศทางเดียว (Directional U-turn) เพื่อลดจุดตัดกระแสจราจรที่ซับซ้อน (นำไปสร้างเป็นรูปแบบจำลองที่ 2)
2. ปริมาณความต้องการกลับรถสูงเกินขีดความสามารถ 	ปริมาณความต้องการกลับรถมีจำนวนมากจนเกิดพฤติกรรม "กลับรถซ้อนคัน (Double U-turn)" กินพื้นที่ช่องจราจรฝั่งตรงข้าม 2-3 ช่องทาง กีดขวางรถทางตรงที่สวนมา ทำให้เกิดภาวะคอขวด (Bottleneck) และความเร็วเฉลี่ยลดลง	มาตรการที่ 2: การควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจร ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบกำหนดเวลาตายตัว (Fixed-time Control) เพื่อให้รถกลับรถสามารถเลี้ยวได้อย่างปลอดภัยโดยไม่ต้องเบียดแทรก (นำไปสร้างเป็นรูปแบบจำลองที่ 3)
3. ความยาวแถวคอยสะสม 	รถกลับรถหาจังหวะว่าง (Gap Acceptance) ได้ยาก ทำให้เกิดแถวคอยสะสม (Queue Length) ยาวต่อเนื่องในช่องทางขวาสุด จนกีดขวางทางเข้า-ออกซอย และส่งผลกระทบสะสมไปยังจุดกลับรถถัดไปแบบลูกโซ่	มาตรการที่ 3: การปรับรูปแบบเดินรถร่วมกับสัญญาณไฟ จัดการช่องจราจรซ้ายสุดให้เป็นช่องทาง "ผ่านตลอด (Continuous Flow)" ร่วมกับการควบคุมด้วยสัญญาณไฟ เพื่อชดเชยเวลาที่สูญเสียไปและเพิ่มการระบายรถทางตรง (นำไปสร้างเป็นรูปแบบจำลองที่ 4)

4.4 ผลการพัฒนาแบบจำลองสภาพจราจรและการจัดการจราจรบริเวณพื้นที่ศึกษา

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม ประกอบด้วย ข้อมูลทางด้านกายภาพถนน ปริมาณจราจร สัดส่วนยานพาหนะ เวลาในการเดินทาง ความเร็วของยานพาหนะ และพฤติกรรมในการขับขี่ มาพัฒนาเป็นโครงข่ายถนนของพื้นที่ศึกษาจำลองในโปรแกรม PTV VISSIM เพื่อใช้เป็นเครื่องมือจำลองพฤติกรรมจราจรที่ซับซ้อนบริเวณจุดกลับรถให้มีความสอดคล้องกับสภาพจราจรที่เกิดขึ้นจริง ดังภาพที่ 4-8



ภาพที่ 4-8 แบบจำลองสภาพจราจรบริเวณพื้นที่ศึกษา

4.4.1 การปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

จากการสร้างแบบจำลองสภาพจราจรให้มีความใกล้เคียงกับความเป็นจริง จะต้องดำเนินการปรับเทียบความถูกต้อง (Calibration) และตรวจสอบความสมจริง (Validation) ของแบบจำลอง เพื่อให้มั่นใจว่าแบบจำลองฐาน (Base Case) สามารถเป็นตัวแทนของสภาพจราจรจริงได้อย่างแม่นยำ ก่อนนำไปสู่การทดสอบประสิทธิภาพของมาตรการแก้ไขปัญหาจราจรทั้ง 4 รูปแบบ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับเทียบแบบจำลองโดยใช้ชุดข้อมูลด้านจราจรช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (07:00-08:00 น.) เป็นฐานชุดข้อมูลขั้นต้นในการปรับค่าตัวแปรพฤติกรรมการขับขี่ (Driving Behaviors) ในโมเดล Wiedemann 74 ให้สอดคล้องกับพฤติกรรมจริงของผู้ขับขี่ในพื้นที่ศึกษา โดยพิจารณาตัวชี้วัดหลัก 3 ประการ ได้แก่ ปริมาณจราจร (Traffic Volume), เวลาในการเดินทาง (Travel Time), และความยาวแถวคอย (Queue Length) โดยมีผลการปรับเทียบข้อมูลดังตารางที่ 4-5 ถึงตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-5 ผลการปรับเทียบปริมาณจราจรของแบบจำลองฯ ตามเกณฑ์ของ GEH

จุดตรวจสอบ/ทิศทาง	ปริมาณจราจร (คัน/ชม.)		ผลแตกต่าง (ร้อยละ)	ค่า GEH	ผลการปรับเทียบแบบจำลอง
	จากการสำรวจ	จากแบบจำลอง			
1.ขาเข้า (Input)					
1.1 สุขุมวิทมุ่งหน้าไปอุดมสุข	3,407	3,393	-0.41%	0.24	ผ่าน
1.2 สุขุมวิทมุ่งหน้าไปพระโขนง	3,167	3,216	1.55%	0.87	ผ่าน
2.จุดกลับรถ (U-Turn)					
2.1 จุดที่ 1 มุ่งหน้าไปอุดมสุข	249	316	26.91%	3.99	ผ่าน
2.2 จุดที่ 1 มุ่งหน้าไปพระโขนง	390	386	-1.03%	0.20	ผ่าน
2.3 จุดที่ 2 มุ่งหน้าไปอุดมสุข	226	202	-10.62%	1.64	ผ่าน
2.4 จุดที่ 2 มุ่งหน้าไปพระโขนง	405	485	19.75%	3.79	ผ่าน
3.ช่วงกลางระหว่างจุดกลับรถ (Mid-Block)					
3.1 สุขุมวิทมุ่งหน้าไปอุดมสุข	3,266	3,228	-1.16%	0.67	ผ่าน
3.2 สุขุมวิทมุ่งหน้าไปพระโขนง	3,453	3,290	-4.72%	2.81	ผ่าน
4.ขาออก (Output)					
4.1 สุขุมวิทมุ่งหน้าไปอุดมสุข	3,087	2,890	-6.38%	3.60	ผ่าน
4.2 สุขุมวิทมุ่งหน้าไปพระโขนง	3,594	3,355	-6.65%	4.06	ผ่าน
เฉลี่ย				**2.19**	**ผ่าน**

หมายเหตุ : จุดกลับรถจุดที่ 1 คือ หน้าธนาคารกสิกรไทย สาขาบางจาก
จุดกลับรถจุดที่ 2 คือ หน้าถนนสุขุมวิท 64/1

ตารางที่ 4-6 ผลการปรับเทียบเวลาในการเดินทางของแบบจำลองฯ และการสำรวจจริง

จุดตรวจสอบ/ทิศทาง	ระยะเวลาในการเดินทาง (วินาที)		ผลแตกต่าง (ร้อยละ)	ผลการปรับเทียบแบบจำลอง
	จากการสำรวจ	จากแบบจำลอง		
สุขุมวิทมุ่งหน้าไปอุดมสุข	223	192	-13.90%	ผ่าน
สุขุมวิทมุ่งหน้าไปพระโขนง	251	263	4.78%	ผ่าน
เฉลี่ย				ผ่าน

ตารางที่ 4-7 ผลการปรับเทียบความยาวแถวคอยของแบบจำลองฯ และการสำรวจจริง

จุดตรวจสอบ	ทิศทางการกลับรถ	ความยาวแถวคอยเฉลี่ย (เมตร)		ผลแตกต่าง	
		จากการสำรวจ	จากแบบจำลอง	(เมตร)	(ร้อยละ)
จุดกลับรถจุดที่ 1 หน้าธนาคารกสิกรไทย สาขาบางจาก	มุ่งหน้าไปอุดมสุข	60	63	3	5.00%
	มุ่งหน้าไปพระโขนง	520	512	-8	-1.54%
จุดกลับรถจุดที่ 2 หน้าถนนสุขุมวิท 64/1	มุ่งหน้าไปอุดมสุข	500	504	4	0.80%
	มุ่งหน้าไปพระโขนง	400	390	-10	-2.50%

จากตารางที่ 4-5 เมื่อตรวจสอบความสอดคล้องของปริมาณจราจรด้วยวิธีทางสถิติ GEH Statistic พบว่า ค่า GEH ของทุกจุดสำรวจและทุกทิศทาง มีค่าน้อยกว่า 5.0 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (Acceptable) แสดงว่าแบบจำลองสามารถจำลองปริมาณการไหลของรถได้ถูกต้องแม่นยำ

จากตารางที่ 4-6 และตารางที่ 4-7 ค่าของความเร็วและความยาวแถวคอย มีผลต่างของค่าความเร็วเฉลี่ยและความยาวแถวคอยระหว่างแบบจำลองกับสภาพจริง อยู่ในช่วงความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ซึ่งสะท้อนถึงพฤติกรรมการขะลอตัวและการเกิดแถวคอยที่สมจริง

เพื่อให้มั่นใจว่าแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์อื่นได้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบความถูกต้อง (Model Validation) โดยใช้ชุดข้อมูลอีกชุดหนึ่งที่ไม่ได้ใช้ในขั้นตอนการปรับเทียบ โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีนำค่าพารามิเตอร์พฤติกรรมการขับขี่ที่ได้จากการปรับเทียบมาใช้ทดสอบกับชุดข้อมูลปริมาณจราจรช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (17:15-18:15 น.) แล้วทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลสำรวจจริง โดยมีผลการปรับเทียบข้อมูลดังตารางที่ 4-8 ถึงตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-8 ผลการปรับเทียบปริมาณจราจรของแบบจำลองฯ ตามเกณฑ์ของ GEH

จุดตรวจสอบ/ทิศทาง	ปริมาณจราจร (คัน/ชม.)		ผลแตกต่าง (ร้อยละ)	ค่า GEH	ผลการปรับเทียบแบบจำลอง
	จากการสำรวจ	จากแบบจำลอง			
1.ขาเข้า (Input)					
1.1 สุขุมวิทมุ่งหน้าไปอุดมสุข	3,432	3,431	-0.03%	0.02	ผ่าน
1.2 สุขุมวิทมุ่งหน้าไปพระโขนง	3,175	3,145	-0.94%	0.53	ผ่าน

ตารางที่ 4-8 (ต่อ)

จุดตรวจสอบ/ทิศทาง	ปริมาณจราจร (คัน/ชม.)		ผลแตกต่าง (ร้อยละ)	ค่า GEH	ผลการปรับเทียบแบบจำลอง
	จากการสำรวจ	จากแบบจำลอง			
2.จุดกลับรถ (U-Turn)					
2.1 จุดที่ 1 มุ่งหน้าไปอุดมสุข	276	334	21.01%	3.32	ผ่าน
2.2 จุดที่ 1 มุ่งหน้าไปพระโขนง	348	339	-2.59%	0.49	ผ่าน
2.3 จุดที่ 2 มุ่งหน้าไปอุดมสุข	258	236	-8.53%	1.40	ผ่าน
2.4 จุดที่ 2 มุ่งหน้าไปพระโขนง	453	542	19.65%	3.99	ผ่าน
3.ช่วงกลางระหว่างจุดกลับรถ (Mid-Block)					
3.1 สุขุมวิทมุ่งหน้าไปอุดมสุข	3,360	3,348	-0.36%	0.21	ผ่าน
3.2 สุขุมวิทมุ่งหน้าไปพระโขนง	3,443	3,296	-4.27%	2.53	ผ่าน
4.ขาออก (Output)					
4.1 สุขุมวิทมุ่งหน้าไปอุดมสุข	3,165	2,981	-5.81%	3.32	ผ่าน
4.2 สุขุมวิทมุ่งหน้าไปพระโขนง	3,515	3,297	-6.20%	3.74	ผ่าน
เฉลี่ย				1.95	ผ่าน

หมายเหตุ : จุดกลับรถจุดที่ 1 คือ หน้าธนาคารกสิกรไทย สาขาบางจาก
จุดกลับรถจุดที่ 2 คือ หน้าถนนสุขุมวิท 64/1

ตารางที่ 4-9 ผลการปรับเทียบเวลาในการเดินทางของแบบจำลองฯ และการสำรวจจริง

จุดตรวจสอบ/ทิศทาง	ระยะเวลาในการเดินทาง (วินาที)		ผลแตกต่าง (ร้อยละ)	ผลการปรับเทียบแบบจำลอง
	จากการสำรวจ	จากแบบจำลอง		
สุขุมวิทมุ่งหน้าไปอุดมสุข	241	170	-29.46%	ผ่าน
สุขุมวิทมุ่งหน้าไปพระโขนง	205	231	12.68%	ผ่าน
เฉลี่ย				ผ่าน

ตารางที่ 4-10 ผลการปรับเทียบความยาวแถวคอยของแบบจำลองฯ และการสำรวจจริง

จุดตรวจสอบ	ทิศทางการกลับรถ	ความยาวแถวคอยเฉลี่ย (เมตร)		ผลแตกต่าง	
		จากการสำรวจ	จากแบบจำลอง	(เมตร)	(ร้อยละ)
จุดกลับรถจุดที่ 1 หน้าธนาคารกสิกรไทย สาขาบางจาก	มุ่งหน้าไปอุดมสุข	10	4	-6	-60.00%
	มุ่งหน้าไปพระโขนง	510	453	-57	-11.18%
จุดกลับรถจุดที่ 2 หน้าถนนสุขุมวิท 64/1	มุ่งหน้าไปอุดมสุข	400	367	-33	-8.25%
	มุ่งหน้าไปพระโขนง	200	156	-44	-22.00%

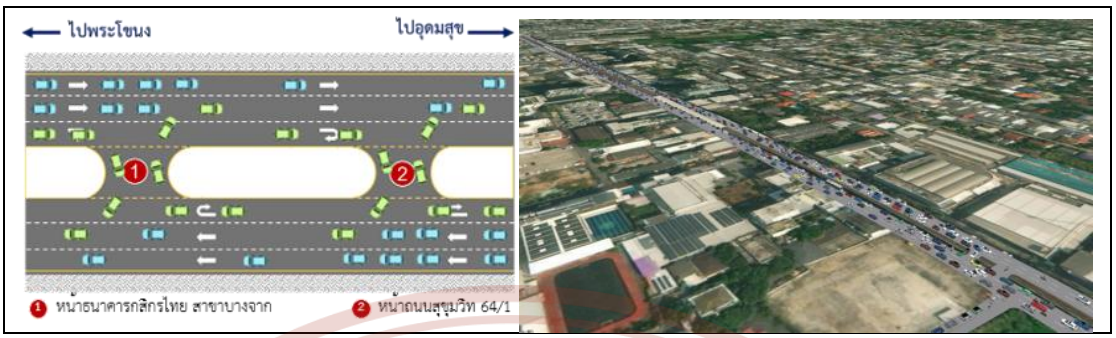
จากตารางที่ 4-8 ถึงตารางที่ 4-10 ผลการตรวจสอบความถูกต้องพบว่า ค่า GEH Statistic ของปริมาณจราจรในช่วงเร่งด่วนเย็น ยังคงมีค่าน้อยกว่า 5.0 ในทุกจุดตรวจวัด ค่าความคลาดเคลื่อนของตัวชี้วัดความเร็วและความยาวแถวคอย ยังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ ผลลัพธ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้อง (Valid) และมีความเสถียร สามารถจำลองสภาพจราจรที่มีลักษณะแตกต่างกัน (ระหว่างช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็น) ได้อย่างน่าเชื่อถือ จึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบการแก้ไขปัญหาในหัวข้อถัดไป

4.4.2 รูปแบบสถานการณ์จำลองในการแก้ไขปัญหา

จากผลการวิเคราะห์สภาพปัญหาการจราจรทางกายภาพและข้อจำกัดของพื้นที่ศึกษาที่ไม่สามารถขยายเขตทางเพิ่มเติมได้ ผู้วิจัยจึงได้นำแนวทางการบริหารจัดการจราจรและการควบคุมสัญญาณไฟ มาประยุกต์ใช้ โดยแปลงเป็นรูปแบบสถานการณ์จำลอง (Simulation Scenarios) ในโปรแกรม PTV VISSIM เพื่อประเมินและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจราจรและความปลอดภัยทางถนน โดยแบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.4.2.1 รูปแบบที่ 1 สภาพการจราจรปัจจุบัน

รูปแบบนี้เป็นการจำลองสภาพโครงข่ายและพฤติกรรมการจราจรที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบัน เพื่อใช้เป็นกรณีฐาน (Baseline) สำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับรูปแบบการแก้ไขปัญหาอื่น ๆ โดยมีลักษณะทางกายภาพเป็นโครงข่ายถนนขนาด 6 ช่องจราจร (ไป-กลับ) มีจุดเปิดเกาะกลางสำหรับเลี้ยวกลับรถ 2 แห่ง การควบคุมการจราจร เป็นการกลับรถแบบไม่มีสัญญาณไฟควบคุม ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถจะต้องใช้ดุลยพินิจในการหาจังหวะช่องว่าง (Gap Acceptance) เพื่อเบียดแทรกเข้าสู่กระแสจราจรหลักด้วยตนเอง ซึ่งเป็นรูปแบบที่สะท้อนถึงปัญหาแถวคอยสะสมและการตัดกระแสจราจรที่รุนแรง



ภาพที่ 4-9 แบบจำลองรูปแบบที่ 1 สภาพการจราจรปัจจุบัน

4.4.2.2 รูปแบบที่ 2 การจัดการทิศทางการเดินรถ

รูปแบบนี้พัฒนาขึ้นจากมาตรการแก้ไขปัญหาที่ 1 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความซับซ้อนของจุดตัดกระแสจราจร (Conflict Points) บริเวณจุดเปิดเกาะกลางถนน โดยมีการตั้งค่าเส้นทางการเคลื่อนที่ (Routing Decisions) ในแบบจำลองใหม่ คือ (1) จุดกลับรถหน้าธนาคารกสิกรไทย สาขาบางจาก กำหนดให้รองรับเฉพาะยานพาหนะที่ต้องการกลับรถมุ่งหน้าไปทางอุดมสุข เท่านั้น (ยกเลิกการกลับรถมุ่งหน้าพระโขนง) และ (2) จุดกลับรถบริเวณซอยสุขุมวิท 64/1 กำหนดให้รองรับเฉพาะยานพาหนะที่ต้องการกลับรถมุ่งหน้าไปทางพระโขนงเท่านั้น (ยกเลิกการกลับรถมุ่งหน้าอุดมสุข) การจำลองรูปแบบนี้จะช่วยจัดระเบียบการไหลของกระแสจราจรให้เป็นทิศทางเดียวกันในแต่ละจุด ลดปัญหาการกลับรถซ้อนคันที่กีดขวางช่องจราจรฝั่งตรงข้าม

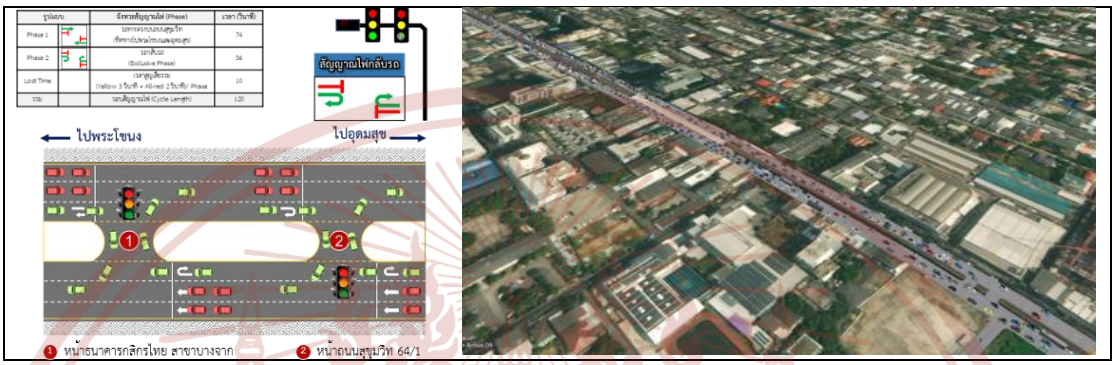


ภาพที่ 4-10 แบบจำลองรูปแบบที่ 2 การจัดการทิศทางการเดินรถ

4.4.2.3 รูปแบบที่ 3 การควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจร

รูปแบบนี้พัฒนาขึ้นจากมาตรการแก้ไขปัญหาที่ 2 เพื่อแก้ปัญหาการหาช่องว่างในการเลี้ยวกลับรถที่ทำได้ยากในชั่วโมงเร่งด่วน โดยมีการตั้งค่าในแบบจำลองใหม่ คือ (1) ทำการติดตั้งระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร บริเวณจุดกลับรถทั้ง 2 จุด โดยใช้รูปแบบการควบคุมแบบกำหนดเวลาตายตัว (Fixed-time Control) (2) การจัดการสิทธิ์การใช้ทาง โดยกำหนดเฟสสัญญาณไฟเพื่อแยกกระแสจราจรทางตรงและกระแสจราจรเลี้ยวกลับรถออกจากกัน เพื่อกำจัดจุดขัดแย้งประเภท

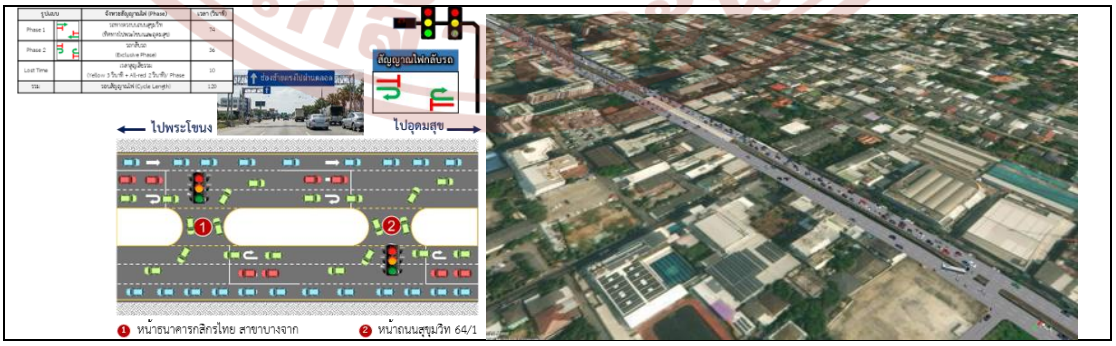
การตัดหน้า (Crossing Conflict) และ (3) กำหนดรอบสัญญาณไฟ (Cycle Length) ให้มีความสอดคล้องกับทางแยกสัญญาณไฟใกล้เคียง (แยกสุขุมวิท 101/1) เพื่อให้กระแสจราจรทางตรงสามารถเคลื่อนที่ผ่านโครงข่ายได้อย่างต่อเนื่องมากที่สุด



ภาพที่ 4-11 แบบจำลองรูปแบบที่ 3 การควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจร

4.4.2.4 รูปแบบที่ 4 การปรับรูปแบบเดินรถร่วมกับสัญญาณไฟ

รูปแบบนี้พัฒนาขึ้นจากมาตรการแก้ไขปัญหาที่ 3 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อชดเชยเวลาที่สูญเสียไป (Lost Time) ของรถวิ่งทางตรงจากการที่ต้องหยุดรอสัญญาณไฟแดง โดยเพิ่มการจัดการในแบบจำลอง คือ (1) การประยุกต์ใช้ช่องทางผ่านตลอด กำหนดให้ช่องจราจรซ้ายสุด (ช่องทางที่ 1 จากไหล่ทาง) เป็นช่องทางซ้ายผ่านตลอด (Continuous Flow Lane) โดยยานพาหนะในช่องทางนี้สามารถขับผ่านบริเวณจุดกลับรถได้โดยไม่ต้องหยุดรอสัญญาณไฟ และ (2) การตั้งค่าในแบบจำลองโดยกำหนดพื้นที่ห้ามเปลี่ยนช่องจราจร (No Lane Change Zone) เป็นระยะทาง 50 เมตรก่อนถึงจุดกลับรถ เพื่อจำลองพฤติกรรมการบีบบังคับให้รถที่ต้องการวิ่งผ่านตลอดอยู่ในช่องทางซ้ายสุดเท่านั้น ซึ่งคาดว่าจะช่วยเพิ่มความจุของถนนและลดความล่าช้าเฉลี่ยของโครงข่ายในภาพรวมได้อย่างมีนัยสำคัญ



ภาพที่ 4-12 แบบจำลองรูปแบบที่ 4 การปรับรูปแบบเดินรถร่วมกับสัญญาณไฟ

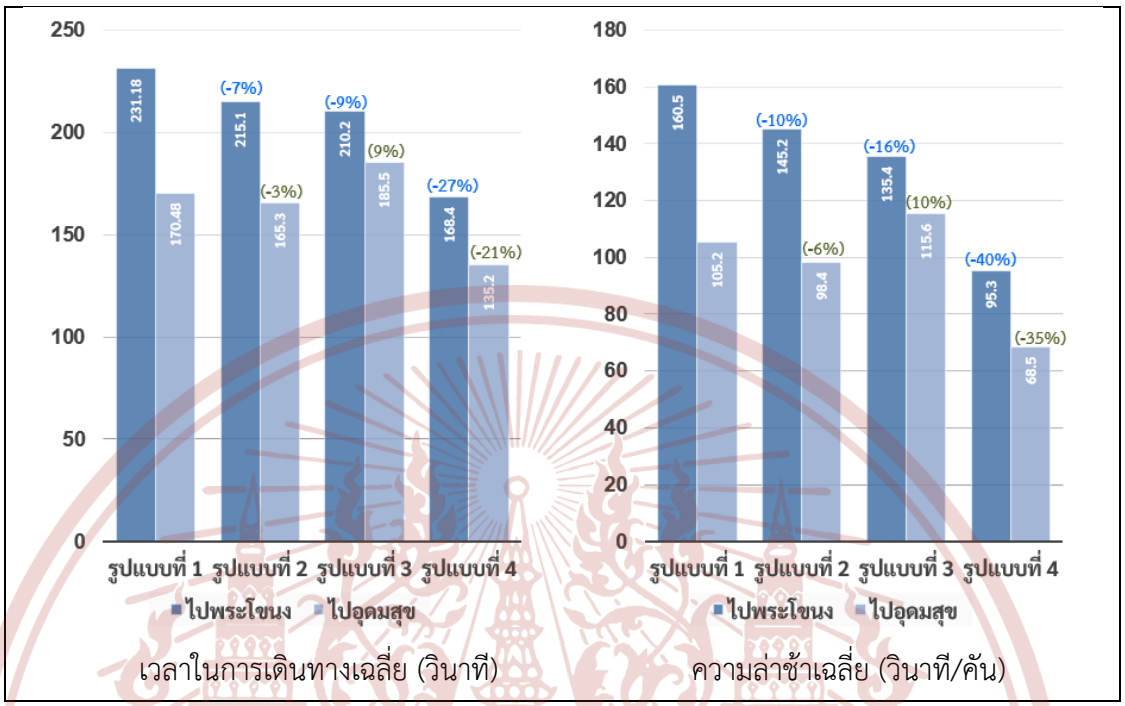
4.5 ผลการประเมินประสิทธิภาพการจราจร

จากการจำลองสถานการณ์และวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการดำเนินงานจราจร (KPIs) ในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ เวลาในการเดินทาง (Travel Time) และความล่าช้าเฉลี่ย (Average Delay) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4-11 พบว่า รูปแบบที่ 1 (สภาพการจราจรปัจจุบัน) มีค่าความล่าช้าสูงสุด โดยเฉพาะทิศทางมุ่งหน้าพระโขนงที่มีเวลาเดินทางเฉลี่ยสูงถึง 231.18 วินาที ซึ่งเป็นผลมาจากกระแสจราจรทางตรงถูกตัดขวางโดยรถที่รอกลับรถในช่องทางขวา ทำให้เกิดความจุถนนลดลง และเมื่อพิจารณารูปแบบที่ 3 (การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร) พบว่าเวลาในการเดินทางเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในทิศทางมุ่งหน้าอุดมสุข คิดเป็นร้อยละ 8.81 เนื่องจากการที่กระแสจราจรทางตรงต้องหยุดรอรอบสัญญาณไฟ แม้จะช่วยให้การจราจรสามารถกลับรถได้ดีขึ้น แต่ย่อมส่งผลกระทบต่อความต่อเนื่องของการไหลของรถทางตรง อย่างไรก็ตาม เมื่อนำมาตรการในรูปแบบที่ 4 (การติดตั้งสัญญาณไฟร่วมกับการปรับการเดินรถซ้ายผ่านตลอด) มาใช้ พบว่าเป็นรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยความล่าช้าเฉลี่ยต่อคันสามารถลดลงได้อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในทิศทางมุ่งหน้าอุดมสุข (ลดลงร้อยละ 34.89) และทิศทางมุ่งหน้าพระโขนง (ลดลงร้อยละ 40.62) การบริหารจัดการให้ช่องจราจรซ้ายสุดสามารถเคลื่อนตัวได้ตลอดเวลา (Continuous Flow) ช่วยชดเชยเวลาที่สูญเสียไปจากจังหวะสัญญาณไฟแดงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 4-11 ผลการวิเคราะห์เวลาในการเดินทางและความล่าช้าของแบบจำลองแต่ละรูปแบบ

รูปแบบการจำลอง	ทิศทาง (ถนนสุขุมวิท)	เวลาในการเดินทางเฉลี่ย (วินาที)	ความแตกต่าง (%)	ความล่าช้า (วินาที/คัน)	ความแตกต่าง (%)
รูปแบบที่ 1 (สภาพการจราจรปัจจุบัน)	ไปอุดมสุข	170.48	-	105.20	-
	ไปพระโขนง	231.18	-	160.50	-
รูปแบบที่ 2 (การปรับปรุงด้วยมาตรการ)	ไปอุดมสุข	165.30	-3.04	98.40	-6.46
	ไปพระโขนง	215.10	-6.96	145.20	-9.53
รูปแบบที่ 3 (ติดตั้งสัญญาณไฟจราจร)	ไปอุดมสุข	185.50	+8.81	115.60	+9.89
	ไปพระโขนง	210.20	-9.08	135.40	-15.64
รูปแบบที่ 4 (ติดตั้งสัญญาณไฟและปรับการเดินรถ)	ไปอุดมสุข	135.20	-20.69	68.50	-34.89
	ไปพระโขนง	168.40	-27.16	95.30	-40.62

หมายเหตุ : จุดตรวจสอบพิจารณาบนโครงข่ายระยะทางประมาณ 1,200 เมตร ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาบนถนนสุขุมวิทช่วงสะพานลอยด้านหน้าบริษัท ดีเคเอสเอช (ประเทศไทย) จำกัด จนถึงสะพานลอยบริเวณถนนสุขุมวิท 101/1



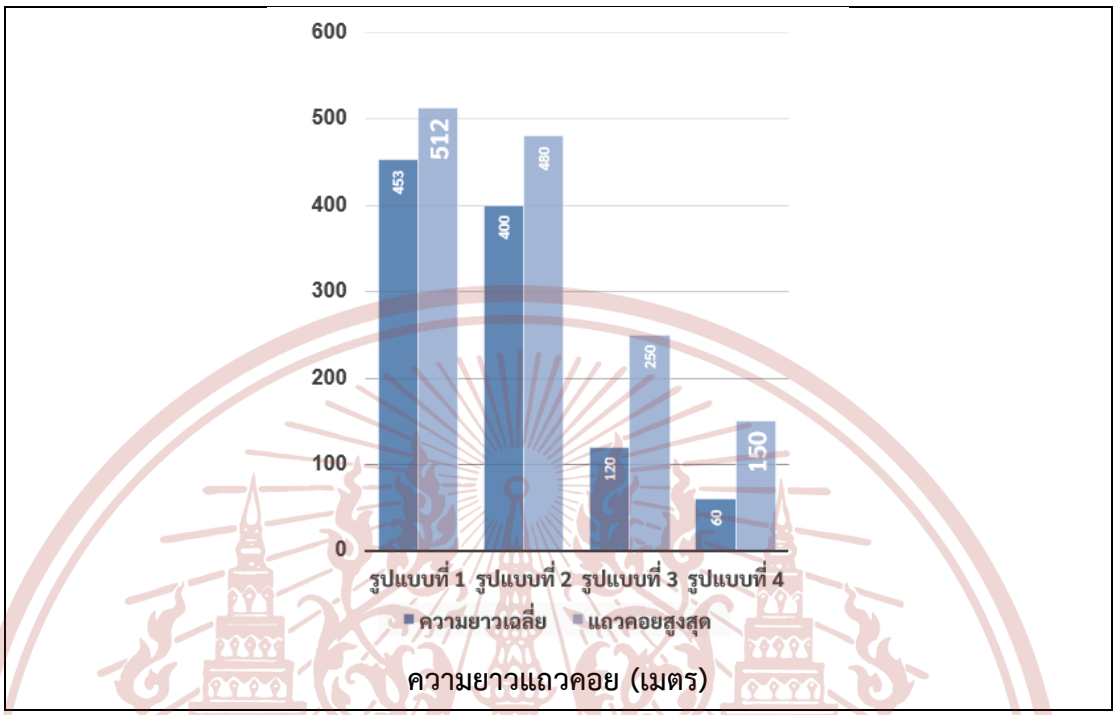
ภาพที่ 4-13 เปรียบเทียบเวลาในการเดินทางและความล่าช้าของแบบจำลองแต่ละรูปแบบ

ในด้านปัญหาความยาวแถวคอย (Queue Length) พบว่ารูปแบบที่ 1 มีปัญหาแถวคอยสะสมยาวสูงสุดถึง 512 เมตร บริเวณจุดกลับรถหน้าธนาคารกสิกรไทย สาขาบางจาก ซึ่งมีความเสี่ยงสูงในการกีดขวางทางแยกใกล้เคียง การใช้มาตรการในรูปแบบที่ 4 สามารถลดความยาวแถวคอยสูงสุดลงเหลือเพียง 150 เมตร ซึ่งช่วยลดผลกระทบต่อโครงข่ายจราจรในภาพรวมได้อย่างเด่นชัด รายละเอียดดังตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-12 ผลการวิเคราะห์ความยาวแถวคอยสะสมสูงสุดของแบบจำลองแต่ละรูปแบบ

จุดตรวจสอบ	ทิศทางการกลับรถ	ความยาวแถวคอยเฉลี่ย (ความยาวแถวคอยสูงสุด), เมตร			
		รูปแบบที่ 1 (สภาพการจราจรปัจจุบัน)	รูปแบบที่ 2 (การปรับปรุงด้วยมาตรการ)	รูปแบบที่ 3 (ติดตั้งสัญญาณไฟจราจร)	รูปแบบที่ 4 (ติดตั้งสัญญาณไฟและปรับการเดินรถ)
จุดกลับรถจุดที่ 1 หน้าธนาคารกสิกรไทย สาขาบางจาก	ไปอุดมสุข	4 (65)	4 (60)	15 (85)	2 (35)
	ไปพระโขนง	453 (512)	400 (480)	120 (250)	60 (150)
จุดกลับรถจุดที่ 2 หน้าสุขุมวิท 64/1	ไปอุดมสุข	367 (505)	320 (450)	110 (220)	45 (120)
	ไปพระโขนง	156 (370)	140 (350)	80 (180)	30 (100)

หมายเหตุ : จุดตรวจสอบวัดระยะจากเส้นหยุดบริเวณจุดกลับรถแต่ละจุดในช่วงเวลาเร่งด่วน



หมายเหตุ : กราฟเปรียบเทียบความยาวแถวคอยบริเวณจุดคอขวดวิกฤต (จุดกลับรถหน้าธนาคารกสิกรไทย ทิศทางมุ่งหน้าพระโขนง)

ภาพที่ 4-14 เปรียบเทียบความยาวแถวคอยเฉลี่ยและแถวคอยสะสมสูงสุดบริเวณจุดกลับรถ

เพื่อยืนยันนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยได้ทำการประเมินประสิทธิภาพในภาพรวม (Network Performance) จากการจำลองจำนวน 10 รอบ เพื่อหาค่าเฉลี่ยและช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval) ดังแสดงในตารางที่ 4-13 ผลการประเมินประสิทธิภาพการดำเนินงานจราจรในภาพรวมบนโครงข่ายระยะทาง 1,200 เมตร ชี้ให้เห็นว่า รูปแบบที่ 4 ซึ่งเป็นการบูรณาการระบบควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจรร่วมกับการจัดการช่องทางซ้ายผ่านตลอด (Continuous Flow) เป็นมาตรการที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการบรรเทาปัญหาจราจรเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองฐาน โดยสามารถยกระดับความคล่องตัวของโครงข่ายได้อย่างมีนัยสำคัญ เห็นได้จากการลดลงของค่าความล่าช้าเฉลี่ย (Average Delay) ถึงร้อยละ 38.3 (จาก 132.8 เหลือ 81.9 วินาทีต่อคัน) และลดเวลาในการเดินทางเฉลี่ย (Travel Time) ลงร้อยละ 24.3 (จาก 200.5 เหลือ 151.8 วินาที) นอกจากนี้ การจัดสรรสิทธิ์การใช้ทาง (Right-of-way) ที่เป็นระบบ ยังช่วยแก้ปัญหาแถวคอยสะสมย้อนกลับ (Queue Spillback) อันเกิดจากข้อจำกัดในการหาช่องว่าง (Gap Acceptance) ของรถกลับรถ โดยสามารถลดความยาวแถวคอยสูงสุดลงได้ถึงร้อยละ 70.7 (จาก 512.0 เมตร เหลือ 150.0 เมตร) ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวช่วยชดเชยเวลาที่สูญเสียไป (Lost Time) ของรถทางตรงด้วยช่องทางอิสระ ควบคู่กับการควบคุมจุดตัดกระแสจราจร สามารถเพิ่มเสถียรภาพและประสิทธิภาพการระบายรถของโครงข่ายได้อย่างเป็นรูปธรรม

ตารางที่ 4-13 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดำเนินงานจราจรในภาพรวมระหว่างแบบจำลองฐานและรูปแบบการจำลองแต่ละรูปแบบ

ตัวชี้วัด (Unit)	นิยาม/ขอบเขตพื้นที่	แบบจำลองฐาน	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4
Delay (วินาที/คัน)	ความล่าช้าเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษา	132.8 ± 8.5	121.5 ± 7.2	125.5 ± 6.0	81.9 ± 4.5
Travel Time (วินาที)	เวลาเดินทางเฉลี่ย (1,200 เมตร)	200.5 ± 12.0	190.2 ± 10.5	197.8 ± 9.5	151.8 ± 7.2
Queue (เมตร)	แถวคอยสูงสุดที่จุดกลับรถ	512.0 ± 25.0	480.0 ± 22.0	250.0 ± 15.0	150.0 ± 10.0

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงคือค่าเฉลี่ยจากการจำลองจำนวน 10 รอบ พร้อมช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval) และร้อยละการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับแบบจำลองฐาน

4.6 ผลการประเมินความปลอดภัยทางถนนด้วย SSAM

เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ในมิติด้านความปลอดภัย ผู้วิจัยได้นำข้อมูลวิถีการเคลื่อนที่ (Trajectory Data) จาก PTV VISSIM มาวิเคราะห์จุดขัดแย้งทางจราจร (Conflict Points) ผ่านแบบจำลอง SSAM ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบดังแสดงในตารางที่ 4-14 สะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของมาตรการที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนี้

4.6.1 จำนวนจุดขัดแย้งรวม (Total Conflicts)

ในรูปแบบที่ 1 พบว่า จำนวนจุดขัดแย้งรวมสูงถึง 4,327 ครั้ง/ชั่วโมง ซึ่งสะท้อนสภาพการจราจรที่หนาแน่นและการแย่งชิงพื้นที่ (Right-of-way) บริเวณจุดกลับรถ เมื่อใช้มาตรการรูปแบบที่ 4 จำนวนจุดขัดแย้งรวมลดลงเหลือเพียง 1,132 ครั้ง/ชั่วโมง หรือคิดเป็นอัตราการลดลงร้อยละ 73.84

4.6.2 ความขัดแย้งแบบตัดกระแส (Crossing Conflict)

เป็นรูปแบบที่มีความรุนแรงและเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุร้ายแรงที่สุด พบว่า มีสถิติลดลงจาก 52 ครั้ง/ชั่วโมง ในกรณีฐาน เหลือเพียง 2 ครั้ง/ชั่วโมง ในรูปแบบที่ 4 ผลลัพธ์นี้เกิดจากการแยกเฟสสัญญาณไฟ (Signal Phasing) ที่ช่วยจัดสรรเวลา ทำให้รถกลับรถและรถทางตรงไม่เกิดการเคลื่อนที่ตัดกันในจังหวะเดียวกัน

4.6.3 ความขัดแย้งแบบชนท้าย (Rear-end Conflict)

จำนวนจุดขัดแย้งทางจราจรลดลงอย่างมากจาก 3,850 ครั้ง/ชั่วโมง เป็น 980 ครั้ง/ชั่วโมง ในรูปแบบที่ 4 เนื่องจากการจัดระเบียบจราจรทำให้กระแสรถมีความต่อเนื่อง ลดพฤติกรรมการเบรกกะทันหันและการเปลี่ยนเลนเพื่อชะลอรถ

4.6.4 การประเมินระยะเวลาที่เสี่ยงต่อการชน (TTC Mean)

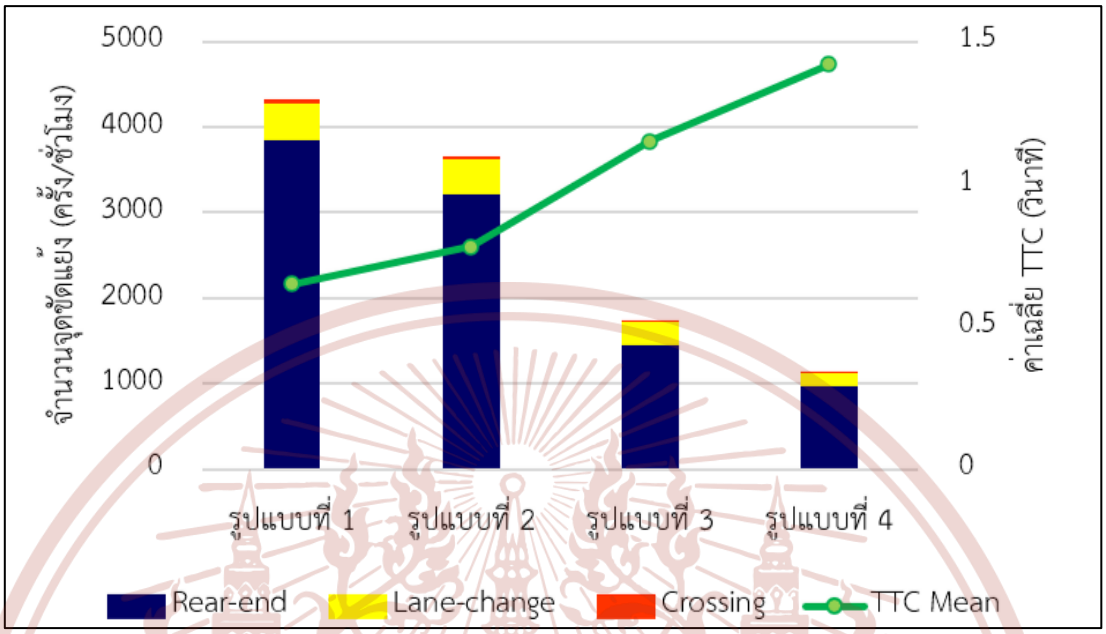
การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่เสี่ยงต่อการชน พบว่าในรูปแบบที่ 4 ค่าเฉลี่ย TTC เพิ่มขึ้นเป็น 1.42 วินาที เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยของ Federal Highway Administration (FHWA) ที่กำหนดค่าวิกฤต (Threshold) ไว้ที่ 1.5 วินาที พบว่าแม้ค่าเฉลี่ยที่ได้จะยังต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานเล็กน้อย แต่แสดงถึงการพัฒนาความปลอดภัยที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เมื่อเทียบกับกรณีฐานที่มีค่าเพียง 0.65 วินาที สิ่งนี้ส่งผลให้ผู้ขับขี่มีระยะเวลาในการตัดสินใจเพื่อหลีกเลี่ยงการชนเพิ่มมากขึ้น ทำให้ความเสี่ยงอุบัติเหตุลดลงได้จริงในเชิงวิศวกรรม

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของจุดอันตราย (Spatial Distribution) พบว่าในรูปแบบที่ 1 จุดขัดแย้งประเภท Crossing และ Rear-end กระจุกตัวอยู่อย่างหนาแน่นบริเวณปากทางจุดกลับรถ แต่ในรูปแบบที่ 4 จุดขัดแย้งดังกล่าวถูกกำจัดออกไปเกือบทั้งหมดจากการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร คงเหลือเพียงจุดขัดแย้งประเภท Lane-change ระดับต่ำบริเวณพื้นที่ตัดกระแสจราจร (Weaving Area) ก่อนถึงจุดกลับรถ ซึ่งแสดงถึงความเสี่ยงที่ลดลงอย่างชัดเจนในเชิงกายภาพ

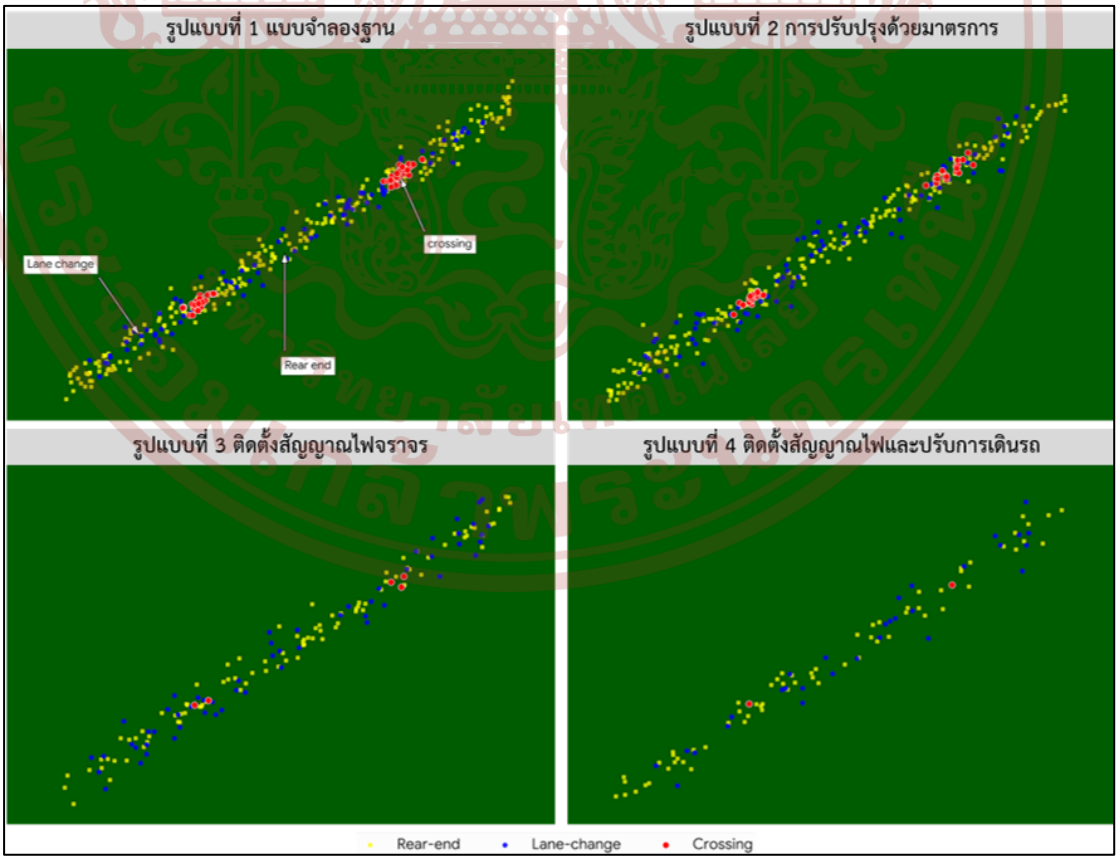
ตารางที่ 4-14 ผลการวิเคราะห์จำนวนจุดขัดแย้งทางจราจรและค่าเฉลี่ย TTC ของแต่ละแบบจำลอง

รูปแบบการจำลอง	จำนวนจุดขัดแย้งทางจราจร (ครั้ง/ชั่วโมง)				TTC Mean (วินาที)
	Crossing	Rear-end	Lane-change	Total	
รูปแบบที่ 1 แบบจำลองฐาน	52	3,850	425	4,327	0.65
รูปแบบที่ 2 การปรับปรุงด้วยมาตรการ	38	3,210	410	3,658	0.78
รูปแบบที่ 3 ติดตั้งสัญญาณไฟจราจร	5	1,450	280	1,735	1.15
รูปแบบที่ 4 ติดตั้งสัญญาณไฟและปรับการเดินรถ	2	980	150	1,132	1.42

หมายเหตุ : วิเคราะห์ข้อมูลวิถีการเคลื่อนที่ (Trajectory Data) จาก PTV VISSIM โดยกำหนดเกณฑ์ TTC ไม่เกิน 1.5 วินาที



ภาพที่ 4-15 กราฟเปรียบเทียบสัดส่วนประเภทจุดขัดแย้งและแนวโน้มค่าเฉลี่ย TTC ในแต่ละรูปแบบการจำลอง



ภาพที่ 4-16 การแสดงผลความขัดแย้งในแบบจำลอง SSAM

4.7 สรุปผลการวิเคราะห์ในพื้นที่ศึกษา

จากการศึกษาและประเมินรูปแบบการจัดการจราจรบริเวณจุดกลับรถสุขุมวิท 64/1 และหน้าธนาคารกสิกรไทย สาขาบางจาก สามารถสรุปได้ว่า รูปแบบที่ 4 ซึ่งประกอบด้วยการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรควบคุมจุดกลับรถร่วมกับการจัดช่องทางซ้ายผ่านตลอด (Continuous Flow) เป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพสูงสุด รูปแบบดังกล่าวสามารถรักษาสมดุลระหว่างการระบายกระแสจราจรและความปลอดภัยได้อย่างลงตัว โดยสามารถลดความล่าช้าเฉลี่ยได้ร้อยละ 38.30 และลดความยาวแถวคอยได้ร้อยละ 70.70 เมื่อเทียบกับกรณีฐาน

ในด้านความปลอดภัย แม้ค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่เสี่ยงต่อการชน (TTC Mean) ที่ 1.42 วินาที จะต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 1.5 วินาทีของ FHWA เล็กน้อย แต่แนวโน้มการพัฒนาความปลอดภัยจากการใช้จังหวะสัญญาณไฟแบบ Exclusive Phase ชี้ให้เห็นถึงความสำเร็จในการกำจัดจุดขัดแย้งแบบตัดกระแส (Crossing Conflict) ได้เกือบสมบูรณ์ นอกจากนี้ ผลการจำลองยังยืนยันว่าการใช้รอบสัญญาณไฟ 120 วินาที ไม่ก่อให้เกิดปัญหาแถวคอยสะสมย้อนกลับ (Queue Spillback) จนเกิดผลกระทบเชิงระบบ (Shockwave) ต่อทางแยกข้างเคียงแต่อย่างใด

ทั้งนี้ เพื่อให้การนำรูปแบบที่เสนอไปปรับใช้ในพื้นที่จริงเกิดประสิทธิภาพสูงสุด การบังคับใช้กฎหมายและมาตรการเสริมทางวิศวกรรม เช่น การติดตั้งป้ายเตือนล่วงหน้า การบริหารจัดการเดินรถประจำทาง และการใช้เทคโนโลยีกล้องตรวจจับฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร (Red Light Camera) จะถูกนำเสนอเป็นข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในบทที่ 5 ต่อไป

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยการประเมินรูปแบบการจัดการจราจรบริเวณจุดกลับรถบนถนนสุขุมวิท บริเวณซอยสุขุมวิท 64/1 และหน้าธนาคารกสิกรไทย สาขาบางจาก มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาความล่าช้าและการเกิดอุบัติเหตุจากการตัดกระแสจราจร โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์ระดับจุลภาค (Microscopic Traffic Simulation) ด้วยโปรแกรม PTV VISSIM และประเมินความปลอดภัยด้วยโปรแกรม SSAM ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และนำเสนอข้อเสนอแนะได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการเปรียบเทียบรูปแบบสถานการณ์จำลอง (Scenarios) ทั้ง 4 รูปแบบ พบว่า รูปแบบที่ 4 ซึ่งเป็นการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรควบคุมจุดกลับรถร่วมกับการจัดการช่องทางซ้ายผ่านตลอด (Continuous Flow) เป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมสูงสุดในการนำมาแก้ไขปัญหาในพื้นที่ศึกษา โดยมีผลการศึกษา ดังนี้

5.1.1 ด้านประสิทธิภาพการจราจร

การใช้มาตรการในรูปแบบที่ 4 สามารถยกระดับความคล่องตัวของโครงข่ายได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาจากผลการจำลองระยะทาง 1,200 เมตร พบว่าสามารถลดค่าความล่าช้าเฉลี่ย (Average Delay) ลงได้อย่างชัดเจนถึงร้อยละ 38.3 (จาก 132.8 วินาที/คัน เหลือเพียง 81.9 วินาที/คัน) และช่วยบรรเทาปัญหาการล้นทะลักของแถวคอยกีดขวางช่องจราจรทางตรง โดยสามารถลดความยาวแถวคอยสะสมสูงสุด (Maximum Queue Length) จาก 512.0 เมตร ในแบบจำลองฐาน เหลือเพียง 150.0 เมตร ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนการลดลงสูงถึงร้อยละ 70.7 นอกจากนี้ เวลาในการเดินทางเฉลี่ย (Travel Time) ยังลดลงจาก 200.5 วินาที เหลือ 151.8 วินาที หรือคิดเป็นการลดลงร้อยละ 24.3 การจำลองยังชี้ให้เห็นว่าการกำหนดรอบสัญญาณไฟ (Cycle Length) ที่ 120 วินาที เป็นระยะเวลาที่มีความเหมาะสม โดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาแถวคอยสะสมย้อนกลับ (Queue Spillback) จนส่งผลกระทบต่อเนื่องทางลบ (Shockwave) ไปยังทางแยกข้างเคียง

5.1.2 ด้านความปลอดภัยทางถนน

ผลการวิเคราะห์จุดขัดแย้งทางจราจร (Conflict Points) แสดงให้เห็นว่า รูปแบบที่ 4 สามารถพัฒนาระดับความปลอดภัยได้อย่างเป็นรูปธรรม แม้ว่าค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่เสี่ยงต่อการชน (TTC Mean) ที่วิเคราะห์ได้จะอยู่ที่ 1.42 วินาที ซึ่งยังคงต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยที่ 1.5 วินาที ขององค์การบริหารทางหลวงแห่งสหพันธรัฐ (FHWA) เล็กน้อย แต่ถือเป็นแนวโน้มการพัฒนาที่ดีขึ้น

อย่างก้าวกระโดดเมื่อเทียบกับสภาพปัจจุบัน (0.65 วินาที) ทั้งนี้เป็นผลมาจากการใช้จังหวะสัญญาณไฟแบบแยกทิศทางอย่างเด็ดขาด (Exclusive Phase) ที่ช่วยกำจัดจุดขัดแย้งประเภทการตัดหน้า (Crossing Conflict) ได้เกือบสมบูรณ์

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

แม้ผลการจำลองจะยืนยันถึงประสิทธิภาพของการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรและการจัดช่องทางซ้ายผ่านตลอด แต่ค่าความปลอดภัย (TTC Mean) ที่ยังไม่พ้นเกณฑ์วิกฤตอย่างสมบูรณ์ สะท้อนให้เห็นถึงความท้าทายในเชิงกายภาพของพื้นที่ศึกษา ปัญหาดังกล่าวเกิดจากพฤติกรรมการเปลี่ยนช่องจราจร (Lane-change) ในพื้นที่ตัดกระแสจราจร (Weaving Area) ก่อนเข้าสู่จุดกลับรถ ซึ่งมาตรการทางวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการกำจัดความเสี่ยงนี้ได้ทั้งหมด ดังนั้น ความสำเร็จของรูปแบบที่นำเสนอจึงต้องพึ่งพาการบังคับใช้กฎหมายและการให้ความรู้ควบคู่กันไปอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เพื่อเสริมสร้างความปลอดภัยในทางปฏิบัติอย่างยั่งยืน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและการนำไปใช้งานจริง

เพื่อให้การนำรูปแบบการแก้ไขปัญหาที่เสนอไปปรับใช้ในพื้นที่จริงเกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการบูรณาการมาตรการเสริม ดังต่อไปนี้

5.3.1.1 การจัดการทางกายภาพและป้ายจราจร

ควรมีการติดตั้งป้ายจราจรเตือนล่วงหน้า (Advance Warning Signs) และการตีเส้นจราจร (Pavement Marking) ให้ชัดเจนก่อนถึงจุดตัดสินใจ (Decision Point) ในระยะทางไม่น้อยกว่า 200 เมตร เพื่อจัดระเบียบพฤติกรรมการเปลี่ยนช่องจราจร (Weaving) ของยานพาหนะที่จะเลี้ยวเข้า-ออกบริเวณซอยสุขุมวิท 64/1 และช่วยลดความสับสนของผู้ขับขี่ในช่องทางซ้ายผ่านตลอด

5.3.1.2 การบริหารจัดการการเดินรถประจำทาง

ควรพิจารณาทบทวนและปรับย้ายตำแหน่งป้ายหยุดรถโดยสารประจำทาง (Bus Stop Relocation) ให้อยู่ห่างจากบริเวณจุดตัดกระแสจราจร เพื่อป้องกันปัญหารถโดยสารจอดกีดขวางความจุของถนน (Blocking) อันจะทำให้สูญเสียพื้นที่ผิวจราจร และเพื่อรักษาความต่อเนื่องของการไหลของกระแสจราจรในช่องทางซ้ายสุด

5.3.1.3 การบังคับใช้กฎหมายและเทคโนโลยีจราจร

นอกเหนือจากการกวดขันวินัยจราจรอย่างเคร่งครัดเพื่อป้องกันพฤติกรรมการกลับรถซ้อนคันและการควบคุมความเร็วแล้ว เสนอแนะให้มีการนำเทคโนโลยีกล้องตรวจจับฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร

(Red Light Camera) มาติดตั้งใช้งานร่วมกับมาตรการทางวิศวกรรม เพื่อควบคุมพฤติกรรมการขับขี่ที่ฝ่าฝืนกฎหมาย และเสริมสร้างความตระหนักรู้ด้านความปลอดภัยในพื้นที่อย่างยั่งยืน

5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาวิจัยในอนาคต

5.3.2.1 การขยายขอบเขตพื้นที่ศึกษาในแบบจำลอง

ควรขยายพื้นที่ให้ครอบคลุมทางแยกสัญญาณไฟที่อยู่ต่อเนื่องกันทั้งโครงข่าย เพื่อประเมินผลกระทบของการประสานสัญญาณไฟจราจร (Signal Coordination) ต่อการเคลื่อนที่ของกลุ่มรถ (Platoon)

5.3.2.2 ภายหลังจากการนำมาตรการไปติดตั้งใช้งานจริง

ควรมีการเก็บข้อมูลสถิติอุบัติเหตุและปริมาณจราจรภาคสนามอีกครั้งในอนาคต เพื่อนำมาเปรียบเทียบและประเมินความแม่นยำของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองในงานวิจัยนี้

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กรมทางหลวง. คู่มือความจุทางหลวงสำหรับทางหลวงหลายช่องจราจร. (ม.ป.ท.) : กระทรวงคมนาคม, 2566.

ธีรพล ลดาลลิตสกุล. การศึกษาลักษณะการจราจรบริเวณจุดกลับรถในแนวราบที่ไม่มีช่องจราจรสำหรับทำการกลับรถ : กรณีศึกษาจุดกลับรถบนถนนแจ้งวัฒนะ กม.7+760.170. ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2548.

บัญชา มะโน และกิตติชัย ธนทรัพย์สิน. “การประเมินประสิทธิภาพจราจรและความปลอดภัยของจุดกลับรถแบบไม่มีช่องรอเลี้ยว.” วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. 15(2) (2565): 45-58.

พิกุล ผาหลัก และนพดล กรประเสริฐ. “การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของจุดเปิดเกาะกลางกลับรถแบบจำกัดยานพาหนะ โดยใช้แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาค.” ใน การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 25 ชลบุรี : มหาวิทยาลัยบูรพา, 2563.

วัชรพงษ์ วรรณวัต และกิตติชัย ธนทรัพย์สิน. “การศึกษาการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพจุดกลับรถบนถนนจรัญสนิทวงศ์บริเวณจุดกลับรถหน้าสถานีดับเพลิงบางอ้อ.” วารสาร Engineering and Technology Horizons (ETH). 41(1) (2564).

วุฒิชัย วัติสุ และกิตติชัย ธนทรัพย์สิน. “การประยุกต์ใช้แบบจำลองจำลองการจราจรเพื่อประเมินความปลอดภัยบริเวณจุดกลับรถ: กรณีศึกษาหน้ากองบิน 2 จังหวัดลพบุรี.” วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 15(2) (2564 ก) : 45–58.

_____. “การศึกษาการปรับปรุงจุดกลับรถบริเวณจุดอันตรายกรณีศึกษาหน้ากองบิน 2 จังหวัดลพบุรี.” วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 12(1) (2564 ข): 140–148.

ศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุเพื่อเสริมสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนน. รายงานสถิติอุบัติเหตุทางถนนบริเวณถนนสุขุมวิท เขตพระโขนง ปี 2564-2568. [ออนไลน์] 2568. [สืบค้นเมื่อ 22 มิถุนายน 2569]. จาก http://www.thairsc.com

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. โครงการมาตรฐานด้านการจัดระบบการจราจรในเมืองภูมิภาค: คู่มือการจัดระบบการจราจร. กรุงเทพมหานคร : กระทรวงคมนาคม, 2566 ก.

_____. โครงการศึกษาการแก้ไขปัญหาการจราจรทั้งระบบบนถนนสายหลักในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. กรุงเทพมหานคร : กระทรวงคมนาคม, 2566 ข.

ภาษาอังกฤษ

American Association of State Highway and Transportation Officials. A policy on the geometric design of highways and streets. 7th ed. Washington, DC : AASHTO, 2018.

Essa, M. and Sayed, T. "Estimating safety performance of signalized intersections using traffic simulation and extreme value theory." Accident Analysis & Prevention. 111 (2018) : 1–10.

Fakher, A. and Sayed, T. "Evaluation of the safety performance of U-turn movements at signalized intersections using automated video analysis." Journal of Safety Research. 74 (2020) : 1-12.

Fakher, M. and Sayed, T. "Evaluating the safety of U-turn median openings using microscopic simulation and surrogate safety measures." Transportation Research Record. 2674(11) (2020) : 353–365.

Fakher, S. and Sayed, T. "Safety performance evaluation of median U-turn intersections using empirical Bayes and cross-sectional methods." Accident Analysis & Prevention. 138 (2020) : 105457.

Federal Highway Administration. Median U-turn Intersection Design Guide. Washington, DC : U.S. Department of Transportation, 2014.

_____. Surrogate Safety Assessment Model (SSAM) - Software User Manual. Washington, DC : U.S. Department of Transportation, Publication No. FHWA-HRT-08-049, 2008.

Florida Department of Transportation. Median handbook. (n.p.) : (n.p.), 2014.

Gettman, D. and Head, L. Surrogate Safety Measures from Traffic Simulation Models. Washington, DC : Federal Highway Administration, Publication No. FHWA-RD-03-050, 2003.

Gipps, P. G. "A behavioural car-following model for computer simulation." Transportation Research Part B: Methodological. 15(2) (1981) : 105–111.

Haddon, W. "Advances in the epidemiology of injuries as a basis for public policy." Public Health Reports. 95(5) (1980) : 411–421.

Liu, H., Wang, X. and Li, Z. “Evaluation of U-turn design performance at signalized intersections in Shanghai.” Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems. 143(6) (2017) : 04017017.

Liu, P., Chen, Y., Yu, H. and Wang, W. “Safety and operational performance of signalized U-turn slots at median openings.” Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems. 143(8) (2017) : 04017031.

Meel, I. P., Satirasetthavee, D., Kanitpong, K. and Brannolte, U. “The optimal design of U-turns on Thai highways.” Acta Technica Jaurinensis. 7(1) (2014) : 21–32.

Minnesota Department of Transportation. Turn lane length for various speed roads. (n.p.) : (n.p.), 2008.

Mississippi Department of Transportation. Synthesis of J-Turn Design Standards and Criteria. Jackson, MS : MDOT, 2010.

Özkan, T. and Lajunen, T. “A new multi-dimensional traffic behaviour scale: Driving Style Questionnaire (DSQ).” Accident Analysis & Prevention. 37(3) (2005) : 553–564.

PTV Group. PTV VISSIM 2020 User Manual. Karlsruhe, Germany: PTV Group, 2020.

Reason, J., Manstead, A., Stradling, S., Baxter, J. and Campbell, K. “Errors and violations on the roads: A real distinction?.” Ergonomics. 33(10–11) (1990) : 1315–1332.

Skinner, B. F. Science and human behavior. (n.p.) : Macmillan, 1953.

Stover, V. G. and Koepke, F. J. Transportation and Land Development. Washington, DC: Institute of Transportation Engineers, 1988.

Transportation Research Board. Highway Capacity Manual: A Guide for Multimodal Mobility Analysis. 7th ed. Washington, DC : National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2022.

Treiber, M. and Kesting, A. Traffic flow dynamics: Data, models and simulation. (n.p.) : Springer, 2013.

Webster, F. V. Traffic signal settings (Road Research Technical Paper No. 39). (n.p.) : H.M. Stationery Office, 1958.

Wiedemann, R. Modeling of Mico-scopic Traffic Flow: Simulation Tool VISSIM. Papers presented at the CPC Seminar, Karlsruhe, 1999.

_____. Simulation des Straßenverkehrsflusses [Simulation of road traffic flow] (Schriftenreihe des Institut für Verkehrswesen, Heft 8). (n.p.) : Universität Karlsruhe, 1974.

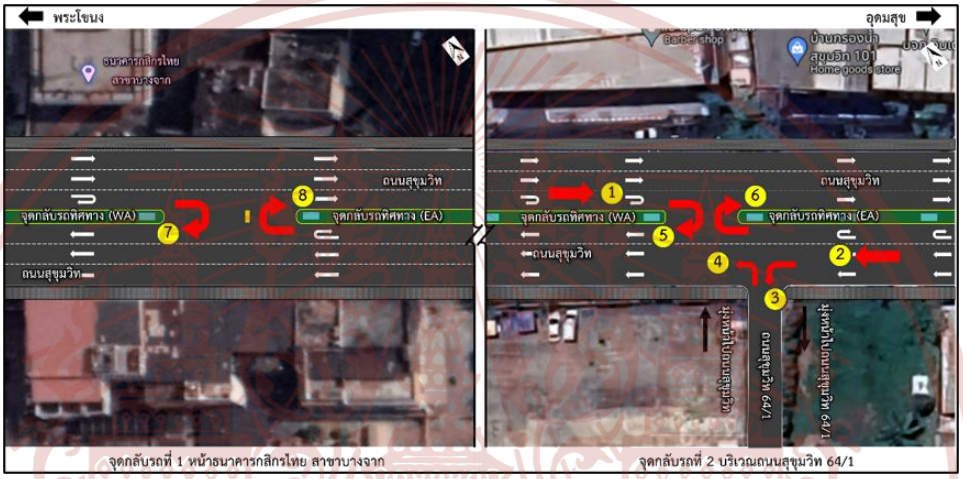
Wilde, G. J. S. Target risk: Dealing with the danger of death and disease in sport and society. (n.p.) : PDE Publications, 1994.

Zhao, C., Liu, X., Wu, T. and Zhang, W. “Median U-turn intersection critical parameter research and operational performance evaluation.” Applied Sciences. 14(23) (2024) : 11445.

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

ภาคผนวก ก
แบบสำรวจปริมาณจราจรบนช่วงถนน

ดำเนินการสำรวจปริมาณจราจรบนถนนสุขุมวิทในช่วงเวลาเร่งด่วน พบว่ามีปริมาณจราจรเร่งด่วนในช่วงเช้า (07:00 - 08:00 น.) และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (17:15 - 18:15 น.) แบ่งเป็นทิศทางของการจราจรได้จำนวน 8 ทิศทาง และแบ่งประเภทยานพาหนะออกเป็น 3 ประเภท คือ (1) รถจักรยานยนต์ (2) รถยนต์นั่งส่วนบุคคล และ (3) รถโดยสาร/รถบรรทุก เพื่อให้มีความเหมาะสมกับข้อมูลการสำรวจ



ภาพที่ ก-1 ทิศทางการสำรวจปริมาณจราจรในแต่ละทิศทาง

ตารางที่ ก-1 แบบสำรวจปริมาณจราจรบนช่วงถนน

แบบฟอร์มการสำรวจปริมาณจราจรบนช่วงถนน (Mid-Block Counts)

การศึกษาปรับปรุงจุดกลับรถบริเวณสุขุมวิท 64/1

จุดสำรวจ : จุดกลับรถบริเวณสุขุมวิท 64/1

ถนน : สุขุมวิท วันที่สำรวจ : 18/01/2566

ทิศทาง : จากพระโขนงไปอุดมสุข สภาพอากาศ : ปกติ

ทิศทาง : WA 1

ช่วงเวลา	รถจักรยานยนต์รถสามล้อเครื่อง	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลรถปิคอัพ	รถโดยสาร/รถบรรทุก
ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า			
07:00 - 07:15	182	495	10
07:15 - 07:30	195	502	13
07:30 - 07:45	218	513	11
07:45 - 08:00	189	524	9
ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น			
17:15 - 17:30	176	535	5
17:30 - 17:45	192	547	9
17:45 - 18:00	182	512	7
18:00 - 18:15	206	526	10

ตารางที่ ก-1 (ต่อ)

แบบฟอร์มการสำรวจปริมาณจราจรบนช่วงถนน (Mid-Block Counts)

การศึกษาปรับปรุงจุดกลับรถบริเวณสุขุมวิท 64/1

จุดสำรวจ : จุดกลับรถบริเวณสุขุมวิท 64/1

ถนน : สุขุมวิท วันที่สำรวจ : 18/01/2566

ทิศทาง : จากอุดมสุขไปพระโขนง สภาพอากาศ : ปกติ

ทิศทาง : EA

2

ช่วงเวลา	รถจักรยานยนต์รถสามล้อเครื่อง	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลรถปิคอัพ	รถโดยสาร/รถบรรทุก
ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า			
07:00 - 07:15	196	538	10
07:15 - 07:30	175	527	13
07:30 - 07:45	184	514	9
07:45 - 08:00	215	526	12
ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น			
17:15 - 17:30	162	524	12
17:30 - 17:45	185	541	8
17:45 - 18:00	193	512	10
18:00 - 18:15	201	537	11

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

ภาคผนวก ข
แบบสำรวจปริมาณจราจรที่เลี้ยวเข้า - ออกถนน

ตารางที่ ข-1 แบบสำรวจปริมาณจราจรที่เลี้ยวเข้า – ออกถนน

แบบฟอร์มการสำรวจปริมาณจราจรที่เลี้ยวเข้า-ออกถนนสุขุมวิท 64/1

การศึกษาปรับปรุงจุดกลับรถบริเวณสุขุมวิท 64/1

จุดสำรวจ : จุดกลับรถบริเวณสุขุมวิท 64/1

ถนน : สุขุมวิท วันที่สำรวจ : 18/01/2566

ทิศทาง : จากถนนสุขุมวิท สภาพอากาศ : ปกติ

ไปยังถนนสุขุมวิท 64/1

ทิศทาง : EA

3

ช่วงเวลา	รถจักรยานยนต์รถสามล้อเครื่อง	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลรถปิคอัพ	รถโดยสาร/รถบรรทุก
ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า			
07:00 - 07:15	2	2	0
07:15 - 07:30	4	1	0
07:30 - 07:45	6	3	0
07:45 - 08:00	2	2	0
ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น			
17:15 - 17:30	3	3	0
17:30 - 17:45	1	2	0
17:45 - 18:00	5	3	0
18:00 - 18:15	2	2	0

แบบฟอร์มการสำรวจปริมาณจราจรที่เลี้ยวเข้า-ออกถนนสุขุมวิท 64/1

การศึกษาปรับปรุงจุดกลับรถบริเวณสุขุมวิท 64/1

จุดสำรวจ : จุดกลับรถบริเวณสุขุมวิท 64/1

ถนน : สุขุมวิท วันที่สำรวจ : 18/01/2566

ทิศทาง : จากถนนสุขุมวิท 64/1 สภาพอากาศ : ปกติ

ไปยังถนนสุขุมวิท

ทิศทาง : SA

4

ช่วงเวลา	รถจักรยานยนต์รถสามล้อเครื่อง	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลรถปิคอัพ	รถโดยสาร/รถบรรทุก
ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า			
07:00 - 07:15	13	23	0
07:15 - 07:30	12	21	0
07:30 - 07:45	14	25	0
07:45 - 08:00	16	27	0
ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น			
17:15 - 17:30	13	21	0
17:30 - 17:45	8	19	0
17:45 - 18:00	6	14	0
18:00 - 18:15	15	19	0

ภาคผนวก ค

แบบสำรวจปริมาณจราจรบนจุดกลับรถ

ตารางที่ ค-1 แบบสำรวจปริมาณจราจรบนจุดกลับรถ

แบบฟอร์มการสำรวจปริมาณจราจรในแต่ละทิศทางการเคลื่อนที่ (Turning Movement Counts)

การศึกษาปรับปรุงจุดกลับรถบริเวณสุขุมวิท 64/1

จุดสำรวจ : จุดกลับรถบริเวณสุขุมวิท 64/1

ถนน : สุขุมวิท วันที่สำรวจ : 18/01/2566

ทิศทาง : จากพระโขนงไปจุดกลับรถ สภาพอากาศ : ปกติ

ทิศทาง : จุดกลับรถทิศทาง (WA)

5

ช่วงเวลา	รถจักรยานยนต์รถสามล้อเครื่อง	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลรถปิคอัพ	รถโดยสาร/รถบรรทุก
ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า			
07:00 - 07:15	21	69	2
07:15 - 07:30	28	74	3
07:30 - 07:45	23	72	1
07:45 - 08:00	29	81	2
ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น			
17:15 - 17:30	18	87	1
17:30 - 17:45	21	85	0
17:45 - 18:00	25	94	0
18:00 - 18:15	23	98	1

แบบฟอร์มการสำรวจปริมาณจราจรในแต่ละทิศทางการเคลื่อนที่ (Turning Movement Counts)

การศึกษาปรับปรุงจุดกลับรถบริเวณสุขุมวิท 64/1

จุดสำรวจ : จุดกลับรถบริเวณสุขุมวิท 64/1

ถนน : สุขุมวิท วันที่สำรวจ : 18/01/2566

ทิศทาง : จากอุดมสุขไปจุดกลับรถ สภาพอากาศ : ปกติ

ทิศทาง : จุดกลับรถทิศทาง (EA)

6

ช่วงเวลา	รถจักรยานยนต์รถสามล้อเครื่อง	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลรถปิคอัพ	รถโดยสาร/รถบรรทุก
ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า			
07:00 - 07:15	16	32	1
07:15 - 07:30	12	29	2
07:30 - 07:45	21	48	2
07:45 - 08:00	21	41	1
ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น			
17:15 - 17:30	22	33	2
17:30 - 17:45	19	42	1
17:45 - 18:00	25	39	2
18:00 - 18:15	32	40	1

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

แบบฟอร์มการสำรวจปริมาณจราจรในแต่ละทิศทางการเคลื่อนที่ (Turning Movement Counts)

การศึกษาปรับปรุงจุดกลับรถบริเวณสุขุมวิท 64/1

จุดสำรวจ : จุดกลับรถหน้าธนาคารกสิกรไทย

ถนน : สุขุมวิท วันที่สำรวจ : 18/01/2566

ทิศทาง : จากพระโขนงไปจุดกลับรถ สภาพอากาศ : ปกติ

ทิศทาง : จุดกลับรถทิศทาง (WA)

7

ช่วงเวลา	รถจักรยานยนต์รถสามล้อเครื่อง	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลรถปิคอัพ	รถโดยสาร/รถบรรทุก
ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า			
07:00 - 07:15	13	60	0
07:15 - 07:30	25	74	0
07:30 - 07:45	21	85	0
07:45 - 08:00	33	79	0
ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น			
17:15 - 17:30	20	62	0
17:30 - 17:45	24	66	0
17:45 - 18:00	19	71	0
18:00 - 18:15	23	63	0

แบบฟอร์มการสำรวจปริมาณจราจรในแต่ละทิศทางการเคลื่อนที่ (Turning Movement Counts)

การศึกษาปรับปรุงจุดกลับรถบริเวณสุขุมวิท 64/1

จุดสำรวจ : จุดกลับรถหน้าธนาคารกสิกรไทย

ถนน : สุขุมวิท วันที่สำรวจ : 18/01/2566

ทิศทาง : จากอุดมสุขไปจุดกลับรถ สภาพอากาศ : ปกติ

ทิศทาง : จุดกลับรถทิศทาง (EA)

8

ช่วงเวลา	รถจักรยานยนต์รถสามล้อเครื่อง	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลรถปิคอัพ	รถโดยสาร/รถบรรทุก
ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า			
07:00 - 07:15	14	46	1
07:15 - 07:30	16	45	1
07:30 - 07:45	21	40	1
07:45 - 08:00	29	33	1
ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น			
17:15 - 17:30	23	49	2
17:30 - 17:45	21	51	1
17:45 - 18:00	19	46	2
18:00 - 18:15	18	42	2



ภาคผนวก ง

แบบสำรวจระยะเวลาในการเดินทาง



ภาพที่ ง-1 ทิศทางการสำรวจระยะเวลาในการเดินทาง

ตารางที่ ง-1 ผลการสำรวจระยะเวลาในการเดินทาง

การสำรวจระยะเวลาในการเดินทางและความล่าช้า
วันที่สำรวจ 8 มกราคม พ.ศ.2566 จุดสำรวจ: A สะพานลอยบริเวณอาคาร MTOWER
สภาพอากาศ: ปกติ จุดสำรวจ: B สะพานลอยบริเวณอาคาร True Digital Park
ช่วงเวลา: 07:00-08:00 น. ระยะทางจากจุด A ไปยัง B: 1,200 เมตร

	Tเฉลี่ย (วินาที)	Vเฉลี่ย (วินาที)
A-B	223	19.44
B-A	251	17.33

เที่ยวที่	จากจุด	ไปจุด	เวลาเดินทางรวม (วินาที)	เวลาหยุดชะงักที่เกิดจาก (วินาที)			เวลาเดินทางจริง (วินาที)	ความเร็วเดินทาง (กม./ชม.)	หมายเหตุ
				จุดกลับรถ		อื่นๆ			
				ธนาคารกสิกรไทย	ถนนสุขุมวิท 64/1	รถเลี้ยวเข้า-ออกซอย			
1	A	B	230.00	19.00	66.00	9.00	136.00	18.78	
2	B	A	251.00	9.00	31.00	4.00	207.00	17.21	
3	A	B	245.00	19.00	69.00	9.00	148.00	17.63	
4	B	A	215.00	9.00	34.00	4.00	168.00	20.09	
5	A	B	215.00	17.00	62.00	8.00	128.00	20.09	
6	B	A	238.00	8.00	29.00	4.00	197.00	18.15	
7	A	B	211.00	15.00	54.00	7.00	135.00	20.47	
8	B	A	269.00	10.00	36.00	5.00	218.00	16.06	
9	A	B	224.00	19.00	67.00	9.00	129.00	19.29	
10	B	A	258.00	9.00	33.00	4.00	212.00	16.74	
11	A	B	219.00	18.00	65.00	9.00	127.00	19.73	
12	B	A	274.00	8.00	30.00	4.00	232.00	15.77	
13	A	B	215.00	17.00	60.00	8.00	130.00	20.09	
14	B	A	250.00	10.00	36.00	5.00	199.00	17.28	

ตารางที่ ง-1 (ต่อ)

การสำรวจระยะเวลาในการเดินทางและความล่าช้า

วันที่สำรวจ 8 มกราคม พ.ศ.2566 จุดสำรวจ: A สะพานลอยบริเวณอาคาร MTOWER

สภาพอากาศ: ปกติ จุดสำรวจ: B สะพานลอยบริเวณอาคาร true digital park

ช่วงเวลา: 17:15-18:15 น. ระยะทางจากจุด A ไปยัง B: 1,200 เมตร

	Tเฉลี่ย (วินาที)	Vเฉลี่ย (วินาที)
A-B	241	17.98
B-A	205	21.29

เที่ยวที่	จากจุด	ไปจุด	เวลาเดินทางรวม (วินาที)	เวลาหยุดชะงักที่เกิดจาก (วินาที)			เวลาเดินทางจริง (วินาที)	ความเร็วเดินทาง (กม./ชม.)	หมายเหตุ
				จุดกลับรถ		อื่นๆ			
				ธนาคารกสิกรไทย	ถนนสุขุมวิท 64/1	รถเลี้ยวเข้า-ออกซอย			
1	A	B	245.00	20.00	71.00	10.00	144.00	17.63	
2	B	A	215.00	17.00	62.00	8.00	128.00	20.09	
3	A	B	253.00	21.00	74.00	10.00	148.00	17.08	
4	B	A	220.00	16.00	58.00	8.00	138.00	19.64	
5	A	B	245.00	23.00	82.00	11.00	129.00	17.63	
6	B	A	238.00	18.00	65.00	9.00	146.00	18.15	
7	A	B	236.00	21.00	75.00	10.00	130.00	18.31	
8	B	A	193.00	13.00	45.00	6.00	129.00	22.38	
9	A	B	221.00	18.00	63.00	9.00	131.00	19.55	
10	B	A	195.00	14.00	50.00	7.00	124.00	22.15	
11	A	B	238.00	21.00	76.00	10.00	131.00	18.15	
12	B	A	188.00	12.00	43.00	6.00	127.00	22.98	
13	A	B	247.00	21.00	74.00	10.00	142.00	17.49	
14	B	A	183.00	12.00	43.00	6.00	122.00	23.61	

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี



ภาคผนวก จ
แบบสำรวจข้อมูลความเร็วของยานพาหนะ

ตารางที่ จ-1 ผลการสำรวจข้อมูลความเร็วของยานพาหนะรถจักรยานยนต์

ความเร็วรถจักรยานยนต์				ความเร็วรถจักรยานยนต์			
ความเร็ว (กม./ชม.)	ความถี่ (คัน)	สะสม (Cumulative)		ความเร็ว (กม./ชม.)	ความถี่ (คัน)	สะสม (Cumulative)	
		ความถี่ (Frequency)	Percentile			ความถี่ (Frequency)	Percentile
10	0	0	0	39	7	95	47.5
11	1	1	0.5	40	7	102	51
12	1	2	1	41	7	109	54.5
13	1	3	1.5	42	7	116	58
14	1	4	2	43	7	123	61.5
15	2	6	3	44	7	130	65
16	1	7	3.5	45	7	137	68.5
17	1	8	4	46	6	143	71.5
18	1	9	4.5	47	6	149	74.5
19	1	10	5	48	6	155	77.5
20	2	12	6	49	5	160	80
21	2	14	7	50	5	165	82.5
22	2	16	8	51	5	170	85
23	2	18	9	52	4	174	87
24	3	21	10.5	53	4	178	89
25	3	24	12	54	4	182	91
26	3	27	13.5	55	3	185	92.5
27	3	30	15	56	3	188	94
28	4	34	17	57	3	191	95.5
29	4	38	19	58	2	193	96.5
30	4	42	21	59	2	195	97.5
31	5	47	23.5	60	2	197	98.5
32	5	52	26	61	2	199	99.5
33	5	57	28.5	62	1	200	100
34	6	63	31.5	63	0	200	100
35	6	69	34.5	64	0	200	100
36	6	75	37.5	65	0	200	100
37	6	81	40.5		200	200	100
38	7	88	44				

หมายเหตุ: สำรวจเมื่อวันที่ 18 มกราคม พ.ศ. 2566 เวลา 07:00-08:00 น.

ตารางที่ จ-2 ผลการสำรวจข้อมูลความเร็วของยานพาหนะรถยนต์ส่วนบุคคล

ความเร็วรถยนต์ส่วนบุคคล				ความเร็วรถยนต์ส่วนบุคคล			
ความเร็ว (กม./ชม.)	ความถี่ (คัน)	สะสม (Cumulative)		ความเร็ว (กม./ชม.)	ความถี่ (คัน)	สะสม (Cumulative)	
		ความถี่ (Frequency)	Percentile			ความถี่ (Frequency)	Percentile
10	0	0	0	34	10	109	54.5
11	0	0	0	35	10	119	59.5
12	0	0	0	36	10	129	64.5
13	0	0	0	37	10	139	69.5
14	1	1	0.5	38	9	148	74
15	1	2	1	39	9	157	78.5
16	1	3	1.5	40	8	165	82.5
17	1	4	2	41	7	172	86
18	2	6	3	42	6	178	89
19	2	8	4	43	5	183	91.5
20	3	11	5.5	44	4	187	93.5
21	3	14	7	45	3	190	95
22	4	18	9	46	3	193	96.5
23	4	22	11	47	2	195	97.5
24	5	27	13.5	48	2	197	98.5
25	6	33	16.5	49	1	198	99
26	6	39	19.5	50	1	199	99.5
27	7	46	23	51	1	200	100
28	8	54	27	52	0	200	100
29	8	62	31	53	0	200	100
30	9	71	35.5	54	0	200	100
31	9	80	40	55	0	200	100
32	9	89	44.5		200	200	100
33	10	99	49.5				

หมายเหตุ: สำรวจเมื่อวันที่ 18 มกราคม พ.ศ. 2566 เวลา 07:00-08:00 น.

ตารางที่ จ-3 ผลการสำรวจข้อมูลความเร็วของยานพาหนะรถโดยสารและรถบรรทุก

ความเร็วรถโดยสารและรถบรรทุก				ความเร็วรถโดยสารและรถบรรทุก			
ความเร็ว (กม./ชม.)	ความถี่ (คัน)	สะสม (Cumulative)		ความเร็ว (กม./ชม.)	ความถี่ (คัน)	สะสม (Cumulative)	
		ความถี่ (Frequency)	Percentile			ความถี่ (Frequency)	Percentile
10	0	0	0	31	5	53	53
11	0	0	0	32	5	58	58
12	0	0	0	33	5	63	63
13	1	1	1	34	5	68	68
14	1	2	2	35	4	72	72
15	1	3	3	36	4	76	76
16	1	4	4	37	4	80	80
17	1	5	5	38	4	84	84
18	1	6	6	39	3	87	87
19	2	8	8	40	3	90	90
20	2	10	10	41	2	92	92
21	2	12	12	42	2	94	94
22	3	15	15	43	2	96	96
23	3	18	18	44	1	97	97
24	3	21	21	45	1	98	98
25	4	25	25	46	1	99	99
26	4	29	29	47	1	100	100
27	4	33	33	48	0	100	100
28	5	38	38	49	0	100	100
29	5	43	43	50	0	100	100
30	5	48	48		100	100	100

หมายเหตุ: สำรวจเมื่อวันที่ 18 มกราคม พ.ศ. 2566 เวลา 07:00-08:00 น.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ : นางสาวกัญญ์วรา เทพสันทัด

ชื่อวิทยานิพนธ์ : การศึกษาการปรับปรุงจุดกลับรถบนถนนสุขุมวิท 64/1 กรณีเกาะกลางไม่มีช่องรอเลี้ยว โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองจราจรระดับจุลภาค

สาขาวิชา : วิศวกรรมโยธา

ประวัติ นางสาวกัญญ์วรา เทพสันทัด สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมขนส่งและโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีการศึกษา 2559 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา แขนงวิชาวิศวกรรมการขนส่ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ในปีการศึกษา 2564

ประสบการณ์การทำงาน ด้านวิศวกรรมจราจรและวิศวกรรมขนส่ง ดำเนินการวางแผน ออกแบบ และจัดการงานเกี่ยวกับงานจราจรและการขนส่ง การประยุกต์ใช้และการแก้ไขปัญหาระบบจราจรการขนส่งให้กับหน่วยงานทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ได้แก่ สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กรมการขนส่งทางบก กรมทางหลวง องค์กรภาคเอกชน โดยมีผลงานที่สำคัญ ได้แก่การศึกษาปริมาณการเดินทาง พฤติกรรมการเดินทาง ผลกระทบด้านจราจร และการจัดการจราจร ของโครงการศูนย์การค้า โรงแรม รวมถึงโครงการงานที่ปรึกษาด้านจราจร ศึกษา ออกแบบ และวิเคราะห์ด้านจราจร