

การยอมรับช่องว่างสำหรับจุดกลับรถที่เป็นเกาะกลางแบบเปิด
บนถนนระหว่างเมือง



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ขนส่ง และทรัพยากรธรณี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2566

GAP ACCEPTANCE FOR U-TURN MEDIAN OPENING
ON INTERCITY ROAD



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Civil Transportation and Geo-resources

Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2023

การยอมรับช่องว่างสำหรับจุดกลับรถที่เป็นเกาะกลางแบบเปิด
บนถนนระหว่างเมือง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(ผศ. ดร.ศิริดล ศิริธร)

ประธานกรรมการ



(ผศ. ร.อ. ดร.สุทธิพงษ์ มีเเ)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)



(อ. ดร.ณัฐภรณ์ เจริญธรรม)

กรรมการ



(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุพาพร รักสกุลวัฒน์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและประกันคุณภาพ



(รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ จงกล)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

อนุวัฒน์ เจริญรัฐพงศ์ : การยอมรับช่องว่างสำหรับจุดกลับรถที่เป็นเกาะกลางแบบเปิด
บนถนนระหว่างเมือง (GAP ACCEPTANCE FOR U-TURN MEDIAN OPENING
ON INTERCITY ROAD)

อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ร้อยเอก ดร.สุทธิพงษ์ มีเียว, 59 หน้า.

คำสำคัญ : Gap acceptance, U-turn median opening, Logit model

จุดกลับรถถูกสร้างขึ้นมาเพื่อรองรับยานพาหนะที่ต้องการกลับรถบนถนนสี่ช่องจราจรหรือมากกว่าซึ่งมีหลายสาเหตุที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุบนถนนทางหลวง การศึกษาพฤติกรรมของผู้ขับขี่ที่ต้องการกลับรถเป็นการวิเคราะห์ทั่วไปโดยใช้แนวคิดของการยอมรับช่องว่าง ในการศึกษาที่ต้องการศึกษาเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อโอกาสในการยอมรับช่องว่าง และระยะเวลารอคอยการกลับรถบริเวณจุดกลับรถเกาะกลางแบบเปิดไม่มีสัญญาณไฟจราจรบนถนนระหว่างเมืองทั้งถนน 4 ช่องจราจรและ 6 ช่องจราจร โดยแบบจำลองห้าแบบจำลองถูกสร้างขึ้นเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างช่องว่างที่ได้รับการยอมรับและปัจจัยต่าง ๆ ด้วยแบบจำลองโลจิสติก แบบจำลองที่หนึ่งและสองเป็นแบบจำลองแยกตามจำนวนช่องจราจรของถนนคือถนน 4 ช่องจราจร และถนน 6 ช่องจราจร แบบจำลองที่สามถึงแบบจำลองที่ห้าเป็นแบบจำลองที่แยกตามประเภทของยานพาหนะได้แก่ ยานพาหนะขนาดเล็ก ยานพาหนะขนาดกลาง และยานพาหนะขนาดใหญ่ตามลำดับ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่า (1) ช่องว่างระหว่างยานพาหนะที่กว้างขึ้นส่งผลให้โอกาสในการยอมรับช่องว่างนั้น ๆ เพิ่มขึ้น (2) เมื่อผู้ขับขี่ยานพาหนะคันนั้น ๆ รอมากขึ้นมีโอกาสในการยอมรับช่องว่างน้อยลง (3) เวลาที่ใช้ในการกลับรถของยานพาหนะขนาดใหญ่มากกว่าเวลาที่ใช้ในการกลับรถของยานพาหนะขนาดเล็กและยานพาหนะขนาดกลาง (4) ระยะเวลาที่ใช้ในการเข้าร่วมกระแสจราจรนานขึ้นส่งผลให้โอกาสในการยอมรับช่องว่างน้อยลง (5) ยานพาหนะขนาดกลางและยานพาหนะขนาดใหญ่มีแนวโน้มที่จะยอมรับช่องว่างกว้างกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับยานพาหนะขนาดเล็ก

สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง
ปีการศึกษา 2566

ลายมือชื่อนักศึกษา อนุวัฒน์ เจริญรัฐพงศ์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ร้อยเอก ดร.สุทธิพงษ์ มีเียว

ANUWAT CHETCHARATPHONG: GAP ACCEPTANCE FOR U-TURN MEDIAN
OPENING ON INTERCITY ROAD

THESIS ADVISOR: ASST. PROF. CAPT. SUTTHIPONG MEEYAI, Ph.D., 59 PP.

Keyword: Gap acceptance, U-turn median opening, Logit model

The U-turn was built to accommodate a vehicle that needs to reverse direction on 4-lane roads or greater. The U-turn is often a black spot and likely causes an accident. The study of the U-turn user's behavior is generally analyzed using the concept of gap acceptance. In this study, gap acceptance and waiting time at U-turn median opening with unsignalized were studied, both on 4-lane and 6-lane intercity highways. Five models were created to analyze the relationship between gap acceptance and various characteristics with logit models. The first model and second model are separate models by the 4-lane and 6-lane traffic. The third to fifth model are separate models by type of vehicle groups: light, medium and heavy vehicle, respectively. The results showed that (1) the larger the gaps effect to greater the chances of accepting gap. (2) The longer waiting lead to less the chances of the accepting gap. (3) The merging time for heavy vehicles greater than light vehicles and medium vehicles. (4) The increase of the merging time lead to less the chances of the accepting gap. (5) Medium vehicles and heavy vehicles tend to accept larger gaps as compared to light vehicles.

School of Transportation Engineering
Academic Year 2023

Student's Signature Anuwat Chetcharatphong
Advisor's Signature [Signature]

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่อง การยอมรับช่องว่างสำหรับจุดกลับรถที่เป็นเกาะกลางแบบเปิดบนถนนระหว่างเมือง สามารถดำเนินการจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจาก บุคคล และกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัย อาทิเช่น

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ร้อยเอก ดร.สุทธิพงษ์ มีใย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่เมตตาให้การอบรมสั่งสอน ชี้แนะแนวทางในการทำวิจัย ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ตลอดจนให้คำแนะนำในการเขียนวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริตล ศิริธร ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยตรวจสอบเนื้อหาวิทยานิพนธ์ ให้ความคิดเห็นเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ และชี้แนะแนวทางการเขียนเพื่อทำให้วิทยานิพนธ์มีความครบถ้วนสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ณัฐภรณ์ เจริญธรรม คณะกรรมการ ที่กรุณาให้ความรู้ด้านวิชาการ แนะนำแนวทางในการเลือกหัวข้อวิทยานิพนธ์ และให้คำชี้แนะในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ กองทุนสนับสนุนการวิจัยฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้ทุนสนับสนุนเพื่อใช้ในการการศึกษา ไม่ว่าจะเป็นเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ การเข้าร่วมประชุมนานาชาติ

ขอกราบขอบพระคุณ ครู คณาจารย์ทุกท่านที่เมตตากรุณาอบรมสั่งสอนวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัย จนสำเร็จลุล่วงในวันนี้

ขอกราบขอบพระคุณ กรมทางหลวงและแขวงทางหลวง จังหวัดนครราชสีมา ที่กรุณาให้ความรู้ และสนับสนุนในการเก็บข้อมูลสำหรับวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่อบรมสั่งสอน ดูแลเอาใจใส่ ให้ความรัก ให้กำลังใจและส่งเสริมทางการศึกษาเป็นอย่างดีจนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิต

อนุวัฒน์ เจษฎารัตนพงศ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฉ
สารบัญรูป (ต่อ).....	ฉ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฐ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	2
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.2.1 ศึกษาพฤติกรรมการกลับรถบนถนนระหว่างเมืองขนาด 4 ช่องจราจร และ 6 ช่องจราจรแบบมีเกาะกลาง ไม่มีการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร.....	2
1.2.2 ศึกษาการยอมช่องว่างที่ยอมรับได้บนถนนระหว่างเมืองขนาด 4 ช่องจราจร และ 6 ช่องจราจรแบบมีเกาะกลาง ไม่มีการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 คำถามงานวิจัย.....	2
1.5 สมมุติฐานงานวิจัย.....	3
1.6 ขั้นตอนการวิจัย.....	3
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2 บริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1.1 จุดกลับรถ (U-turn).....	4

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.2 รูปแบบของถนนที่ใช้ในอธิบายการกลับรถ.....	4
2.1.3 ช่องว่างที่ได้รับการยอมรับ.....	5
2.1.4 สถิติที่ใช้ในงานวิจัย.....	6
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.2.1 งานวิจัยเกี่ยวกับช่องว่างที่ได้รับการยอมรับ	7
2.2.2 งานวิจัยเกี่ยวกับช่องว่างวิกฤต	9
3 วิธีดำเนินการวิจัย	12
3.1 พื้นที่ศึกษา.....	12
3.1.1 ปัจจัยทางด้านจราจร.....	12
3.1.2 ปัจจัยทางด้านเรขาคณิต.....	12
3.1.3 ปัจจัยทางด้านประเภทของยานพาหนะ	12
3.2 พื้นที่ศึกษาที่เลือกเพื่อการสำรวจ.....	13
3.3 การเก็บข้อมูล.....	14
3.3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล	14
3.3.2 การคัดเลือกข้อมูล	14
3.3.3 การสกัดข้อมูล	15
3.4 วิเคราะห์ทางสถิติ.....	22
3.4.1 ตัวแปรตาม (Y).....	22
3.4.2 ตัวแปรอิสระ (X).....	23
3.4.3 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง.....	23
3.4.4 การทดสอบความถูกต้องของโมเดล	26
3.4.5 แนวคิดการสร้างแบบจำลอง	26
3.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัย	27
4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล.....	28
4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น.....	28

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.1 ชนิดของยานพาหนะที่ทำการกลับรถ.....	28
4.1.2 ขนาดช่องว่างที่ได้รับการยอมรับระหว่างยานพาหนะบนถนนสายหลัก.....	29
4.1.3 ระยะเวลารอคอยการกลับรถ.....	30
4.1.4 จำนวนยานพาหนะที่ยอมรับช่องว่างและปฏิเสธช่องว่าง	32
4.2 การสร้างแบบจำลองพฤติกรรมรถขับขึ้นบริเวณจุดกลับรถที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร ...	33
4.3 การตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง	37
5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	40
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	40
5.2 อภิปรายผล	41
5.3 ข้อเสนอแนะ	42
รายการอ้างอิง	43
ภาคผนวก.....	46
ภาคผนวก ก	47
ภาคผนวก ข	51
ประวัติผู้เขียน.....	59

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงตัวแปรตาม.....	22
3.2 แสดงตัวแปรต้น.....	23
4.1 แบบจำลองสำหรับถนนทางหลวงระหว่างเมือง 4 ช่องจราจร.....	33
4.2 แบบจำลองสำหรับถนนทางหลวงระหว่างเมือง 6 ช่องจราจร.....	34
4.3 แบบจำลองสำหรับยานพาหนะขนาดเล็ก.....	35
4.4 แบบจำลองสำหรับยานพาหนะขนาดกลาง.....	36
4.5 แบบจำลองสำหรับยานพาหนะขนาดใหญ่.....	37
4.6 ตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองที่ 1.....	38
4.7 ตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองที่ 2.....	38
4.8 ตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองที่ 3.....	38
4.9 ตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองที่ 4.....	39
4.10 ตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองที่ 5.....	39

สารบัญญรูป

รูปที่

หน้า

2.1	การเคลื่อนที่อย่างเป็นลำดับชั้น (Hierarchy of Movement) จาก A Policy on Geometric Design of Highways and Streets 2018 7th Edition (1-9), โดย American Association of State Highway and Transportation Officials, 2018, Washington DC, American Association of State Highway and Transportation Officials.....	5
2.2	ความหมายของช่องว่างสำหรับการกลับรถบนจุดกลับรถบนเกาะกลางแบบเปิด.....	6
3.1	จุดกลับรถที่ทำการศึกษา 4 ช่องจราจร อำเภอบึงกรวย.....	13
3.2	จุดกลับรถที่ทำการศึกษา 6 ช่องจราจร อำเภอปากช่อง.....	14
3.3	เส้นแนวอ้างอิงทั้ง 2 เส้นจากการเก็บข้อมูลด้วยวิดีโอ.....	15
3.4	กรณีที่ 1 ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถมาถึงจุดกลับรถ.....	15
3.5	กรณีที่ 1 ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถตัดสินใจทำการกลับรถ.....	16
3.6	กรณีที่ 1 ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถทำการกลับรถเสร็จสิ้น.....	16
3.7	กรณีที่ 1 ยานพาหนะคันที่ตามมาบนถนนสายหลัก.....	16
3.8	กรณีที่ 2 ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถหยุดรอเพื่อหาช่องว่างที่เหมาะสม.....	17
3.9	กรณีที่ 2 ยานพาหนะคันหน้าเข้าสู่บริเวณจุดกลับรถใช้หาการปฏิเสธช่องว่าง.....	17
3.10	กรณีที่ 2 ยานพาหนะคันที่ตามมาเข้าสู่บริเวณจุดกลับรถใช้หาการปฏิเสธช่องว่าง.....	18
3.11	กรณีที่ 2 ยานพาหนะคันหน้าเข้าสู่บริเวณจุดกลับรถใช้หาการยอมรับช่องว่าง.....	18
3.12	กรณีที่ 2 ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถตัดสินใจทำการกลับรถ.....	18
3.13	กรณีที่ 2 ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถทำการกลับรถเสร็จสิ้น.....	19
3.14	กรณีที่ 2 ยานพาหนะคันที่ตามมาบนถนนสายหลัก.....	19
3.15	กรณีที่ 3 ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถหยุดรอเพื่อหาช่องว่างที่เหมาะสมและไม่มียานพาหนะคันหน้าบนถนนสายหลักใช้ในหาการปฏิเสธช่องว่าง.....	20
3.16	กรณีที่ 3 ยานพาหนะคันที่ตามมาเข้าสู่บริเวณจุดกลับรถใช้หาการปฏิเสธช่องว่าง.....	20
3.17	กรณีที่ 3 ยานพาหนะคันหน้าเข้าสู่บริเวณจุดกลับรถใช้หาการยอมรับช่องว่าง.....	20
3.18	กรณีที่ 3 ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถตัดสินใจทำการกลับรถ.....	21

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
3.19	กรณีที่ 3 ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถทำการกลับรถเสร็จสิ้น.....	21
3.20	กรณีที่ 3 กรณีที่ 3 ยานพาหนะคันที่ตามมาบนถนนสายหลัก.....	21
4.1	จำนวนยานพาหนะแต่ละชนิดที่ทำการกลับรถบนถนนระหว่างเมือง.....	28
4.2	ช่วงของช่องว่างในการกลับรถของแต่ละยานพาหนะบนถนน 4 ช่องจราจร.....	29
4.3	ช่วงของช่องว่างในการกลับรถของแต่ละยานพาหนะบนถนน 6 ช่องจราจร.....	30
4.4	จำนวนยานพาหนะรอคอยกลับรถในแต่ละช่วงเวลาบนถนน 4 ช่องจราจร.....	31
4.5	จำนวนยานพาหนะรอคอยกลับรถในแต่ละช่วงเวลาบนถนน 6 ช่องจราจร.....	31
4.6	จำนวนยานพาหนะที่ยอมรับช่องว่างและปฏิเสธช่องว่างทั้งถนน 4 และ 6 ช่องจราจร.....	32



คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

AASHTO	=	American Association of State Highway and Transportation Officials
HCM	=	Highway Capacity Manual
MLM	=	Mixed Linear Model
P_{in}	=	ความน่าจะเป็นของยานพาหนะ n ที่ทำการเลือกทางเลือก i (ยอมรับหรือปฏิเสธ)
V_{in}	=	องค์ประกอบที่เป็นระบบ (Systematic Component) ของอรรถประโยชน์ (Utility) ของยานพาหนะ n ที่ทำการเลือกทางเลือก i
β_k	=	สัมประสิทธิ์ของคุณลักษณะ (Attribute) k
x_{ink}	=	คุณลักษณะ (Attribute) k ของยานพาหนะ n ที่ทำการเลือกทางเลือก i
Exp(B)	=	Exponential Coefficients
Wald-Statistics	=	การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ด้วยวิธีการจำลองภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (The Simulated Maximum Likelihood: LL)
Standard error	=	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
ρ^2	=	ค่า Rho-Square ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1
ρ^2	=	ค่าปรับแก้ (Adjusted Rho-Square)
$LL(\beta)$	=	ค่า Log Likelihood Function ความน่าจะเป็นที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์
$LL(0)$	=	ค่า Log Likelihood Function เมื่อพารามิเตอร์ทุกตัวมีค่าเท่ากับศูนย์
$LL(C)$	=	ค่า Log Likelihood Function เมื่อมีค่าคงที่เฉพาะ (Alternative Specific Constant: ASC)

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันถนนระหว่างเมืองสายหลักของประเทศไทยส่วนใหญ่จะใช้เป็นถนนขนาด 4 ช่องจราจรหรือมากกว่ามีเกาะกลาง เป็นเส้นทางซึ่งผู้ขับขี่ที่ต้องการเดินทางระหว่างเมืองใช้กันเป็นหลัก ถูกสร้างขึ้นเพื่อรองรับการจราจรที่เชื่อมระหว่างเมือง และมีถนนสายรองที่ทำหน้าที่ระบายการจราจรเข้าหรือออกจากถนนสายหลัก หากผู้ขับขี่ต้องการเข้าถึงพื้นที่คนละฝั่งถนนทำให้ต้องมีการกลับรถ ซึ่งปัญหาการกลับรถมาจากการขาดแคลนถนนสายรองที่รองรับการจราจรบนถนนสายหลัก ทำให้จำนวนยานพาหนะที่ต้องการกลับรถมีจำนวนมาก และการพัฒนาพื้นที่สองข้างทางทำให้การจราจรบริเวณจุดกลับรถมีปริมาณการจราจรมาก ส่งผลให้ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถรอคอยเป็นเวลานาน อาจมีพฤติกรรมเสี่ยงที่พยายามแทรกตัวเข้าสู่กระแสการจราจรบนถนนสายหลัก และบีบบังคับให้ยานพาหนะบนถนนสายหลักชะลอความเร็วหรือหยุดกะทันหันซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้รถใช้ถนน จุดกลับรถเกาะกลางแบบเปิดบนถนนระหว่างเมืองส่วนใหญ่จะไม่มีสัญญาณไฟจราจรเนื่องจากถนนระหว่างเมืองเป็นถนนสายหลักที่เน้นการใช้ความเร็ว อีกทั้งพฤติกรรมการขับซึ่งของผู้ขับขี่บริเวณจุดกลับรถค่อนข้างซับซ้อนจึงทำให้ผู้ขับขี่ที่ต้องการกลับรถต้องใช้ความระมัดระวังอย่างมากในการกลับรถบนถนนระหว่างเมืองนี้ ซึ่งช่องว่างระหว่างยานพาหนะบนถนนสายหลักที่ทำให้ผู้ขับขี่ยอมรับจะต้องกว้างเพียงพอสำหรับการกลับรถได้อย่างปลอดภัย การยอมช่องว่างคือยานพาหนะที่ต้องการกลับรถยอมรับและทำการกลับรถโดยใช้ช่องว่างระหว่างยานพาหนะสองคันที่อยู่บนถนนสายหลัก การที่ยานพาหนะมาถึงจุดกลับรถ และรอคอยช่องว่างนั้นอาจจะมีการปฏิเสธช่องว่างบนถนนสายหลักเนื่องจากช่องว่างนั้นเป็นช่องว่างที่มีขนาดเล็กเกินกว่ายานพาหนะที่ต้องการกลับรถสามารถกลับรถได้ จึงเรียกได้ว่าเป็นการปฏิเสธช่องว่าง

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การศึกษาพฤติกรรมการขับ และการตัดสินใจของผู้ขับขี่ในการกลับรถบริเวณเกาะกลางแบบเปิดไม่มีสัญญาณไฟจราจร และอยู่บนถนนระหว่างเมือง ซึ่งอธิบายได้ด้วยทฤษฎีการยอมรับช่องว่างโดยพิจารณาจากยานพาหนะส่วนใหญ่ที่ใช้ในการเดินทางระหว่างเมือง ซึ่งปัญหาการกลับรถบนถนนระหว่างเมืองอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้โดยอุบัติเหตุของประเทศไทยจากสำนักอำนวยความปลอดภัย (Bureau of Highway Safety, 2022) ได้ระบุไว้ว่า “ภาพรวมสถานการณ์อุบัติเหตุทางถนนของไทยในปี พ.ศ. 2566 พบว่า มีการเกิดอุบัติเหตุเกิดขึ้น 80,224 ราย โดยมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2557 สำหรับความสูญเสียจากการเกิดอุบัติเหตุมีแนวโน้ม

ลดลงโดยมีจำนวน 5,662 ราย” อีกทั้งมีรายงานข้อมูลเหตุสัณนิษฐานหลักที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุทางถนน พบว่าส่วนใหญ่อุบัติเหตุเกิดจากการขับรถเร็วเกินกฎหมายกำหนด และลักษณะการชนส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะการชนระหว่างรถกับรถ ซึ่งบนถนนระหว่างเมืองส่วนใหญ่จะมีจุดขัดแย้งน้อยมากแต่ก็มีจุดขัดแย้งหนึ่งที่อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้นั้นก็คือจุดกลับรถ อุบัติเหตุส่วนใหญ่อาจเกิดจากยานพาหนะบนถนนสายหลักใช้ความเร็วสูงและมีปริมาณการจราจรที่ค่อนข้างมาก ในขณะที่ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถบริเวณจุดกลับรถนั้นรอคอยเป็นเวลานาน และมีโอกาสที่ผู้ขับขี่ที่ต้องการกลับรถจะตัดสินใจยอมรับช่องว่างที่เล็กกว่าช่องว่างวิกฤต เพื่อแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรของถนนสายหลักส่งผลให้เกิดการบีบบังคับต่อยานพาหนะบนถนนสายหลักต้องชะลอความเร็วอย่างกะทันหันทำให้มีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุสูง ต่อไปจะกล่าวถึงรูปแบบของถนนที่ใช้ในการอธิบายการกลับรถช่องว่างที่ได้รับการยอมรับลักษณะของยานพาหนะที่ใช้ในการศึกษานี้และทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากงานวิจัยก่อนหน้าได้มีการศึกษาพฤติกรรมการกลับรถที่เป็นเกาะกลางแบบเปิดบนถนนในเขตเมืองสำหรับประเทศไทย โดยวิเคราะห์ยานพาหนะส่วนใหญ่ที่อยู่บริเวณจุดกลับรถเช่น รถจักรยานยนต์ รถยนต์ส่วนบุคคล เป็นต้น ซึ่งยังไม่มียานวิจัยที่ศึกษาบริเวณจุดกลับรถเกาะกลางแบบเปิดบนถนนระหว่างเมือง ดังนั้นการศึกษานี้จะเน้นศึกษาจุดกลับรถบริเวณดังกล่าว

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาพฤติกรรมการกลับรถบนถนนระหว่างเมืองขนาด 4 ช่องจราจร และ 6 ช่องจราจรแบบมีเกาะกลาง ไม่มีการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร

1.2.2 ศึกษาการยอมรับช่องว่างที่ยอมรับได้บนถนนระหว่างเมืองขนาด 4 ช่องจราจร และ 6 ช่องจราจรแบบมีเกาะกลาง ไม่มีการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ทำการศึกษานบนถนนระหว่างเมืองในเขตของพื้นที่อำเภอปรางค์ชัยและอำเภอปากช่องจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งมีช่องจราจร 4 ช่องจราจรและ 6 ช่องจราจรตามลำดับ ประเภทยานพาหนะที่ทำการศึกษาคือ ยานพาหนะขนาดเล็ก ยานพาหนะขนาดกลางและยานพาหนะขนาดใหญ่

1.4 คำถามงานวิจัย

- 1) ขนาดของยานพาหนะส่งผลต่อพฤติกรรมการขับขี่บริเวณจุดกลับรถหรือไม่ อย่างไร
- 2) ระยะเวลาที่ใช้ในการเข้าร่วมกระแสจราจรส่งผลต่อพฤติกรรมการกลับรถหรือไม่ อย่างไร
- 3) ระยะเวลาการรอคอยส่งผลต่อพฤติกรรมการกลับรถหรือไม่ อย่างไร

1.5 สมมติฐานงานวิจัย

- 1) ขนาดของช่องว่างระหว่างยานพาหนะบนถนนระหว่างเมืองส่งผลต่อพฤติกรรมการกลับรถ
- 2) ระยะเวลาการคอยการกลับรถส่งผลต่อพฤติกรรมการกลับรถบนถนนระหว่างเมือง

1.6 ขั้นตอนการวิจัย

1) ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีตเกี่ยวกับพฤติกรรมการขับขึ้นบริเวณจุดกลับรถที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร

2) กำหนดวิธีวิเคราะห์พฤติกรรมการขับขึ้นบริเวณจุดกลับรถ วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการกลับรถโดยใช้วิธีการทางสถิติและพัฒนาแบบจำลองที่เน้นศึกษาระยะเวลารอคอยการกลับรถส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการกลับรถหรือไม่

3) การสำรวจและการคัดเลือกพื้นที่ที่ต้องการศึกษา ทำการสำรวจและคัดเลือกพื้นที่ที่ต้องการศึกษาพฤติกรรมการขับขึ้นบริเวณจุดกลับรถเกาะกลางแบบเปิดไม่มีสัญญาณไฟจราจรบนถนนระหว่างเมือง ซึ่งจะต้องพิจารณาพื้นที่ลักษณะทางกายภาพ สัดส่วนของยานพาหนะในแต่ละประเภทและปริมาณการจราจรให้สอดคล้องกับหลักเกณฑ์ในการคัดเลือกที่กำหนด

4) การเก็บข้อมูลที่ต้องสำรวจ ประกอบไปด้วยลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ที่ต้องการศึกษา และข้อมูลปริมาณการจราจรของพื้นที่ที่ทำการศึกษา ข้อมูลเหล่านี้จะได้รับการบันทึกภาพด้วยกล้องวิดีโอ ซึ่งตำแหน่งที่ติดตั้งกล้องต้องมีความเหมาะสมและสามารถมองเห็นตลอดพื้นที่ที่ทำการศึกษา

5) การถอดข้อมูลจากกล้องวิดีโอได้แก่ ชนิดของยานพาหนะ ขนาดของช่องว่างระหว่างยานพาหนะบนถนนสายหลักทั้งการยอมรับช่องว่างและการปฏิเสธช่องว่าง ระยะเวลาที่ใช้ในการเข้าร่วมกระแสจราจรบนถนนสายหลัก ระยะเวลาการคอยในการกลับรถและระยะเวลาที่ใช้ในการเข้าร่วมกระแสจราจร

6) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างในการกลับรถของยานพาหนะแต่ละประเภทบนถนนระหว่างเมืองทั้ง 4 ช่องจราจรและ 6 ช่องจราจร

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทราบพฤติกรรมการขับขึ้นบริเวณจุดกลับรถเกาะกลางแบบเปิดไม่มีสัญญาณไฟจราจรบนถนนระหว่างเมือง

2) ทราบปัจจัยที่มีผลกระทบต่อพฤติกรรมการกลับรถ

3) สามารถนำผลที่ได้จากการศึกษาไปพัฒนาแบบจำลองการกลับในโปรแกรม Simulation เพื่อให้สอดคล้องกับพฤติกรรมการกลับรถที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบัน

4) สามารถนำผลที่ได้จากการศึกษาวิจัยไปเป็นข้อเสนอแนะในการวางแผนปรับปรุงบริเวณจุดกลับรถบนถนนระหว่างเมืองเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

บทที่ 2

ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 จุดกลับรถ (U-turn)

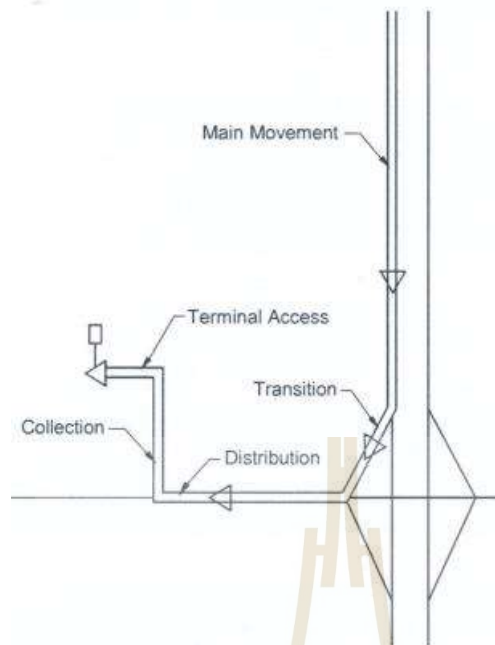
จุดกลับรถ (U-turn) คือบริเวณที่จัดไว้ให้เลี้ยวกลับรถเพื่อให้ผู้ขับขี่ที่ต้องการเข้าถึงพื้นที่คนละฝั่งถนนเลี้ยวกลับรถได้อย่างสะดวกและปลอดภัย (American Association of State & Transportation, 2018) ซึ่งแนะนำเกี่ยวกับการออกแบบ และการเลือกสถานที่จุดกลับรถบนเกาะกลางแบบเปิดมีข้อพิจารณา ดังนี้

1. การออกแบบเกาะกลางแบบเปิดสำหรับการกลับรถควรขึ้นอยู่กับปริมาณการจราจร ลักษณะพื้นที่ในเมืองหรือชนบท และวงเลี้ยวของยานพาหนะที่ออกแบบสำหรับการเลี้ยวกลับรถ

2. ที่ตั้งของจุดกลับรถแนะนำให้จุดกลับรถอยู่ห่างจากทางแยกให้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้เนื่องจากจุดกลับรถบนถนนระหว่างเมืองเป็นจุดขัดแย้งที่เกิดขึ้นบริเวณถนนสายหลักซึ่งเน้นการใช้ความคล่องตัว อาจส่งผลให้ถนนสายหลักเกิดการชะลอความเร็วอย่างกะทันหันหรืออาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ ในทางกลับกันหากจุดกลับรถที่อยู่ใกล้บริเวณทางแยกจะดูที่ปริมาณจราจรหากปริมาณจราจรต่ำไม่จำเป็นต้องเปิดเกาะกลางเพื่อใช้กลับรถ และให้ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถไปกลับรถที่ทางแยกรวมกับรถที่ต้องการเลี้ยวขวา ส่วนจุดกลับรถที่อยู่ใกล้บริเวณทางแยกที่มีปริมาณจราจรหนาแน่นจะต้องทำการเปิดเกาะกลางมีช่องจราจรสำหรับชะลอความเร็วและเร่งความเร็วแยกออกมาจากถนนสายหลัก โดยการเปิดเกาะกลางจะต้องพิจารณาเกี่ยวกับความเร็ว ปริมาณจราจรของยานพาหนะทางตรงและยานพาหนะที่ต้องการกลับรถ รวมถึงวงเลี้ยวของยานพาหนะที่ต้องการกลับรถต้องสัมพันธ์กับความกว้างของจุดกลับรถและความกว้างของช่องจราจรที่เปิดเกาะกลาง

2.1.2 รูปแบบของถนนที่ใช้ในอธิบายการกลับรถ

การจำแนกรูปแบบถนนต่าง ๆ นั้นทำเพื่อควบคุมดูแล และจัดการได้ง่ายขึ้นโดยแต่ละรูปแบบจะมีหน้าที่ที่แตกต่างกันเพื่อให้บริการแก่ผู้ใช้รถใช้ถนน อีกทั้งยังสามารถวางแผนการจราจรเพื่อให้ติดขัดน้อยที่สุด ในการอธิบายเพื่อให้เข้าใจได้ง่ายที่สุดจึงยกตัวอย่างแนวความคิดขององค์ประกอบและการเคลื่อนที่อย่างเป็นลำดับขั้น (Hierarchies of Movements and Components) ตาม AASHTO (ดังรูปที่ 2.1)

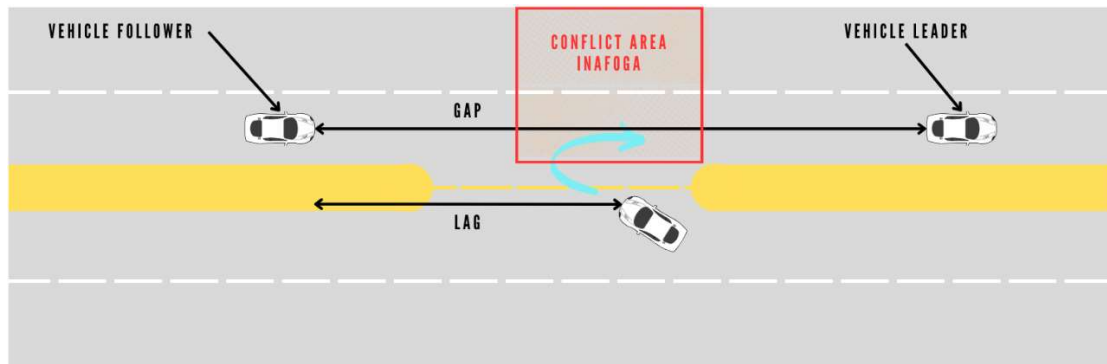


รูปที่ 2.1 การเคลื่อนที่อย่างเป็นลำดับชั้น (Hierarchy of Movement) จาก A Policy on Geometric Design of Highways and Streets 2018 7th Edition (1-9), โดย American Association of State Highway and Transportation Officials, 2018, Washington DC, American Association of State Highway and Transportation Officials.

ในการเดินทางจะมี 6 ลำดับคือ ถนนสายหลัก (Main Movement), ถนนทางผ่าน (Transition), ถนนสายรอง (Distribution), ถนนที่รองรับจากถนนสายรอง (Collection), ถนนที่เข้าถึงจุดหมาย (Access) และจุดหมายปลายทาง (Terminal) ซึ่งในแต่ละลำดับชั้นจะจำแนกตามความคล่องตัวเป็นการเคลื่อนที่อย่างเป็นลำดับ โดยการเดินทางบนทางด่วนส่วนใหญ่จะอยู่ระดับสูงสุดในการเคลื่อนที่ตามลำดับชั้น รองลงมาคือถนนสายหลัก ถนนทางผ่าน ถนนสายรอง ถนนที่รองรับจากถนนสายรอง และระดับต่ำสุดคือถนนที่เข้าถึงจุดหมาย ซึ่งในประเทศไทยมีปัญหาขาดแคลนถนนสายรองและมีการพัฒนาสองข้างทางในการเดินทางระหว่างเมือง หากต้องการเปลี่ยนทิศทางในการจราจรบนถนนระหว่างเมืองจะต้องกลับรถบนถนนสายหลักก่อนที่จะเข้าสู่ถนนทางผ่าน

2.1.3 ช่องว่างที่ได้รับการยอมรับ

คือช่วงเวลาของช่องว่างที่ได้รับการยอมรับ หมายถึงขนาดของช่องว่างระหว่างยานพาหนะในการจราจรบนถนนสายหลัก โดยปกติช่องว่างที่ได้รับการยอมรับโดยผู้ขับขี่ทำการกลับรถซึ่งมีช่วงเวลาของช่องว่างเพียงพอสำหรับยานพาหนะที่ต้องการกลับรถ ทำการเร่งความเร็วจากหยุดนิ่งจนกระทั่งทำการกลับรถเสร็จสิ้นปราศจากการรบกวนต่อการจราจรบนถนนสายหลัก



รูปที่ 2.2 ความหมายของช่องว่างสำหรับการกลับรถบนจุดกลับรถบนเกาะกลางแบบเปิด

ช่องว่างจะจำแนกได้เป็น 2 กรณีคือ

1. ช่องว่างระหว่างยานพาหนะในทิศทางการจราจรเดียวกัน (Gap) คือ ช่วงเวลาระหว่างสองยานพาหนะที่ต่อเนื่องกัน โดยวัดจากท้ายรถของยานพาหนะที่อยู่ข้างหน้า จนถึงหน้ายานพาหนะที่ขับตามหลัง

2. ช่องว่างระหว่างยานพาหนะคนละทิศทางการจราจร (Lag) คือ ช่วงเวลาระหว่างสองยานพาหนะที่อยู่คนละทิศทางการจราจร โดยวัดจากหน้ารถของยานพาหนะที่กำลังจะเข้าสู่จุดตัดแย่งระหว่างยานพาหนะบนถนนสายหลักกับยานพาหนะบนถนนสายรองที่เลี้ยวตัดกระแสจราจร

2.1.4 สถิติที่ใช้ในงานวิจัย

นำข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาทำการวิเคราะห์ในรูปแบบทางสถิติใช้การวิเคราะห์แบบจำลองโลจิสต์ (Logit Model) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ

ในกรณีที่มีตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียวแบบจำลองการวิเคราะห์แบบจำลองโลจิสต์สามารถเขียนได้ดังสมการ

$$P_{in} = \frac{\exp(V_{in})}{\exp(V_{in}) + \exp(V_{jn})} \quad (2.1)$$

$$V_{in} = \beta_1 x_{in1} + \beta_2 x_{in2} + \dots + \beta_k x_{ink} \quad (2.2)$$

โดย P_{in} คือความน่าจะเป็นของยานพาหนะ n ที่ทำการเลือกทางเลือก i (ยอมรับหรือปฏิเสธ)

V_{in} คือองค์ประกอบที่เป็นระบบ (Systematic Component) ของอรรถประโยชน์ (Utility) ของยานพาหนะ n ที่ทำการเลือกทางเลือก i

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ คือสัมประสิทธิ์ของคุณลักษณะ (Attribute) k

X_{ink} คือคุณลักษณะ (Attribute) k ของยานพาหนะ n ที่ทำการเลือกทางเลือก i

ในสมการที่ (2.1) บ่งบอกถึงความน่าจะเป็นของยานพาหนะในแต่ละชนิดที่ทำการยอมรับหรือปฏิเสธช่องว่างนั้น ในส่วนของสมการที่ (2.2) เป็นรูปแบบสมการโลจิสต์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ในแต่ละคุณลักษณะ

การแปลความหมายในทางสถิติ

การแปลความหมายค่า Exp(B) กรณีตัวแปรอิสระเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ

$Exp(B) > 1$ คือความสัมพันธ์ทางบวกกล่าวคือเมื่อนำ (ค่าสัมประสิทธิ์ - 1) \times 100 หมายความว่าเมื่อตัวแปรอิสระเปลี่ยนไป 1 หน่วย โอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์จะเปลี่ยนไปทางตรงข้ามที่เปอร์เซ็นต์

$Exp(B) < 1$ คือความสัมพันธ์ทางลบกล่าวคือเมื่อนำ (1 - ค่าสัมประสิทธิ์) \times 100 หมายความว่าเมื่อตัวแปรอิสระเปลี่ยนไป 1 หน่วย โอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์จะเปลี่ยนไปทางตรงข้ามที่เปอร์เซ็นต์

การแปลความหมายค่า Exp(B) กรณีตัวแปรอิสระเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพสร้างตัวแปรหุ่นที่มีค่าเป็น 0, 1 และใช้หลักการเปรียบเทียบ

$Exp(B) > 1$ เช่น 1.50 หมายความว่ากลุ่มที่ได้รับรหัส 1 จะมีโอกาสเกิดเหตุการณ์มากกว่ากลุ่มที่ได้รับรหัส 0 ถึง 1.50 เท่า

$Exp(B) < 1$ เช่น -2.50 หมายความว่ากลุ่มที่ได้รับรหัส 0 จะมีโอกาสเกิดเหตุการณ์มากกว่ากลุ่มที่ได้รับรหัส 1 ถึง 2.50 เท่า

Odd Ratio (OR) คืออัตราการเปลี่ยนแปลงของความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่เกิดเหตุการณ์ที่สนใจเมื่อตัวแปรอิสระเปลี่ยนไปหนึ่งหน่วย

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 งานวิจัยเกี่ยวกับช่องว่างที่ได้รับการยอมรับ

Obaidat and Elayan (2013) เป็นงานวิจัยที่ศึกษาพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างบริเวณจุดกัลบรถเกาะกลางแบบ บนถนนในเมือง ประเทศจอร์แดน ใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์การยอมรับช่องว่างโดยตัวแปรต้นคือช่องว่างที่ทำการยอมรับส่วนตัวแปรอิสระได้แก่ ระยะเวลารอคอย, เพศ, อายุ เป็นต้น ต่อมาใช้วิธี Binary Logistic Model ในการประมาณความน่าจะเป็นของการยอมรับช่องว่างโดยใช้ข้อมูลทั้งการยอมรับและปฏิเสธช่องว่าง ผลที่ได้คือค่าของการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ที่หนุ่มกว่ามีแนวโน้มการยอมรับช่องว่างที่เล็กกว่าผู้ขับขี่ที่แก่กว่า ในทาง

เดียวกันผู้ขับขี่ชายมีแนวโน้มการยอมรับช่องว่างที่เล็กกว่าผู้ขับขี่หญิง ในส่วนระยะเวลารอคอยมีผลต่อพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่จะเห็นได้ว่าผู้ขับขี่มีแนวโน้มในยอมรับช่องว่างที่เล็กลงหลังจากรอคอยเป็นเวลานาน

Jenjiwattanakul and Sano (2012) ตรวจสอบปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจกลับรถของผู้ขับขี่ในประเทศไทย และประเมินระดับของผลกระทบในแต่ละปัจจัย บริเวณที่ทำการสำรวจจะมีลักษณะทางกายภาพคล้ายกันทั้ง 3 จุด คือเป็นถนน 6 ช่องจราจร มีช่องจราจรสำหรับรถกลับรถและช่องสำหรับเร่งความเร็วเข้าสู่กระแสจราจรสายหลัก ในบริเวณจุดกลับรถและทำการสำรวจปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ช่วงอายุ, เพศ, ชนิดยานพาหนะที่ทำการกลับรถ, ระยะเวลารอคอยเมื่ออยู่ในคิว, ระยะเวลารอคอยเมื่อเป็นคันแรก, ขนาดช่องว่าง, ความเร็วบนถนนสายหลักและประเภทของยานพาหนะบนถนนสายหลัก การวิเคราะห์ปัจจัยเหล่านี้จะใช้วิธี Binary Logistic Regression และ Model Development จากการวิเคราะห์พบว่าขนาดช่องว่าง, ความเร็วของยานพาหนะบนถนนสายหลัก และระยะเวลารอคอยเมื่อเป็นคันแรกมีนัยสำคัญที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% ต่อมาระยะเวลารอคอยเมื่ออยู่ในคิวไม่มีนัยสำคัญหรือไม่ส่งผลกระทบต่อตัดสินใจกลับรถโดยเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการคาดการณ์มากกว่า 85%

Jenjiwattanakul and Sano (2011) ตรวจสอบปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับช่องว่างบริเวณจุดกลับรถเกาะกลางแบบเปิดบนถนน 6 ช่องจราจร สำหรับการประมาณช่องว่างวิกฤตจะใช้ Sieglösch's Method ส่วนแบบจำลองความจุในการกลับรถจะใช้ Sieglösch's Method และ Harder's Method จากผลลัพธ์ที่ได้ ช่วงระยะเวลารอคอยสำหรับยานพาหนะที่ทำการกลับรถระหว่าง 21-30 วินาที จะยอมรับช่องว่างที่มีขนาดเล็กกว่าช่วงระยะเวลารอคอยสำหรับยานพาหนะที่ทำการกลับรถระหว่าง 11-20 วินาที ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% สำหรับรถยนต์ ในขณะที่รถโดยสารขนาดเล็กแสดงผลลัพธ์ที่มากกว่ารถยนต์ประมาณ 20% ถัดมาการยอมรับช่องว่างโดยเฉลี่ยระหว่างช่วง 1-10 และ 11-20 วินาที มีความแตกต่างกันสำหรับยานพาหนะ 2 ประเภท ต่อมาช่องว่างวิกฤตเท่ากับ 3.75 วินาที, เวลาในการกลับรถเท่ากับ 1.1 วินาที และความจุมากที่สุด 3273 pcu/hr

Khan and Mohapatra (2022) พิจารณาอิทธิพลพฤติกรรมของผู้ขับขี่และคุณลักษณะยานพาหนะ ได้แก่ ความล่าช้าในการกลับรถและระยะเวลาที่ใช้เข้าร่วมกระแสจราจร บนถนน 4 และ 6 ช่องจราจรมีเกาะกลาง บนถนนทางหลวงในประเทศอินเดีย ทำการสำรวจเกาะกลางแบบเปิดจำนวน 7 จุด ทั้งถนน 4 และ 6 ช่องจราจร ยานพาหนะที่ทำการสำรวจ 6 ประเภท ได้แก่ รถ 2 ล้อ, รถ 3 ล้อ, รถยนต์คันเล็ก, รถยนต์คันใหญ่, รถเชิงพาณิชย์ขนาดเล็ก และยานพาหนะขนาดใหญ่ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลในทางสถิติในการพิจารณาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการขับขี่ จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าความล่าช้าในการกลับรถมีค่าน้อย เมื่อปริมาณจราจรของยานพาหนะที่เข้าสู่

จุดกลับรถน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณจราจรของยานพาหนะที่เข้าสู่จุดกลับรถมาก ในทางตรงกันข้ามระยะเวลาที่ใช้เข้าร่วมกระแสจราจรจะมีค่าสูงเมื่อปริมาณจราจรของยานพาหนะที่เข้าสู่จุดกลับรถน้อย ถัดมาผู้ขับขี่เพศชายมีพฤติกรรมก้าวร้าวมากกว่าผู้ขับขี่เพศหญิง มากไปกว่านั้นพบว่ารถยนต์ส่วนบุคคลมีพฤติกรรมที่ระมัดระวังกว่ารถยนต์เชิงพาณิชย์

2.2.2 งานวิจัยเกี่ยวกับช่องว่างวิกฤต

วิลาลินี เป้าน้อย (2011) เป็นงานวิจัยที่มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อต้องการวิเคราะห์หาค่าช่องว่างวิกฤต ในการตัดสินใจยอมรับช่องว่างเพื่อเลี่ยงตัดกระแสจราจรของผู้ขับขี่ยานพาหนะชนิดต่าง ๆ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ รถจักรยานยนต์และรถยนต์นั่งสี่ล้อ บริเวณทางแยกในพื้นที่เขตเทศบาลนครราชสีมา และทำการวิเคราะห์การกระจายตัวของช่องว่างที่สัมพันธ์กับอัตราการไหลของกระแสจราจรถนนสายหลัก โดยเปรียบเทียบทฤษฎีการกระจายตัวแบบ Negative Exponential กับการกระจายตัวของช่องว่างในสถานการณ์จริง จากการวิเคราะห์พบว่าค่าช่องว่างวิกฤตสำหรับการเลี่ยงขวาจากถนนสายหลักอยู่ในช่วง 6-9 วินาที ค่าช่องว่างวิกฤตสำหรับการเลี่ยงซ้ายจากถนนสายรองอยู่ในช่วง 4-10 วินาที และค่าช่องว่างวิกฤตสำหรับการกลับรถบนถนนสายหลักมีค่าอยู่ในช่วง 5-9 วินาที ค่าความแปรปรวนของช่องว่างลดลงเมื่อมีปริมาณการไหลของจราจรเพิ่มขึ้น ซึ่งงานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าเวลารอคอยในการกลับรถไม่มีผลต่อการยอมรับช่องว่าง เนื่องจากเป็นการศึกษาในเขตเมืองที่มีสัดส่วนรถบรรทุกน้อยจึงต้องมีการทำการศึกษาเพิ่มเติมในพื้นที่ที่เป็นถนนระหว่างเมืองซึ่งมีพฤติกรรมการขับขี่ที่แตกต่างกัน

Khan, Chalumuri, and Senapathi (2015) ศึกษาการยอมรับช่องว่างบนจุดกลับรถที่มีเกาะกลางแบบเปิดหลาย ๆ งานวิจัยทั้งในอินเดียและต่างประเทศ สถานที่เก็บข้อมูลอยู่บนถนน National Highway Number 8 (NH8) เป็นถนน 4 ช่องจราจรมีเกาะกลางอยู่ไกลจากทางแยกไม่มีช่องสำหรับรถกลับรถ ใช้ Dartfish Software สำหรับถอดข้อมูลจากวิดีโอ ซึ่งจะได้ข้อมูลปริมาณการจราจรในแต่ละชั่วโมง, การปฏิเสธช่องว่าง, การยอมรับช่องว่างและเวลารอคอยสำหรับการกลับรถ ต่อมาจะใช้ 7 แบบจำลองในการวิเคราะห์การยอมรับช่องว่างที่ใช้กันอย่างแพร่หลายได้แก่ Raff, Greenshield, MLM, Harder, Ashworth และ Ning wu จากนั้นนำมาประเมินเปรียบเทียบกันทั้ง 7 แบบจำลอง จากผลลัพธ์ในการเปรียบเทียบพบว่าวิธีการ Greenshield และ Ashworth เหมาะสมสำหรับเงื่อนไขภายใต้สภาพการจราจรแบบผสมที่บริเวณจุดสำรวจนี้ โดยการประมาณค่าช่องว่างวิกฤตทั้งต้นทางและปลายทางมีความคงที่อยู่ที่ 4.5 วินาที และสามารถนำไปใช้สำหรับการออกแบบการเปิดเกาะกลางบนถนน Inter-Urban ในอินเดีย

Mazaheri, Akbarzadeh, Rahimi, and Akbarzadeh (2022) ป ร ะ ม า ณ ค ่า ช่องว่างวิกฤตโดยใช้ 4 วิธีการที่มีอยู่ คือ MLM, Ashworth's, Raff และ Acceptance Curve

สำหรับการวิเคราะห์ยานพาหนะที่ทำการกลับรถบริเวณจุดกลับรถเกาะกลางแบบเปิดในเมืองประเทศอิหร่าน ทำการสำรวจจำนวน 4 จุดที่มีความแตกต่างกันในด้านลักษณะทางกายภาพของถนน ส่วนในด้านของการจราจรจะทำการเก็บข้อมูล ความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะบริเวณจุดกลับรถ, ปริมาณยานพาหนะที่ทำการกลับรถ, ปริมาณการจราจรบริเวณจุดกลับรถ, การปฏิเสธช่องว่างและการยอมรับช่องว่าง พบว่า MLM เป็นวิธีการที่ดีที่สุดสำหรับการประมาณค่าช่องว่างวิกฤต ตามเงื่อนไขของประเทศอิหร่าน โดยค่าเฉลี่ยของช่องว่างวิกฤตคือ 3.23 วินาที ซึ่งต่ำมากเมื่อเทียบกับประเทศอื่นๆ มากไปกว่านั้นค่าช่องว่างวิกฤตของยานพาหนะขนาดใหญ่มีค่าน้อยกว่ารถยนต์ทั่วไปแสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมการขับของผู้ขับขี่ยานพาหนะขนาดใหญ่มีความก้าวร้าวกว่า

Datta and Issn (2014) เปรียบเทียบการประมาณค่าช่องว่างวิกฤตระหว่างวิธี HARDERS กับ INAFOGA บริเวณจุดกลับรถเกาะกลางแบบเปิดบนถนนในเมืองประเทศอินเดีย ทำการสำรวจทั้งถนน 4 และ 6 ช่องจราจร โดยมีอัตราการไหลที่น้อยสุดของถนนสายหลักอยู่ที่ 500 คันต่อวัน, ความเร็วจำกัด 70-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และแบ่งยานพาหนะที่ทำการกลับรถเป็น 4 ประเภทได้แก่ รถ 2 ล้อ, รถ 3 ล้อ, รถ 4 ล้อ และรถ SUV ผลลัพธ์ที่ได้คือช่องว่างวิกฤตของวิธีการ INAFOGA มากกว่าวิธีการ HARDERS อยู่ 28-41% จึงสรุปได้ว่า INAFOGA เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากกว่าสำหรับจุดกลับรถเกาะกลางแบบเปิดภายใต้เงื่อนไขการจราจรแบบผสม เนื่องจากวิธีการ INAFOGA ได้นำระยะเวลาเข้าร่วมกระแสจราจรมาใช้ในการวิเคราะห์ด้วย

Kumar and Sasikumar (2020) ศึกษาช่องว่างวิกฤตบริเวณจุดกลับรถเกาะกลางแบบเปิดไม่มีสัญญาณไฟจราจรภายใต้เงื่อนไขสภาพการจราจรแบบผสมในประเทศอินเดีย ทำการสำรวจจำนวน 6 จุดปราศจากคนเดินเท้า, ทางลาด, ทางโค้ง และลานจอดรถอยู่ไกลจากจุดกลับรถ ในส่วนของตัวแปรช่องว่างเช่น ช่องว่างระหว่างยานพาหนะที่อยู่คนละทิศทาง, การยอมรับช่องว่าง, การปฏิเสธช่องว่าง และระยะเวลาเข้าร่วมกระแสจราจรใช้วิธีการ Traditional, Modified Raff และ Merging Behavior Approach ในการวิเคราะห์ช่องว่างวิกฤต พบว่าการประมาณค่าช่องว่างวิกฤตโดยใช้ Merging Behavior Approach เหมาะสำหรับสภาพการจราจรแบบเนื้อเดียวกัน และวิธีการนี้อยู่พื้นฐานของระยะเวลาที่ใช้ในการเข้าร่วมกระแสจราจรของยานพาหนะที่ทำการกลับรถ อีกทั้งเป็นการคาดการณ์ช่องว่างวิกฤตสำหรับทุกยานพาหนะ จากการวิเคราะห์ช่องว่างวิกฤตนั้นจะขึ้นอยู่กับ การยอมรับช่องว่างและระยะเวลาที่ใช้ในการเข้าร่วมกระแสจราจร

Dash, Mohapatra, and Dey (2019) ศึกษาการประมาณค่าช่องว่างวิกฤตจากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมด 7 จุดกลับรถเกาะกลางแบบเปิดในประเทศอินเดีย โดยใช้ 4 วิธีการในการประมาณค่าช่องว่างวิกฤตได้แก่ Modified Raff, MLM, Macroscopic Probability Equilibrium และ Merging Behavior Approach พบว่าค่าประมาณของช่องว่างวิกฤตแปรผันตามประเภทของ

ยานพาหนะที่ทำการกลับรถ อีกทั้งช่องว่างวิกฤตมีแนวโน้มลดลงที่ความแปรปรวนของปริมาณจราจร บนถนนสายหลักที่กำลังเข้าสู่จุดกลับรถ ซึ่งทำให้ผู้ขับขี่รถคอยกลับรถเป็นเวลานานมีความกดดันมากขึ้น เป็นเหตุทำให้เกิดความกดดันสำหรับผู้ขับขี่ส่งผลต่อพฤติกรรมก้าวร้าวของผู้ขับขี่ที่ทำการยอมรับ ช่องว่างน้อยกว่าช่องว่างที่ถูกปฏิเสธ

Abbaszadehfallah, Esmaeeli, Bin Chepuan, and Hosseini (2013) ศึกษาเพื่อหาค่าช่องว่างวิกฤตและความสัมพันธ์ระหว่างความล่าช้าในการกลับรถกับปริมาณจราจรข้างจุดกลับรถบนถนนทางหลวงหลายช่องจราจรแบบมีเกาะกลางประเทศมาเลเซีย เก็บรวบรวมข้อมูลความล่าช้า, ปริมาณความต้องการกลับรถและปริมาณการจราจรบนถนนสายหลักเป็นเวลา 9 ชั่วโมงในช่วง 3 วันจาก 7.00 น. - 10.00 น. โดยมียานพาหนะบนถนนสายหลักทั้งหมด 7,800 คัน และยานพาหนะที่ทำการกลับรถทั้งหมด 2,113 คัน จากผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงให้เห็นว่าช่องว่างวิกฤตคือ 3.5 วินาที ต่อมาความล่าช้าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณการจราจรข้าง ๆ เกาะกลางแบบเปิดเพิ่มขึ้น และผู้ขับขี่ไม่มีพฤติกรรมก้าวร้าวเนื่องจากพวกเขาหยุดรอเพื่อหาช่องว่างที่กว้างเพียงพอสำหรับการเข้าร่วมกระแสจราจรบนถนนสายหลัก

Pannela and Bhuyan (2017) ประเมินค่าช่องว่างวิกฤตบนจุดกลับรถเกาะกลางแบบเปิดทั้งถนน 4, 6 และ 8 ช่องจราจร บนถนนในเขตเมืองภายใต้เงื่อนไขการจราจรแบบผสมประเทศอินเดีย โดยมีอัตราการไหลของกระแสจราจรน้อยสุดบนถนนสายหลัก 500 คันต่อวัน และความเร็วจำกัด 70-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ประเภทยานพาหนะที่ทำการสำรวจได้แก่ รถ 2 ล้อ, รถ 3 ล้อ, รถยนต์ และรถ SUV โดยใช้วิธีการที่มีอยู่คือ Modified INAFOGA และ Probability Equilibrium ผลที่ได้คือค่าช่องว่างวิกฤตโดยวิธีการของ Modified INAGOFA คือช่วงเวลา 2.65-3.25 วินาที (เฉลี่ย 2.98 วินาที) เมื่อเปรียบเทียบกับ HCM มีการระบุค่าช่องว่างวิกฤตสำหรับรถยนต์ที่ทำการกลับรถเกาะกลางแบบเปิด คือ 4.1 วินาที ซึ่งค่าที่ได้น้อยกว่า HCM 27% จึงเป็นข้อกำหนดใหม่ของการยอมรับช่องว่าง และอิทธิพลของพื้นที่สำรวจว่าวิธีการ Modified INAGOFA เหมาะสำหรับการจราจรแบบผสมเมื่อเทียบกับวิธีการ Probability Equilibrium

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาพฤติกรรมการขับขี่บริเวณจุดกลับรถที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร ประกอบด้วยพื้นที่ศึกษา วิธีการเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัย ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 พื้นที่ศึกษา

การกำหนดพื้นที่ศึกษา เพื่อใช้ในการศึกษาพฤติกรรมการขับขี่การกลับรถบริเวณจุดกลับรถที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร ต้องคำนึงถึงลักษณะทางกายภาพการจราจรของบริเวณพื้นที่ศึกษาเพื่อให้สอดคล้องกับหลักเกณฑ์ในการคัดเลือกพื้นที่ศึกษาและเก็บข้อมูล ซึ่งมีหลักเกณฑ์ในการคัดเลือกพื้นที่ศึกษา ดังต่อไปนี้

3.1.1 ปัจจัยทางด้านจราจร

จะมุ่งเน้นไปยังบริเวณพื้นที่ศึกษาต้องมีจำนวนยานพาหนะขนาดใหญ่ที่ทำการกลับรถมากพอหรือปริมาณการจราจรตั้งแต่ 30 เปอร์เซนต์ขึ้นไป และต้องเป็นบริเวณจุดกลับรถที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร โดยคัดเลือกพื้นที่มาจากข้อมูลสถิติของกรมทางหลวง ซึ่งแต่ละพื้นที่จุดกลับรถจะมีข้อจำกัดอื่น ๆ ที่ทำการคัดออกจากพื้นที่ศึกษา เช่น จุดกลับรถที่ห้ามยานพาหนะ 6 ล้อขึ้นไปกลับรถ, ยานพาหนะขนาดใหญ่จอดพักบนไหล่ทางบริเวณจุดกลับรถ และทำการสำรวจจุดกลับรถอื่น ๆ ที่มียานพาหนะขนาดใหญ่กลับรถที่มากเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์

3.1.2 ปัจจัยทางด้านเรขาคณิต

จะเลือกจุดกลับรถเกาะกลางแบบเปิดไม่มีสัญญาณไฟจราจร ที่ตั้งอยู่บนถนนระหว่างเมือง ทั้งถนน 4 ช่องจราจร และ 6 ช่องจราจร ต้องมีจำนวนยานพาหนะขนาดใหญ่ที่ทำการกลับรถมากพอหรือปริมาณการจราจรตั้งแต่ 30 เปอร์เซนต์ขึ้นไป

3.1.3 ปัจจัยทางด้านประเภทของยานพาหนะ

ยานพาหนะจะถูกจำแนกเป็น 3 ประเภท จากยานพาหนะทั้งหมด 12 ประเภทที่ได้ถูกจำแนกไว้ของกรมทางหลวง ดังนี้

1) ยานพาหนะขนาดเล็กได้แก่ จักรยาน 2 ล้อ, จักรยาน 3 ล้อ, จักรยานยนต์ 2 ล้อ และจักรยานยนต์ 3 ล้อ

2) ยานพาหนะขนาดกลางได้แก่ รถยนต์, รถโดยสารประจำทางขนาดเล็ก และรถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)

3) ยานพาหนะขนาดใหญ่ได้แก่ รถโดยสารประจำทางขนาดกลาง, รถโดยสารประจำทางขนาดใหญ่, รถบรรทุกกึ่งพ่วง (6-10 ล้อ), รถกึ่งพ่วง และรถพ่วง

3.2 พื้นที่ศึกษาที่เลือกเพื่อทำการสำรวจ

จากการสำรวจเพื่อคัดเลือกจุดกลับรถเกาะกลางแบบเปิดไม่มีสัญญาณไฟจราจรจะได้จุดกลับรถจำนวน 2 จุด คือ 1) จุดกลับรถอำเภอปรางค์ชัย (รูปที่ 3.1) เป็นจุดกลับรถบนถนน 4 ช่องจราจร มีช่องสำหรับเร่งความเร็ว และชะลอความเร็วบริเวณจุดกลับรถ ต่อมา 2) จุดกลับรถอำเภอปากช่อง (รูปที่ 3.2) เป็นจุดกลับรถบนถนน 6 ช่องจราจร มีช่องชะลอความเร็วบริเวณจุดกลับรถ โดยทั้ง 2 จุดกลับรถมีความเหมาะสมสำหรับใช้เป็นพื้นที่ศึกษา เพราะมีการกลับรถของยานพาหนะขนาดใหญ่ที่มากเพียงพอสำหรับนำมาใช้ในการวิเคราะห์และปริมาณการจราจรตั้งแต่ 30 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ต่อมาอีกเกณฑ์ในการคัดเลือกยานพาหนะที่ทำการกลับรถคือ ต้องเป็นยานพาหนะคันแรกในการกลับรถหรือหัวขบวน ส่วนในกรณีที่ไม่คัดเลือกยานพาหนะสำหรับการสำรวจคือ การกลับรถเป็นกลุ่มหรือกลับรถซ้อนคันกันจะไม่นำข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์



รูปที่ 3.1 จุดกลับรถที่ทำการศึกษาคือ 4 ช่องจราจร อำเภอปรางค์ชัย



รูปที่ 3.2 จุดกลับรถที่ทำการศึกษ 6 ช่องจราจร อำเภอปากช่อง

3.3 การเก็บข้อมูล

3.3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการศึกษาพฤติกรรมการขับขึ้นบริเวณจุดกลับรถเกาะกลางแบบเปิดไม่มีสัญญาณไฟจราจรทำการรวบรวมข้อมูลด้วยการใช้กล้องวิดีโอ โดยจุดที่ทำการติดตั้งกล้องวิดีโอต้องสามารถมองเห็นตลอดพื้นที่การศึกษา และสามารถมองเห็นพฤติกรรมการกลับรถพร้อมทั้งระยะห่างที่ใช้ในการวิเคราะห์การกลับรถได้อย่างชัดเจน ซึ่งได้ออกแบบช่วงเวลาที่จะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเวลา 8.00-16.00 น. รวมวันละ 8 ชั่วโมงเป็นเวลา 2 วันคือ วันศุกร์และเสาร์ โดยเหตุผลที่เลือกช่วงเวลาดังกล่าวในการเก็บข้อมูลคือ ครอบคลุมทั้งช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น อีกทั้งยังต้องการจำนวนยานพาหนะที่ทำการกลับรถให้ได้มากที่สุดเพื่อนำมาวิเคราะห์

3.3.2 การคัดเลือกข้อมูล

การคัดเลือกข้อมูลจะทำโดยคัดเลือกมาจากวิดีโอ โดยเขียนโปรแกรมสร้างเส้นอ้างอิงจำนวน 2 เส้น ได้แก่ เส้นอ้างอิงสีเขียวคือเส้นอ้างอิงที่ขนานไปกับแนวของเกาะกลาง ส่วนอีกเส้นจะเป็นเส้นอ้างอิงที่อยู่ในแนวตัดขวางกับถนนสายหลักหรือแนวของความสูงเสาไฟส่องสว่างบริเวณจุดกลับรถตามภาพด้านล่าง (รูปที่ 3.3)



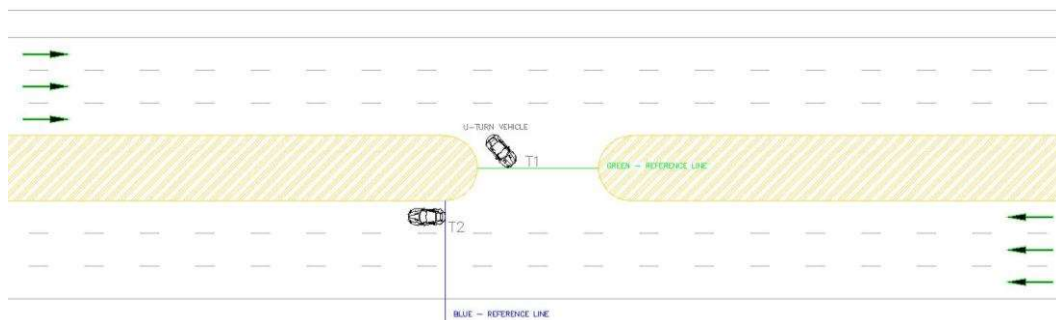
รูปที่ 3.3 เส้นแนวอ้างอิงทั้ง 2 เส้นจากการเก็บข้อมูลด้วยวิดีโอ

3.3.3 การสกัดข้อมูล

ทำการสกัดข้อมูลจากการคัดเลือกข้อมูล ซึ่งมีขั้นตอนการกำหนดเส้นอ้างอิง ตามงานวิจัยก่อนหน้า (Pannela & Bhuyan, 2017) และทำการจำแนกพฤติกรรมการขับซิปบริเวณจุดกลับรถที่จากข้อมูลของการสำรวจเป็น 3 กรณี ดังนี้

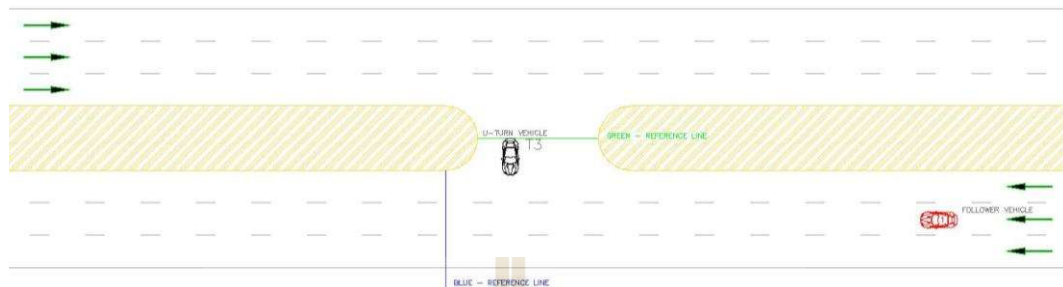
กรณีที่ 1 ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถสามารถกลับรถได้ทันที

เมื่อยานพาหนะที่ต้องการกลับรถมาถึงจุดกลับรถ (U-Turn Vehicle) โดยด้านหน้าของยานพาหนะที่ต้องการกลับรถและเส้นอ้างอิงสีเขียวจะเริ่มนับเวลากำหนดให้เป็น T_1 และทำการระบุประเภทของยานพาหนะ ในกรณีนี้เป็นกรณีที่ไม่มียานพาหนะคันหน้าบนถนนสายหลัก (Leader Vehicle) ในขณะที่ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถมาถึงจุดกลับรถจากนั้นทำการกลับรถได้ทันที จึงกำหนดให้ ($T_2 = T_1$) ซึ่ง T_2 คือเวลาเมื่อท้ายของยานพาหนะบนถนนสายหลักและเส้นอ้างอิงสีน้ำเงินตามรูปภาพด้านล่าง (รูปที่ 3.4)



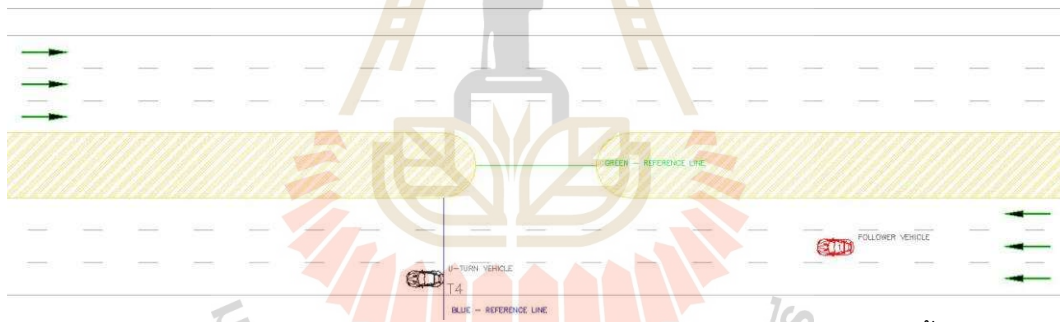
รูปที่ 3.4 กรณีที่ 1 ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถมาถึงจุดกลับรถ

ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถตัดสินใจยอมรับช่องว่างระหว่างยานพาหนะบนถนนสายหลัก ทำการเคลื่อนตัวจนกระทั่งท้ายของยานพาหนะที่ต้องการกลับรถแตะเส้นอ้างอิงสีเขียว กำหนดให้เป็น T_3 ตามรูปภาพด้านล่าง (รูปที่ 3.5)



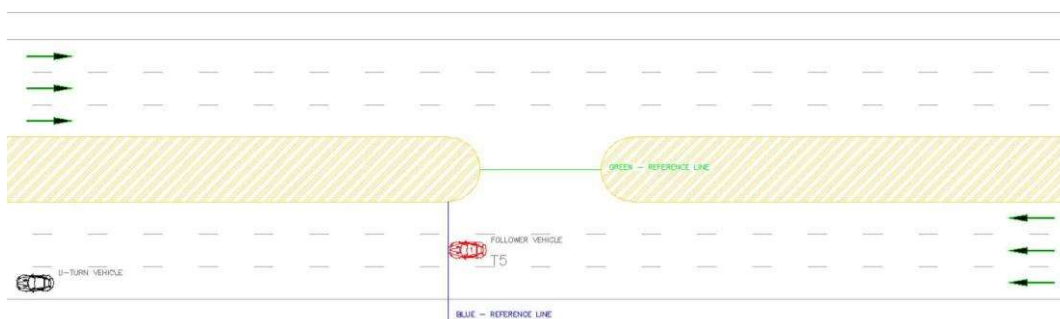
รูปที่ 3.5 กรณีที่ 1 ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถตัดสินใจทำการกลับรถ

ต่อมาเมื่อยานพาหนะที่ต้องการกลับรถทำการกลับรถเสร็จสิ้น โดยทำการเข้าร่วมกระแสจราจรบนถนนสายหลักได้สำเร็จ และท้ายของยานพาหนะที่ต้องการกลับรถแตะเส้นอ้างอิงสีน้ำเงินกำหนดให้เป็น T_4 ตามรูปภาพด้านล่าง (รูปที่ 3.6) น้ำเงินกำหนดให้เป็น T_4 ตามรูปภาพด้านล่าง (รูปที่ 3.6)



รูปที่ 3.6 กรณีที่ 1 ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถทำการกลับรถเสร็จสิ้น

เมื่อยานพาหนะทำการกลับรถเสร็จสิ้นผ่านไปช่วงเวลาหนึ่ง หน้าของยานพาหนะคันที่ตามมาบนถนนสายหลัก (Follower Vehicle) แตะเส้นอ้างอิงสีน้ำเงิน กำหนดให้เป็น T_5 ตามรูปภาพด้านล่าง (รูปที่ 3.7)



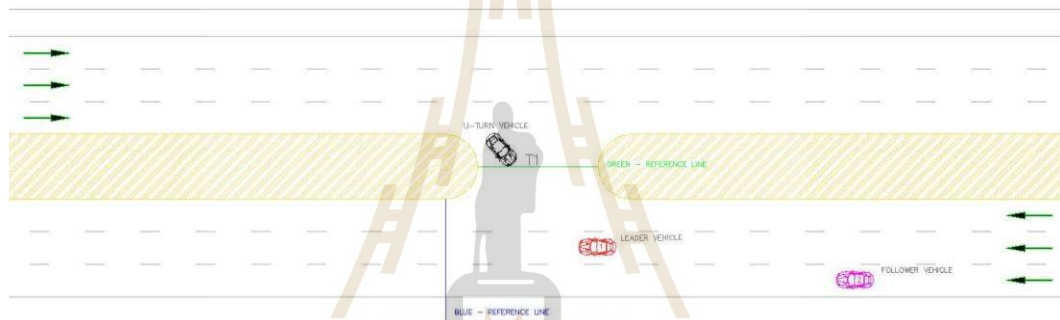
รูปที่ 3.7 กรณีที่ 1 ยานพาหนะคันที่ตามมาบนถนนสายหลัก

จากกรณีที่ 1 ตัวแปรต่าง ๆ ที่กำหนดให้สามารถนำมาใช้หาเวลาต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้ดังนี้

หาระยะเวลารอคอย	: $T_3 - T_1$
หาเวลาที่ใช้ในการกลับรถ	: $T_4 - T_3$
หาเวลาที่ใช้สำหรับการยอมรับช่องว่าง	: $T_5 - T_1$ หรือ $T_5 - T_2$

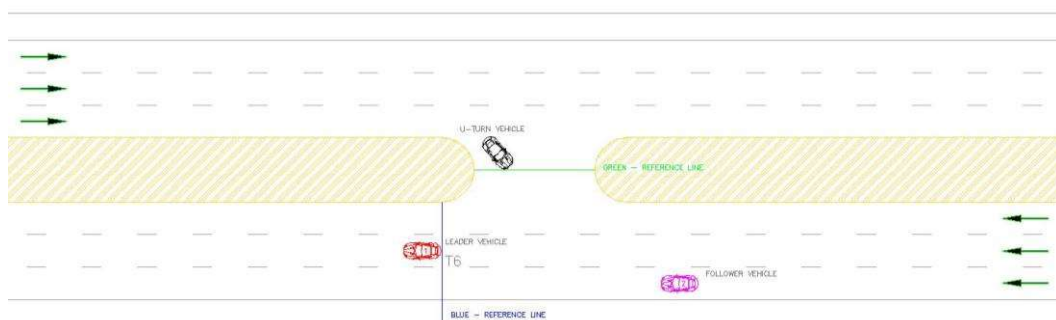
กรณีที่ 2 ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถหยุดรอเพื่อหาช่องว่างที่เหมาะสม

เมื่อยานพาหนะที่ต้องการกลับรถมาถึงจุดกลับรถโดยด้านหน้าของยานพาหนะแต่ละเส้นอ้างอิงสีเขียวจะเริ่มนับเวลา กำหนดให้เป็น T_1 และทำการระบุประเภทของยานพาหนะ ในกรณีนี้ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถหยุดรอเพื่อหาช่องว่างที่กว้างเพียงพอสำหรับการกลับรถแล้วจึงตัดสินใจยอมรับช่องว่างนั้น และทำการกลับรถตามรูปด้านล่าง (รูปที่ 3.8)



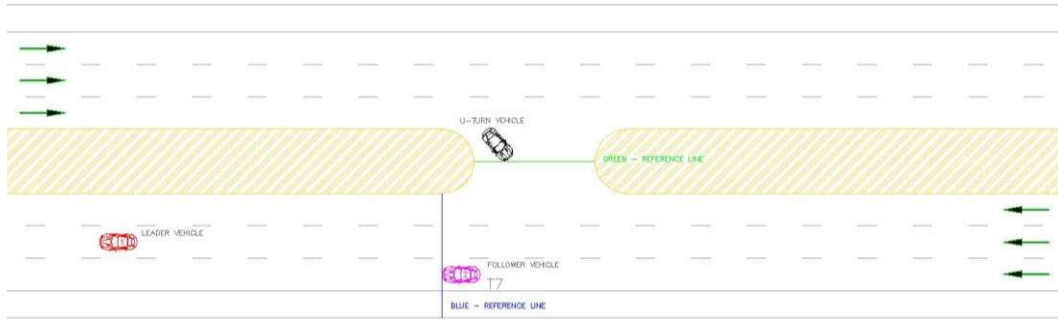
รูปที่ 3.8 กรณีที่ 2 ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถหยุดรอเพื่อหาช่องว่างที่เหมาะสม

ในขณะที่ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถหยุดและรอเพื่อหาช่องว่างที่กว้างเพียงพอสำหรับการกลับรถ โดยมียานพาหนะคันหน้าที่อยู่บนถนนสายหลักเข้าสู่บริเวณจุดกลับรถ ทำการกำหนดให้เป็น T_6 คือ เวลาเมื่อท้ายของยานพาหนะคันหน้าที่อยู่บนถนนสายหลักและเส้นอ้างอิงสีน้ำเงินตามรูปด้านล่าง (รูปที่ 3.9)



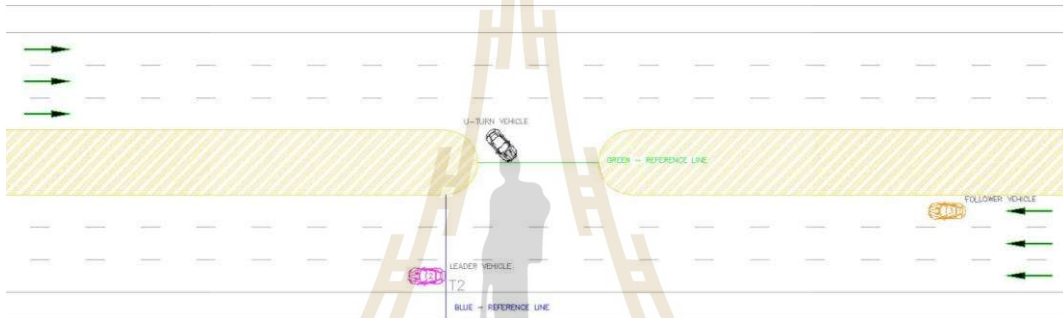
รูปที่ 3.9 กรณีที่ 2 ยานพาหนะคันหน้าเข้าสู่บริเวณจุดกลับรถใช้หาการปฏิเสธช่องว่าง

ต่อมาเมื่อหน้าของยานพาหนะคันที่ตามมาและเส้นอ้างอิงสีน้ำเงิน กำหนดให้เป็น T_7 ตามรูปด้านล่าง (รูปที่ 3.10)



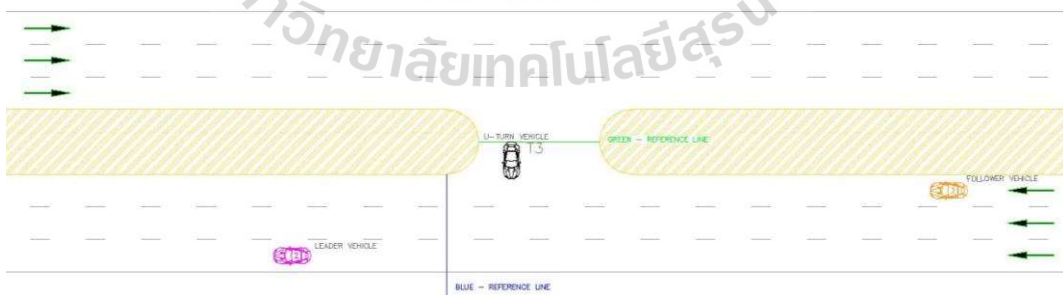
รูปที่ 3.10 กรณีที่ 2 ยานพาหนะคันที่ตามมาเข้าสู่บริเวณจุดกลับรถใช้หาการปฏิเสธช่องว่าง

เมื่อยานพาหนะที่ต้องการกลับรถพบช่องว่างที่กว้างเพียงพอสำหรับการกลับรถ ทำการกำหนดให้เป็น T_2 คือ ท้ายของยานพาหนะคันหน้าและเส้นอ้างอิงสีน้ำเงินตามรูปด้านล่าง (รูปที่ 3.11)



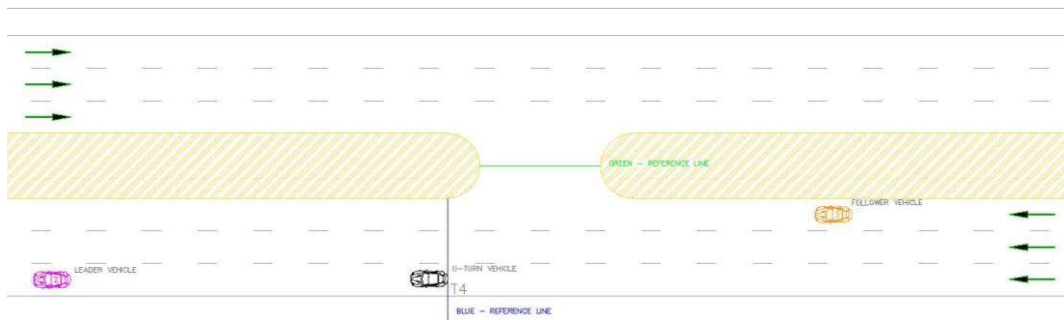
รูปที่ 3.11 กรณีที่ 2 ยานพาหนะคันหน้าเข้าสู่บริเวณจุดกลับรถใช้หาการยอมรับช่องว่าง

ต่อมาเมื่อยานพาหนะที่ต้องการกลับรถตัดสินใจยอมรับช่องว่างระหว่างยานพาหนะบนถนนสายหลัก ทำการเคลื่อนตัวจนกระทั่งท้ายของยานพาหนะที่ต้องการกลับรถและเส้นอ้างอิงสีเขียว กำหนดให้เป็น T_3 ตามรูปภาพด้านล่าง (รูปที่ 3.12)



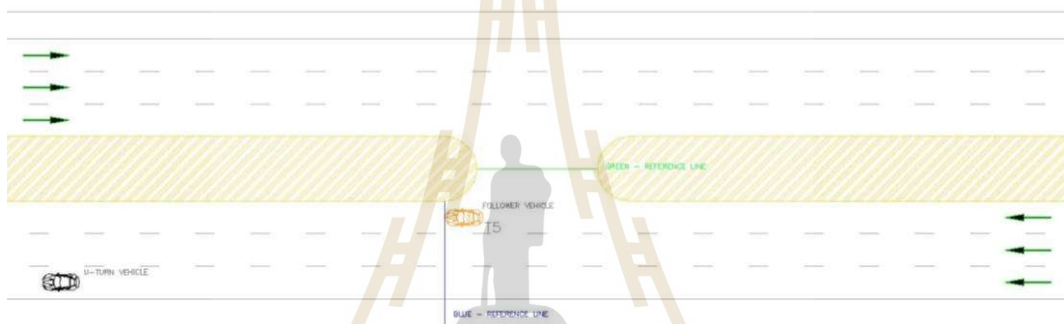
รูปที่ 3.12 กรณีที่ 2 ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถตัดสินใจทำการกลับรถ

เมื่อยานพาหนะที่ต้องการกลับรถทำการกลับรถเสร็จสิ้นโดยทำการเข้าร่วมกระแสจราจรบนถนนสายหลักได้สำเร็จ และท้ายของยานพาหนะที่ต้องการกลับรถและเส้นอ้างอิงสีน้ำเงินกำหนดให้เป็น T_4 ตามรูปภาพด้านล่าง (รูปที่ 3.13)



รูปที่ 3.13 กรณีที่ 2 ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถทำการกลับรถเสร็จสิ้น

เมื่อยานพาหนะทำการกลับรถเสร็จสิ้นผ่านไปช่วงเวลาหนึ่ง หน้าของยานพาหนะคันที่ตามมาบนถนนสายหลักและเส้นอ้างอิงสีน้ำเงินกำหนดให้เป็น T_5 ตามรูปภาพด้านล่าง (รูปที่ 3.14)



รูปที่ 3.14 กรณีที่ 2 ยานพาหนะคันที่ตามมาบนถนนสายหลัก

จากกรณีที่ 2 ตัวแปรต่าง ๆ ที่กำหนดให้สามารถนำมาใช้หาเวลาต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้ดังนี้

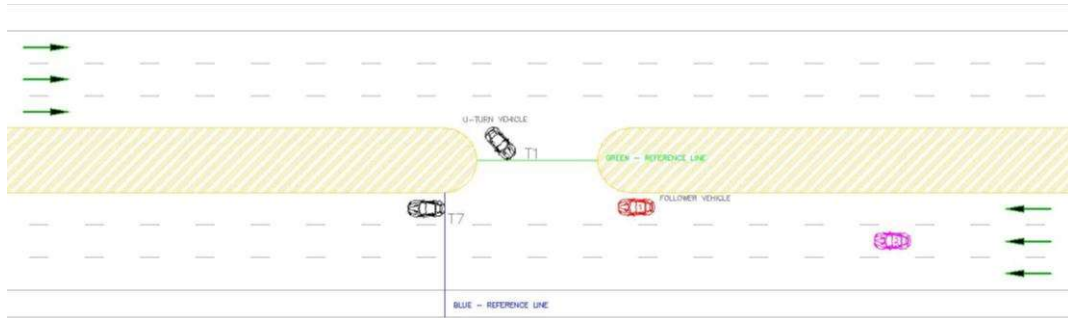
หาระยะเวลารอคอย	: $T_3 - T_1$
หาเวลาที่ใช้ในการกลับรถ	: $T_4 - T_3$
หาเวลาที่ใช้สำหรับการยอมรับช่องว่าง	: $T_5 - T_2$
หาเวลาที่ใช้สำหรับการปฏิเสธช่องว่าง	: $T_7 - T_6$

กรณีที่ 3 ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถหยุดรอเพื่อหาช่องว่างที่เหมาะสม

และไม่มียานพาหนะคันหน้าบนถนนสายหลัก

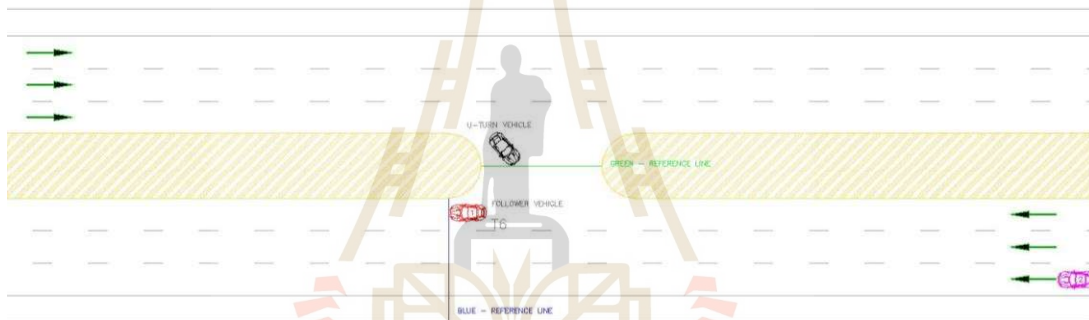
ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถมาถึงจุดกลับรถโดยด้านหน้าของยานพาหนะ

และเส้นอ้างอิงสีเขียวจะเริ่มนับเวลา กำหนดให้เป็น T_1 และทำการระบุประเภทของยานพาหนะ ในกรณีนี้ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถหยุดรอเพื่อหาช่องว่างที่กว้างเพียงพอสำหรับการกลับรถและไม่มียานพาหนะคันหน้าบนถนนสายหลักจึงกำหนดให้ ($T_7=T_1$) ตามรูปด้านล่าง (รูปที่ 3.15)



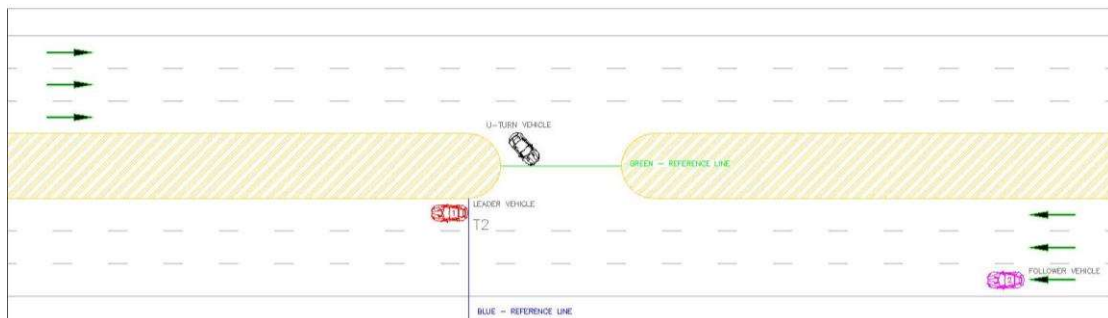
รูปที่ 3.15 กรณีที่ 3 ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถหยุดรอเพื่อหาช่องว่างที่เหมาะสมและไม่มี ยานพาหนะคันหน้าบนถนนสายหลักใช้ในการปฏิเสธช่องว่าง

ในขณะที่ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถหยุดรอเพื่อหาช่องว่างในการกลับรถ ยานพาหนะคันที่ ตามมาบนถนนสายหลักเข้าสู่บริเวณจุดกลับรถ กำหนดให้ T_6 คือ เวลาเมื่อหน้าของยานพาหนะคันที่ ตามมาแตะเส้นอ้างอิงสีน้ำเงินตามรูปด้านล่าง (รูปที่ 3.16)



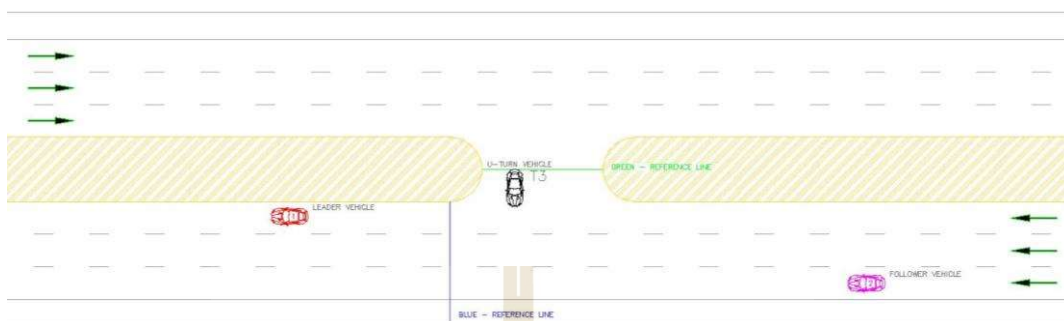
รูปที่ 3.16 กรณีที่ 3 ยานพาหนะคันที่ตามมาเข้าสู่บริเวณจุดกลับรถใช้หาการปฏิเสธช่องว่าง

ต่อมาเมื่อยานพาหนะคันที่ตามมาบนถนนสายหลักผ่านเส้นอ้างอิงสีน้ำเงินจนกระทั่งท้ายของ ยานพาหนะคันดังกล่าวแตะเส้นอ้างอิงสีน้ำเงิน ยานพาหนะคันนั้นจะถูกกำหนดให้เป็นยานพาหนะคัน หน้าและใช้ในการหาช่องว่างที่ได้รับการยอมรับหรือปฏิเสธช่องว่างต่อไป โดย T_2 คือเวลาเมื่อท้ายของ ยานพาหนะคันหน้าแตะเส้นอ้างอิงสีน้ำเงินตามรูปด้านล่าง (รูปที่ 3.17)



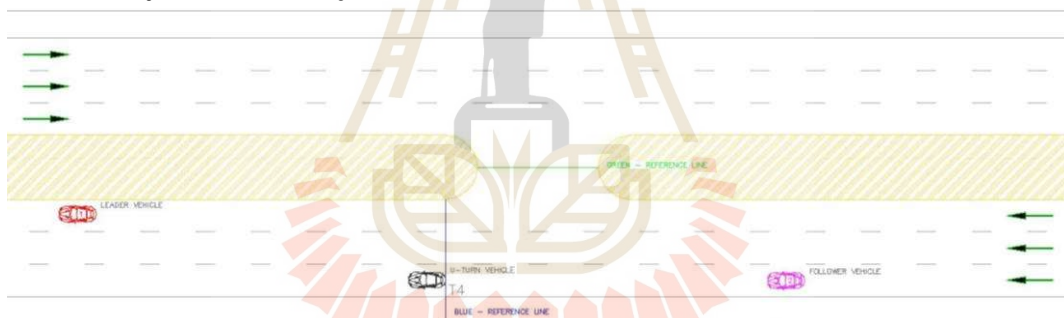
รูปที่ 3.17 กรณีที่ 3 ยานพาหนะคันหน้าเข้าสู่บริเวณจุดกลับรถใช้หาการยอมรับช่องว่าง

เมื่อยานพาหนะที่ต้องการกลับรถตัดสินใจยอมรับช่องว่างระหว่างยานพาหนะบนถนนสายหลัก ทำการเคลื่อนตัวจนกระทั่งท้ายของยานพาหนะที่ต้องการกลับรถแตะเส้นอ้างอิงสีเขียว กำหนดให้เป็น T_3 ตามรูปภาพด้านล่าง (รูปที่ 3.18)



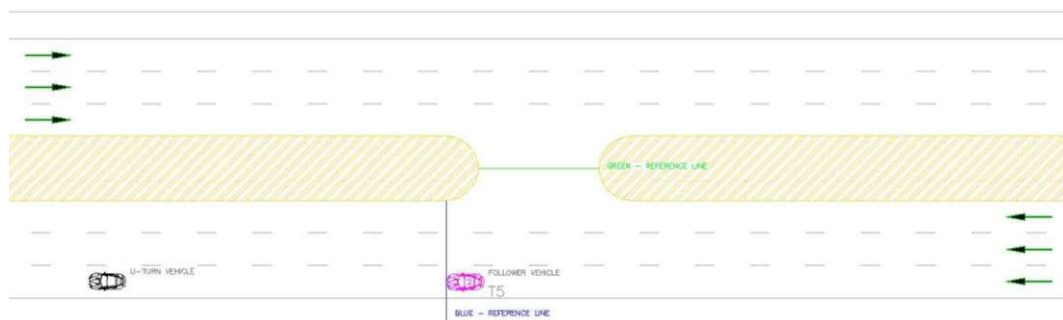
รูปที่ 3.18 กรณีที่ 3 ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถตัดสินใจทำการกลับรถ

ต่อมายานพาหนะที่ต้องการกลับรถทำการกลับรถเสร็จสิ้น โดยทำการเข้าร่วมกระแสจราจรบนถนนสายหลักได้สำเร็จ และท้ายของยานพาหนะที่ต้องการกลับรถแตะเส้นอ้างอิงสีน้ำเงินกำหนดเป็น T_4 ตามรูปภาพด้านล่าง (รูปที่ 3.19)



รูปที่ 3.19 กรณีที่ 3 ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถทำการกลับรถเสร็จสิ้น

เมื่อยานพาหนะทำการกลับรถเสร็จสิ้นผ่านไปช่วงเวลาหนึ่ง หน้าของยานพาหนะคันที่ตามมาบนถนนสายหลักแตะเส้นอ้างอิงสีน้ำเงิน กำหนดให้เป็น T_5 ตามรูปภาพด้านล่าง (รูปที่ 3.20)



รูปที่ 3.20 กรณีที่ 3 ยานพาหนะคันที่ตามมาบนถนนสายหลัก

จากกรณีที่ 3 ตัวแปรต่าง ๆ ที่กำหนดให้สามารถนำมาใช้หาเวลาต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้ดังนี้

หาระยะเวลารอคอย : $T_3 - T_1$

หาเวลาที่ใช้ในการกลับรถ : $T_4 - T_3$

หาเวลาที่ใช้สำหรับการยอมรับช่องว่าง : $T_5 - T_2$

หาเวลาที่ใช้สำหรับการปฏิเสธช่องว่าง : $T_6 - T_7$

โดยจากทุกกรณีทีกล่าวมาข้างต้นมีการกำหนดตัวแปรต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้

T_1 คือ เวลาเมื่อหน้าของยานพาหนะที่ต้องการกลับรถแตะเส้นอ้างอิงสีเขียว

T_2 คือ เวลาเมื่อท้ายของยานพาหนะคันหน้าแตะเส้นอ้างอิงสีน้ำเงิน (ใช้หาเวลาในการยอมรับช่องว่าง)

T_3 คือ เวลาเมื่อท้ายของยานพาหนะที่ต้องการกลับรถแตะเส้นอ้างอิงสีเขียว

T_4 คือ เวลาเมื่อท้ายของยานพาหนะที่ต้องการกลับรถแตะเส้นอ้างอิงสีน้ำเงิน

T_5 คือ เวลาเมื่อหน้าของยานพาหนะคันที่ตามมาแตะเส้นอ้างอิงสีน้ำเงิน (ใช้หาเวลาในการยอมรับช่องว่าง)

T_6 คือ เวลาเมื่อหน้าของยานพาหนะคันที่ตามมาแตะเส้นอ้างอิงสีน้ำเงิน (ใช้หาเวลาในการปฏิเสธช่องว่าง)

T_7 คือ เวลาเมื่อหน้าของยานพาหนะคันที่ตามมาแตะเส้นอ้างอิงสีน้ำเงิน (ใช้หาเวลาในการปฏิเสธช่องว่าง)

3.4 วิธีวิเคราะห์ทางสถิติ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมกรรมการขับขี่ในการกลับรถบริเวณจุดกลับรถเกาะกลางแบบเปิดไม่มีสัญญาณไฟจราจร พบว่ามีหลายปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมกรรมการกลับรถ ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมกรรมการขับขี่ในการกลับรถบริเวณจุดกลับ โดยวิเคราะห์ในรูปแบบทางสถิติคือใช้แบบจำลองโลจิสต์ (Logit Model) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ

3.4.1 ตัวแปรตาม (Y)

ตัวแปรตาม (Dependent Variable) หมายถึงตัวแปรที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากตัวแปรต้น (ดังตารางที่ 3.1)

ตารางที่ 3.1 แสดงตัวแปรตาม

ตัวแปรตาม	รหัส
พฤติกรรมกรรมการปฏิเสธช่องว่างในการกลับรถ	0
พฤติกรรมกรรมการยอมรับช่องว่างในการกลับรถ	1

3.4.2 ตัวแปรอิสระ (X)

ตัวแปรต้น (Independent Variable) หมายถึงตัวแปรที่มีผลกระทบทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อตัวแปรตามได้ (ดังตารางที่ 3.2)

ตารางที่ 3.2 แสดงตัวแปรต้น

ตัวแปรอิสระ	อักษรเรียกแทน	รหัสในโปรแกรม	ระดับการวัด
ขนาดของช่องว่างระหว่างรถบนถนนสายหลัก, X_1	GAP	ตัวเลข	Ratio Scale (หน่วยเป็นวินาที)
ระยะเวลารอคอยในการกลับรถ, X_2	WAIT_T	ตัวเลข	Ratio Scale (หน่วยเป็นวินาที)
ระยะเวลาที่ใช้ในการกลับรถ, X_3	MERGE_T	ตัวเลข	Ratio Scale (หน่วยเป็นวินาที)
จำนวนช่องจราจรบนถนนสายหลัก, X_4	NUM_L	0 ถนน 4 ช่องจราจร 1 ถนน 6 ช่องจราจร	Nominal Scale
ประเภทของยานพาหนะ, X_5	MV	0 อื่น ๆ 1 ยานพาหนะขนาดกลาง	Ordinal Scale
ประเภทของยานพาหนะ, X_6	HV	0 อื่น ๆ 1 ยานพาหนะขนาดใหญ่	Ordinal Scale

3.4.3 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง

Hensher et al. (2005) และ Ortúzar et al. (2011) ระบุว่า การตรวจสอบความถูกต้องและตรวจสอบประสิทธิภาพการของแบบจำลองประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. การตรวจสอบเครื่องหมายและขนาดของค่าสัมประสิทธิ์

เครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์จะแสดงอิทธิพลของตัวแปรใด ๆ ที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้ขับขี่ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ที่มีเครื่องหมายเป็นบวกแสดงว่าการตัดสินใจจะสูงขึ้นตามตัวแปร ถ้าหากมีเครื่องหมายเป็นลบแสดงให้เห็นว่า การตัดสินใจจะลดลงหากตัวแปรมีค่าสูงขึ้น

2. การทดสอบสมมติฐานของแบบจำลองโดยรวม

ผู้วิจัยทดสอบสมมติฐานของแบบจำลองโดยรวมจากการคำนวณหาค่า Likelihood Ratio แล้วนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตไคสแควร์ที่ค่าองศาอิสระใด ๆ ถ้าค่า Likelihood Ratio มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤตไคสแควร์แสดงว่า เราสามารถปฏิเสธสมมติฐานว่างและยอมรับสมมติฐานรองได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หมายความว่าปัจจัยที่อยู่ในแบบจำลองมีค่าพารามิเตอร์ไม่เท่ากับ ศูนย์ อีกทั้งแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถอธิบายความน่าจะเป็นของตัวแปรตามได้ดี

3. การตรวจสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่านัยสำคัญของตัวแปรอิสระแต่ละตัว

ขั้นตอนนี้เป็น การตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระที่นำเข้ามาพิจารณา มีความสำคัญหรือมีอิทธิพลต่อแบบจำลองหรือไม่ โดยการตรวจสอบจากค่า Wald-statistics ที่เป็นผลลัพธ์จากการสร้างแบบจำลองที่มีความแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ซึ่งจำนวนข้อมูลที่นำเข้ามาวิเคราะห์มีผลโดยตรงต่อการแสดงผลทางสถิติ (Wald-statistics) กล่าวคือการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ด้วยวิธีการจำลองภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (The Simulated Maximum Likelihood: LL) ถ้าข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์มีจำนวนมากพอ (Ortúzar & Willumsen, 2011) การกระจายตัวจะเข้าสู่การกระจายตามรูปแบบที่กำหนดส่งผลให้ค่า Wald-statistics มีความแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Hensher et al., 2005) ซึ่งบางครั้งค่า Wald-statistics อาจจะมี ความแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 การทดสอบนัยสำคัญของค่าพารามิเตอร์จะใช้ค่าสถิติ Wald-statistics ตามสมการต่อไปนี้

$$\text{Wald - statistics} = \frac{\beta_i}{\text{standard error}_i} \quad (3.1)$$

4. การตรวจสอบความเหมาะสม (Goodness-of-Fit)

การตรวจสอบระดับความเหมาะสมเป็นการตรวจสอบความสามารถของแบบจำลองที่ อธิบายพฤติกรรมของผู้ขับขี่จากข้อมูลมาใช้ประมาณค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งสามารถวัดได้จากค่าดัชนีความสอดคล้อง ρ^2 (Rho-Square Index หรือ Likelihood Ratio Index) ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

กรณีที่แบบจำลองไม่มีค่าคงที่ (Non-Alternative Specific Constant: Non-ASC)

$$\rho^2 = 1 - \frac{LL(\beta)}{LL(0)} \quad (3.2)$$

หรืออาจใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้รับการปรับแก้ตามจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า k ตัว

$$\rho^{-2} = 1 - \frac{LL(\beta) - k}{LL(0)} \quad (3.3)$$

กรณีที่แบบจำลองมีค่าคงที่ (Alternative Specific Constant: ASC) ค่าดัชนี ρ^2 (Rho-Square Index) จะหาได้จาก

$$\rho^2 = 1 - \frac{LL(\beta)}{LL(C)} \quad (3.4)$$

$$\rho^{-2} = 1 - \frac{LL(\beta) - k}{LL(C)} \quad (3.5)$$

โดยที่	ρ^2	คือ	ค่า Rho-Square ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1
	ρ^{-2}	คือ	ค่าปรับแก้ (Adjusted Rho-Square)
	$LL(\beta)$	คือ	ค่าลอการิทึมของฟังก์ชันความน่าจะเป็นที่ได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์
	$LL(0)$	คือ	ค่า Log Likelihood Function เมื่อพารามิเตอร์ทุกตัวมีค่าเท่ากับศูนย์
	$LL(C)$	คือ	ค่า Log Likelihood Function เมื่อมีค่าคงที่เฉพาะ (Alternative Specific Constant: ASC)

ดัชนีวัดความสอดคล้อง Rho-Square: ρ^2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (ρ^2) มีลักษณะคล้ายกับค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (R^2) ที่นิยมนำมาใช้วัดความสามารถในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสมการถดถอย (Regression Equation) และค่าทั้งสองจะสื่อความหมายที่แตกต่างกัน ค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจจะชี้ถึงสัดส่วนความผันแปร (Variation) ของตัวแปรตาม ในขณะที่ดัชนีวัดความสอดคล้อง (ρ^2) จะแสดงถึงความสามารถของแบบจำลองในการอธิบายพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริง ถ้าดัชนี (ρ^2) มีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าแบบจำลองสามารถอธิบายพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับขี่ได้ถูกต้องแม่นยำตรงตามที่สำรวจจริง ในทางกลับกันถ้ามีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าพฤติกรรมการขับขี่

ของผู้ขับขีมีแนวโน้มที่จะตัดสินใจยอมรับช่องว่างที่มีขนาดเท่า ๆ กัน สามารถอธิบายพฤติกรรม การเลือกช่องว่างของผู้ขับขีบริเวณจุดกลับรถบนถนนระหว่างเมืองได้ถูกต้องเท่ากับการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง

3.4.4 การทดสอบความถูกต้องของโมเดล

การทดสอบสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูลในการวิเคราะห์แบบจำลองโลจิสติกทำได้หลายวิธี แต่สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้ Cross Validation เพราะเป็นการทดสอบความถูกต้องของโมเดลที่นิยมใช้กันอย่างมากในปัจจุบัน อีกทั้งมุมมองทางสถิติมีความน่าเชื่อถือเป็นอย่างมากทำให้การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองมีความถูกต้องและแม่นยำ โดยการทำ Cross Validation สามารถทำได้โดย แบ่งข้อมูลแบบสุ่มเป็น 90 เปอร์เซ็นต์ใช้สำหรับสร้างโมเดลและใช้โมเดลทำนายข้อมูล (Train) ที่เหลืออีก 10 เปอร์เซ็นต์ใช้สำหรับทดสอบแบบจำลอง (Test) หลังจากนั้นนำข้อมูล 90 เปอร์เซ็นต์นี้ไปแบ่งข้อมูลอีกครั้ง โดยแบ่งเป็น K ส่วนเท่า ๆ กัน โดยในแต่ละส่วนจะต้องมาจากการสุ่มเพื่อที่จะให้ข้อมูลกระจายตัวเท่า ๆ กัน จากนั้นทำการสร้างโมเดลและทดสอบโมเดลจนกว่าข้อมูลทุกส่วนจะถูกนำมาใช้ยกตัวอย่างเช่น แบ่งข้อมูลเป็น 5 ส่วน ก็จะต้องทำการสร้างโมเดลและทดสอบโมเดล 5 รอบด้วยเช่นกัน ซึ่งในแต่ละรอบจะแบ่งข้อมูลเป็น 4:1 โดย 4 ส่วนใช้ทำการสร้างโมเดลและทดสอบโมเดลอีก 1 ส่วนจะใช้ทดสอบโมเดลทำนายไปจนครบ 5 รอบ จะได้โมเดลที่ดีที่สุดและหลังจากนั้นนำโมเดลที่ดีที่สุดไปทดสอบอีกครั้งกับข้อมูลที่ถูกแบ่งไว้ตั้งแต่แรก 10 เปอร์เซ็นต์จะได้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ทดสอบความถูกต้องสำหรับโมเดล

3.4.5 แนวคิดการสร้างแบบจำลอง

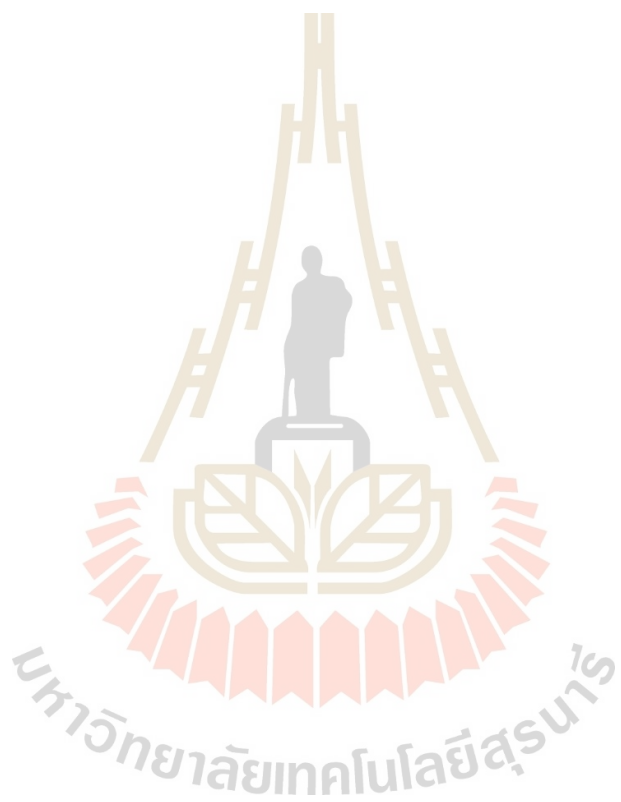
จากปัญหาที่เกิดขึ้นบริเวณจุดกลับรถบนถนนระหว่างเมืองคือ ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถรอคอยเป็นเวลานานเนื่องจากยานพาหนะบนถนนสายหลักมีการใช้ความเร็วสูงและมีปริมาณการจราจรค่อนข้างมาก เมื่อยานพาหนะที่ต้องการกลับรถรอคอยเป็นเวลานานอาจทำให้เกิดพฤติกรรมเสี่ยงของผู้ขับขีที่ต้องการกลับรถพยายามแทรกตัวเข้ากระแสนจราจรบนถนนสายหลัก และทำให้ยานพาหนะบนถนนสายหลักชะลอความเร็วลงอย่างรวดเร็วจนอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้รถใช้ถนนได้ จึงเป็นแนวคิดของแบบจำลองโดยเน้นการศึกษาเรื่องระยะเวลาการรอคอยที่มีผลต่อพฤติกรรมกรรมการกลับรถและยังศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อพฤติกรรมกรรมการกลับรถ ด้วยการวิเคราะห์แบบจำลองโลจิสติกทุกโมเดล (Logit Model) ซึ่งแบบจำลองจะประกอบไปด้วยดังนี้

แบบจำลองที่ 1 และ 2 เป็นแบบจำลองที่แยกตามจำนวนช่องจราจรของถนน โดยแบบจำลองที่ 1 จะเป็นแบบจำลองพฤติกรรมกรรมการกลับรถบนถนน 4 ช่องจราจร และแบบจำลองที่ 2 จะเป็นแบบจำลองพฤติกรรมกรรมการกลับรถบนถนน 6 ช่องจราจร

แบบจำลองที่ 3, 4 และ 5 เป็นแบบจำลองที่แยกตามประเภทของยานพาหนะดังนี้ ยานพาหนะขนาดเล็ก, ยานพาหนะขนาดกลาง และยานพาหนะขนาดใหญ่ ตามลำดับ

3.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัย

- | | |
|------------------------------------|-----------------|
| 1. เครื่องคอมพิวเตอร์ | จำนวน 1 เครื่อง |
| 2. เครื่องถ่ายวิดีโอขนาดเล็ก | จำนวน 2 เครื่อง |
| 3. อุปกรณ์ติดตั้งเครื่องถ่ายวิดีโอ | จำนวน 2 ชุด |
| 4. แบตเตอรี่สำรอง (Power Bank) | จำนวน 2 ชุด |



บทที่ 4

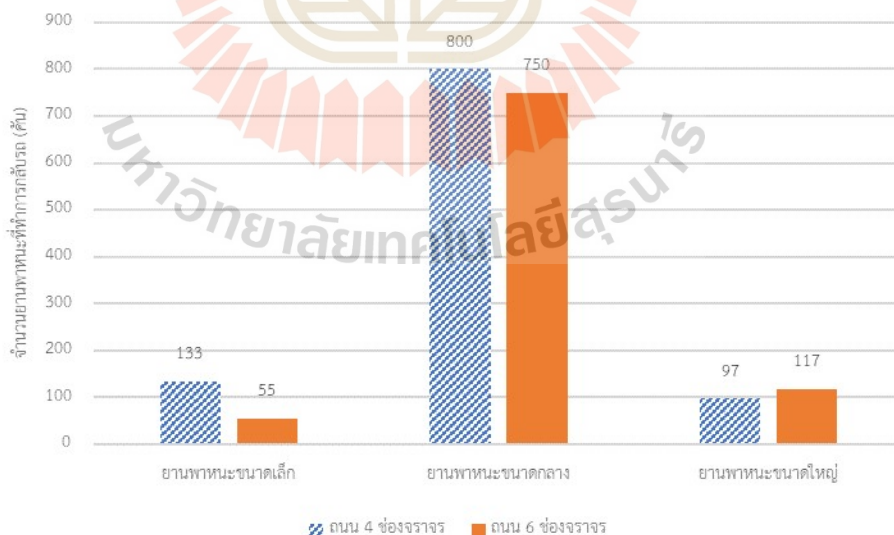
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาเรื่องพฤติกรรมการขับขี่บริเวณจุดกลับรถเกาะกลางแบบเปิดไม่มีสัญญาณไฟจราจรบนถนนระหว่างเมือง จากการเก็บข้อมูลด้วยกล้องวิดีโอ พบว่าจำนวนยานพาหนะที่ทำการกลับรถบริเวณจุดกลับรถทั้งหมด 1,952 คัน ประกอบไปด้วยยานพาหนะขนาดเล็ก ยานพาหนะขนาดกลาง และยานพาหนะขนาดใหญ่

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

จากการศึกษาเรื่องพฤติกรรมการขับขี่บริเวณจุดกลับรถเกาะกลางแบบเปิดไม่มีสัญญาณไฟจราจรบนถนนระหว่างเมือง แล้วนำมาถอดข้อมูลทำให้ได้ข้อมูลการจราจรประกอบด้วยชนิดของยานพาหนะที่ทำการกลับรถ, ขนาดของช่องว่างระหว่างยานพาหนะบนถนนสายหลัก, ระยะเวลารอคอยในการกลับรถ และจำนวนการยอมรับช่องว่างและการปฏิเสธช่องว่าง นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์เบื้องต้นได้ดังนี้

4.1.1 ชนิดของยานพาหนะที่ทำการกลับรถ



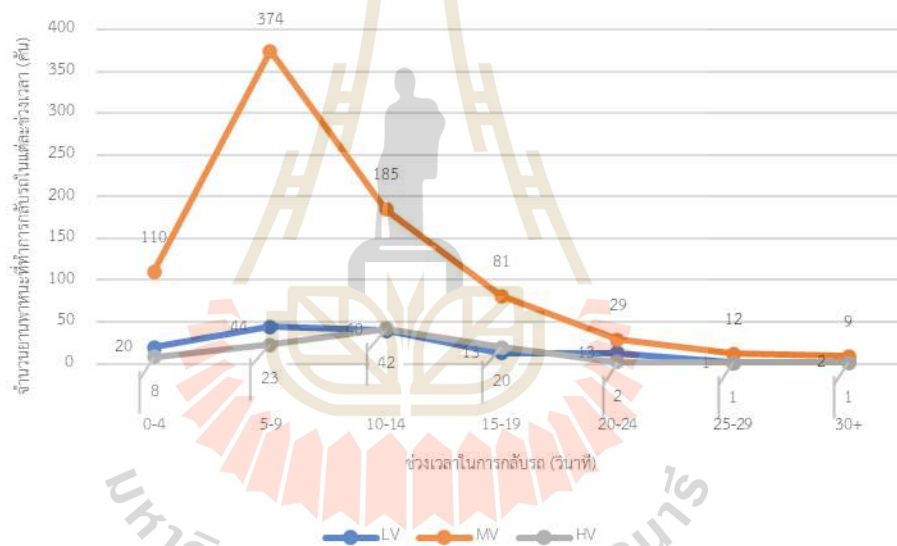
รูปที่ 4.1 จำนวนยานพาหนะแต่ละชนิดที่ทำการกลับรถบนถนนระหว่างเมือง

จากรูปที่ 4.1 จำนวนยานพาหนะแต่ละชนิดที่ทำการกลับรถบนถนนระหว่างเมือง ทั้งถนน 4 ช่องจราจร และถนน 6 ช่องจราจร จะเห็นได้ว่าจำนวนยานพาหนะที่ทำการกลับรถมากที่สุดคือ

ยานพาหนะขนาดกลาง รองลงมาคือยานพาหนะขนาดใหญ่ และยานพาหนะขนาดเล็ก โดยบนถนน 4 ช่องจราจร มีจำนวนยานพาหนะขนาดเล็กที่ทำการกลับรถจำนวน 133 คัน ยานพาหนะขนาดกลางจำนวน 800 คัน และยานพาหนะขนาดใหญ่จำนวน 97 คัน ต่อมาบนถนน 6 ช่องจราจร จำนวนยานพาหนะขนาดเล็กที่ทำการกลับรถจำนวน 55 คัน ยานพาหนะขนาดกลางจำนวน 750 คัน และยานพาหนะขนาดใหญ่จำนวน 117 คัน จะเห็นได้ว่าจำนวนยานพาหนะขนาดเล็กทำการกลับรถน้อยที่สุดเนื่องจากเป็นจุดกลับรถที่อยู่บนถนนระหว่างเมือง และสัดส่วนของยานพาหนะขนาดเล็กมีน้อยมากในการเดินทางระหว่างเมืองเมื่อเทียบกับยานพาหนะขนาดกลางและยานพาหนะขนาดใหญ่

4.1.2 ขนาดช่องว่างที่ได้รับการยอมรับระหว่างยานพาหนะบนถนนสายหลัก

สำหรับยานพาหนะที่ทำการกลับรถโดยขนาดช่องว่างที่ได้รับการยอมรับระหว่างยานพาหนะบนถนนสายหลัก จะนับเฉพาะยานพาหนะที่ทำการยอมรับช่องว่างในการกลับรถ



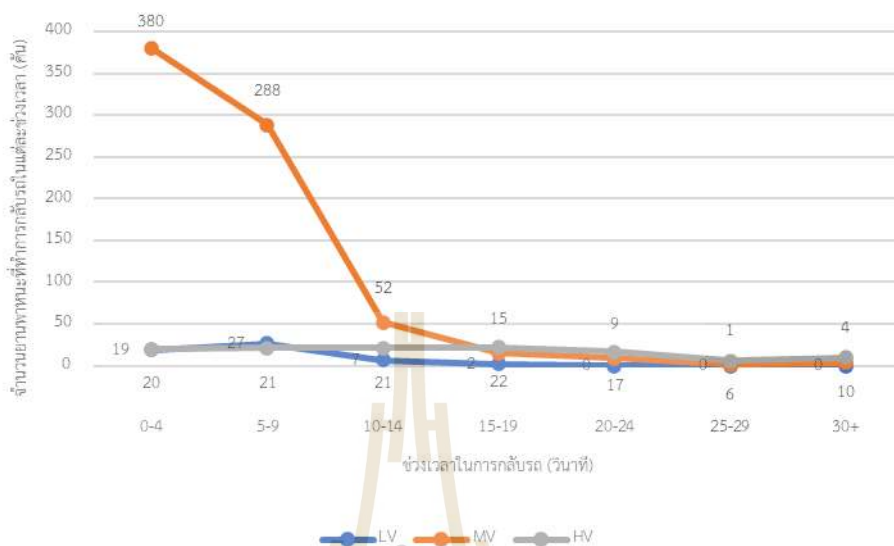
รูปที่ 4.2 ช่วงของช่องว่างในการกลับรถของแต่ละยานพาหนะบนถนน 4 ช่องจราจร

จากรูปที่ 4.2 ช่วงของช่องว่างในการกลับรถของแต่ละยานพาหนะบนถนน 4 ช่องจราจร จะเห็นได้ว่า ช่องว่างที่ได้รับการยอมรับสำหรับยานพาหนะขนาดเล็กมีการยอมรับช่องว่างมากที่สุดในช่วง 10-14 วินาที จำนวน 44 คัน รองลงมาคือช่วง 5-9 วินาที จำนวน 37 คัน และช่วงของช่องว่างในการกลับรถที่น้อยที่สุดคือช่วง 25-29 วินาที และช่วง 30 วินาทีขึ้นไป จำนวน 2 คัน

ต่อมายานพาหนะขนาดกลางมีการยอมรับช่องว่างมากที่สุดในช่วง 5-9 วินาที จำนวน 338 คัน รองลงมาคือช่วง 10-14 วินาที จำนวน 241 คัน และช่วงของช่องว่างในการกลับรถที่น้อยที่สุดคือ 30 วินาทีขึ้นไป จำนวน 10 คัน

สุดท้ายสำหรับยานพาหนะขนาดใหญ่มีการยอมรับช่องว่างมากที่สุดในช่วง 10-14

วินาที จำนวน 43 คัน รองลงมาคือช่วง 5-9 วินาที จำนวน 22 คัน และช่วงของช่องว่างในการกลับรถที่น้อยที่สุดคือช่วง 25-29 วินาที จำนวน 0 คัน



รูปที่ 4.3 ช่วงของช่องว่างในการกลับรถของแต่ละยานพาหนะบนถนน 6 ช่องจราจร

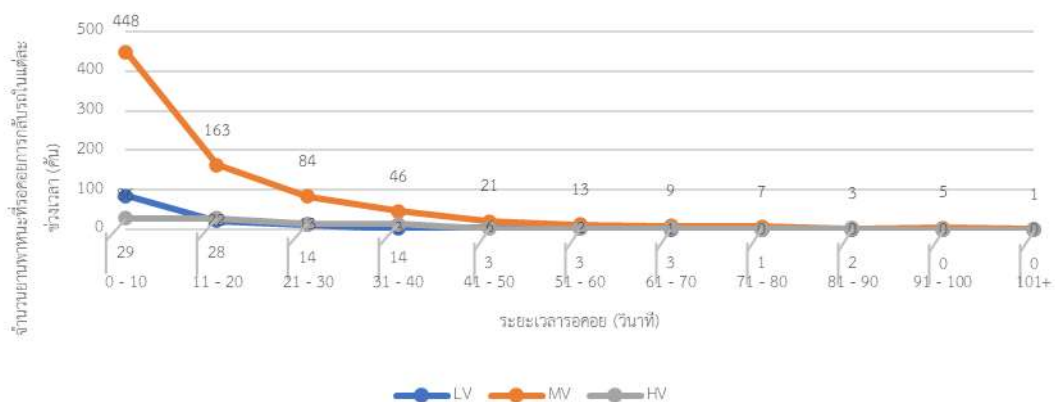
จากรูปที่ 4.3 ช่วงของช่องว่างในการกลับรถของแต่ละยานพาหนะบนถนน 6 ช่องจราจร จะเห็นได้ว่าช่องว่างที่ได้รับการยอมรับสำหรับยานพาหนะขนาดเล็ก มีการยอมรับช่องว่างมากที่สุดในช่วง 5-9 วินาที จำนวน 28 คัน รองลงมาคือช่วง 0-4 วินาที จำนวน 13 คัน และช่วงของช่องว่างในการกลับรถที่น้อยที่สุดคือช่วง 20-30 วินาทีขึ้นไป จำนวน 0 คัน

ต่อมายานพาหนะขนาดกลางมีการยอมรับช่องว่างมากที่สุดในช่วง 5-9 วินาที จำนวน 364 คัน รองลงมาคือช่วง 0-4 วินาที จำนวน 270 คัน และช่วงของช่องว่างในการกลับรถที่น้อยที่สุดคือช่วง 25-29 วินาที จำนวน 2 คัน

สุดท้ายสำหรับยานพาหนะขนาดใหญ่มีการยอมรับช่องว่างมากที่สุดในช่วง 10-14 วินาที จำนวน 27 คัน รองลงมาคือช่วง 15-19 วินาที จำนวน 22 คัน และช่วงของช่องว่างในการกลับรถที่น้อยที่สุดคือช่วง 25-29 วินาที จำนวน 8 คัน

4.1.3 ระยะเวลารอคอยการกลับรถ

ระยะเวลารอคอยการกลับรถสำหรับงานวิจัยนี้จะเริ่มนับเวลาตั้งแต่ยานพาหนะมาถึงจุดกลับรถเป็นคันแรก และหยุดรอเพื่อกลับรถจนกระทั่งตัดสินใจกลับรถโดยท้ายของยานพาหนะที่ต้องการกลับรถแต่ละเส้นอ้างอิงที่กำหนดไว้ โดยระยะเวลารอคอยของยานพาหนะแต่ละชนิดจะแสดงตามรูปด้านล่าง (รูปที่ 4.4)

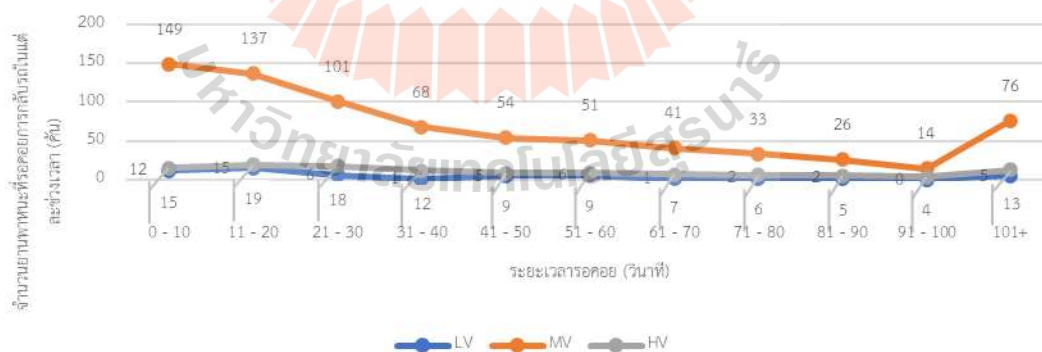


รูปที่ 4.4 จำนวนยานพาหนะรอกคอยกลับรถในแต่ละช่วงเวลาบนถนน 4 ช่องจราจร

จากรูปที่ 4.4 จำนวนยานพาหนะแต่ละชนิดรอกคอยกลับรถบนถนน 4 ช่องจราจร โดยจำนวนยานพาหนะขนาดเล็กรอกคอยกลับมากที่สุดอยู่ในช่วง 0-10 วินาที จำนวน 86 คัน รองลงมาคือช่วง 11-20 วินาที จำนวน 22 คัน และน้อยสุดตั้งแต่ 71 วินาทีขึ้นไป จำนวน 0 คัน

ต่อมาจำนวนยานพาหนะขนาดกลางรอกคอยกลับรถมากที่สุดอยู่ในช่วง 0-10 วินาที จำนวน 448 คัน รองลงมาคือช่วง 11-20 วินาที จำนวน 163 คัน และน้อยสุดตั้งแต่ 101 วินาทีขึ้นไป จำนวน 1 คัน

สุดท้ายจำนวนยานพาหนะขนาดใหญ่รอกคอยกลับรถมากที่สุดอยู่ในช่วง 0-10 วินาที จำนวน 29 คัน รองลงมาคือช่วง 11-20 วินาที จำนวน 28 คัน และน้อยสุดตั้งแต่ 91 วินาทีขึ้นไป จำนวน 0 คัน



รูปที่ 4.5 จำนวนยานพาหนะรอกคอยกลับรถในแต่ละช่วงเวลาบนถนน 6 ช่องจราจร

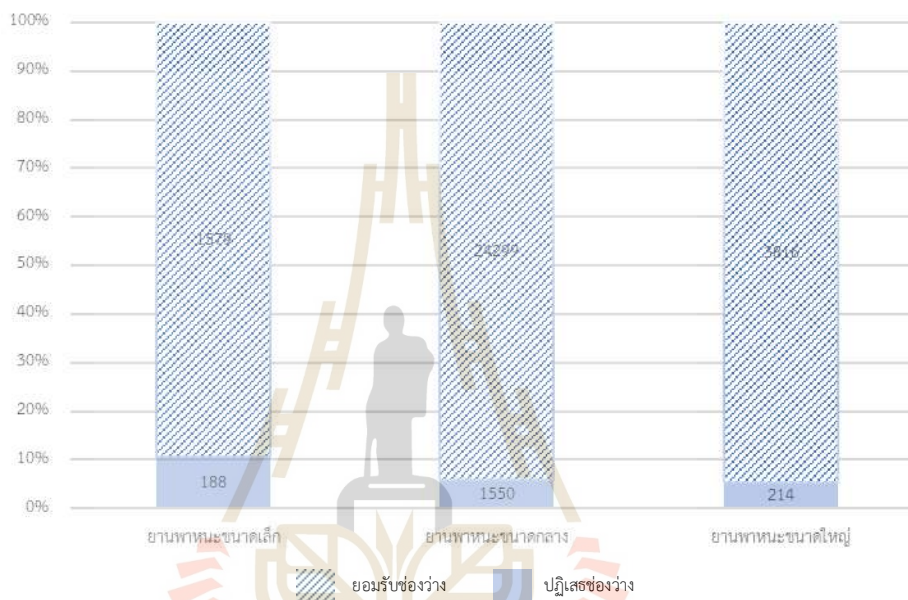
จากรูปที่ 4.5 จำนวนยานพาหนะแต่ละชนิดรอกคอยกลับรถบนถนน 6 ช่องจราจร โดยจำนวนยานพาหนะขนาดเล็กรอกคอยกลับมากที่สุดอยู่ในช่วง 11-20 วินาที จำนวน 15 คัน รองลงมาคือช่วง 0-10 วินาที จำนวน 12 คัน และน้อยสุดช่วง 91-100 วินาที จำนวน 0 คัน

ต่อมาจำนวนยานพาหนะขนาดกลางรอกคอยกลับรถมากที่สุดอยู่ในช่วง 0-10 วินาที

จำนวน 149 คัน รองลงมาคือช่วง 11-20 วินาที จำนวน 137 คัน และน้อยสุดช่วง 91-100 วินาที จำนวน 14 คัน

สุดท้ายจำนวนยานพาหนะขนาดใหญ่รอคอยกลับรถมากที่สุดอยู่ในช่วง 11-20 วินาที จำนวน 19 คัน รองลงมาคือช่วง 21-30 วินาที จำนวน 18 คัน และน้อยสุดช่วง 91-100 วินาที จำนวน 4 คัน

4.1.4 จำนวนยานพาหนะที่ยอมรับช่องว่างและปฏิเสธช่องว่าง



รูปที่ 4.6 จำนวนยานพาหนะที่ยอมรับช่องว่างและปฏิเสธช่องว่างทั้งถนน 4 และ 6 ช่องจราจร

จากรูปที่ 4.6 จำนวนยานพาหนะที่ยอมรับช่องว่างและปฏิเสธช่องว่างในแต่ละชนิดของยานพาหนะที่ทำการกลับรถ ณ จุดกลับรถ โดยยานพาหนะขนาดเล็กมีการยอมรับช่องว่างและปฏิเสธช่องว่างคือ 118 และ 1,579 ตามลำดับ ต่อมาขนาดกลางมีการยอมรับช่องว่างและปฏิเสธช่องว่างคือ 1,550 และ 24,299 ตามลำดับและท้ายสุดยานพาหนะขนาดใหญ่มีการยอมรับช่องว่างและปฏิเสธช่องว่างคือ 214 และ 3,816 ตามลำดับ

4.2 การสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการขับขี่บริเวณจุดกลับรถที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร

จากการเก็บข้อมูลและนำเข้าวิเคราะห์ในโปรแกรม Nlogit 5 โดยแบบจำลองที่ได้จากการวิเคราะห์จะประกอบด้วย 5 แบบจำลองคือ

แบบจำลองที่ 1 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการกลับรถ เมื่อพิจารณารูปแบบทางกายภาพของถนน 4 ช่องจราจร

แบบจำลองที่ 2 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการกลับรถ เมื่อพิจารณารูปแบบทางกายภาพของถนน 6 ช่องจราจร

แบบจำลองที่ 3 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการกลับรถ เมื่อพิจารณายานพาหนะขนาดเล็ก

แบบจำลองที่ 4 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการกลับรถ เมื่อพิจารณายานพาหนะขนาดกลาง

แบบจำลองที่ 5 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการกลับรถ เมื่อพิจารณายานพาหนะขนาดใหญ่

แบบจำลองที่ 1 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการกลับรถ เมื่อแยกตามรูปแบบทางกายภาพของถนนสำหรับถนน 4 ช่องจราจร (ตารางที่ 4.2)

แบบจำลองที่ 2 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการกลับรถ เมื่อแยกตามรูปแบบทางกายภาพของถนนสำหรับถนน 6 ช่องจราจร (ตารางที่ 4.3)

ทั้งแบบจำลองที่ 1 และแบบจำลองที่ 2 นำข้อมูลที่ได้จากการถอดข้อมูล เช่น ขนาดของช่องว่าง, ระยะว่างยานพาหนะบนถนนสายหลัก, ระยะเวลารอคอยการกลับรถ, ประเภทของยานพาหนะและตำแหน่งช่องจราจรของยานพาหนะบนถนนสายหลักที่กำลังมาถึง มาพิจารณาในการสร้างแบบจำลอง logit ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.1 แบบจำลองสำหรับถนนทางหลวงระหว่างเมือง 4 ช่องจราจร

	coefficient	standard error	z	significant	95% Confidence interval	
GAP	0.84027***	0.03689	22.78	0.0000	0.76796	0.91257
WAIT_T	-0.10559***	0.00457	-23.13	0.0000	-0.11454	-0.09664
MERGE_T	-0.43294***	0.04340	-9.98	0.0000	-0.51800	-0.34788
MV	-2.42906***	0.19156	-12.68	0.0000	-2.80451	-2.05361
HV	-2.32106***	0.38439	-6.04	0.0000	-3.07446	-1.56766

แบบจำลองที่ 1 ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการกลับรถแยกตามรูปแบบของถนนที่มี 4 ช่องจราจรแบบจำลองที่ได้คือ

$$Y = 0.84027(\text{GAP}) - 0.10559(\text{WAIT_T}) - 0.43294(\text{MERGE_T}) - 2.42906(\text{MV}) - 2.32106(\text{HV})$$

อธิบายได้ว่า

ปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างสำหรับถนน 4 ช่องจราจร

GAP : พบว่า coefficient = 0.84027 ซึ่งมีค่าเป็นบวกและมีนัยสำคัญแปลผลได้ว่า เมื่อช่องว่างระหว่างยานพาหนะบนถนนสายหลักมากขึ้นทำให้โอกาสในการยอมรับช่องว่างเพิ่มขึ้น

WAIT_T : พบว่า coefficient = -0.10559 ซึ่งมีค่าเป็นลบและมีนัยสำคัญแปลผลได้ว่า เมื่อยานพาหนะคันนั้น ๆ รอคอยนานขึ้นทำให้โอกาสในการยอมรับช่องว่างเดียวกันนี้น้อยลง

MERGE_T : พบว่า coefficient = -0.43294 ซึ่งมีค่าเป็นลบและมีนัยสำคัญแปลผลได้ว่า เมื่อยานพาหนะคันนั้น ๆ ใช้เวลาในการกลับรถมากขึ้นทำให้โอกาสในการยอมรับช่องว่างเดียวกันนี้น้อยลง

MV : พบว่า coefficient = -2.42906 ซึ่งมีค่าเป็นลบและมีนัยสำคัญแปลผลได้ว่า เมื่อยานพาหนะคันนั้น ๆ มีขนาดเพิ่มขึ้นทำให้โอกาสในการยอมรับช่องว่างเดียวกันนี้น้อยลง

HV : พบว่า coefficient = -2.32106 ซึ่งมีค่าเป็นลบและมีนัยสำคัญแปลผลได้ว่า เมื่อยานพาหนะคันนั้น ๆ มีขนาดเพิ่มขึ้นทำให้โอกาสในการยอมรับช่องว่างเดียวกันนี้น้อยลง

ตารางที่ 4.2 แบบจำลองสำหรับถนนทางหลวงระหว่างเมือง 6 ช่องจราจร

	coefficient	standard error	z	significant	95% Confidence interval	
GAP	1.44141***	0.03604	40.00	0.0000	1.37079	1.51204
WAIT_T	-0.02984***	0.00141	-21.14	0.0000	-0.03260	-0.02707
MERGE_T	-0.99897***	0.05756	-17.35	0.0000	-1.11179	-0.88615
MV	-3.93459***	0.19435	-20.25	0.0000	-4.31550	-3.55368
HV	-3.62430***	0.42549	-8.52	0.0000	-4.45824	-2.79035

แบบจำลองที่ 2 ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการกลับรถโดยแยกตามรูปแบบของถนนที่มี 6 ช่องจราจรแบบจำลองที่ได้คือ

$$Y = 1.44141(\text{GAP}) - 0.02984(\text{WAIT_T}) - 0.99897(\text{MERGE_T}) - 3.93459(\text{MV}) - 3.62430(\text{HV})$$

อธิบายได้ว่า

ปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างสำหรับถนน 6 ช่องจราจร

GAP : พบว่า coefficient = 1.44141 ซึ่งมีค่าเป็นบวกและมีนัยสำคัญแปลผลได้ว่า เมื่อช่องว่างระหว่างยานพาหนะบนถนนสายหลักมากขึ้นทำให้โอกาสในการยอมรับช่องว่างเพิ่มขึ้น

WAIT_T : พบว่า coefficient = -0.02984 ซึ่งมีค่าเป็นลบและมีนัยสำคัญแปลผลได้ว่า เมื่อยานพาหนะคันนั้น ๆ รอคอยนานขึ้นทำให้โอกาสในการยอมรับช่องว่างเดียวกันนี้น้อยลง

MERGE_T : พบว่า coefficient = -0.99897 ซึ่งมีค่าเป็นลบและมีนัยสำคัญแปลผลได้ว่า เมื่อยานพาหนะคันนั้น ๆ ใช้เวลาในการกลับรถมากขึ้นทำให้โอกาสในการยอมรับช่องว่างเดียวกันนี้น้อยลง

MV : พบว่า coefficient = -3.93459 ซึ่งมีค่าเป็นลบและมีนัยสำคัญแปลผลได้ว่า เมื่อยานพาหนะคันนั้น ๆ มีขนาดเพิ่มขึ้นทำให้โอกาสในการยอมรับช่องว่างเดียวกันนี้น้อยลง

HV : พบว่า coefficient = -3.62430 ซึ่งมีค่าเป็นลบและมีนัยสำคัญแปลผลได้ว่า เมื่อยานพาหนะคันนั้น ๆ มีขนาดเพิ่มขึ้นทำให้โอกาสในการยอมรับช่องว่างเดียวกันนี้น้อยลง

แบบจำลองที่ 3 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการกลับรถเมื่อแยกตามประเภทของยานพาหนะสำหรับยานพาหนะขนาดเล็ก (ตารางที่ 4.4)

แบบจำลองที่ 4 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการกลับรถเมื่อแยกตามประเภทของยานพาหนะสำหรับยานพาหนะขนาดกลาง (ตารางที่ 4.5)

แบบจำลองที่ 5 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการกลับรถเมื่อแยกตามประเภทของยานพาหนะสำหรับยานพาหนะขนาดใหญ่ (ตารางที่ 4.6)

ทั้งแบบจำลองที่ 3 แบบจำลองที่ 4 และแบบจำลองที่ 5 นำข้อมูลที่ได้จากการถอดข้อมูลเช่นขนาดของช่องว่างระหว่างยานพาหนะบนถนนสายหลัก, ระยะเวลารอคอยการกลับรถ, รูปแบบทางกายภาพของถนนและตำแหน่งช่องจราจรของยานพาหนะบนถนนสายหลักที่กำลังมาถึง นำมาพิจารณาในการสร้างแบบจำลอง logit ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.3 แบบจำลองสำหรับยานพาหนะขนาดเล็ก

	coefficient	standard error	z	significant	95% Confidence interval	
GAP	1.24882***	0.13439	9.29	0.0000	0.98543	1.51222
WAIT_T	-0.08343***	0.01292	-6.46	0.0000	-0.10876	-0.05810
MERGE_T	-1.72848***	0.26166	-6.61	0.0000	-2.24132	-1.21563
NUM_L	-0.26126	1.16668	-0.22	0.8228	-2.54792	-2.02539

แบบจำลองที่ 3 ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการกลับรถโดยแยกตามประเภทของยานพาหนะขนาดเล็กแบบจำลองที่ได้คือ

$$Y = 1.24882(\text{GAP}) - 0.08343(\text{WAIT_T}) - 1.72848(\text{MERGE_T})$$

อธิบายได้ว่า

ปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างสำหรับยานพาหนะขนาดเล็ก

GAP : พบว่า coefficient = 1.24882 ซึ่งมีค่าเป็นบวกและมีนัยสำคัญแปลผลได้ว่า เมื่อช่องว่างระหว่างยานพาหนะบนถนนสายหลักมากขึ้นทำให้โอกาสในการยอมรับช่องว่างเพิ่มขึ้น

WAIT_T : พบว่า coefficient = -0.08343 ซึ่งมีค่าเป็นลบและมีนัยสำคัญแปลผลได้ว่า เมื่อยานพาหนะคันนั้น ๆ รอคอยนานขึ้นทำให้โอกาสในการยอมรับช่องว่างเดียวกันนี้น้อยลง

MERGE_T : พบว่า coefficient = -1.72848 ซึ่งมีค่าเป็นลบและมีนัยสำคัญแปลผลได้ว่า เมื่อยานพาหนะคันนั้น ๆ ใช้เวลาในการกลับรถมากขึ้นทำให้โอกาสในการยอมรับช่องว่างเดียวกันนี้น้อยลง

NUM_L : พบว่า coefficient = -0.26126 ซึ่งไม่มีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.4 แบบจำลองสำหรับยานพาหนะขนาดกลาง

	coefficient	standard error	z	significant	95% Confidence interval	
GAP	1.34291***	0.03406	39.43	0.0000	1.27615	1.40966
WAIT_T	-0.04868***	0.00195	-24.93	0.0000	-0.05251	-0.04486
MERGE_T	-1.83251***	0.06373	-28.75	0.0000	-1.95743	-1.70759
NUM_L	-1.38932***	0.24580	-5.65	0.0000	-1.87108	-0.90755

แบบจำลองที่ 4 ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการกลับรถโดยแยกตามประเภทของยานพาหนะขนาดกลางแบบจำลองที่ได้คือ

$$Y = 1.34291(\text{GAP}) - 0.04868(\text{WAIT_T}) - 1.83251(\text{MERGE_T}) - 1.38932(\text{NUM_L})$$

อธิบายได้ว่า

ปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างสำหรับยานพาหนะขนาดกลาง

GAP : พบว่า coefficient = 1.34291 ซึ่งมีค่าเป็นบวกและมีนัยสำคัญแปลผลได้ว่า เมื่อช่องว่างระหว่างยานพาหนะบนถนนสายหลักมากขึ้นทำให้โอกาสในการยอมรับช่องว่างเพิ่มขึ้น

WAIT_T : พบว่า coefficient = -0.04868 ซึ่งมีค่าเป็นลบและมีนัยสำคัญแปลผลได้ว่า เมื่อยานพาหนะคันนั้น ๆ รอคอยนานขึ้นทำให้โอกาสในการยอมรับช่องว่างเดียวกันนี้น้อยลง

MERGE_T : พบว่า coefficient = -1.83251 ซึ่งมีค่าเป็นลบและมีนัยสำคัญแปลผลได้ว่า เมื่อยานพาหนะคันนั้น ๆ ใช้เวลาในการกลับรถมากขึ้นทำให้โอกาสในการยอมรับช่องว่างเดียวกันนี้น้อยลง

NUM_L : พบว่า coefficient = -1.38932 ซึ่งมีค่าเป็นลบและมีนัยสำคัญแปลผลได้ว่า เมื่อยานพาหนะคันนั้น ๆ กลับรถบนถนนที่กว้างขึ้นทำให้โอกาสในการยอมรับช่องว่างเดียวกันนี้น้อยลง

ตารางที่ 4.5 แบบจำลองสำหรับยานพาหนะขนาดใหญ่

	coefficient	standard error	z	significant	95% Confidence interval	
GAP	1.30593***	0.07981	16.36	0.0000	1.14950	1.46237
WAIT_T	-0.06545***	0.00850	-7.70	0.0000	-0.08212	-0.04879
MERGE_T	-1.18494***	0.11347	-10.44	0.0000	-1.40735	-0.96254
NUM_L	-0.57817	0.89671	-0.64	0.5191	-2.33570	1.17936

แบบจำลองที่ 5 ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการกลับรถโดยแยกตามประเภทของยานพาหนะขนาดใหญ่แบบจำลองที่ได้คือ

$$Y = 1.30593(\text{GAP}) - 0.06545(\text{WAIT_T}) - 1.18494(\text{MERGE_T})$$

อธิบายได้ว่า

ปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างสำหรับยานพาหนะขนาดใหญ่

GAP : พบว่า coefficient = 1.30593 ซึ่งมีค่าเป็นบวกและมีนัยสำคัญแปลผลได้ว่า เมื่อช่องว่างระหว่างยานพาหนะบนถนนสายหลักมากขึ้นทำให้โอกาสในการยอมรับช่องว่างเพิ่มขึ้น

WAIT_T : พบว่า coefficient = -0.06545 ซึ่งมีค่าเป็นลบและมีนัยสำคัญแปลผลได้ว่า เมื่อยานพาหนะคันนั้น ๆ รอคอยนานขึ้นทำให้โอกาสในการยอมรับช่องว่างเดียวกันนี้น้อยลง

MERGE_T : พบว่า coefficient = -1.18494 ซึ่งมีค่าเป็นลบและมีนัยสำคัญแปลผลได้ว่า เมื่อยานพาหนะคันนั้น ๆ ใช้เวลาในการกลับรถมากขึ้นทำให้โอกาสในการยอมรับช่องว่างเดียวกันนี้น้อยลง

NUM_L : พบว่า coefficient = -0.57817 ซึ่งไม่มีนัยสำคัญ

4.3 การตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง

ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง ทำได้โดยแบ่งข้อมูลเป็น 90:10 โดยใช้ ข้อมูล 90% สำหรับการวิเคราะห์ และข้อมูล 10% ใช้ตรวจสอบแบบจำลอง ในส่วนของข้อมูล 90% จะใช้การวิเคราะห์แบบจำลองโลจิสต์ และตรวจสอบโดย Cross Validation ทำการแบ่งข้อมูลเป็น 5 ชุด หรือ k-fold = 5 โดยทำการแบ่งข้อมูลแบบสุ่ม จากนั้นทำการวิเคราะห์ รอบที่ 1 ซึ่งจะนำข้อมูลชุดที่ 1-4 มาวิเคราะห์ และนำข้อมูลชุดที่ 5 มาตรวจสอบ ต่อมารอบที่ 2 จะนำข้อมูลชุดที่ 1-3 และ 5 มาวิเคราะห์ และนำข้อมูลชุดที่ 4 มาตรวจสอบ ต่อมารอบที่ 3 จะนำข้อมูลชุดที่ 1-2 และ 4-5 มาวิเคราะห์ และนำข้อมูลชุดที่ 3 มา

ตรวจสอบ ถัดมารอบที่ 4 จะนำข้อมูลชุดที่ 1-3 และ 5 มาวิเคราะห์ และนำข้อมูลชุดที่ 4 มาตรวจสอบ และรอบสุดท้าย รอบที่ 5 จะนำข้อมูลชุดที่ 1-4 มาวิเคราะห์ และนำข้อมูลชุดที่ 5 มาตรวจสอบ

จากการทำ Cross Validation โดยแบ่งข้อมูลเป็น 5 ชุด จะได้สมการของแต่ละรอบ 5 สมการ และจะได้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของแต่ละรอบมา 5 ตัว เราจะเลือกรอบที่มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่มากที่สุด เพื่อใช้เป็นสมการของแบบจำลองที่ดีที่สุด

เมื่อได้สมการของแบบจำลองที่ดีที่สุดจะนำสมการที่มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่มากที่สุดไปวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของข้อมูล 90% และนำข้อมูล 10% มาตรวจสอบอีกที เพื่อให้ได้สมการที่มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่น่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะทำเช่นนี้ในแต่ละแบบจำลองตั้งแต่แบบจำลองที่ 1 ถึงแบบจำลองที่ 5 (ตารางที่ 4.6 - ตารางที่ 4.10)

ผลที่ได้จากการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง

ตารางที่ 4.6 ตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองที่ 1

	<i>gap</i>	<i>waiting</i>	<i>merging</i>	<i>veh</i>	
<i>coefficient</i>	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4
	-0.00219	0.84084	-0.13567	0.01950	-0.00474
5-folds : accuracy = 84.24%			90:10		accuracy = 86.77%

ตารางที่ 4.7 ตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองที่ 2

	<i>gap</i>	<i>waiting</i>	<i>merging</i>	<i>veh</i>	
<i>coefficient</i>	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4
	-0.02905	0.20368	-0.04920	-0.06908	-0.05902
5-folds : accuracy = 97.40%			90:10		accuracy = 97.34%

ตารางที่ 4.8 ตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองที่ 3

	<i>gap</i>	<i>waiting</i>	<i>merging</i>	<i>numL</i>	
<i>coefficient</i>	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4
	-4.58376	0.80707	-0.03766	-0.15216	1.17656
5-folds : accuracy = 96.51%			90:10		accuracy = 95.48%

ตารางที่ 4.9 ตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองที่ 4

	<i>gap</i>	<i>waiting</i>	<i>merging</i>	<i>numL</i>
<i>coefficient</i>	β_0	β_1	β_2	β_3
	-0.01813	0.17447	-0.05143	-0.03473
5-folds : accuracy = 96.93%			90:10 : accuracy = 96.74%	

ตารางที่ 4.10 ตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองที่ 5

	<i>gap</i>	<i>waiting</i>	<i>merging</i>	<i>numL</i>
<i>coefficient</i>	β_0	β_1	β_2	β_3
	-5.02784	0.96564	-0.01999	-0.50171
5-folds : accuracy = 98.56%			90:10 : accuracy = 98.76%	

จากตารางที่ 4.6 ถึงตารางที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการ Cross Validation แล้วจะได้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในแต่ละแบบจำลองโดย

การตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง อยู่ที่ 86.77%

การตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง อยู่ที่ 97.40%

การตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง อยู่ที่ 96.51%

การตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองที่ 4 มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง อยู่ที่ 96.93%

การตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองที่ 5 มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง อยู่ที่ 98.76%

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพฤติกรรมการขับขี่บริเวณจุดกลับรถเกาะกลางแบบเปิดไม่มีสัญญาณไฟจราจรบนถนนระหว่างเมือง ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ซึ่งทำการศึกษาพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างโดยวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ โดยทำการนำปัจจัยต่าง ๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างเข้าแบบจำลองเพื่อทำการวิเคราะห์ พบว่าค่าที่ได้ออกมาไม่ว่าจะเป็น Wald-statistics และ Rho-Square (ρ^2) มีความสอดคล้องกับแบบจำลองอย่างมีนัยสำคัญ และจะได้สมการแบบจำลองโลจิสติกในแต่ละแบบจำลองดังนี้

แบบจำลองที่ 1 ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการกลับรถโดยแยกตามรูปแบบของถนนที่มี 4 ช่องจราจร

$$Y = 0.84027(\text{GAP}) - 0.10559(\text{WAIT_T}) - 0.43294(\text{MERGE_T}) - 2.42906(\text{MV}) - 2.32106(\text{HV})$$

แบบจำลองที่ 2 ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการกลับรถโดยแยกตามรูปแบบของถนนที่มี 6 ช่องจราจร

$$Y = 1.44141(\text{GAP}) - 0.02984(\text{WAIT_T}) - 0.99897(\text{MERGE_T}) - 3.93459(\text{MV}) - 3.62430(\text{HV})$$

แบบจำลองที่ 3 ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการกลับรถโดยแยกตามประเภทของยานพาหนะขนาดเล็ก

$$Y = 1.24882(\text{GAP}) - 0.08343(\text{WAIT_T}) - 1.72848(\text{MERGE_T})$$

แบบจำลองที่ 4 ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการกลับรถโดยแยกตามประเภทของยานพาหนะขนาดกลาง

$$Y = 1.34291(\text{GAP}) - 0.04868(\text{WAIT_T}) - 1.83251(\text{MERGE_T}) - 1.38932(\text{NUM_L})$$

แบบจำลองที่ 5 ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการกลับรถโดยแยกตามประเภทของยานพาหนะขนาดใหญ่

$$Y = 1.30593(\text{GAP}) - 0.06545(\text{WAIT_T}) - 1.18494(\text{MERGE_T})$$

5.2 อภิปรายผล

จากงานวิจัยนี้จะเห็นว่าในแต่ละสถานการณ์ของยานพาหนะมีความแตกต่างกันตามข้อมูลที่เกิดขึ้นรวบรวมมาจากความเป็นจริง และผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์คือ (1) ช่องว่างระหว่างยานพาหนะที่กว้างขึ้นส่งผลให้โอกาสในการยอมรับช่องว่างนั้น ๆ เพิ่มขึ้น (2) เมื่อผู้ขับขี่ยานพาหนะคันนั้น ๆ รอคอยนานขึ้นมีโอกาสในการยอมรับช่องว่างน้อยลง ซึ่งจากงานวิจัยก่อนหน้า (วิลาลินี เป้าน้อย, 2011) พบว่าระยะเวลาการรอคอยสำหรับการกลับรถไม่มีนัยสำคัญ อธิบายได้ว่าในบริบทของการกลับรถนั้นแตกต่างกัน เนื่องจากงานวิจัยดังกล่าวศึกษาบริเวณถนนในเขตเมือง แต่ในงานวิจัยนี้ศึกษาบริเวณถนนระหว่างเมือง โดยสัดส่วนของยานพาหนะขนาดกลาง และยานพาหนะขนาดใหญ่บนถนนระหว่างเมืองจะมีมากกว่าเมื่อเทียบกับบริเวณถนนในเขตเมือง ต่อมาจากผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาการรอคอยส่งผลต่อการยอมรับช่องว่างซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าคือศึกษาการยอมรับช่องว่างบนถนนทางหลวงระหว่างเมืองในประเทศจอร์แดน (Obaidat, T., and Elayan, M. S., 2013) พบว่าระยะเวลาการรอคอยที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการกลับรถบนถนนระหว่างเมืองอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในงานวิจัยดังกล่าวสนใจเฉพาะถนน 4 ช่องจราจร และจากงานวิจัยก่อนหน้า (Mazaheri, Akbarzadeh, Rahimi, and Akbarzadeh, 2022) และ (Dash, Mohapatra, and Dey, 2019) พุ้ถึงพฤติกรรมการยอมรับช่องว่าง เมื่อรอคอยเป็นเวลานานทำให้ผู้ขับขี่มีความกดดันและก่อให้เกิดความก้าวร้าวในการกลับรถ (3) เวลาที่ใช้ในการกลับรถของยานพาหนะขนาดใหญ่มากกว่าเวลาที่ใช้ในการกลับรถของยานพาหนะขนาดเล็กและยานพาหนะขนาดกลาง (4) ระยะเวลาที่ใช้ในการเข้าร่วมกระแสจราจรมากขึ้นส่งผลให้โอกาสในการยอมรับช่องว่างน้อยลง (5) ยานพาหนะขนาดกลางและยานพาหนะขนาดใหญ่มีแนวโน้มที่จะยอมรับช่องว่างที่กว้างกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับยานพาหนะขนาดเล็ก

ข้อจำกัดต่าง ๆ ในงานวิจัย สำหรับงานวิจัยนี้ข้อจำกัดหลักคือ ข้อมูลปริมาณการจราจรของยานพาหนะขนาดใหญ่บริเวณจุดกลับรถต้องมีสัดส่วนที่มากกว่าร้อยละ 30 ขึ้นไป เมื่อได้พื้นที่ที่ต้องการศึกษาซึ่งอยู่ในช่วงตอนควบคุมในช่วงนั้น ๆ จะมีจุดกลับรถมากมาย ทำให้ต้องทำการสำรวจบนสถานที่จริงเพื่อคัดเลือกจุดกลับรถนั้น ๆ เช่น ยานพาหนะขนาดใหญ่สามารถกลับรถได้, จำนวนยานพาหนะขนาดใหญ่ที่กลับรถต้องมีมากเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ และต้องไม่มียานพาหนะจอดพักบนไหล่ทางบริเวณจุดกลับรถ ต่อมาการตั้งกล้องวิดีโอเพื่อบันทึกข้อมูลทำได้เพียงการตั้งบริเวณข้าง ๆ ไหล่ทาง เนื่องจากจุดกลับรถดังกล่าว ไม่มีสะพานลอยหรือพื้นที่ที่สามารถมองเห็นพฤติกรรมการขับขี่บริเวณจุดกลับรถได้ทั้งหมด อีกทั้งสี่ที่ใช้แบ่งช่องจราจรค่อนข้างเลือนราง ทำให้ไม่สามารถแบ่งแยกว่ายานพาหนะแต่ละคันอยู่ในช่องจราจรใดบ้าง

จากข้อจำกัดเหล่านี้ทำให้ได้จุดกลับรถที่ต้องการคือ จุดกลับรถถนน 4 ช่องจราจร และถนน 6 ช่องจราจร อย่างละ 1 จุด แต่จะไม่สามารถเปรียบเทียบระหว่างถนน 4 ช่องจราจร และถนน 6

ช่องจราจร เนื่องจากจุดที่ทำการสำรวจมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน และจุดกลับรถที่ทำการสำรวจมีน้อยเกินไป

การนำผลการศึกษาไปสู่ขั้นตอนการปฏิบัติ สามารถนำผลที่ได้จากการศึกษาวิจัยไปช่วยวิเคราะห์สำหรับการออกแบบเพื่อปรับปรุงบริเวณจุดกลับรถให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น เช่น ระยะเวลาที่ใช้ในการเข้าร่วมกระแสจราจรบนถนนสายหลัก (Merging Time) จากผลที่ได้จากการศึกษาพบว่า เมื่อช่องจราจรเพิ่มขึ้นเวลาที่ใช้ในการเข้าร่วมกระแสจราจรจะมากขึ้น สามารถนำไปวิเคราะห์เพื่อออกแบบการเพิ่มหรือขยายช่องสำหรับชะลอความเร็ว และช่องสำหรับเร่งความเร็วของยานพาหนะที่ต้องการกลับรถ หรือนำไปออกแบบจุดกลับรถนั้น ๆ ให้เหมาะสมกับประเภทของยานพาหนะที่ทำการกลับรถส่วนใหญ่

5.3 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาบริเวณจุดกลับรถเกาะกลางแบบเปิดไม่มีสัญญาณไฟจราจรบนถนนระหว่างเมืองทั้งถนน 4 และ 6 ช่องจราจร โดยจากการศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีความเห็นว่า ในการปรับปรุงบริเวณจุดกลับรถเกาะกลางแบบเปิดไม่มีสัญญาณไฟจราจรมีหลายปัจจัยที่อาจพัฒนาให้บริเวณจุดกลับรถได้อย่างปลอดภัยมากยิ่งขึ้น เช่น ความเร็วจำกัด, ปริมาณจราจร, ระยะเวลาที่ใช้ในการเข้าร่วมกระแสจราจรบนถนนสายหลัก เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้เป็นเพียงตัวอย่างอาจมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการกลับรถบริเวณจุดกลับรถดังกล่าว หากมีการศึกษาต่อไปในอนาคตควรศึกษาวิธีการอื่น ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมในการกลับรถและนำมาเปรียบเทียบกัน ในแง่มุมของพฤติกรรมการกลับรถอาจมีหลายรูปแบบเช่น การกลับรถตามกัน การกลับรถโดยทำให้ยานพาหนะบนถนนสายหลักชะลอและหยุดทำให้อาจมีพฤติกรรมอื่นอีกที่สามารถพบได้บริเวณจุดกลับรถ อีกแง่มุมหนึ่งจะเป็นด้านลักษณะทางกายภาพของถนน ไม่ว่าจะเป็นความกว้างเกาะกลาง ความกว้างช่องจราจรหรือช่องจราจรสำหรับชะลอความเร็วและเร่งความเร็ว ในแง่มุมการจราจร เช่น ปริมาณจราจรบนถนนสายหลัก ความเร็วบนถนนสายหลักของแต่ละยานพาหนะ อาจศึกษาปัจจัยด้านอื่น ๆ เพิ่มเติม ไม่ว่าจะเป็นคุณลักษณะของบุคคล เช่น เพศ อายุ อีกทั้งการจำแนกประเภทของยานพาหนะเป็นยานพาหนะที่ใช้ในเชิงพาณิชย์เปรียบเทียบกับยานพาหนะส่วนบุคคลเป็นต้น ปัจจัยต่าง ๆ ในแต่ละแง่มุมเหล่านี้ อาจส่งผลต่อพฤติกรรมการขับขี่อาจนำมาวิเคราะห์เพิ่มเติมต่อไป



รายการอ้างอิง

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

วิลาสินี เป้าน้อย. (2554). พฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับที่ยานพาหนะ บริเวณทางแยกในพื้นที่เขตเทศบาลนครนครราชสีมา (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

ภาษาอังกฤษ

Abbaszadehfallah, I., Esmaeeli, H., Bin Chepuan, O., and Hosseini, S. H. (2013). Merging Gap Acceptance at Midblock U-Turn Facility (A Case Study on Multilane Divided Highway in Malaysia). *Applied Mechanics and Materials*, 253, 1876-1879.

American Association of State, H., and Transportation, O. (2018). *A policy on geometric design of highways and streets, 2018* (2018 7th edition ed.). Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials.

Bureau of Highway Safety. (2019) *Highway traffic reports in the year 2019*. Bureau of Highway Safety: Department of highways.

Dash, S., Mohapatra, S. S., and Dey, P. P. (2019). Estimation of critical gap of U-turns at uncontrolled median openings. *Transportation letters*, 11(5), 229-240.

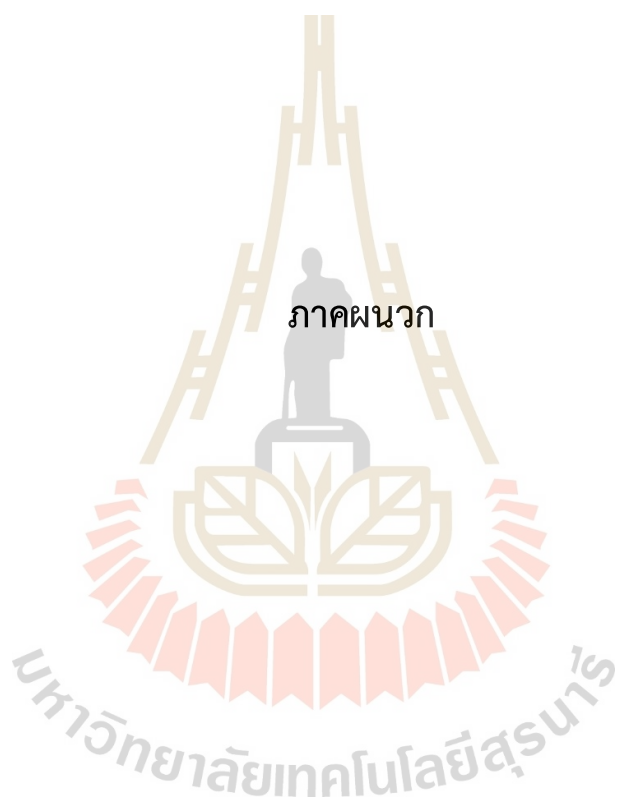
Datta, S., and Issn, A. (2014). Critical gap comparison between HARDERS and INAFOGA methods for U-turn median openings. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA) ISSN*, 2248-9622.

Hensher, D. A., Rose, J. M., and Greene, W. H. (2005). *Applied choice analysis a primer (1st ed.)*. Cambridge University Press, USA.

Jenjivattanakul, T., and Sano, K. (2011). Effect of waiting time on the gap acceptance behavior of u-turning vehicles at midblock median openings. *Paper presented at the Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies Vol.*

8 (*The 9th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2011*).

- Jenjiwattanakul, T., and Sano, K. (2012). Gap acceptance decision model for u-turn movement at midblock median opening. *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. D3 (Infrastructure Planning and Management)*, 68(5), 1_765-1_771.
- Khan, M. R., Chalumuri, R. S., and Senapathi, V. (2015). Modelling of the gap phenomena at U-turn provisions on the median openings of inter-urban highway corridors. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 11, 1842-1856.
- Khan, T., and Mohapatra, S. S. (2022). Influence of driver and vehicle attributes on operational characteristics of U-turning vehicles. *Current Science*, 705-716.
- Kumar, A. V., and Sasikumar, S. (2020). ESTIMATION OF CRITICAL GAP AT MID-BLOCK MEDIAN OPENINGS. *International Journal for Traffic & Transport Engineering*, 10(4).
- Mazaheri, A., Akbarzadeh, A., Rahimi, A. M., and Akbarzadeh, M. (2022). Estimation of critical gap of U-turns at uncontrolled median openings considering Iran's driver behavior. *Transportation letters*, 14(1), 1-13.
- Obaidat, T., and Elayan, M. S. (2013). Gap acceptance behavior at U-turn median openings: Case study in Jordan. *Jordan Journal of Civil Engineering*, 7(3), 332-341.
- Ortúzar, J. d. D., and Willumsen, L. G. (2011). *Modelling transport (4th ed.)*. United Kingdom: John Wiley and Sons
- Pannela, S. K., and Bhuyan, P. K. (2017). Modified INAFOGA method for critical gap estimation at u-turn median openings. *International Journal of Civil Engineering*, 15(7), 967-977.



The logo of Sakon Nakhon Rajabhat University is a large, faint watermark in the background. It features a central figure of a person standing on a platform, flanked by two stylized figures. Above the central figure is a tall, tiered structure resembling a stupa or a traditional Thai architectural element. Below the central figure is a circular emblem containing a stylized leaf or flower design. The entire logo is surrounded by a decorative border of small, repeating geometric shapes.

ภาคผนวก ก

ข้อมูลทีถอดมาทั้งถนน 4 ช่องจราจรและถนน 6 ช่องจราจร
โดยนำเสนอตัวอย่างยานพาหนะที่ทำการกลับรถ

ก. 1 ข้อมูลที่ถอดมาบนถนน 4 ช่องจราจร

ตัวอย่างยานพาหนะที่เข้ามาใกล้บริเวณจุดกลับรถ บนถนน 4 ช่องจราจร 10 คันแรก

ตารางที่ ก.1 แสดงข้อมูลของยานพาหนะที่เข้ามาใกล้บริเวณจุดกลับรถ บนถนน 4 ช่องจราจร 10 คันแรก

id	Veh_type	Gap	Waiting Time	U-turn_Time	Num_of_Lanes	Acceptance
1	MV	9.242567	3.3033	3.9039	0	1
2	MV	31.9319	1.4014	3.2699333	0	1
3	MV	7.574233	1.001	2.5025	0	1
4	MV	21.98863	1.3346667	4.4044	0	1
5	MV	47.41403	1.7017	1.97864333	0	1
6	MV	7.640967	8.1414667	7.2405667	0	1
6	MV	0.133467	8.1414667	7.2405667	0	0
6	MV	1.1011	8.1414667	7.2405667	0	0
7	MV	11.1111	22.1554666	0.2002	0	1
7	MV	0.367033	22.1554666	0.2002	0	0
7	MV	0.967633	22.1554666	0.2002	0	0
7	MV	1.735067	22.1554666	0.2002	0	0
7	MV	3.536867	22.1554666	0.2002	0	0
8	LV	16.2162	2.002	2.3356666	0	1
9	MV	2.669333	3.9372667	0.2002	0	1
9	MV	0.934267	3.9372667	0.2002	0	0
10	MV	8.842167	1.3346666	1.7684334	0	1

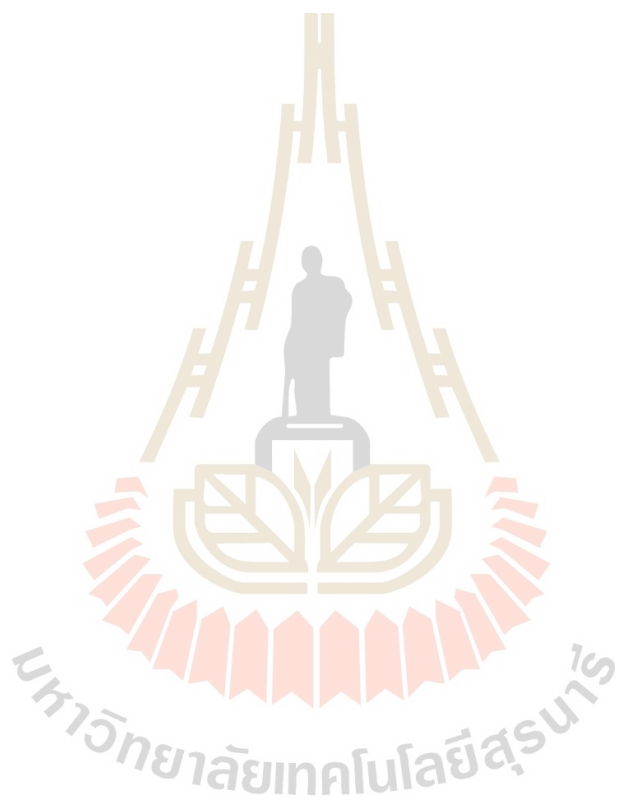
ก. 2 ข้อมูลที่ถอดมาบนถนน 6 ช่องจราจร

ตัวอย่างยานพาหนะที่เข้ามากลับรถ ณ จุดกลับรถ บนถนน 6 ช่องจราจร 3 คันแรก

ตารางที่ ก.2 แสดงข้อมูลของยานพาหนะที่เข้ามากลับรถ ณ จุดกลับรถ บนถนน 6 ช่องจราจร 3 คันแรก

id	Veh_type	Gap	Waiting Time	U-turn_Time	Num_of_Lanes	Acceptance
1031	MV	4.971633	43.67696667	1.63496667	1	1
1031	MV	0.166833	43.67696667	1.63496667	1	0
1031	MV	0.333667	43.67696667	1.63496667	1	0
1031	MV	0.4004	43.67696667	1.63496667	1	0
1031	MV	0.5005	43.67696667	1.63496667	1	0
1031	MV	0.567233	43.67696667	1.63496667	1	0
1031	MV	0.633967	43.67696667	1.63496667	1	0
1031	MV	0.867533	43.67696667	1.63496667	1	0
1031	MV	1.001	43.67696667	1.63496667	1	0
1031	MV	1.034367	43.67696667	1.63496667	1	0
1031	MV	1.067733	43.67696667	1.63496667	1	0
1031	MV	1.167833	43.67696667	1.63496667	1	0
1031	MV	1.368033	43.67696667	1.63496667	1	0
1031	MV	1.6016	43.67696667	1.63496667	1	0
1031	MV	1.6016	43.67696667	1.63496667	1	0
1031	MV	1.634967	43.67696667	1.63496667	1	0
1031	MV	1.7017	43.67696667	1.63496667	1	0
1031	MV	1.8018	43.67696667	1.63496667	1	0
1031	MV	2.1021	43.67696667	1.63496667	1	0
1031	MV	2.135467	43.67696667	1.63496667	1	0
1031	MV	2.335667	43.67696667	1.63496667	1	0
1031	MV	2.569233	43.67696667	1.63496667	1	0
1031	MV	3.536867	43.67696667	1.63496667	1	0
1032	MV	4.237567	5.9059	2.16883334	1	1
1032	MV	0.166833	5.9059	2.16883334	1	0
1032	MV	0.266933	5.9059	2.16883334	1	0
1032	MV	0.3003	5.9059	2.16883334	1	0
1033	MV	4.637967	22.25556667	3.5035	1	1
1033	MV	0.166833	22.25556667	3.5035	1	0
1033	MV	0.233567	22.25556667	3.5035	1	0
1033	MV	0.233567	22.25556667	3.5035	1	0
1033	MV	0.233567	22.25556667	3.5035	1	0

1033	MV	0.266933	22.25556667	3.5035	1	0
1033	MV	0.266933	22.25556667	3.5035	1	0
1033	MV	0.3003	22.25556667	3.5035	1	0
1033	MV	0.367033	22.25556667	3.5035	1	0
1033	MV	0.433767	22.25556667	3.5035	1	0
1033	MV	0.467133	22.25556667	3.5035	1	0
1033	MV	0.967633	22.25556667	3.5035	1	0
1033	MV	3.370033	22.25556667	3.5035	1	0





ภาคผนวก ข

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

Gap Acceptance for a U-turn Median Opening on Intercity Highways

Topic number: 4 Paper Identification number: AYRF 009-2022

Anuwat CHETCHARATPHONG¹, Sutthipong MEEYAF²

¹School of Transport Engineering, Institute of Engineering
 Suranaree University of Technology
 Telephone: 061-609-2000
 E-mail: anuwat.ccrp@gmail.com

²School of Transport Engineering, Institute of Engineering
 Suranaree University of Technology
 Telephone: 044-22-4248
 E-mail: sutthi@sut.ac.th

Abstract

A U-turn was built to accommodate a vehicle that needs to reverse direction on 4-lane roads or greater. The U-turn is often a black spot and likely causes an accident. The study of the U-turn user's behavior is generally analyzed using the concept of gap acceptance. In this study, gap acceptance and waiting time at U-turn median opening with unsignalized were studied, both on 4-lane and 6-lane intercity highways. Six models were created to analyze the relationship between gap acceptance and various characteristics with logit models. The first model is the overall model that combines all characteristics used to predict gap acceptance including the type of vehicles, the geometric characteristics of the road, the size of the gap, and the waiting time to U-turn. The second and third model are separate models by the 4-lane and 6-lane traffic. The fourth to sixth model are separate models by type of vehicle groups: light, medium and heavy vehicle, respectively. The results showed that (1) the larger the gaps lead to the greater the chances of accepting that gap, (2) the longer waiting time associates with the probability of the gap acceptance, (3) the number of lanes increases from the 4-lane highway to the 6-lane highway will increase the probability of acceptance of the gap, (4) the medium and heavy vehicles tend to accept larger gaps compared to the light vehicles, (5) the waiting time does not significantly affect the probability of acceptance of the gap for light vehicles, and (6) the number of 4-lane and 6-lane affect to the probability of acceptance of the gap for light, medium, and heavy vehicle differently.

Keywords: Gap acceptance, U-turn median opening, Logit model

1. Introduction

In Thailand, several arterial highways are four-lane roads (or more than four lanes) with a median. Its function is to serve drivers who want to travel intercity. The main highways often connect with the collector roads. However, due to the poor road hierarchy, most local roads directly connect with the arterial highway instead of connecting to the collector roads. In addition, there is a lot of land development along the arterial highway, so call ribbon development, which often occurs in several developing countries. As a result, when the driver wants to access the area on the opposite side of the road, they must use a U-turn, which is a median opening with unsignalized. The heavy traffic on the main road usually causes vehicles requiring a U-turn to wait for a long time, and it may cause drivers risky behaviors that try to merge and constrain vehicles on

main roads to slow down or stop suddenly which may cause danger to road users.

Most U-turn median openings on intercity highways are unsignalized because the intercity road function focuses on the movement of the main road. Therefore, the drivers who want to use the U-turn need more care. The gap between vehicles on the major road that the driver requires must be wide enough to accept their safety.

Gap acceptance is the gap between two consequent vehicles on a major road that a vehicle at a U-turn accepts and performs a U-turn using that gap to safely merge the major road. As the vehicle arrives at the U-turn and waits for a gap, a gap may be rejected because the gap is too small for the vehicle to use the U-turn. This can be called reject gaps. [1] stated that "accepted gaps are one of the very important and widely used traffic

characteristics in the analysis of intersections with unsignalized where drivers will accept or reject gaps."

In Thailand, most gap acceptance studies were focused on the urban streets, whereas rarely study was conducted in the intercity. The percentage of large vehicles on the urban streets is less than that on the intercity highway. Moreover, the accident at the U-turn median openings on intercity highways causes serious injury and several death tolls compared to that on urban streets.

This study aimed to investigate the gap acceptance behavior of drivers at the U-turn median opening with unsignalized of intercity highways for three types of vehicles including light vehicles, medium vehicles, and heavy vehicles.

2. Literature Review

There are several methods used in the analysis of gap acceptance behavior. The critical gap is estimated in several available methods, including Raff, Wu, Logit model, Greenshield, Lag, MLM, Ashworth, Harder, Acceptance curve, and Clearing behavior approach. Previous research has focused on factors that affect the behavior of U-turns with unsignalized on urban streets. It was found that the factors affecting the behavior of U-turns are the size of the gap between the vehicles on major roads and the position of the vehicle's arrival on the major road. However, it was not found that the waiting time significantly affected the behavior of U-turns [2]. There are also researches whose main objective is to analyze critical gaps. In the decision to accept the gap to turn left or turn right for drivers of various types of vehicles at intersections. The analysis revealed that the critical gap for a right turn from a major road ranged from 6-9s, the critical gap for a left turn from a major road was in the range of 4-10s and the critical gap for the U-turn on major roads was in the range of 5-9s, and the variance of gap decreased when traffic flow increasing. This research indicates that the waiting time for reversal does not affect the critical gap. It may be because the study site was in urban areas with a typically small proportion of trucks, whereas a large proportion of heavy trucks often occur on the intercity highway. More research for study in the intercity road is needed due to different driving behaviors [3].

Most of the studies reviewed above were in urban areas, where their waiting times for U-turns are lower than that of the U-turns on high-traffic volumes on intercity highways. In addition, the time for U-turns of heavy vehicles is longer than for

passenger cars. This affects the driver's decision in that it causes the driver accepts a gap that is less than the critical gap and potentially results in an accident.

U-turns are the most vulnerable areas on highways as the behavior of drivers at U-turns is quite complex and risky [4]. The study focused on the gap acceptance of drivers at U-turn median openings on 4-lane intercity roads. The data collected were from video and two models developed in this study. The first model estimated the time of the driver-accepted gap, and the second model calculated the type of driver's turn, which uses an estimate of the probability of accepting a gap. The result showed that male drivers accept shorter gaps than female drivers. The same for younger drivers to accept shorter gaps than older drivers. Waiting times have an impact on drivers' gap acceptance behavior. That is, drivers tend to accept shorter gaps due to long wait times in U-turns.

The factors studied that may affect the acceptance of the left turn gap from the major road [5]. (In this study, the vehicle was driven in the right-hand direction) at an intersection with unsignalized. Six intersections were surveyed. The factors in the analysis were age, sex, and speed used on the major road. Geometrics of the road, such as whether there is a left turn lane or not, and 2 or 4 traffic lanes of major roads, were analyzed using binary decision and correlated logit models. The interval of the gap, the number of reject gaps, the average and the total interval of the rejected gap, and the gender of the drivers were statistically significant. But the number of traffic lanes of the major road for a left turn (left turn lane) is used at low speed and the age ranges classified were not statistically significant in the probability of the gap being recognized. Future research may explore additional factors that affect gap acceptance, perhaps learn about these factors on the intercity U-turn or other geometric characteristics.

The potential capacity of a U-turn on Phuthamonthon 5 road [6] to use as a criterion for U-turn improvement. The analysis was based on the critical gap, conflicting flow, main flow, and follow-up time. The results showed that during peak hours the number of vehicles requiring U-turns exceeds the acceptable capacity of the U-turn, so it causes an extremely long queue length, and it takes a long time for vehicles to use the U-turn. Moreover, it is also a dangerous U-turn due to very conflict flows. They suggest that future research should focus on U-turns on intercity roads with long waiting times for U-turns due to the heavy traffic on the major road. This

may cause drivers who need a U-turn to choose a gap that is smaller than the critical gap causing a high risk of accidents.

The critical gap is a concept that engineers use for determining the capacity of each direction of movement on intersections with unsignalized [7]. Most of the critical gap estimations are presented in homogeneous traffic conditions from the perspective of traffic discipline and priority rules in driving behavior. Drivers and vehicle characteristics at unsignalized intersections are factors in highly complex mixed traffic. In this study, the critical gap was estimated by Lag, Harder, Logit, Probit, Modified Raff, and Hewitt methods on two T-intersections. The results showed critical gap estimates as 1.6s and statistically significant (12-38%). This study used a new concept, so call a clearing behavior approach. The outcome was lower than HCM (2000) but was higher than the estimate of the existing method. It is a suitable method and may be better than the existing method. This study only found a critical gap in driving behavior for unsignalized intersections. Future research may explore other types of intersections or U-turns, etc.

In developed countries when the traffic distribution is uniform, priorities and voluntary compliance are observed, whereas in developing countries such as India very little obedience to priority rules is typically found, which leads to complexity in uncontrolled intersections [8]. In this study, surveys have been conducted by setting up a video camera to collect information about vehicles entering the intersection in various movements. Then, the critical gap estimation for direct movement from minor roads on this uncontrolled intersection is estimated. The gaps of the three types of vehicles: passenger car, 3-wheeler, and 2-wheeler, are compared with the different available methods of critical gaps: Raff, Wu, Logit, Greenshield, MLM, Ashworth, Lag, Harder, acceptance curve, and clearing behavior approach. The Raff method is based on the macroscopic model and is the easiest to estimate critical gaps, but the disadvantage of the Raff method is very sensitive to traffic volume. Harder method uses gap time, whereas Lag method uses lag time. Acceptance curve approach tends to bias. The Logit model can determine the effect of various independent variables such as the waiting time, average speed, etc. Wu model provides the average of the critical gap between vehicles and does not necessarily specify the pattern of the critical gap between vehicles and the assumptions related to consistency and homogeneity, while MLM method

is necessary to identify the relevant patterns and assumptions, Clearing Behavior Approach is used for mixed traffic conditions. The results showed that the method of explicit intersection behavior under mixed traffic conditions is quite reasonable. From the aspect of statistical, it could be seen that the Logit simulation approach was reasonable and statistically based and was therefore used in this research.

3. Methodology

3.1 Theory

Gap acceptance is a gap between two consequent vehicles on a major road that is wide enough for vehicles on minor roads or vehicles that need to perform a U-turn to accept the gap and merge into the major road.

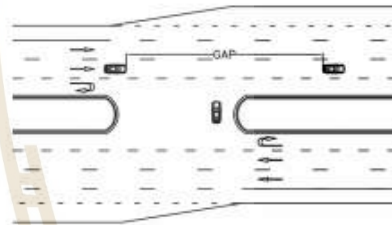


Fig.1 Gap acceptance for U-turns median opening on 4-lane highways

In this study, the logit model was used to analyze driving behaviors at U-turns median opening with unsignalized because it is easy to understand and is a widely used method for analyzing driving behavior. The drivers who need to take a U-turn have two alternatives: (1) accepting a gap on a major road and merging into the major road or (2) rejecting a gap on a major road and waiting until there is a gap sufficient on the major road to accept the gap and take a U-turn. The driver's decision to take a U-turn usually depends on the gap between two consequent vehicles on the major road, the type of vehicle that takes a U-turn, and the waiting time, used for the U-turn which is considered based on the logit model in the following equation:

$$P_{in} = \frac{\exp(V_{in})}{\exp(V_{in}) + \exp(V_{jn})} \quad (1)$$

$$V_{in} = \beta_1 x_{in1} + \beta_2 x_{in2} + \dots + \beta_k x_{ink} \quad (2)$$

Where:

P_{in} is the probability of vehicle n choosing alternative i (except a gap)

V_{in} is the systematic component of the utility of vehicle n choosing alternative i

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ are the coefficients of attribute k

x_{ink} is attribute k of vehicle n choosing alternative i

3.2 Location

The U-turn site on the intercity highways where several heavy vehicles take the U-turn is chosen because the behavior of heavy vehicles U-turns is required in the analysis and the sites, where several heavy vehicles U-turns are rarely found.

3.3 Research Instrument

A video camera is used to record the vehicle at a U-turn. Nlogit version 5 software package is used to estimate the parameter for the logit model.

3.4 Data Collection

The data was collected by video recording at U-turn median openings on intercity highways with the following details:

Traffic: Friday and Saturday, for 8 hours from 8:00 a.m. to 4:00 p.m. on 4-lane and 6-lane intercity highways.

Geometric characteristics: a U-turn median opening with unsignalized on 4-lane and 6-lane intercity highways.

Type of vehicles: vehicles are grouped into 3 main categories of 12 vehicle types according to the classification of Department of highways [9] as follows:

- (1) Light vehicles: bicycles, tricycles, motorcycles, and motor tricycles.
- (2) Medium vehicles: passenger cars, mini-bus, and trucks (4-wheels).
- (3) Heavy vehicles: medium bus, heavy bus, semi-truck (6-10 wheels), semi-trailers, and trailers.

The recorded video file was extracted. The features of interest are the type of vehicle that takes a U-turn, the number of vehicles that perform gap acceptance, and the waiting time of the vehicle that takes the U-turn. The accepted gap is the space between the leading vehicles and following vehicles on the major road, the waiting time for the U-turn is the waiting period from vehicle stops and waits for a U-turn until complete the U-turn.

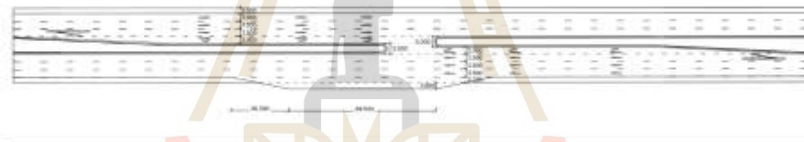


Fig.2 U-turn median opening 4-lanes highway on the intercity highway

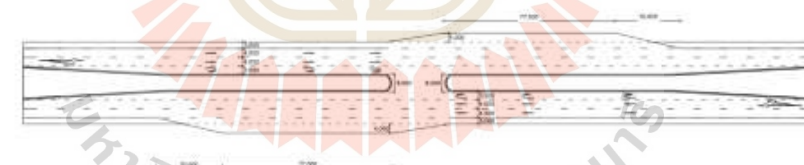


Fig.3 U-turn median opening 6-lanes highway on the intercity highway

4. Results

The total 2,128 vehicles were conducted the statistical summary of each vehicle group: light, medium and heavy vehicle are shown in Table 1, 2, and 3, respectively.

Table 1 Light_vehicle

	N	Min.	Max.	Mean	Std. Deviation
Gap	169	1.30	31.27	11.29	5.61
Waiting	169	3.74	120.03	21.93	23.06

Table 2 Medium_vehicle

	N	Min.	Max.	Mean	Std. Deviation
Gap	1615	0.27	60.03	10.30	4.79
Waiting	1615	4.13	415.00	33.66	37.99

Note: min, max, mean, and std. unit is second

Table 3 Heavy_vehicle

	N	Min.	Max.	Mean	Std. Deviation
Gap	344	1.50	84.96	16.46	11.38
Waiting	344	6.43	290.70	54.33	52.42

Note: min, max, mean, and std. unit is second

The results indicate that the majority of vehicle is medium vehicle, followed by heavy, and light vehicles (1,615, 344, and 169 vehicles), respectively. The mean gap of light vehicle and medium vehicle are not much different (11.29, and 10.30 seconds), whereas the mean waiting time are quite different (21.93 and 33.66 seconds). And as expected, the mean gap and mean waiting time of heavy vehicles (16.46 and 54.33 seconds) are larger than that of the light and medium vehicles.

Table 4 Model_1 Overall model

	coefficient	Std. error	z	Sig.
GAP	0.07590	0.00202	37.54	0.0000
Waiting	-0.002420	0.00033	-6.29	0.0000
GEO	0.16924	0.05324	3.18	0.0015
ME veh	-0.58778	0.03912	-15.02	0.0000
HE veh	-0.94776	0.06796	-13.95	0.0000

As shown in Table 4 to Table 6 are models used to study the driving behavior at U-turns unsignalized on intercity roads. Model_1 is the

overall model (Table 4), it consists of all factors used to predict gap acceptance including the type of vehicle, geometric characteristics, size of the gap, and the waiting time to U-turn.

It can be interpreted from the coefficient of the model that (1) if the gap between vehicles on major roads (GAP) increases by one second, it will increase the probability of acceptance of the gap by 7.89% [$\exp(0.0759)-1$], (2) if the waiting time (Waiting) increase by one second, it will reduce the probability of acceptance of the gap by 0.24% [$\exp(-0.00242)-1$], in other words, the more waiting time, the more gap requires to be accepted, (3) geometric characteristics (GEO) found that if the number of lanes increases from the 4-lane highway to the 6-lane highway, it will increase the probability of acceptance of the gap by 18.44% [$\exp(0.16924)-1$], (4) the coefficients of medium and heavy vehicles are significant and negative (the coefficients of light vehicle is base). It shows that the medium and heavy vehicles tend to accept larger gaps compared to the light vehicles by 44.44% and 61.24%, respectively.

Model_2 is a model based on the geometric characteristics of the road. This is a U-turn behavior model of a 4-lane highway (Table 5) and a 6-lane highway (Table 6). It was found that on the 4-lane highway, the coefficients of all variables are like the Model_1 except for the coefficient of the heavy vehicle. It indicates that heavy vehicles tend to accept larger gaps compared to the light vehicles by 49.72% [$\exp(-0.68757)-1$], whereas the result in the Model_1 is 61.24%.

Table 5 Model_2 model: 4-lane highway

	coefficient	Std. error	z	Sig.
GAP	0.07528	0.00399	18.86	0.0000
Waiting	-0.00540	0.00163	-3.32	0.0009
ME veh	-0.57468	0.06383	-9.15	0.0000
HE veh	-0.68757	0.10122	-6.79	0.0000

Model_3 shows slightly different coefficients. First, if the gap between vehicles on major roads (GAP) increases by one second, it will increase the probability of acceptance of the gap by 9.28% [$\exp(0.08872)-1$], which is slightly higher than that of Model_1 (7.89%). Second, it shows that the medium and heavy vehicles tend to accept larger gaps compared to the light vehicles by 38.17% and 67.65%, while the results from the Model_2 are 43.71% and 49.72%, respectively. It means that the heavy vehicles need a larger gap than the light

vehicles when taking the U-turn on the 6-lane highway compared to that on the 4-lane highway.

Table 6 Model_3 model: 6-lane highway

	coefficient	Std. error	z	Sig.
GAP	0.08872	0.00255	34.82	0.0000
Waiting	-0.00234	0.00038	-6.12	0.0000
ME_veh	-0.48086	0.05612	-8.57	0.0000
HE_veh	-1.12871	0.07589	-14.87	0.0000

Model_4, Model_5, and Model_6 are separate models based on the type of vehicle including a light vehicle (Table 7), a medium vehicle (Table 8), and a heavy vehicle (Table 9), respectively. The results show interesting details that (1) for light vehicles, the waiting time does not significantly affect the probability of acceptance of the gap (the p -value = 0.2624, which is greater than 0.05), contrary to the medium and heavy vehicles (the p -value = 0.000, and 0.0259, respectively), (2) the number of 4-lane and 6-lane affect to the probability of acceptance of the gap for the light, medium, and heavy vehicles differently. For the light vehicles, the coefficient of geometric characteristics (GEO) shows that if the number of lanes increases from the 4-lane highway to the 6-lane highway, it will increase the probability of acceptance of the gap by 16.25% [$\exp(0.15056)-1$]. On the contrary, for the medium and heavy vehicles, if the number of lanes increases from the 4-lane highway to the 6-lane highway, it will reduce the probability of acceptance of the gap by 9.15% [$\exp(-0.09594)-1$], and 6.86% [$\exp(-0.0711)-1$], for the medium and heavy vehicles respectively. It may be explained that the light vehicle can easily merge to the 6-lane traffic compared to that of the 4-lane traffic, so the light vehicle tend to accept the gap when the number of lane increase. However, the medium and heavy vehicles need more space to make a U-turn because of their turning radius, thus they require a greater gap to take a U-turn on the 6-lane highway compared to that of the 4-lane highway.

Table 7 Model_4 model: light vehicle

	coefficient	Std. error	z	Sig.
GAP	0.03707	0.00802	4.63	0.0000
Waiting	-0.00549	0.00490	-1.12	0.2624
GEO	0.15056	0.37294	0.4	0.6864

Table 8 Model_5 model: medium vehicle

	coefficient	Std. error	z	Sig.
GAP	0.04788	0.00235	20.34	0.0000
Waiting	-0.00283	0.00064	-4.42	0.0000
GEO	-0.09594	0.09695	-0.99	0.3224

Table 9 Model_6 model: heavy vehicle

	coefficient	Std. error	z	Sig.
GAP	0.02452	0.00363	6.75	0.0000
Waiting	-0.00261	0.00117	-2.23	0.0259
GEO	-0.0711	0.22851	-0.31	0.7557

5. Discussion

A previous study [2] found that the waiting time for taking a U-turn does not significantly affect the behavior of the U-turn. On the contrary, in this study, the result shows that the waiting time of taking a U-turn is significantly associated with the probability of acceptance of the gap. It may be explained that the contexts of U-turns are different. The former studied on the urban streets, whereas the latter focused on the intercity highways. The percentage of medium and heavy trucks on the intercity highways is greater than that of the urban street. In addition, the time for U-turns of heavy vehicles is longer than for passenger cars.

The gap acceptance study [5] found a similar result in this study that the waiting time affects the behavior of taking the U-turn, but that study focused only on the 4-lane street. However, 4-lane and 6-lane are included in this study. The results show the effect of the waiting time on the gap acceptance for medium and heavy vehicles, while the waiting time does not significantly affect the gap acceptance for light vehicles.

Furthermore, a possible reason why waiting time affected the driver's behavior on intercity highways as compared to urban roads is not only the number of heavy/medium vehicles on highways but also the speed of vehicles on the main roads that may affect the decision to perform a U-turn [10].

6. Conclusion

This research examines the gap acceptance behavior at U-turn median openings with unsignalized on intercity highways by analyzing various factors and using the logit model. The first model includes all the factors used to predict gap acceptance, which consists of the type of vehicle,

geometric characteristics of the road, size of the gap, and waiting time. The overall model shows that (1) increasing the gap of vehicles on major roads results in increasing the probability of gap acceptance, (2) the longer waiting time is associated with the probability of gap acceptance, (3) the number of lanes increases from the 4-lane highway to the 6-lane highway will increase the probability of acceptance of the gap, (4) the medium and heavy vehicles tend to accept larger gaps compared to the light vehicles. Moreover, other models based on the type of vehicle indicate that (5) the waiting time does not significantly affect the probability of acceptance of the gap for the light vehicles, and (6) the number of 4-lane and 6-lane affect the probability of acceptance of the gap for light, medium, and heavy vehicle differently. For light vehicles, if the number of lanes increases from the 4-lane highway to the 6-lane highway, it will increase the probability of acceptance of the gap, whereas, for medium and heavy vehicles, it will reduce the probability of acceptance of the gap instead.

This research used only the logit model to study the gap acceptance behavior at the U-turn median opening with unsignalized on intercity highways. Future research may apply other methods of analysis to compare the results. Other aspect of the behavior of the U-turn e.g., the type of U-turns [3]: free U-turn, force U-turn, and cooperative U-turn may further investigate on the intercity highways. Finally, speed of vehicles on the main roads that delayed the decision to perform a U-turn may further investigate.

References

- [1] Nagalla, R., Pothuganti, P., and Pawar, D. S. (2017). Analyzing gap acceptance behavior at unsignalized intersections using support vector machines, decision tree and random forests. *Procedia Computer Science*, 109, 474-481.
- [2] Thipsuda Kumphan. (2012). A study of driving behavior at unsignalized U-turn Department of Transport Engineering, Faculty of Engineering, Suranaree University of Technology
- [3] Wilasinnee Poanoi. (2011). Gap acceptance behavior at intersections in Nakhon Ratchasima municipality area. Department of Transport Engineering, Faculty of Engineering, Suranaree University of Technology
- [4] Turki I. Al-Suleiman Obsaid, and Mohammad S. Elayan. (2013). Gap acceptance behavior at U-turn median openings: Case study in Jordan. *Jordan Journal of Civil Engineering*, 7(3), 332-341.
- [5] Zhou Hongmei, Ivan John N., Gärder Per E., and Ravishanker Nalini. (2017). Gap acceptance for left turns from the major road at unsignalized intersections. *Transport*, 32(3), 252-261.
- [6] Sirisak Yimyung and Narong Kulab. (2020). Study Potential Capacity of the U-turn in order to increase efficiency and safety : A case study of U-turn Infront of Rajamangala University of Technology Rattanakosin Salaya Campus. The National Conference Civil Engineering 25, 25, TRL45-TRL45.
- [7] Ashalatha R., and Chandra Satish. (2011). Critical gap through clearing behavior of drivers at unsignalised intersections. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 15(8), 1427-1434.
- [8] Maurya Akhilesh Kumar, Amin Harsh J., and Kumar Arvind. (2016). Estimation of Critical Gap for through Movement at Four Leg Uncontrolled Intersection. *Transportation Research Procedia*, 17, 203-212.
- [9] Bureau of Highway Safety. (2019) Highway traffic reports in the year 2019. Bureau of Highway Safety: Department of highways
- [10] Al-Taei, A. K. (2010). Gap Acceptance, and Traffic Safety Analysis On U-Turn Median Openings Of Arterial Roads. *Al-Rafidain Engineering Journal (AREJ)*, 18(6), 42-53.

ประวัติผู้เขียน

นายอนุวัฒน์ เจษฎาจรีสพงศ์ เกิดเมื่อวันที่ 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2439 ที่อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี เริ่มเข้ารับการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาตอนต้นและประถมศึกษาตอนปลายในปี การศึกษา 2545 ที่โรงเรียนวัดสระแก้ว อำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมา เข้ารับการศึกษาระดับ มัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลายตั้งแต่ปีการศึกษา 2551 ที่โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา จากนั้นได้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีในปี พ.ศ. 2562 และได้ ศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมขนส่ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยที่ได้นำเสนอและส่งตีพิมพ์บทความวารสารในงานประชุมวิชาการ นานาชาติ คือ การยอมรับช่องว่างสำหรับจุดกลับรถที่เป็นเกาะกลางแบบเปิดบนถนนระหว่างเมือง และได้ตีพิมพ์วารสารวิชาการ 15TH ATRANS ANNUAL CONFERENCE PROCEEDING OF YOUNG RESEARCHER'S FORUM 2022



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี