การประเมินประสิทธิภาพของจุดกลับรถบริเวณเกาะกลาง กรณีศึกษา : จุดกลับรถรูปแบบเพิ่มพื้นที่กลับรถบรรทุกและรูปแบบไม่เพิ่มพื้นที่กลับรถบรรทุกบนถนน 4 ช่องจราจร

Performance Evaluation of U-Turn at Median Opening Case Study : Conventional Median Opening With Loon and Without Loon on 4 Lanes Roads.

นายธนกร ไชยารุ่งยศ[1,*]

[1] *สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จ.ปทุมธานี*
**Corresponding author; E-mail address: tanakorn.chai@dome.tu.ac.th*

บทคัดย่อ

จุดกลับรถบริเวณเกาะกลางนั้นเมื่อพิจารณาถึงปัญหาเพื่อปรับปรุงให้จุดกลับรถมีประสิทธิภาพและความปลอดภัย พบว่าสาเหตุหลัก 3 ประการประกอบไปด้วย (1) ปริมาณรถที่สามารถกลับรถได้, (2) ความยาวของช่องรอเลี้ยว, และ (3) การบดบังระยะมองเห็น โดยจากปัญหาดังกล่าวมักพบกับจุดกลับรถรูปแบบไม่มีพื้นที่สำหรับรถบรรทุก และรูปแบบมีพื้นที่สำหรับรถบรรทุก บนถนน 4 ช่องจราจร สำหรับการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพจุดกลับรถ พร้อมทั้งนำเสนอแนวทางในการบริหารจัดการด้วยแบบจำลองการจราจร จากผลการวิจัยพบว่าปัจจัยในการเปิดจุดกลับรถขึ้นอยู่ 2 ส่วนได้แก่ (1) ลักษณะกายภาพของจุดกลับรถ จำพวก ความยาวของช่องรอเลี้ยว, ขนาดของเกาะกลาง และความกว้างของเขตทาง (2) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจรรถทางตรงฝั่งตรงกันข้ามและปริมาณรถกลับรถ โดยที่ความจุของการกลับรถสูงสุดอยู่ในช่วง 1,100-1,200 คันต่อชั่วโมง และจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณจราจรของรถทางหลักฝั่งตรงข้ามสูงขึ้น ในส่วนของผลของความยาวแถวคอยจะแปรผันตรงกับความจุของจุดกลับรถด้วย

คำสำคัญ: จุดกลับรถ, ความจุ, แบบจำลองการจราจร

Abstract

The U-Turn at-grade was considered the problems to improve efficiency and safety. There were 3 reasons consist of (1) Turning Volume, (2) Storage length, and (3) Limited Sight Distance. According to the main problems, type of U-turn found the presence of a turn lane and the presence of loon on 4 lanes. The objective of this research was to analyze the efficiency of the U-Turn and present alternatives for management with traffic simulation models. These research studies found factors in median opening depend on 2 parts. (1) U-Turn geometry, such as storage length, median width and right of way. and (2) The volume opposing through and U-Turn relationship has a capacity of about 1,100-1,200 vehicles per hour. and will decrease as the volume of opposition increases. As for the effect of queue length varying with the capacity of U-Turn.

Keywords: U-Turn at-grade , Capacity, Traffic Simulation Model

1. บทนำ

ปัจจุบันความต้องการในการใช้รถใช้ถนนมากขึ้น จึงพบปัญหาสำคัญคือ “อุบัติเหตุทางถนน” จากข้อมูลสถิติอุบัติเหตุย้อนหลังของกรมทางหลวงระหว่างปี พ.ศ. 2557 – 2563 พบว่ามีจำนวนมากกว่า 1,000 ครั้งต่อปี บริเวณจุดกลับรถเกาะกลาง (ข้อมูลปี พ.ศ. 2563 ; สำนักอำนวยความปลอดภัยกรมทางหลวง) ซึ่งเป็นจำนวนสถิติการเกิดอุบัติเหตุที่สูงรองจากบริเวณทางตรงและทางโค้ง จุดกลับรถบริเวณเกาะกลางนี้ถูกพิจารณาว่าเป็นหนึ่งในจุดที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุได้ง่าย โดยรูปแบบของการชนมีความรุนแรงค่อนข้างสูง จะเป็นการชนยานพาหนะที่กำลังกลับรถที่มีความเร็วต่ำกับยานพาหนะวิ่งทางตรงที่มีความเร็วสูง

ความเป็นจริงแล้วปัญหาจุดกลับรถที่พบเห็น เป็นผลมาจากการเปิดจุดกลับรถที่ไม่เหมาะสม ทำให้กระแสจราจรของรถทางตรงถูกรบกวนและเกิดการชะลอความเร็วหรือหยุดชะงักจนทำให้เกิดอุบัติเหตุหรือกระแสจราจรทางตรงมีปริมาณสูงจนทำให้ผู้ขับขี่ที่ต้องการกลับรถใช้เวลาในการกลับรถที่มากและผู้ขับขี่ตัดสินใจกลับรถด้วยช่องว่างยอมรับน้อยลง ดังนั้นผู้วิจัยมีความสนใจถึงการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของจุดกลับรถเพื่อใช้ในการบริหารการจัดการให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.1 วัตถุประสงค์

วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปิดจุดกลับรถ และประยุกต์ใช้แบบจำลองเสมือนจริงพร้อมทั้งนำเสนอแนวทางในการเปิดจุดกลับรถให้มีประสิทธิภาพในการบริหารจัดการสูงสุด

1.2 ขอบเขตการศึกษา

กรณีศึกษาจุดกลับรถรูปแบบมีพื้นที่สำหรับกลับรถบรรทุกและรูปแบบไม่มีพื้นที่สำหรับกลับรถบรรทุก

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 จุดกลับรถ (U-Turn)

จุดกลับรถ คือบริเวณที่จัดไว้สำหรับให้ผู้ขับขี่ที่มีความต้องการที่จะเปลี่ยนทิศทางการจราจร เพื่อให้เกิดความสะดวกและปลอดภัยในการเลี้ยวกลับรถจาก AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials, 2011) ได้แนะนำเกี่ยวกับการเลือกสถานที่และการออกแบบจุดกลับรถบริเวณเกาะกลาง โดยใช้พื้นที่จากเกาะกลาง และต้องมีระยะมองเห็น ที่เพียงพอโดยมีข้อควรพิจารณาได้แก่ ขนาดความกว้างของเกาะกลางพร้อมด้วยรัศมีเลี้ยวตามชนิดของรถที่ต้องการกลับรถและทำเลที่ตั้งของจุดกลับรถ

2.2 ปริมาณจราจร (Volume)

ปริมาณจราจร หมายถึง จำนวนยานพาหนะที่ต้องการเดินทาง ผ่านตำแหน่งสำรวจ บนถนนและตำแหน่งที่พิจารณาในช่วงเวลาที่กำหนด

2.3 ระยะห่างยวดยาน (Headway and Spacing)

ระยะห่าง Spacing หมายถึง ระยะห่างของยวดยานที่วิ่งตามกันมาในกระแสจราจร โดยมีตำแหน่งอ้างอิงในการวัดรถคันหนึ่งและรถที่วิ่งตามมา

ระยะห่าง Headway หมายถึง ระยะห่างของช่วงเวลาระหว่างยวดยานที่วิ่งติดกันมา โดยผ่านตำแหน่งหรือแนวอ้างอิงที่กำหนดไว้บนถนน โดยสังเกตจากกันชนหน้าของรถคันแรกถึงกันชนหน้าถึงรถคันถัดมา

โดยมีความสัมพันธ์อัตราการไหล, ความเร็ว และความหนาแน่น ดังสมการต่อไปนี้

$$Density = \frac{5280}{Spacing} \quad (1)$$

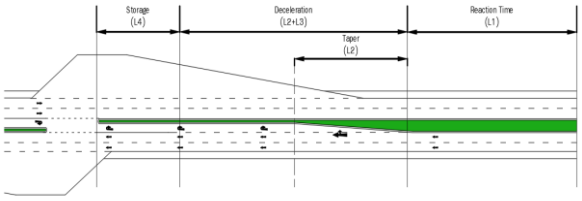
$$Headway = \frac{Spacing}{Speed} \quad (2)$$

$$Flowrate = \frac{3600}{Headway} \quad (3)$$

โดยที่ Density หมายถึง ความหนาแน่น (veh/mi)
Spacing หมายถึง ระยะห่างยวดยาน (ft/veh)
Headway หมายถึง ระยะห่างระหว่างรถ 2 คันที่ต่อกัน (s/veh)
Speed หมายถึง ความเร็ว (ft/s)
Flow rate หมายถึง อัตราการไหล (veh/h)

2.4 ความยาวของช่องรอเลี้ยว (Storage Length)

ความยาวของช่องรอเลี้ยว หมายถึง ความยาวสำหรับให้ผู้ขับขี่ที่ต้องการจะเปลี่ยนทิศทางการจราจรเพื่อกลับรถโดยมีองค์ประกอบ 3 ระยะ ได้แก่ ระยะทางที่พาหนะเคลื่อนที่ระหว่างเวลาในการรับรู้และตัดสินใจของผู้ขับขี่ (L1) ระยะทางที่พาหนะเคลื่อนที่ขณะที่ผู้ขับขี่ได้ทำการเปลี่ยนช่องทางจราจรไปทางด้านข้างและทำการลดความเร็วที่จะหยุด (L2 + L3) และระยะทางที่ต้องใช้ในการรองรับรถรอเลี้ยว (L4) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 องค์ประกอบของช่องรอเลี้ยว

2.5 ลักษณะการมาของกระแสจราจร (Time Headway Distribution)

1) Random headway state

เป็นช่วงสถานะที่กระแสจราจรต่ำ โดยที่รถทุกคันบนถนนจะมีลักษณะการเดินทางที่เป็นอิสระ โดยรูปแบบนี้จะใช้สมการ Negative exponential distribution ในการอธิบาย ดังสมการต่อไปนี้

$$P(h \geq t) = e^{-t/\bar{t}} \quad (4)$$

โดยที่ $P(h \geq t)$ หมายถึง ความน่าจะเป็นของ Headway ที่มากกว่าเท่ากับ t
$\bar{t}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของ time headway

2) Constant headway state

เป็นช่วงสถานะที่กระแสจราจรหนาแน่นมาก เกือบจะเต็มความจุของถนน รถทุกคันบนถนนจะเคลื่อนที่ค่อนข้างคงที่ ผู้ขับขี่จะทำการแซงหรือเปลี่ยนช่องจราจรได้ยาก โดยรูปแบบนี้จะใช้สมการ Normal distribution ในการอธิบาย ดังสมการต่อไปนี้

$$\bar{t} = \frac{3600}{V} \quad (5)$$

$$\alpha = \bar{t} - 2S \quad (6)$$

โดยที่ α หมายถึง ค่าต่ำสุดของ expected time headway
$\bar{t}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของ time headway
S หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ time headway
2 หมายถึง ค่าคงที่

3) Intermediate headway state

เป็นช่วงสถานะที่อยู่ระหว่างกระแสจราจร 2 ช่วงกระแสจราจร โดยลักษณะการมารูปแบบนี้สามารถใช้หลายวิธีการในการอธิบาย Generalized mathematical model และ Composite model

สำหรับการประเมินรูปร่างของ Mathematical Distribution ที่เรียกว่า “goodness of fit” จะใช้วิธี Chi-Square test ในการทดสอบ

$$x^2_{CALC} = \sum_{i=1}^{I} \frac{(f_0 - f_t)^2}{f_t} \quad (7)$$

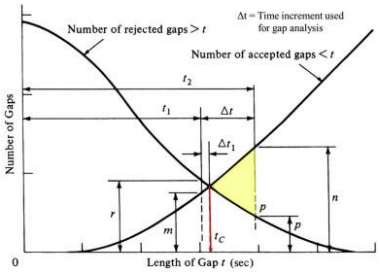
โดยที่ x^2_{CALC} หมายถึง ค่า chi-square
f_0 หมายถึง จำนวนความถี่ของ time headway ที่สังเกตในช่วง i
f_t หมายถึง จำนวนความถี่ของ time headway จากทฤษฎีในช่วง i
i หมายถึง ช่วง time headway
I หมายถึง จำนวนช่วงของ time headway

2.6 การกระจายตัวของความเร็ว (Speed Distribution)

ความเร็วเป็นตัวที่บ่งชี้ถึงความสามารถพื้นฐานของการจราจรในโครงข่ายถนน และในการคาดการณ์ความเร็วของกระแสจราจรสำหรับใช้ในการทำแบบจำลองการจราจร ดังนั้นในการวิเคราะห์ข้อมูลการกระจายตัวของความเร็วที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์เชิงสถิติ นั้นจะใช้วิธีการพิจารณารูปแบบการกระจายตัวว่าใกล้เคียง Normal Distribution มากเพียงใด

2.7 พฤติกรรมการยอมรับช่องว่าง (Gap acceptance)

ระยะห่างวิกฤติ เป็นค่าระยะห่างที่ต่ำสุดที่ยอมให้ยานพาหนะจากถนนสายรองเข้าสู่กระแสจราจรบนถนนสายหลักจากวิธีการหาค่าระยะห่างวิกฤตโดย Raff และ Hart (1950) ได้อธิบายการหาค่าระยะห่างวิกฤติว่าระยะห่างวิกฤติสามารถหาได้จากจุดตัดระหว่างกราฟของความถี่สะสมของระยะห่างที่ยอมรับได้ (Gap Acceptance) กับกราฟความถี่สะสมของระยะห่างที่ถูกปฏิเสธ (Gap Rejection)



รูปที่ 2 ระยะห่างวิกฤต

2.8 การประยุกต์ใช้หลักการทางสถิติในการสร้างแบบจำลองการจราจร

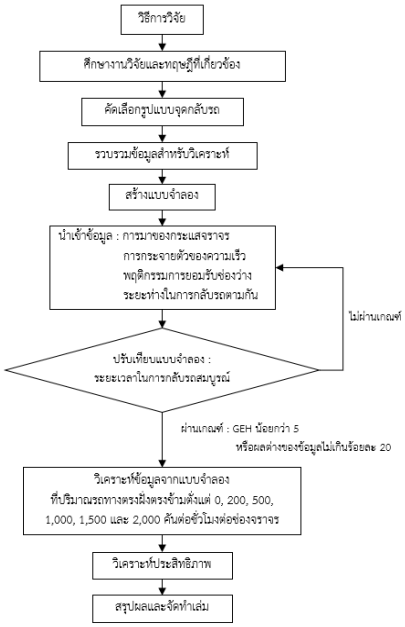
การจำลองสภาพการจราจร โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า โปรแกรมจำลองสภาพการจราจร ทำให้เห็นภาพการจราจร และปัญหาที่เกิดขึ้น อีกทั้งต้องใช้ข้อมูลพื้นฐานมาทำการปรับเทียบ ให้สภาพใกล้เคียงจริง โดยในการศึกษานี้เลือกใช้โปรแกรม AIMSUN โดยใช้แบบจำลองการจราจรระดับ Microscopic ซึ่งใช้ค่า GEH มาเป็นเกณฑ์ในการปรับเทียบแบบจำลองระหว่างปริมาณจากแบบจำลองและการสำรวจจริงใน 1 ชั่วโมง สำหรับเกณฑ์ในการสร้างแบบจำลองการจราจรนั้น หากค่า GEH มีค่าน้อยกว่า 5 จะถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ดังสมการที่ 8 สำหรับกรณีในการปรับเทียบข้อมูลจำพวก ความเร็ว หรือระยะเวลาในการกลับรถเป็นต้น จะใช้เกณฑ์ผลต่างของข้อมูลไม่เกินร้อยละ 20

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M-C)^2}{M+C}} \qquad (8)$$

โดยที่ M หมายถึง ค่าที่ได้จากแบบจำลอง
C หมายถึง ค่าที่ได้จากการสำรวจ

3. วิธีการวิจัย

กำหนดขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ข้อมูลลักษณะกายภาพ

การรวบรวมข้อมูลลักษณะทางกายภาพบริเวณจุดกลับรถ นั้นผู้ศึกษาได้ทำการคัดเลือกจุดกลับรถระดับพื้น 2 รูปแบบได้แก่ กรณีมีพื้นที่สำหรับกลับรถบรรทุกและกรณีไม่มีพื้นที่สำหรับกลับรถบรรทุกบนถนน 4 ช่องจราจร สำหรับการคัดเลือกมาพิจารณานั้นอ้างอิงมาจากข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุบริเวณจุดเปิดเกาะกลาง 5 ปีย้อนหลัง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 ถึงปี พ.ศ. 2563 จากข้อมูลระบบสารสนเทศอุบัติเหตุบนทางหลวง ของสำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง ที่มีอัตราการเกิดอุบัติเหตุรวมกันสูงถึงร้อยละ 49.50 โดยมีตัวอย่างจุดสำรวจที่นำมาใช้ในการพิจารณาดังต่อไปนี้



รูปที่ 4 จุดสำรวจที่ 1 ทางหลวงหมายเลข 346 กม.23+900, จังหวัดนนทบุรี



รูปที่ 5 จุดสำรวจที่ 2 ทางหลวงหมายเลข 226 กม.6+546, จังหวัดนครราชสีมา



รูปที่ 6 จุดสำรวจที่ 3 ทางหลวงหมายเลข 340 กม.4+141, จังหวัดนนทบุรี



รูปที่ 7 จุดสำรวจที่ 4 ทางหลวงหมายเลข 304 กม.38+500, จังหวัดนครนายก

3.2 ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์

3.2.1. ข้อมูลการมาของยานพาหนะ (Vehicle Arrival Patterns)

การมาของรถกระแสจราจรนั้น ทำการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) เพื่อช่วยในการประเมินรูปแบบ Mathematical Distribution โดยมีการตั้งสมมติฐาน (Null Hypothesis , H_0) ไว้ว่า Time Headway สามารถใช้รูปแบบที่สมมตินั้นได้เมื่อ

Measure Time Headway Distribution และ Specific Mathematic Distribution ไม่มีความแตกต่างกัน และยอมรับสมมติฐานอย่างมีนัยสำคัญได้ (ค่า P-Value > 0.05) แต่ถ้าไม่ยอมรับสมมติฐาน จะหมายความว่ามีความแตกต่างกับกัน ซึ่งสูตรที่ใช้ในการคำนวณเปรียบเทียบจะใช้ค่า Chi-Square Value

3.3.2. ข้อมูลการกระจายตัวของความเร็ว (Speed Distribution)

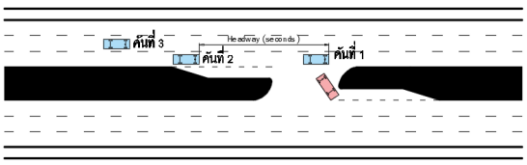
การสำรวจข้อมูลความเร็ว ได้ทำการรวบรวมข้อมูลลักษณะการกระจายตัวของความเร็วของรถทางหลักในช่วง Free Flow Speed (FFS) ของแต่ละช่องจราจร โดยที่ลักษณะข้อมูลจะเป็นความเร็วที่จุด (Spot Speed) ของยวดยานรายคันที่ผ่านตำแหน่งสำรวจ สำหรับนำไปวิเคราะห์การกระจายตัวเพื่ออนุมานข้อมูลเพื่อไปเป็นตัวแทนของความเร็วในการตรวจสอบการกระจายตัวในรูปแบบของ Normal Distribution โดยวิธีหาค่า Coefficient of Skewness ที่ใกล้เคียง 0

3.3.3. ข้อมูลพฤติกรรมการยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance)

การยอมรับช่องว่างของจุดกลับรถ พฤติกรรมจะเป็นแบบการตัดกระแสจราจร โดยได้แบ่งประเภทยานพาหนะที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลเป็น 4 ประเภท ได้แก่ รถยนต์ส่วนบุคคล 4 ล้อ, รถบรรทุก 6 ล้อ, รถบรรทุก 10 ล้อ และรถบรรทุกมากกว่า 10 ล้อ โดยรวบรวมข้อมูลจำพวกระยะเวลาที่ยอมรับช่องว่าง, ระยะเวลาในการกลับรถสมบูรณ์ และระยะเวลาในการกลับรถตามกัน รายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) ระยะเวลาช่องว่างที่ปฏิเสธ (Reject Gap)

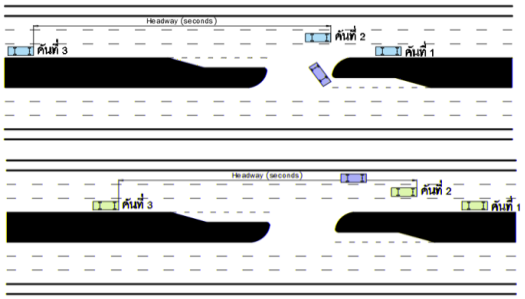
การปฏิเสธช่องว่าง คือการที่ผู้ขับขี่มีช่องว่างระหว่างรถทางตรงไม่เพียงพอสำหรับการกลับรถ โดยจะบันทึกระยะเวลาที่ปฏิเสธช่องว่างจนกระทั่งมีช่องว่างที่เพียงพอสำหรับเริ่มกลับรถ จึงจะหยุดการบันทึกผล



รูปที่ 8 ระยะเวลาช่องว่างที่ปฏิเสธ (Reject Gap)

(2) ระยะเวลาที่ยอมรับช่องว่าง (Accept Gap)

การยอมรับช่องว่าง คือระยะเวลาที่ผู้ขับขี่เริ่มทำการกลับรถหลังจากหยุดรอช่องว่าง จนกระทั่งทำการกลับรถสมบูรณ์ แล้วมีรถทางตรงมาปิดท้ายจึงทำการหยุดบันทึกผล



รูปที่ 9 ระยะเวลาที่ยอมรับช่องว่าง (Accept Gap)

3.3 การสร้างแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลองการจราจรนั้น ได้รวบรวมข้อมูลในส่วนกายภาพของจุดกลับรถ, ลักษณะการมาของกระแสจราจร, การกระจายตัวของความเร็ว และพฤติกรรมของผู้ขับขี่เช่น ระยะเวลาในการยอมรับช่องว่าง, ความเร็วในการกลับรถ อีกทั้งได้กำหนดระยะเวลาในการวิเคราะห์ที่ 1 ชั่วโมง และเพิ่มเวลาประมวลผลอีก 15 นาที (Warm-up Period)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบจำลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาแนวทางในการบริหารจัดการจุดกลับรถให้สอดคล้องกับปริมาณรถกลับรถ เพื่อประสิทธิภาพและความปลอดภัยสูงสุด

4. การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการศึกษา

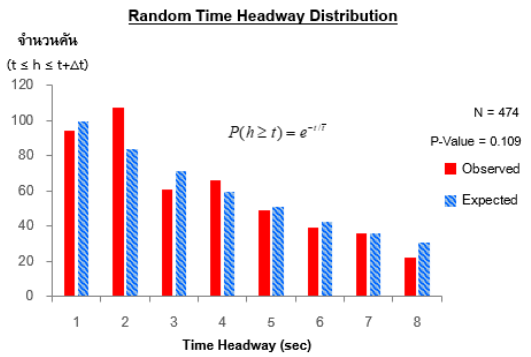
4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลบริเวณจุดกลับรถ

4.1.1 ข้อมูลการมาของยานพาหนะ (Vehicle Arrival Patterns)

สำหรับรูปแบบการมาของรถทางหลัก (Main Road) นี้ได้ใช้วิธีการ Time Headway Distribution มาใช้ในการหารูปแบบการมาของยานพาหนะทางหลักเทียบกับรูปแบบ Mathematic โดยได้ดำเนินการพิจารณาจุดกลับรถทั้ง 2 รูปแบบ (4 จุดสำรวจ) รวมกันเนื่องจากลักษณะของปริมาณจราจรทางหลักตามช่วงเวลามีลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยได้แบ่งช่วงการจราจรที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

- ปริมาณจราจร 200-400 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร
- ปริมาณจราจร 401-600 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร
- ปริมาณจราจร 601-800 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร
- ปริมาณจราจร 801-1,000 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร
- ปริมาณจราจร 1,001-1,200 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร
- ปริมาณจราจร 1,200 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจรขึ้นไป

(1) การมาของกระแสจราจรแบบสุ่มพบว่าเมื่อช่วงปริมาณจราจรระหว่าง 200-400 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร ลักษณะการมาของกระแสจราจรมีรูปแบบสุ่มการมา (Random State) พบว่ามีลักษณะการกระจายตัวแบบ Negative Exponential Distribution ได้ค่า P-Value จากการทดสอบอยู่ที่ 0.109 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงทำให้สามารถยอมรับสมมติฐานอย่างมีนัยสำคัญได้ ข้อมูลดังภาพที่ 10 โดยที่ค่าเฉลี่ยของ Time Headway จะเท่ากับ 5.9 วินาที จนกระทั่งช่วงปริมาณจราจรอยู่ในระดับ 401-600 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร รูปแบบการมาของกระแสจราจรยังคงเป็น Negative Exponential Distribution แต่การมาของกระแสจราจรเริ่มที่จะมีกลุ่มของกระแสจราจรที่มาเป็นกลุ่มก้อน (Platoon) มีค่า Time Headway ในช่วง 0-2 วินาทีมากขึ้น โดยที่ค่าเฉลี่ยจะสั้นลงเท่ากับ 3.63 วินาที



รูปที่ 10 Time Headway Distribution ช่วงการมาของกระแสจราจรน้อยกว่า 600 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร

(2) การมาของกระแสจราจรระหว่างแบบสุ่มและใกล้เต็มความจุพบว่าเมื่อช่วงปริมาณจราจรตั้งแต่ 601-1,200 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร รูปแบบการมาของกระแสจราจรจะถูกปรับเปลี่ยนไปเป็นรูปแบบ Gamma Distribution ได้ค่า P-Value จากการทดสอบอยู่ที่ 0.13 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงทำให้สามารถยอมรับสมมติฐานอย่างมีนัยสำคัญได้ ข้อมูลดังภาพที่ 11 และจะเข้าสู่สภาวะระหว่างปริมาณจราจรแบบสุ่มและใกล้เต็มความจุ (Intermediate State) โดยที่ค่าเฉลี่ยของ Time Headway เท่ากับ 1.59 วินาที

รูปที่ 11 Time Headway Distribution ช่วงการมาของกระแสจราจร ตั้งแต่ 601 ถึง 1,200 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร

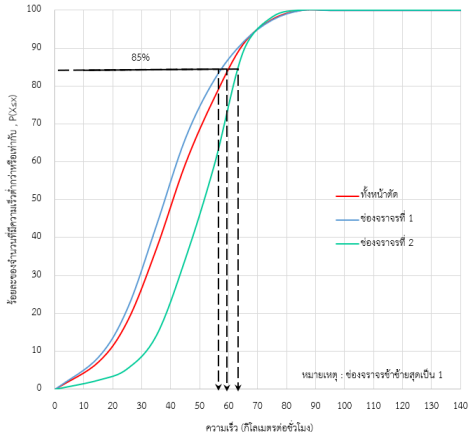
(3) การมาของกระแสจราจรแบบใกล้เต็มความจุพบว่าเมื่อช่วงปริมาณจราจรตั้งแต่ช่วง 1,201 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจรขึ้นไป ลักษณะการกระจายตัวจะเป็นแบบ Normal Distribution ได้ค่า P-Value จากการทดสอบอยู่ที่ 0.309 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงทำให้สามารถยอมรับสมมติฐานอย่างมีนัยสำคัญได้ ข้อมูลดังภาพที่ 12 ซึ่งในการกระจายตัวรูปแบบนี้จะเป็นการกระจายตัวในลักษณะที่ยวดยานเกาะกลุ่มกันมากขึ้น หรือที่เรียกว่า Constant State ทำให้ช่วงของ time headway อยู่ในช่วง 0-1 วินาที และ 1-2 วินาทีและจะลดลงอย่างมากในช่วงที่มีค่าสูงขึ้น โดยที่ค่าเฉลี่ยของ Time Headway เท่ากับ 1.41 วินาที

รูปที่ 12 Time Headway Distribution ช่วงการมากระแสจราจรมากกว่า 1,201 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร

จากข้อมูลการมาของกระแสจราจรข้างต้น สรุปได้ว่าช่วงปริมาณน้อยกว่า 600 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร รูปแบบการกระจายสามารถแทนได้ด้วย Negative Exponential จนกระทั่งช่วงปริมาณจราจรตั้งแต่ 601 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจรไปจนถึง 1,200 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร รูปแบบการกระจายตัวสามารถแทนได้ด้วย Gamma Distribution และเมื่อปริมาณจราจรสูงกว่า 1,201 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร รูปแบบการกระจายตัวสามารถแทนได้เป็น Normal Distribution ข้อมูลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ณ ณ ณย

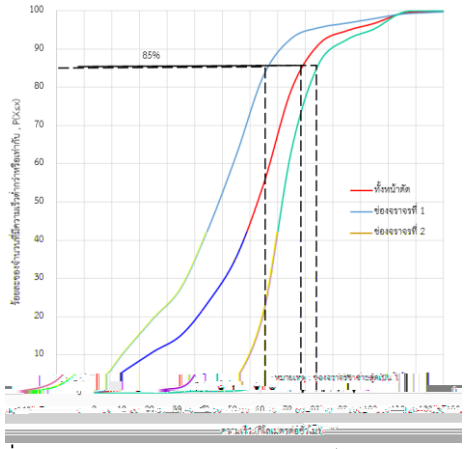
ช่วงกระแสจราจร	อัตราการไหล (คัน/ชั่วโมง/ช่องจราจร)	รูปแบบสมการการกระจายตัว
ต่ำ	น้อยกว่า 600	



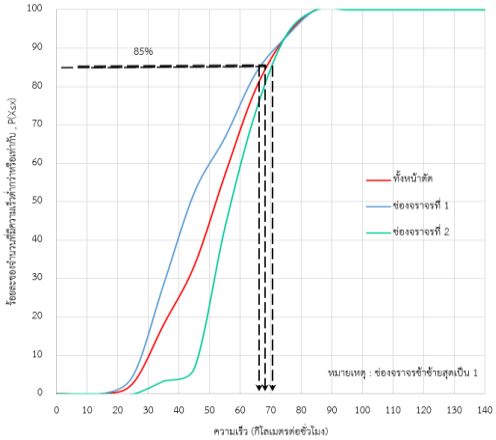
รูปที่ 14 Speed Distribution ประเภทรถยนต์บรรทุก จุดสำรวจที่ 1

2) จุดสำรวจที่ 2 ทางหลวง 4 ช่องจราจรหมายเลข 226 กม.6+546

จุดสำรวจนี้มีการใช้ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ทั้งหน้าตัดของรถยนต์ส่วนบุคคลและรถบรรทุกอยู่ที่ 89 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและ 69 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตามลำดับ โดยมีค่า Coefficient of Skewness เท่ากับ 0.41 ของรถยนต์ส่วนบุคคล และ 0.44 ของรถบรรทุกหนัก โดยที่การกระจายตัวของความเร็วของยานพาหนะทั้ง 2 ประเภทใกล้เคียงรูปแบบ Normal Distribution เพราะค่า Coefficient of skewness ใกล้เคียงศูนย์ ข้อมูลดังรูปที่ 15 ถึง รูปที่ 16



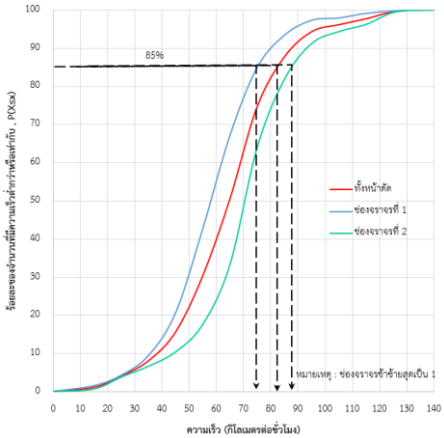
รูปที่ 15 Speed Distribution ประเภทรถยนต์ส่วนบุคคล จุดสำรวจที่ 2



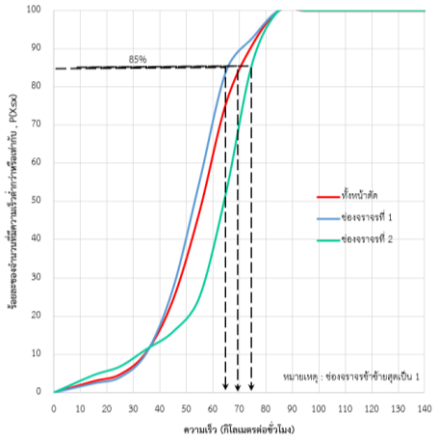
รูปที่ 16 Speed Distribution ประเภทรถยนต์บรรทุก จุดสำรวจที่ 2

3) จุดสำรวจที่ 3 ทางหลวง 4 ช่องจราจรหมายเลข 340 กม.4+100

จุดสำรวจนี้มีการใช้ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ทั้งหน้าตัดของรถยนต์ส่วนบุคคลและรถบรรทุกอยู่ที่ 84 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและ 71 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตามลำดับ โดยมีค่า Coefficient of Skewness เท่ากับ 0.43 ของรถยนต์ส่วนบุคคล และ 0.35 ของรถบรรทุกหนัก โดยที่การกระจายตัวของความเร็วของยานพาหนะทั้ง 2 ประเภทใกล้เคียงรูปแบบ Normal Distribution เพราะค่า Coefficient of skewness ใกล้เคียงศูนย์ ข้อมูลดังรูปที่ 17 ถึง รูปที่ 18



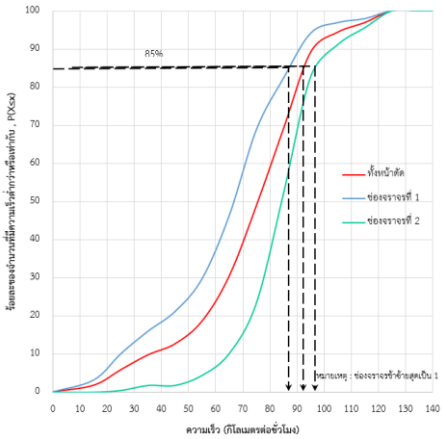
รูปที่ 17 Speed Distribution ประเภทรถยนต์ส่วนบุคคล จุดสำรวจที่ 3



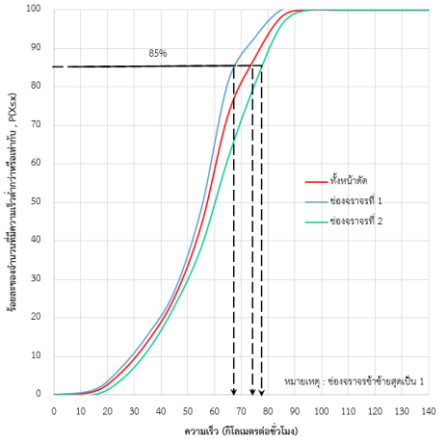
รูปที่ 18 Speed Distribution ประเภทรถยนต์บรรทุก จุดสำรวจที่ 3

4) จุดสำรวจที่ 4 ทางหลวง 4 ช่องจราจรหมายเลข 305 กม.38+500

จุดสำรวจนี้มีการใช้ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ทั้งหน้าตัดของรถยนต์ส่วนบุคคลและรถบรรทุกอยู่ที่ 93 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและ 74 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตามลำดับ โดยมีค่า Coefficient of Skewness เท่ากับ 0.33 ของรถยนต์ส่วนบุคคลและ 0.3 ของรถบรรทุกหนัก โดยที่การกระจายตัวของความเร็วของยานพาหนะทั้ง 2 ประเภทใกล้เคียงรูปแบบ Normal Distribution เพราะค่า Coefficient of skewness ใกล้เคียงศูนย์ ข้อมูลดังรูปที่ 19 ถึง รูปที่ 20



รูปที่ 19 Speed Distribution ประเภทรถยนต์ส่วนบุคคล จุดสำรวจที่ 4



รูปที่ 20 Speed Distribution ประเภทรถยนต์บรรทุก จุดสำรวจที่ 4

4.1.3 ข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขี่ที่ใช้ในการกลับรถ

สำหรับข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขี่ที่ใช้ในการกลับรถ ได้ทำการแสดงผลวิเคราะห์เป็น พฤติกรรมการยอมรับช่องว่าง, ระยะเวลาในการกลับรถสมบูรณ์ และระยะเวลาในการขับรถตามกัน รายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ข้อมูลพฤติกรรมการยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance)

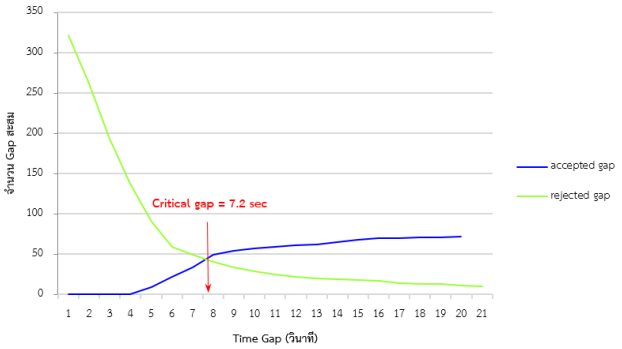
- รูปแบบไม่มีเพิ่มพื้นที่กลับรถรถบรรทุก บนถนน 4 ช่องจราจร

สำหรับจุดกลับรถนี้ยวดยานที่สามารถทำการกลับรถได้มีเพียงรถ 4 ล้อ สำหรับยวดยานประเภทรถบรรทุก 6 ล้อขึ้นไปนั้นไม่สามารถทำการกลับรถได้เนื่องจากรัศมีวงเลี้ยว โดยมีค่าของการยอมรับช่องว่างของรถยนต์ส่วนบุคคลเท่ากับ 7.20 วินาที ข้อมูลตารางที่ 2 และภาพที่ 21

ตารางที่ 2 ต ฤย ม ย

รายการ	N	min	max	Average	Critical gap
ยานพาหนะประเภทรถยนต์ส่วนบุคคล 4 ล้อ					
Rejected Gap	319	1.00	10.88	4.69	7.20
Accepted Gap	79	4.33	30.51	8.39	

หน่วย : วินาที



รูปที่ 21 พฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของรถยนต์ส่วนบุคคล
รูปแบบไม่มีพื้นที่กลับรถรถบรรทุก

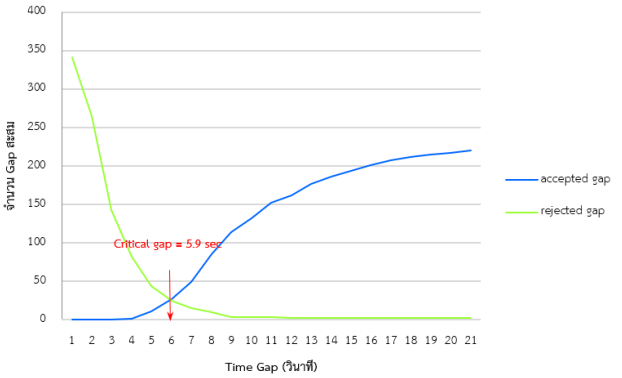
- รูปแบบมีเพิ่มพื้นที่กลับรถบรรทุก บนถนน 4 ช่องจราจร

สำหรับจุดกลับรถนี้ยานพาหนะสามารถกลับรถได้ทุกประเภท เนื่องจากมีช่องจราจรเพิ่มสำหรับกลับรถของรถที่มีขนาดใหญ่โดย โดยมีค่าของการยอมรับช่องว่างประเภทรถยนต์ส่วนบุคคลเท่ากับ 5.90 วินาที ส่วนของรถบรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปนั้นจะใช้เวลายอมรับช่องว่างสูงกว่า ข้อมูลตารางที่ 3 และภาพที่ 22 ถึง ภาพที่ 25

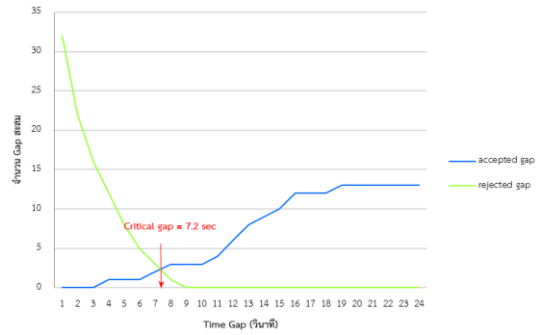
ตารางที่ 3 ต ฤย ม ย

รายการ	N	min	max	Average	Critical gap
ยานพาหนะประเภท 4 ล้อ					
Reject Gap	341	0.9	10.1	11.7	5.9
Accept Gap	235	3.9	59.4	10.9	
ยานพาหนะประเภท 6 ล้อ					
Reject Gap	32	0.9	12.6	13.9	7.2
Accept Gap	13	3.5	13.3	12.6	
ยานพาหนะประเภท 10 ล้อ					
Reject Gap	52	1.0	15.6	3.1	9.2
Accept Gap	10	9.2	14.3	11.8	
ยานพาหนะประเภท มากกว่า 10 ล้อ					
Reject Gap	59	0.9	17.7	1.5	11.1
Accept Gap	12	11.2	17.9	13.8	

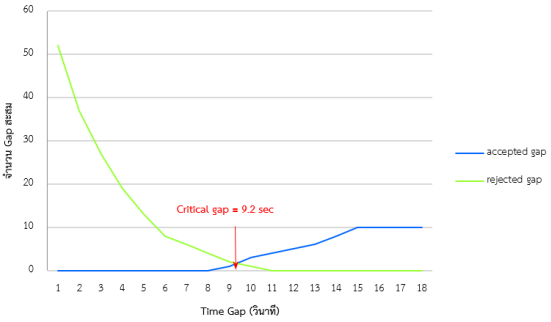
หน่วย : วินาที



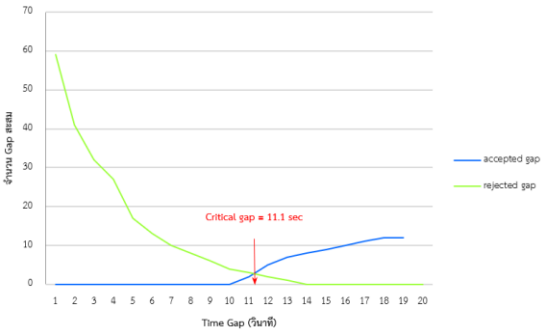
รูปที่ 22 พฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของรถยนต์ส่วนบุคคล
รูปแบบมีพื้นที่กลับรถบรรทุก



รูปที่ 23 พฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของรถบรรทุก 6 ล้อ รูปแบบมีพื้นที่กลับรถบรรทุก



รูปที่ 24 พฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของรถบรรทุก 10 ล้อ รูปแบบมีพื้นที่กลับรถบรรทุก



รูปที่ 25 พฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของรถบรรทุกมากกว่า 10 ล้อ รูปแบบมีพื้นที่กลับรถบรรทุก

2) ข้อมูลระยะเวลาในการกลับรถสมบูรณ์

สำหรับข้อมูลระยะเวลาในการกลับรถสมบูรณ์นั้นจะทำการบันทึกเมื่อผู้ขับขี่เริ่มกลับรถจนกระทั่งกลับรถสมบูรณ์โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- รูปแบบไม่มีเพิ่มพื้นที่สำหรับรถบรรทุก บนถนน 4 ช่องจราจร

จุดกลับรถนี้ยานพาหนะที่สามารถทำการกลับรถยนต์ส่วนบุคคล 4 ล้อ เท่านั้น โดยที่มีระยะเวลาในการกลับรถสมบูรณ์เฉลี่ยอยู่ที่ 4.78 วินาที ข้อมูลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ฤ ม พ ฤย ม ย

ระยะเวลาในการกลับรถสมบูรณ์	N	min	max	Average
ยานพาหนะประเภท 4 ล้อ	319	1.90	9.40	4.78

หน่วย : วินาที

- รูปแบบมีเพิ่มพื้นที่สำหรับรถบรรทุก บนถนน 4 ช่องจราจร

จุดกลับรถนี้ยานพาหนะที่สามารถทำการกลับรถได้ได้ทุกประเภทจากการศึกษาพบว่า สำหรับรถยนต์ส่วนบุคคลที่มีระยะเวลาในการกลับรถสมบูรณ์เฉลี่ยอยู่ที่ 5.32 วินาที, รถบรรทุก 6 ล้อ มีระยะเวลาในการกลับรถสมบูรณ์ 7.54 วินาที, รถบรรทุก 10 ล้อ มีระยะเวลาในการกลับรถสมบูรณ์ 8.38 วินาที และรถบรรทุกมากกว่า 10 ล้อ มีระยะเวลาในการกลับรถสมบูรณ์ 10.54 วินาที ข้อมูลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ฤ ม พ ฤย ม ย

ระยะเวลาในการกลับรถสมบูรณ์	N	min	max	Average
ยานพาหนะประเภท 4 ล้อ	341	2.40	9.80	5.32
ยานพาหนะประเภท 6 ล้อ	32	3.50	16.00	7.54
ยานพาหนะประเภท 10 ล้อ	52	5.50	20.30	8.38
ยานพาหนะประเภทมากกว่า 10 ล้อ	59	7.60	26.00	10.54

หน่วย : วินาที

3) ข้อมูลระยะเวลาในการขับรถตามกัน

สำหรับข้อมูลระยะเวลาในการขับรถตามกันของรถที่ทำการกลับรถ จะมีผลต่อการจำลองแบบจำลองเพื่อหาความจุสูงสุดของจุดกลับรถ เนื่องจากการที่ยานพาหนะที่กลับรถต่อจากยานพาหนะคันแรกที่ได้ทำการกลับรถไปแล้ว จะมีค่าของระยะห่างของเวลาในการออกตัวหลังจากคันแรกออกตัวที่แตกต่างกันไปตามลำดับ จากข้อมูลพบว่าทั้งจุดกลับรถ 2 รูปแบบมีระยะห่างที่ใกล้เคียงกัน เฉลี่ยรถกลับรถตามกัน เฉลี่ยคันละ 3.5 วินาที

- รูปแบบไม่มีเพิ่มพื้นที่สำหรับรถบรรทุก

รูปจุดกลับรถนี้ยานพาหนะที่ทำการกลับรถต่อกันตั้งแต่ 2 คันขึ้นไป มีระยะเวลาเฉลี่ยเวลาในการกลับรถคันเท่ากับ 3.1 วินาที โดยมีค่าต่ำสุดของการออกตัวระหว่างคันแรกและคันถัดไปเท่ากับ 2 วินาที ข้อมูลดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ฤ ม ฤ ฤย ม ย

รูปแบบไม่มีพื้นที่กลับรถบรรทุก	ระยะห่างในการกลับรถตามกัน			
	N	min	max	Average
ยานพาหนะประเภท 4 ล้อ	20	2.00	6.00	3.3

หน่วย : วินาที

- รูปแบบมีเพิ่มพื้นที่สำหรับรถบรรทุก บนถนน 4 ช่องจราจร

รูปจุดกลับรถนี้ยานพาหนะที่ทำการกลับรถต่อกันตั้งแต่ 2 คันขึ้นไป มีระยะเวลาเฉลี่ยเวลาในการกลับรถคันเท่ากับ 3.1 วินาที โดยมีค่าต่ำสุดของการออกตัวระหว่างคันแรกและคันถัดไปเท่ากับ 2 วินาที และในกรณีที่มีรถบรรทุกทำการกลับรถตามกันด้วยก็จะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยในการกลับรถของยานพาหนะแต่ละคันเพิ่มขึ้นเท่ากับ 4 วินาที ข้อมูลดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ฤ ม ฤ ฤย ม ย

รูปแบบไม่มีพื้นที่กลับรถบรรทุก	ระยะห่างในการกลับรถตามกัน			
	N	min	max	Average
ยานพาหนะประเภทรถยนต์ส่วนบุคคล	20	2.00	5.00	3.10
ยานพาหนะประเภทรถบรรทุก	10	2.20	9.00	3.60

หน่วย : วินาที

4.2 ผลการปรับเทียบแบบจำลอง

สำหรับการปรับเทียบแบบจำลองนั้นจะนำข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์มาปรับเทียบในแบบจำลองได้แก่ระยะเวลาในการกลับรถสมบูรณ์ โดยที่ผลเปรียบเทียบข้อมูลในสนามและแบบจำลอง ต้องอยู่ในเกณฑ์ยอมรับผลต่างไม่เกินร้อยละ 20 และสำหรับการตรวจสอบให้มีความถูกต้องก่อนนำไปวิเคราะห์ผลลัพธ์นั้นได้นำการใช้ข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขี่ที่ได้ทำการวิเคราะห์ไว้ในหัวข้อที่ 4.1 มาใช้ในการป้อนข้อมูลเพื่อให้พฤติกรรมของผู้ขับขี่ในแบบจำลองที่มีลักษณะการสุ่มมาเสมือนจริงมากที่สุด อันได้แก่ รูปแบบการมาของกระแสจราจร, การกระจายตัวของความเร็ว, พฤติกรรมการยอมรับช่องว่าง ระยะห่างในการกลับรถตามกัน โดยมีผลลัพธ์ของการปรับเทียบแบบจำลองดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ย ณ ฤ ม พ

รูปแบบจุดกลับรถ	ข้อมูลภาคสนาม	ข้อมูลแบบจำลอง	ผลต่าง (%)
แบบไม่มีพื้นที่รถบรรทุก (รถ 4 ล้อ)	4.78	4.08	14.64
แบบมีพื้นที่รถบรรทุก (รถ 4 ล้อ)	5.32	4.87	8.46
แบบมีพื้นที่รถบรรทุก (รถบรรทุก 6 ล้อ)	7.54	6.76	10.34
แบบมีพื้นที่รถบรรทุก (รถบรรทุก 10 ล้อ)	8.38	7.07	15.63
แบบมีพื้นที่รถบรรทุก(รถบรรทุกมากกว่า 10 ล้อ)	10.54	9.94	5.69

หน่วย : กิโลเมตรต่อชั่วโมง

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบจำลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบจำลองแสดงในรูปของจุดกลับรถสำหรับความยาวช่องรอเลี้ยวแต่ละขนาด บนจุดกลับรถรูปแบบไม่มีพื้นที่สำหรับรถบรรทุก และรูปแบบมีพื้นที่สำหรับรถบรรทุก (Loon) ดังรูปที่ 26 และรูปที่ 27 โดยได้มีนำเข้าข้อมูลปริมาณรถทางตรงฝั่งตรงข้ามตั้งแต่ 0, 200, 500, 1,000, 1,500 และ 2,000 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร มาเป็นเกณฑ์เพื่อหาปริมาณรถที่กลับรถได้ โดยได้แบ่งผลลัพธ์การวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

รูปที่ 26 แบบจำลองจุดกลับรูปแบบมีช่องรอเลี้ยว

รูปที่ 27 แบบจำลองจุดกลับรูปแบบมีช่องรอเลี้ยวและ Loon

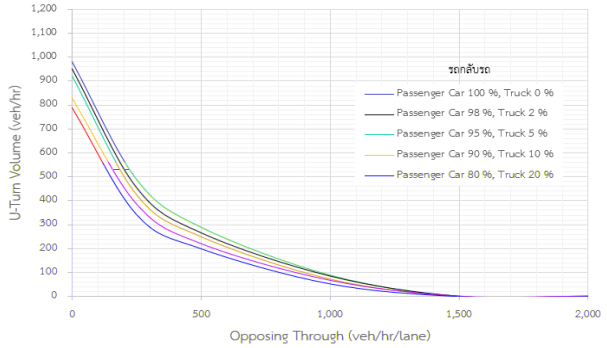
4.3.1 ความจุของจุดกลับรถสำหรับความยาวช่องรอเลี้ยวแต่ละขนาด

สำหรับการวิเคราะห์นั้น ได้มีการตั้งสมมติฐานการเพิ่มขึ้นของรถบรรทุกไว้ตั้งแต่ร้อยละ 0, 2, 5, 10 และ 20 พบว่าความจุทั้ง 2 รูปแบบสูงสุดอยู่ในช่วง 1,100-1,200 คันต่อชั่วโมง และจะลดลงเมื่อปริมาณรถทางหลักฝั่งตรงข้ามเพิ่มขึ้น โดยหลักการวิเคราะห์จะอ้างอิงความยาวของช่องรอเลี้ยวมาตรฐานที่ 120, 150 และ 180 เมตร โดยที่สามารถคำนวณได้เป็นระยะโดยประมาณของผู้ขับขี่ในการเปลี่ยนช่องจราจรจากทางตรงไปสู่ช่องรอเลี้ยวและทำการชะลอจนกระทั่งหยุด หรือที่เรียกว่าระยะชะลอความเร็วเท่ากับ 90 เมตร ดังนั้นสามารถนำความยาวของช่องรอเลี้ยวมาคิดได้เป็นความยาวแถวคอยมาตรฐานเท่ากับ 30, 60 และ 90 เมตรตามลำดับ ดังมีรายละเอียดวิธีการคำนวณตามรูปที่ 28 โดยจะดำเนินการนำค่าความยาวแถวคอยดังกล่าวมาเป็นเกณฑ์ในการหาปริมาณรถที่กลับรถ ดังต่อไปนี้

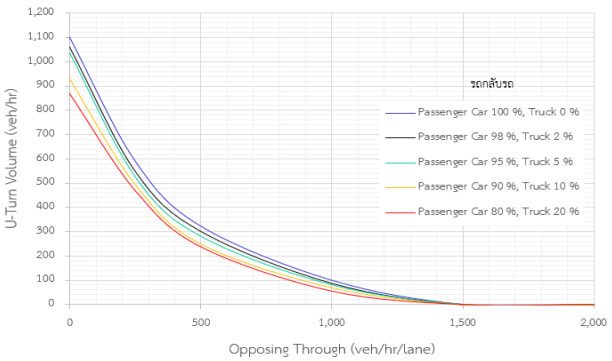
รูปที่ 28 ผลการคำนวณระยะในการลดความเร็วจนกระทั่งหยุด

1) รูปแบบไม่มีพื้นที่สำหรับกลับรถบรรทุก

28 ð านเท่ากับ รถr



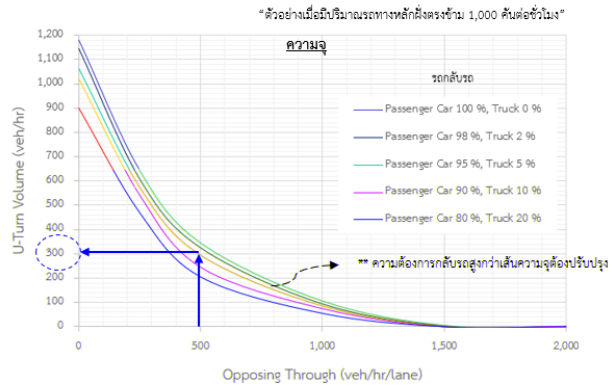
รูปที่ 31 ผลของความยาวช่องรอเลี้ยวที่ 150 เมตร รูปแบบมีพื้นที่กลับรถบรรทุก



รูปที่ 32 ผลของความยาวช่องรอเลี้ยวที่ 180 เมตร รูปแบบมีพื้นที่กลับรถบรรทุก

4.4 การประยุกต์ใช้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น นำมาประยุกต์ใช้เพื่ออธิบายความสามารถในการทำงานได้ ณ สภาพการจราจรที่แตกต่างออกไป ดังตัวอย่าง จุดกลับรถรูปแบบมีพื้นที่สำหรับรถบรรทุก บนถนน 4 ช่องจราจร กรณีมีปริมาณจราจรในทิศทางตรงข้าม 1,000 คันต่อชั่วโมง โดยที่ปริมาณสัดส่วนของรถบรรทุกเท่ากับร้อยละ 5 และต้องการออกแบบความยาวของช่องรอเลี้ยวเท่ากับ 180 เมตร ผลพบว่าความสามารถในการกลับรถจะอยู่ที่ 280 คันต่อชั่วโมง และเมื่อมีการเก็บสำรวจข้อมูล พบว่าปริมาณจราจรอยู่สูงกว่าเส้นกราฟ จุดกลับรถดังกล่าวมีปริมาณรถที่สูงกว่าความสามารถในการให้บริการ ควรต้องได้รับการปรับปรุงความยาวช่องรอเลี้ยวให้ยาวขึ้นและเพียงพอสำหรับการใช้งาน ข้อมูลดังรูปที่ 33



รูปที่ 33 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจุดกลับรถ

5. สรุปผลการวิจัย

การศึกษาเกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพของจุดกลับรถนั้นพบว่าจุดกลับรถรูปแบบไม่มีพื้นที่สำหรับรถบรรทุก และมีพื้นที่สำหรับรถบรรทุก (Loon) บนถนน 4 ช่องจราจรมีความจุในการรองรับปริมาณรถกลับรถที่ใกล้เคียงกันในช่วง 1,100-1,200 คันต่อชั่วโมง และจะมีความจุสูงสุดที่ความยาวช่องรอเลี้ยวเท่ากับ 180 เมตร จึงสามารถสรุปได้ว่าความยาวช่องรอเลี้ยวแปรผันโดยตรงกับปริมาณรถที่ต้องการกลับรถ โดยมีปัจจัยที่สำคัญสำหรับการพิจารณาและปรับปรุงจุดกลับรถให้ประสิทธิภาพดังต่อไปนี้

1. ลักษณะกายภาพบริเวณจุดกลับรถอันประกอบไปด้วย รูปแบบจุดกลับรถ, จำนวนช่องจราจร, ขนาดของเกาะกลาง, ความกว้างของเขตทาง, ความยาวของช่องรอเลี้ยว และระยะมองเห็น จากองค์ประกอบดังกล่าวจะมีผลต่อการเลือกรูปแบบจุดกลับรถและการอนุญาตให้ยานพาหนะแต่ละประเภททำการกลับรถได้

2. ปริมาณรถที่กลับรถได้ จะแปรผันตามจำนวนช่องว่างที่ยอมรับได้ของรถทางตรงทิศทางตรงกันข้ามกล่าวคือ การกระจายตัวของการจราจรส่งผลให้มีปริมาณรถและความหนาแน่นที่แตกต่างกันและส่งผลถึงจำนวนช่องว่างที่ปลอดภัย อีกทั้งสัดส่วนของรถบรรทุกที่ต้องการกลับรถมีผลต่อความจุของจุดกลับรถเนื่องจากรถบรรทุกมีจำนวนช่องว่างที่ปลอดภัยที่สูงกว่ารถยนต์ส่วนบุคคล

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยนี้ ปัจจัยในการพิจารณาประสิทธิภาพของจุดกลับรถที่ผู้ศึกษาได้ดำเนินการนั้น ควรนำไปพิจารณากับจุดกลับรถรูปแบบอื่นบนถนน 4 หรือ 6 ช่องจราจร เพราะรูปแบบของจุดกลับรถขนาดความกว้างของเกาะกลางที่แตกต่างไปจะมีผลต่อการวิเคราะห์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิศวกรรมขนส่ง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และช่วยเหลือแนะนำงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมทางหลวง (2563). สำนักอำนวยความปลอดภัย, ข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุ ปี พ.ศ. 2559 – 2563.

[2] กรมทางหลวง (2554). สำนักสำรวจและออกแบบ, DESIGN GUILDLINE ประเภทของเกาะกลางถนน (Road Medians).

[3] American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).A Policy on the Geometric Design of Highways and Streets. Washington, DC: AASHTO, 2011.

[4] Adolf D. May. Traffic Flow Fundamentals. Volume 2 Microscopic Flow Characteristics and Volume 4 Microscopic Speed Characteristics.

[5] Florida Department of Transportation (FDOT).(2006) Median handbook

[6] Transportation Research Board of the National Academies. (2010). HCM2010, Washington, DC.

[7] Raff, M.S.; Hart, J.W. (1950). A Volume Warrant for Urban Stop Signs; The Eno Foundation for Highway Traffic Control: Westport, CT, USA.

[8] Aimsun Users Manual V6.1. (2010). Microscopic Modelling, Transport Simulation System, S.L.