Estimation of Critical Gap of U-turns at Uncontrolled Median Openings

, , , , ,*

[1-5] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพมหานคร
*Corresponding author; E-mail address: puangprakhon@gmail.com

ช่องว่างวิกฤตในการกลับรถเป็นตัวแปรสำคัญทางด้านวิศวกรรมจราจรและเป็นข้อมูลที่ใช้ออกแบบจุดกลับรถให้มีประสิทธิภาพและปลอดภัย การออกแบบจุดกลับรถโดยใช้ข้อมูลการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลให้เกิดการจราจรติดขัดและก่อให้เกิดอุบัติเหตุจราจรบริเวณจุดกลับรถได้ บทความนี้ทำการศึกษาการประมาณค่าช่องว่างวิกฤตของจุดกลับรถแบบไม่มีสัญญาณไฟจราจรที่เกาะกลางในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 3 แห่ง ซึ่งเป็นจุดกลับรถที่มีรูปแบบแตกต่างกัน โดยทำการเก็บข้อมูลรถยนต์ส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง ในชั่วโมงเร่งด่วนและนอกชั่วโมงเร่งด่วนอย่างละ 2 ชั่วโมง และทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบช่องว่างวิกฤตจากการประมาณด้วยวิธีการต่าง ๆ ผลการศึกษาพบว่าช่องว่างวิกฤตจากการคำนวณด้วยวิธีการของ Raff, Greenshield, Acceptance Curve Method และ วิธี Maximum Likelihood มีค่าระหว่าง 3.24-5.39, 4.75-6.75, 6.75-9.30 และ 4.29-6.69 วินาที ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความคงที่ในการประมาณพบว่าวิธี Maximum Likelihood เป็นวิธีที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้เนื่องจากให้ค่าประมาณช่องว่างวิกฤตคงที่กว่าวิธีอื่น ๆ ผลการศึกษายังชี้ให้เห็นว่าเมื่อปริมาณจราจรในกระแสทางตรงเพิ่มขึ้นค่าช่องว่างวิกฤตในการกลับรถจากการคำนวณด้วยวิธีต่าง ๆ มีแนวโน้มลดลง นอกจากนี้พบว่าช่องว่างวิกฤตของจุดกลับรถที่มีรูปแบบแตกต่างกันมีค่าต่างกัน

คำสำคัญ: ช่องว่าง, ช่องว่างวิกฤต, การยอมรับช่องว่าง, กลับรถ, เกาะกลาง

Abstract

Critical gap is an important traffic parameter which useful to estimate the capacity of U-turning vehicle at uncontrolled median openings. It is also considered as crucial factor in designing the U-turn facilities. Designing a U-turn using inappropriate driver gap acceptance data could result in traffic congestion and potentially lead to a severe traffic accident. This article aims to study the critical gap estimation at uncontrolled median opening U-turns by using the real traffic behavior gathered from 3 locations in Bangkok area. A comparative analysis of critical gap estimation was performed using various methods. The results showed that the critical gaps calculated by the Raff, Greenshield, Acceptance Curve Method and Maximum Likelihood Method were ranging between 3.24-5.39, 4.75-6.75, 6.75-9.30 and 4.29-6.69 seconds, respectively. From all techniques, Maximum Likelihood is the most suitable method for critical gap estimation as it provides a more consistent results than other techniques. The results also point out that, as the direct traffic volume increases, the estimated critical gap form all methods tends to decrease. In addition, it was found that the critical gaps of different U-turn patterns were different.

Keywords gap, critical gap, gap acceptance, U-turn, median opening

1.

จุดกลับรถบนถนนสร้างขึ้นเพื่อตอบสนองผู้ขับขี่ที่ต้องการเปลี่ยนทิศทางการจราจรบนถนนสายหลัก ปัญหาที่พบได้บ่อยบริเวณจุดกลับรถ คือ การกลับรถที่ล่าช้าส่งผลให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดบนถนนบริเวณทิศทางเดียวกับที่มีการกลับรถ การที่ยานพาหนะที่กลับรถพยายามแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจร จะทำให้รถยนต์บนถนนอีกทิศทางต้องทำการชะลอความเร็วลง ปัญหาเหล่านี้นอกจากทำให้การจราจรบนถนนเกิดการติดขัดแล้วยังเพิ่มโอกาสที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุอีกด้วย โดยเมื่อจำแนกอุบัติเหตุบนทางหลวงตามบริเวณที่เกิดเหตุ พบว่าอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในบริเวณจุดเปิดเกาะกลางเกิดขึ้น 961 ครั้ง จากจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนถนนทางหลวงทั้งหมด 17,045 ครั้ง ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดอุบัติเหตุมากสุดเป็นอันดับที่ 3 รองจาก ทางตรงและทางโค้งปกติ นอกจากนี้จากการรวบรวมสถิติการเกิดอุบัติเหตุบริเวณจุดเปิดเกาะกลางจากรายงานการเกิดอุบัติเหตุจราจรบนทางหลวงแผ่นดินย้อนหลัง 8 ปี (พ.ศ. 2554-2561) พบว่าอุบัติเหตุบริเวณจุดเปิดเกาะกลางมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี [1]

โดยทั่วไปการกำหนดจุดกลับรถบนเกาะกลาง จำเป็นต้องพิจารณาให้มีระยะมองเห็นที่เพียงพอ ซึ่งจะแตกต่างกันตามลักษณะทางกายภาพของถนน นอกจากนี้ระยะห่างของจุดกลับรถกับทางแยกต้องมีความเหมาะสม

เนื่องจากการกลับรถบนเกาะกลางถนนเป็นรูปแบบที่สร้างผลกระทบต่อจราจรสูงที่สุดในทั้งสองทิศทาง โดยทำให้เกิดคอขวดจากการไหลที่ลดลงของช่องจราจรที่ใช้กลับรถและการเปลี่ยนช่องจราจรก่อนถึงจุดกลับรถในทิศทางของยานพาหนะที่กลับรถ และกระทบต่อความจุของกระแสจราจรในทิศทางที่ถูกตัดกระแสจราจร ดังนั้นพฤติกรรมการยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) ของผู้ขับขี่จึงเป็นข้อมูลสำคัญที่มีบทบาทในการออกแบบจุดกลับรถเพื่อทำให้เกิดการรบกวนกระแสการจราจรน้อยที่สุด และส่งผลต่อความปลอดภัยของผู้ใช้รถใช้ถนนด้วย [2]

การยอมรับช่องว่าง คือการที่ผู้ขับขี่พบช่องว่างระหว่างยานพาหนะที่มีขนาดเพียงพอจะทำให้สามารถแทรกตัวเข้าไปในกระแสจราจรได้อย่างปลอดภัยและตัดสินใจเลือกเข้าร่วมกระแสจราจรในช่องว่างนั้น โดยทั่วไปในพื้นที่ที่แตกต่างกันจะทำให้การยอมรับช่องว่างเปลี่ยนไป นอกจากนี้กระแสจราจรที่มีรถหลาย ๆ ประเภทมีโอกาสที่จะเกิดช่องว่างที่ถูกยอมรับ (Accepted Gap) และช่องว่างที่ถูกปฏิเสธ (Rejected Gaps) ในรูปแบบที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับกระแสจราจรนั้น ๆ อีกด้วย Highway Capacity Manual (HCM) [3] ได้ให้นิยามช่องว่างวิกฤต (Critical Gap) หมายถึง ช่องว่างขนาดน้อยที่สุดบนกระแสจราจรในทิศทางหลัก (วินาที) ที่ยานพาหนะในทิศทางรองสามารถตัดสินใจเข้าร่วมกระแสจราจรได้ โดยค่าช่องว่างวิกฤตเป็นหนึ่งในตัวแปรสำคัญที่ต้องใช้ในการพิจารณาออกแบบจุดกลับรถให้มีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

บทความนี้ทำการศึกษาการประมาณค่าช่องว่างวิกฤตของจุดกลับรถแบบไม่มีสัญญาณไฟจราจรที่เกาะกลางในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 3 แห่ง โดยทำการเก็บข้อมูลรถยนต์ส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง และทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบช่องว่างวิกฤตจากการประมาณด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้แก่ วิธีการของ Raff วิธีการของ Greenshield วิธี Acceptance Curve และ วิธี Maximum Likelihood บทความนี้แบ่งลำดับเนื้อหาในการนำเสนอเป็น 5 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 บทนำ ที่มาและความสำคัญของการศึกษา ส่วนที่ 2 การประมาณช่องว่างวิกฤตของจุดกลับรถด้วยวิธีการต่าง ๆ รวมทั้งการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ส่วนที่ 3 วิธีการศึกษาและรายละเอียดของพื้นที่ศึกษา ส่วนที่ 4 ผลและการวิเคราะห์การศึกษาจำแนกตามปัจจัยต่าง ๆ และส่วนที่ 5 สรุปผลการศึกษา รวมทั้งข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาต่อไปในอนาคต

2.

2.1 การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการประมาณช่องว่างวิกฤตในการกลับรถ

การตัดสินใจยอมรับช่องว่างเพื่อเลี้ยวตัดกระแสจราจรมีผลต่อความจุของการเคลื่อนที่ในทิศทางนั้น ๆ และมีผลต่อการบริหารจัดการรวมถึงตัดสินใจติดตั้งอุปกรณ์เพื่อควบคุมบริเวณทางแยกหรือจุดกลับรถ ที่ผ่านมามีผู้ศึกษาและนำเสนอวิธีการประมาณช่องว่างวิกฤตซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการอธิบายพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่จำนวนมาก

นับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1947 มีผู้วิจัยหลายท่านนำเสนอหลักการและวิธีการในการประมาณช่องว่างวิกฤต โดยส่วนใหญ่ใช้การพิจารณาจากข้อมูลการยอมรับและปฏิเสธช่องว่างของผู้ขับขี่ [4-5] ในปี 1950 Raff และ Hart [6] นำเสนอวิธีการประมาณช่องว่างวิกฤตแบบ Critical Lag Time ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญในการหาค่าการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ที่มาจากถนนสายรองที่บริเวณทางแยกแบบไม่มีสัญญาณไฟ โดยพิจารณาข้อมูลช่องว่างระหว่างยานพาหนะบนถนนสายหลัก (Gap Time) และช่องว่างระหว่างยานพาหนะบนถนนสายหลักกับถนนสายรอง (Lag Time) รวมทั้งแสดงการประมาณ Critical Lag ในรูปแบบของกราฟ Milner [7] ได้ทำการปรับปรุงวิธีการของ Raff และได้ให้ข้อสรุปว่าวิธีการของ Raff สามารถใช้ได้ดีเมื่อปริมาณจราจรมีน้อยถึงปานกลาง แต่ไม่เหมาะสมเมื่อปริมาณจราจรหนาแน่น ในการศึกษาผู้วิจัยได้ทำการเปรียบวิธีการประมาณช่องว่างวิกฤตวิธีอื่น ๆ อีกด้วย โดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองด้านการจราจร (Traffic Simulation) และพบว่าวิธี Maximum Likelihood Estimation ให้ผลการประมาณช่องว่างวิกฤตที่เหมาะสม Troutbeck [8] นำเสนอการประมาณช่องว่างวิกฤตโดยใช้วิธี Maximum Likelihood โดยได้ให้รายละเอียดการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ถึงที่มาของสมการต่าง ๆ รวมทั้งแนะนำว่าวิธี Maximum Likelihood เป็นวิธีที่เป็นวิธีที่เหมาะสมและมีความถูกต้องสูงในการประมาณช่องว่างวิกฤต Brilon และคณะ [9] ทำการเปรียบเทียบวิธีการต่าง ๆ ในการประมาณช่องว่างวิกฤตที่ทางแยก ประกอบด้วย วิธีการของ Raff วิธีของ Ashworth วิธีของ Hewitt วิธีของ Harder และวิธี Maximum Likelihood โดยใช้ข้อมูลสังเคราะห์จากแบบจำลองด้านการจราจร ผู้วิจัยสรุปว่าวิธี Maximum Likelihood และวิธีของ Hewitt เป็นวิธีที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ Yang และคณะ [10] ทำการประมาณช่องว่างวิกฤตในการกลับรถที่ช่องเปิดบริเวณเกาะกลาง โดยเปรียบเทียบระหว่างวิธีของ Raff และ Logit Model ผู้วิจัยสรุปว่าช่องว่างวิกฤตในการกลับรถ มีค่าแตกต่างกันขึ้นกับลักษณะทางเรขาคณิต (Geometric) ของจุดกลับรถ สภาพจราจร และการกระจายตัวของช่องว่างในกระแสจราจร

ประเทศไทยมีสภาพจราจร สัดส่วนจราจร และพฤติกรรมของผู้ขับขี่แตกต่างจากหลาย ๆ ประเทศ จึงมีผู้วิจัยหลายท่านทำการศึกษาเกี่ยวกับช่องว่างวิกฤตในการกลับรถ วิลาสินี [11] ทำการศึกษาช่องว่างวิกฤตของจักรยานยนต์และรถยนต์นั่ง 4 ล้อ ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ในการเลี้ยวขวาตัดกระแสจราจร เลี้ยวซ้ายเข้าสู่กระแสจราจร และกลับรถเข้าสู่กระแสจราจรบนทางสายหลัก โดยใช้การประมาณด้วยวิธีการของ Raff ผลการศึกษาพบว่ารถจักรยานยนต์มีช่องว่างวิกฤตในการเลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา และกลับรถ เท่ากับ 5.21, 7.58 และ 7.25 วินาที ตามลำดับ ส่วนรถยนต์นั่ง 4 ล้อ มีช่องว่างวิกฤตเท่ากับ 5.37, 8.63 และ 7.00 วินาที ตามลำดับ สิริศักดิ์ และณรงค์ [12] ทำการศึกษาช่องว่างวิกฤตของรถยนต์นั่ง 4 ล้อ จากการประมาณด้วยวิธีของ Raff ในการกลับรถที่จุดกลับรถแบบไม่มีช่องรอกลับรถและไม่มีช่องทำความเร็ว ในจังหวัดนครปฐม พบว่ามีค่าระหว่าง 6.42-6.46 วินาที รณฤกษ์ และบุญญฤทธิ์ [13] ทำการศึกษาในจังหวัดชลบุรี พบว่าช่องว่างวิกฤตบริเวณจุดกลับรถแบบไม่มีช่องรอกลับรถและไม่มีช่องทำความเร็ว จากการประมาณด้วยวิธีของ Raff มีค่าระหว่าง 3.40-5.63 วินาที ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ให้ข้อสังเกตว่าตำแหน่งของจุดกลับรถที่ตั้งอยู่ไม่ไกลจากทางแยกสัญญาณไฟจราจรจะมีค่าช่องว่างวิกฤตที่ต่ำกว่าจุดกลับรถที่อยู่ไกลจาก

ทางแยกสัญญาณไฟจราจร โดยอาจมีประเด็นเรื่องของการกระจายตัวของกลุ่มการจราจรที่แตกต่างกัน

2.2 การประมาณช่องว่างวิกฤต

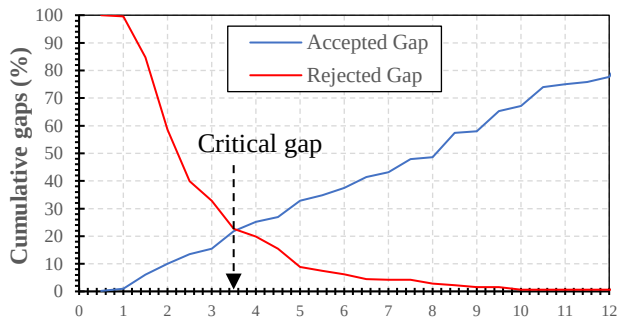
ช่องว่างวิกฤตเป็นตัวแปรสำคัญในการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างในการกลับรถ การวัดขนาดช่องว่างวิกฤตจากพฤติกรรมการกลับรถจริงในสนามทำได้ค่อนข้างยาก [14] อย่างไรก็ตามข้อมูลการยอมรับและปฏิเสธช่องว่างในการกลับรถเป็นข้อมูลที่สามารถสำรวจได้ในสนาม และจากข้อมูลการยอมรับและปฏิเสธช่องว่าง ได้มีผู้วิจัยหลายท่านนำเสนอวิธีการต่าง ๆ เพื่อใช้ประมาณค่าช่องว่างวิกฤต ในบทความนี้เป็นการเปรียบเทียบผลการประมาณช่องว่างวิกฤตในการกลับรถที่จุดกลับรถบริเวณช่องเปิดที่เกาะกลางถนนจากวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

2.2.1 วิธีการของ Raff

วิธีการประมาณช่องว่างวิกฤตที่นำเสนอโดย Raff และ Hart [6] เป็นหนึ่งในวิธีประมาณช่องว่างวิกฤตที่ได้รับความนิยมในการใช้งานเนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวกในการคำนวณ [15]

โดยหลักการของวิธีนี้คือใช้การพิจารณาค่าช่องว่างวิกฤตจากความสัมพันธ์ระหว่างการยอมรับช่องว่าง $F_a(t)$ และการปฏิเสธช่องว่าง $F_r(t)$ ดังสมการที่ 1 และ รูปที่ 1

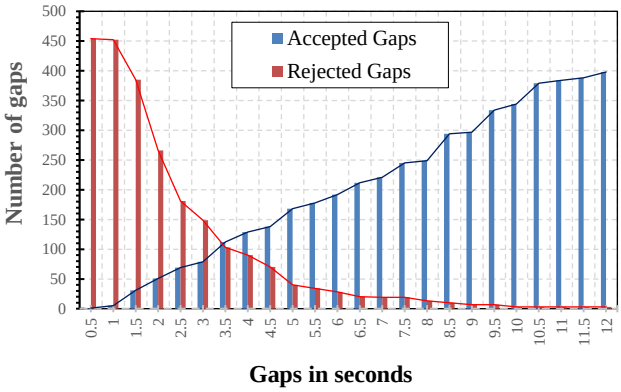
$$F_a(t) = 1 - F_r(t) \quad (1)$$



1 การประมาณช่องว่างวิกฤตโดยวิธีของ Raff

2.2.2 วิธีการของ Greenshield

Greenshield และคณะ [16] นำเสนอวิธีการประมาณช่องว่างวิกฤต โดยนำค่าช่องว่างที่ถูกยอมรับและช่องว่างที่ถูกปฏิเสธมาใส่ลงใน Histogram ที่มีแกนนอน (x) แสดงขนาดของช่องว่าง และแกนตั้ง (y) คือจำนวนช่องว่างที่ถูกยอมรับและปฏิเสธที่เกิดขึ้น ณ ช่องว่างขนาดนั้น ๆ โดย Greenshield ให้นิยามช่องว่างวิกฤต คือขนาดช่องว่างที่มีจำนวนผู้ยอมรับมากกว่าหรือเท่ากับจำนวนผู้ปฏิเสธช่องว่าง จากรูปที่ 2 เห็นได้ว่าที่ขนาดช่องว่างระหว่าง 3.01-3.50 วินาที มีจำนวนผู้ยอมรับช่องว่างมากกว่าหรือเท่ากับผู้ปฏิเสธช่องว่าง ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าช่องว่างวิกฤตในกรณีนี้เท่ากับ 3.25 วินาที อย่างไรก็ตาม Gatt และ Low [17] ได้ให้ข้อสังเกตว่า ปริมาณการจราจรของถนนสายหลักจะส่งผลต่อการประมาณช่องว่างวิกฤตด้วยวิธีของ Greenshield อย่างมาก ดังนั้นการใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนไม่มากพออาจทำให้ผลลัพธ์คลาดเคลื่อนได้



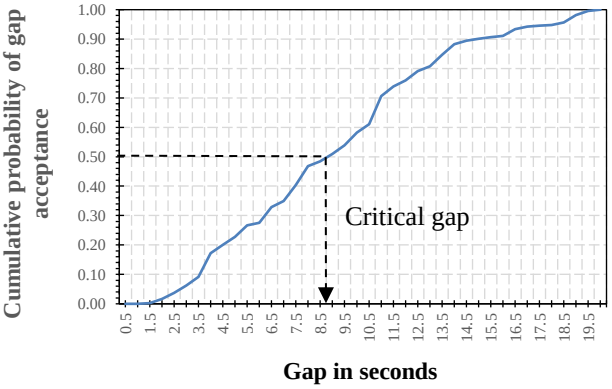
2 การประมาณช่องว่างวิกฤตโดยวิธีของ Greenshield

2.2.3 วิธี Acceptance Curve

วิธี Acceptance Curve ใช้ประมาณค่าช่องว่างวิกฤต โดยตัวแปรตาม (Dependent Variable) มีการกระจายตัวในลักษณะ S-curve [18] และค่าความน่าจะเป็นสะสมของช่องว่างที่ถูกยอมรับกระจายตัวอยู่ระหว่าง y=0 และ y=1 ทั้งนี้ค่าช่องว่างวิกฤตจะพิจารณาจากขนาดของช่องว่าง (แกน x) ที่สอดคล้องกับค่าความน่าจะเป็นสะสมเท่ากับ 0.5 โดยค่าความน่าจะเป็นสะสมของช่องว่างที่ถูกยอมรับสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2 และรูปที่ 3

$$P_i = \frac{\sum n_i}{N} \quad (2)$$

โดยที่ P_i คือ ค่าความน่าจะเป็นสะสมของช่องว่างที่ถูกยอมรับขนาด i, n คือ จำนวนช่องว่างที่ถูกยอมรับที่ขนาดช่องว่าง i, N คือ จำนวนช่องว่างที่ถูกยอมรับทั้งหมด



3 การประมาณช่องว่างวิกฤตโดยวิธี Acceptance Curve

2.2.4 วิธี Maximum Likelihood Estimation

การประมาณค่าช่องว่างวิกฤตโดยวิธี Maximum Likelihood มีสมมุติฐานว่าค่าช่องว่างวิกฤตของผู้ขับขี่คนใด ๆ จะมีค่าอยู่ระหว่างค่าช่องว่างขนาดใหญ่ที่สุดที่ถูกปฏิเสธ (Largest Rejected Gap) และค่าช่องว่างที่ผู้ขับขี่คนดังกล่าวยอมรับ (Accepted Gap) [8] วิธี Maximum Likelihood Estimation จะสมมุติลักษณะการแจกแจงของช่องว่างวิกฤตเป็นแบบ Lognormal (ช่องว่างวิกฤตจะอยู่ระหว่างช่องว่างขนาดใหญ่ที่สุดที่ถูกปฏิเสธและค่าช่องว่างที่ผู้ขับขี่คนดังกล่าวยอมรับ) ซึ่งพบว่ามีความเหมาะสมสำหรับกรณีโดยทั่วไปและได้รับการยอมรับจากผลการศึกษาที่ผ่านมา [19]

วิธีการประมาณโดย Maximum Likelihood มีสมมุติฐานดังนี้

a_i คือ ช่องว่างที่ถูกยอมรับโดยผู้ขับขี่คนที่ i

r_i คือ ช่องว่างขนาดใหญ่ที่สุดที่ผู้ขับขี่คนที่ i ปฏิเสธ (หากไม่พบช่องว่างที่ถูกปฏิเสธกำหนดให้ r_i เท่ากับ 0)

$f(x)$ และ $F(x)$ คือ ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็น (Probability Density Function : PDF) และ ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (Cumulative Distribution Function) สำหรับการแจกแจงของช่องว่างวิกฤต ตามลำดับ

ความน่าจะเป็นที่ผู้ขับขี่แต่ละคนมีขนาดช่องว่างวิกฤตอยู่ระหว่าง r_i และ a_i จะเท่ากับ $F(r_i) - F(a_i)$ เมื่อทำการรวมผู้ขับขี่ทุกคน ค่า Likelihood ของกลุ่มตัวอย่างผู้ขับขี่จำนวน n คน ที่มีช่องว่างที่ยอมรับและช่องว่างขนาดใหญ่ที่สุดที่ปฏิเสธ (a_i, r_i) แสดงดังสมการที่ 3

$$\prod_{i=1}^{n}[F(a_i) - F(r_i)] \quad (3)$$

ค่า Logarithm ของ Likelihood (L) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4 ดังนี้

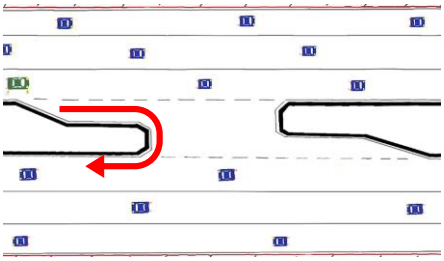
$$L = \sum_{i=1}^{n} ln\,[F(a_i) - F(r_i)] \quad (4)$$

จากสมการที่ 3 จะสามารถคำนวณหาค่าเฉลี่ย (Mean) และความแปรปรวน (Variance) ของช่องว่างวิกฤตได้ โดยรายละเอียดการคำนวณรวมทั้งการประยุกต์ใช้ Spreadsheet และ Solver เพื่อประมาณค่าดังกล่าวสามารถดูรายละเอียดได้จากการศึกษาโดย [19]

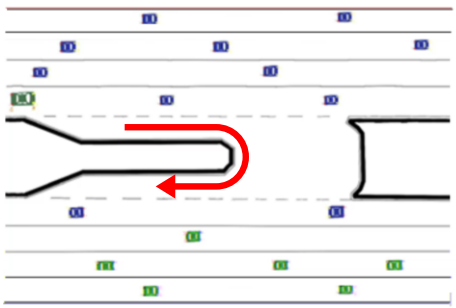
3.

3.1 รายละเอียดของพื้นที่ศึกษา

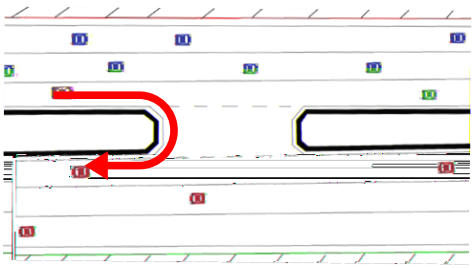
การศึกษานี้ทำการเก็บข้อมูลพฤติกรรมการยอมรับและปฏิเสธช่องว่างบริเวณจุดกลับรถแบบไม่มีสัญญาณไฟจราจรที่เกาะกลางในเขตกรุงเทพมหานคร ด้วยการบันทึกวีดีโอเทปพฤติกรรมการกลับรถของรถยนต์ส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง ที่ทำการกลับรถเพื่อแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรทิศทางตรงซึ่งประกอบด้วยยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ตามสภาพจราจรจริง (Heterogeneous Traffic Conditions) จำนวน 3 แห่ง ประกอบด้วย จุดกลับรถแบบมีช่องรอกลับรถไม่มีช่องทำความเร็ว จุดกลับรถแบบมีช่องรอกลับรถมีช่องทำความเร็ว และ จุดกลับรถแบบไม่มีช่องรอกลับรถไม่มีช่องทำความเร็ว ประเภทละ 1 แห่ง โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 4 ถึง 6 ตามลำดับ



4 จุดกลับรถแบบมีช่องรอกลับรถไม่มีช่องทำความเร็ว



5 จุดกลับรถแบบมีช่องรอกลับรถมีช่องทำความเร็ว



6 จุดกลับรถแบบไม่มีช่องรอกลับรถไม่มีช่องทำความเร็ว

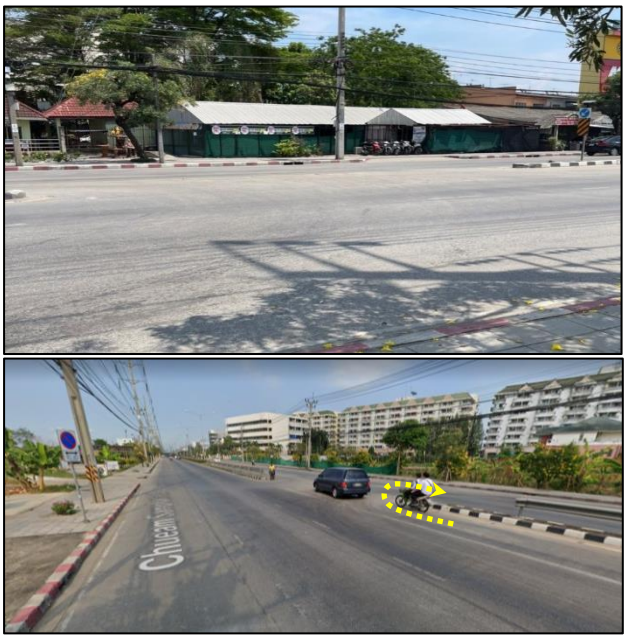
รายละเอียดของจุดกลับรถแต่ละแห่ง แสดงดังตารางที่ 1 โดยทำการเก็บข้อมูลในช่วงเดือนธันวาคม 2564 จุดกลับรถแห่งละ 2 วัน วันละ 2 ชั่วโมง ประกอบด้วยการเก็บข้อมูลในชั่วโมงเร่งด่วน 1 ชั่วโมง และนอกชั่วโมงเร่งด่วน 1 ชั่วโมง รวมจุดกลับรถแห่งละ 4 ชั่วโมง รายละเอียดการเก็บข้อมูลที่จุดกลับรถแต่ละแห่ง แสดงดังตารางที่ 2

จุดกลับรถที่ 1 เป็นจุดกลับรถแบบมีช่องรอกลับรถไม่มีช่องทำความเร็วบนถนนเชื่อมสัมพันธ์ บริเวณซอยเชื่อมสัมพันธ์ 17 มีความกว้างของถนนทั้งหมด 31.42 เมตร เป็นถนน 6 ช่องจราจร แบ่งเป็นฝั่งละ 3 ช่องจราจร ความกว้างต่อช่องจราจร 3.50 เมตร ไหล่ทางกว้าง 0.37 เมตร ฟุตบาทกว้าง 2.98 เมตร ความกว้างของเกาะกลาง 3.35 เมตร บริเวณเกาะกลางมีช่องรอกลับรถ 1 ช่องทาง กว้าง 2.55 เมตร โดยบริเวณจุดกลับรถนี้สามารถกลับรถได้ทั้ง 2 ทิศทาง การศึกษานี้พิจารณาเฉพาะทิศทางมุ่งหน้าไปถนนสุวินทวงศ์เพียงทิศทางเดียว ดังรูปที่ 7 ทำการตรวจวัดขนาดช่องว่างของกระแสจราจร

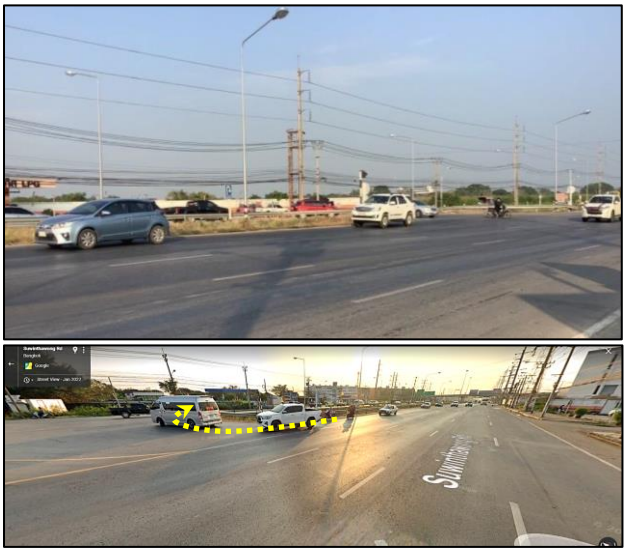
ทิศทางตรงบริเวณหัวโค้งของจุดกลับรถซึ่งเป็นบริเวณที่กระแสจราจรจากจุดกลับรถเข้าร่วมกับกระแสจราจรทิศทางตรง

จุดกลับรถที่ 2 เป็นจุดกลับรถแบบมีช่องรอกลับรถมีช่องทำความเร็วบนถนนสุวินทวงศ์บริเวณสถานีบริการแก๊สแอลพีจีแชมป์เปี้ยน (ประมาณกิโลเมตรที่ 40) มีความกว้างของถนนทั้งหมด 70.85 เมตร เป็นถนน 8 ช่องจราจร แบ่งเป็นฝั่งละ 4 ช่องจราจร ความกว้างต่อช่องจราจร 3.75 เมตร ช่องจราจรริมฟุตบาททั้งสองฝั่งกว้าง 4.65 เมตร ไหล่ทางกว้าง 1.55 เมตร ฟุตบาทกว้าง 3.40 เมตร ความกว้างของเกาะกลาง 14.75 เมตร บริเวณเกาะกลางมีช่องรอกลับรถและช่องทำความเร็วกว้างช่องละ 3.45 เมตร เมตร โดยบริเวณจุดกลับรถนี้สามารถกลับรถได้ทิศทางเดียว คือ ทิศทางจากฉะเชิงเทรามุ่งหน้ามีนบุรี ดังรูปที่ 8 ทำการตรวจวัดขนาดช่องว่างของกระแสจราจรทิศทางตรงบริเวณปลายของช่องทำความเร็วซึ่งเป็นบริเวณที่กระแสจราจรจากจุดกลับรถเข้าร่วมกับกระแสจราจรทิศทางตรง

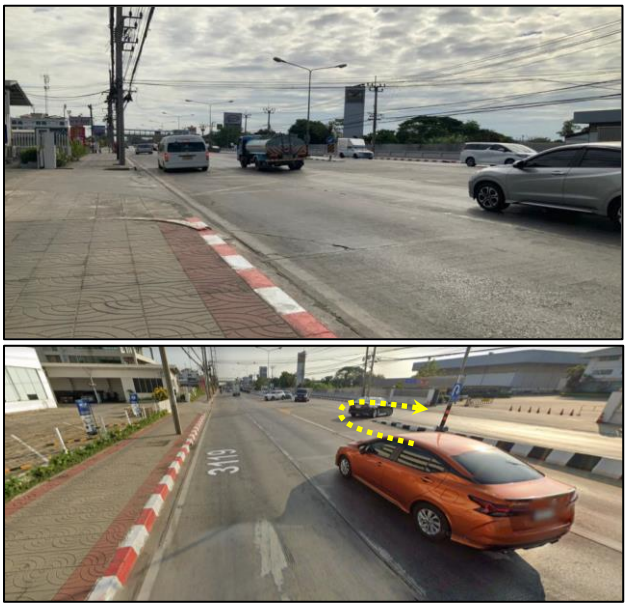
จุดกลับรถที่ 3 เป็นจุดกลับรถแบบไม่มีช่องรอกลับรถไม่มีช่องทำความเร็ว บนถนนร่มเกล้าบริเวณบริษัท ไทยยานยนต์ อินเตอร์เซลล์ จำกัด สาขาร่มเกล้า (กิโลเมตรที่ 5+700) มีความกว้างของถนนทั้งหมด 30.20 เมตร เป็นถนน 6 ช่องจราจร แบ่งเป็นฝั่งละ 3 ช่องจราจร ความกว้างต่อช่องจราจร 3.50 เมตร ไหล่ทางกว้าง 0.30 เมตร ฟุตบาทกว้าง 3.55 เมตร ความกว้างของเกาะกลาง 1.90 เมตร โดยบริเวณจุดกลับรถนี้สามารถกลับรถได้ทั้ง 2 ทิศทาง การศึกษานี้พิจารณาทิศทางมุ่งหน้าไปมีนบุรีเพียงทิศทางเดียว ดังรูปที่ 9 ทำการตรวจวัดขนาดช่องว่างของกระแสจราจรทิศทางตรงบริเวณหัวโค้งของจุดกลับรถซึ่งเป็นบริเวณที่กระแสจราจรจากจุดกลับรถเข้าร่วมกับกระแสจราจรทิศทางตรง



7 จุดกลับรถบนถนนเชื่อมสัมพันธ์บริเวณซอยเชื่อมสัมพันธ์ 17 (จุดกลับรถที่ 1)



8 จุดกลับรถบนถนนสุวินทวงศ์บริเวณสถานีบริการแก๊สแอลพีจีแชมป์เปี้ยน (จุดกลับรถที่ 2)



9 จุดกลับรถบนถนนร่มเกล้าบริเวณบริษัท ไทยยานยนต์ อินเตอร์เซลล์ จำกัด สาขาร่มเกล้า (จุดกลับรถที่ 3)

สรุปรายละเอียดของจุดกลับรถทั้ง 3 แห่งที่ใช้ในการศึกษา

จุดกลับรถ	1	2	3
จำนวนช่องจราจร	6	8	6
จำนวนช่องจราจรแต่ละฝั่ง	3	4	3
ขนาดของช่องจราจร (เมตร)	3.50	3.75	3.50
ขนาดของเกาะกลาง (เมตร)	3.35	14.75	1.90
ช่องรอกลับรถ/ขนาดของช่อง (เมตร)	มี/2.55	มี/3.45	ไม่มี
ช่องทำความเร็ว/ขนาดของช่อง (เมตร)	ไม่มี	มี/3.45	ไม่มี
จำนวนทิศทางที่กลับรถได้บริเวณจุดกลับรถ	2	1	2

2 สรุปรายละเอียดการเก็บข้อมูลของจุดกลับรถแต่ละแห่ง

จุดกลับรถ	1	2	3
วันที่เก็บข้อมูล	22 ธ.ค. 2564 23 ธ.ค. 2564	20 ธ.ค. 2564 21 ธ.ค. 2564	27 ธ.ค. 2564 28 ธ.ค. 2564
ในชั่วโมงเร่งด่วน	16:00-17:00 น.	16:00-17:00 น.	16:00-17:00 น.
นอกชั่วโมงเร่งด่วน	13:00-14:00 น.	13:00-14:00 น.	13:00-14:00 น.
จำนวนชั่วโมงของ	4	4	4

3.2 วิธีการเก็บข้อมูลและถอดข้อมูล

การเก็บข้อมูลพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างบริเวณจุดกลับรถแบบไม่มีสัญญาณไฟจราจรที่เกาะกลาง ในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง ของรถยนต์ส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง ใช้การบันทึกวีดีโอ โดยตั้งค่าการบันทึกที่อัตรา 100 เฟรมต่อวินาที ทำการเลือกจุดตั้งกล้องบันทึกวีดีโอให้อยู่ในมุมที่สามารถมองเห็นสภาพการจราจรของรถที่วิ่งได้อย่างชัดเจนที่สุด และหลีกเลี่ยงการตั้งกล้องในจุดที่เป็นที่น่าสังเกต เนื่องจากอาจส่งผลให้ผู้ขับขี่เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการขับขี่ได้

หลังจากบันทึกวีดีโอแล้ว นำข้อมูลไปประมวลผลในโปรแกรม InShot เพื่อปรับให้ความละเอียดของเวลาในไฟล์ที่บันทึกเป็น 00:01 วินาที และทำการสร้างเส้นสมมุติในไฟล์ที่บันทึกมา เพื่อตรวจสอบเวลาที่รถยนต์ในกระแสจราจรหลักผ่านตำแหน่งต่าง ๆ จากนั้นทำการถอดข้อมูลช่องว่างที่พบ (ระยะห่างระหว่างยานพาหนะที่แล่นเข้ามายังบริเวณจุดกลับรถ หน่วยวินาที) รวมทั้งขนาดช่องว่างที่ถูกยอมรับและถูกปฏิเสธเพื่อใช้ในการประมาณค่าช่องว่างวิกฤตของจุดกลับรถแบบไม่มีสัญญาณไฟจราจรที่เกาะกลาง

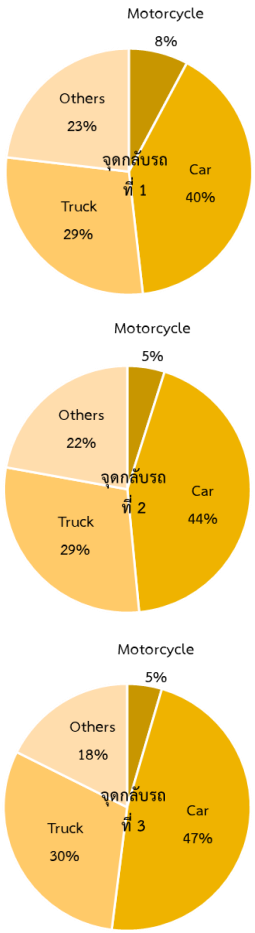
3.3 ปริมาณจราจรในพื้นที่ศึกษา

ในการศึกษาได้ทำการเก็บข้อมูลปริมาณจราจรเฉลี่ยรายชั่วโมงของยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ในและนอกชั่วโมงเร่งด่วนที่สำรวจพบในพื้นที่ศึกษา แสดงดังรูปที่ 10 พบว่าในทุกพื้นที่ศึกษาสำรวจพบยานพาหนะประเภทรถยนต์ส่วนบุคคลเป็นสัดส่วนสูงสุด โดยมีค่าร้อยละ 40-47 ของยานพาหนะทั้งหมด

ข้อมูลปริมาณจราจรเฉลี่ยรายชั่วโมงในกระแสทางตรงในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง ทั้งในและนอกชั่วโมงเร่งด่วน แสดงดังตารางที่ 3 โดยค่าที่แสดงมีหน่วยเป็น PCU (Passenger Car Unit)/ช่องจราจร/ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าปริมาณจราจรเฉลี่ยรายชั่วโมงในกระแสทางตรงในชั่วโมงเร่งด่วนมีค่าสูงกว่านอกชั่วโมงเร่งด่วนในทุกพื้นที่

3 ปริมาณจราจรเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษา (PCU/ช่องจราจร/ชั่วโมง)

จุดกลับรถ		1	2	3
ปริมาณจราจรกระแสทางตรง	ในชั่วโมงเร่งด่วน	530	708	733
	นอกชั่วโมงเร่งด่วน	406	437	590



10 สัดส่วนยานพาหนะแต่ละประเภทในพื้นที่ศึกษา

4.

4.1 *การประมาณช่องว่างวิกฤต*

การศึกษานี้ทำการประมาณค่าช่องว่างวิกฤตของจุดกลับรถแบบไม่มีสัญญาณไฟจราจรที่เกาะกลางในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 3 แห่ง ของรถยนต์ส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง ด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้แก่ วิธีการของ Raff วิธีการของ Greenshield วิธี Acceptance Curve และ วิธี Maximum Likelihood ซึ่งมีผลการศึกษาดังนี้

4.1.1 การประมาณช่องว่างวิกฤตด้วยวิธีการของ Raff

ตารางที่ 4 แสดงค่าช่องว่างวิกฤตในและนอกชั่วโมงเร่งด่วนของจุดกลับรถทั้ง 3 แห่ง ที่ประมาณได้จากวิธีการของ Raff พบว่าในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีปริมาณจราจรจำนวนมาก ค่าช่องว่างวิกฤตของผู้ขับรถยนต์ส่วนบุคคลในจุดกลับรถที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 4.72, 3.31 และ 3.24 วินาที ตามลำดับ ส่วนนอกชั่วโมงเร่งด่วนในจุดกลับรถที่ 1, 2 และ 3 มีค่าช่องว่างวิกฤตเท่ากับ 5.39, 3.97 และ 3.81 วินาที ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ว่าจุดกลับรถทั้ง 3 แห่ง มีค่าช่องว่างวิกฤตในชั่วโมงเร่งด่วนน้อยกว่านอกชั่วโมงเร่งด่วน นอกจากนี้จุดกลับรถที่ 3 (จุดกลับรถแบบไม่มีช่องรอกลับรถไม่มีช่องทำความเร็ว) มีค่าช่องว่างวิกฤตในและนอกชั่วโมงเร่งด่วนน้อยที่สุดใกล้เคียงจุดกลับรถที่ 2 (จุดกลับรถแบบมีช่องรอกลับรถมีช่องทำความเร็ว) ส่วนจุดกลับรถที่ 1 (จุดกลับรถแบบมีช่องรอกลับรถไม่มีช่องทำความเร็ว) มี

ค่าช่องว่างวิกฤตในและนอกชั่วโมงเร่งด่วนสูงกว่ารูปแบบอื่นๆ อย่างไรก็ตาม บริเวณจุดกลับรถที่ 1 มีปริมาณจราจรในกระแสทางตรงต่ำกว่าจุดอื่นๆ ดังนั้นควรมีการศึกษาในประเด็นนี้ต่อไป

วิธีการประมาณช่องว่างวิกฤต ควรให้ค่าประมาณที่มีความคงที่ (Consistent) ไม่ถูกรบกวนจากปัจจัยภายนอกต่าง ๆ เช่น ปริมาณจราจรของรถในกระแสทางตรง เวลาที่อยู่ในแถวคอย เวลารอคอยที่จะกลับรถ (Delay) เป็นต้น ยกเว้นจะมีข้อพิสูจน์ที่น่าเชื่อถือได้ว่าปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อขนาดช่องว่างวิกฤตจริง ถึงแม้การศึกษาในอดีตอาจชี้ให้รู้สึกว่าช่องว่างวิกฤตมีความสัมพันธ์กับปัจจัยภายนอกต่าง ๆ เช่น ปริมาณจราจร หรือเวลารอคอย เป็นต้น แต่ผลดังกล่าวอาจยังไม่สามารถสรุปได้ว่าช่องว่างวิกฤตมีผลจากปัจจัยเหล่านั้น หรือเกิดขึ้นเพราะความไม่คงที่ของวิธีการในการประมาณช่องว่างวิกฤต [19]

เมื่อพิจารณาความคงที่ในการประมาณค่าช่องว่างวิกฤต ซึ่งควรประเมินช่องว่างวิกฤตสำหรับพื้นที่ใด ๆ ได้ใกล้เคียงกัน ถึงแม้ปริมาณจราจรจะเปลี่ยนแปลงไป พบว่าผลการประมาณด้วยวิธีของ Raff ในพื้นที่ทั้ง 3 มีความแตกต่างระหว่างในและนอกชั่วโมงเร่งด่วนเท่ากับ ร้อยละ 14.19, 19.94 และ 17.59 ตามลำดับ (เฉลี่ยร้อยละ 17.24) ซึ่งด้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น ๆ ในการศึกษาครั้งนี้

4 ค่าช่องว่างวิกฤตจากการประมาณด้วยวิธีการของ Raff (วินาที)

จุดกลับรถ	1	2	3
ในชั่วโมงเร่งด่วน	4.72	3.31	3.24
นอกชั่วโมงเร่งด่วน	5.39	3.97	3.81
ความแตกต่างระหว่างช่วงเวลา (%)	14.19	19.94	17.59

ช่องว่างวิกฤตที่ได้จากการประมาณด้วยวิธีการของ Raff ดังตารางที่ 4 มีค่ากระจายตัวอยู่ในช่วงระหว่าง 3.24-5.39 วินาที และเมื่อพิจารณาจุดกลับรถที่ 3 ซึ่งเป็นจุดกลับรถแบบไม่มีช่องรอกลับรถไม่มีช่องทำความเร็ว พบว่าช่องว่างวิกฤตอยู่ในช่วง 3.24-3.81 วินาที ใกล้เคียงกับการศึกษาของ [12] ที่พบว่าช่องว่างวิกฤตของจุดกลับรถประเภทนี้มีค่าระหว่าง 3.40-5.63 วินาที

4.1.2 การประมาณช่องว่างวิกฤตด้วยวิธีการของ Greenshield

ตารางที่ 5 แสดงค่าช่องว่างวิกฤตในและนอกชั่วโมงเร่งด่วนของจุดกลับรถทั้ง 3 แห่ง ที่ประมาณได้จากวิธีการของ Greenshield พบว่าในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีปริมาณจราจรจำนวนมาก ค่าช่องว่างวิกฤตของผู้ขับรถยนต์ส่วนบุคคลในจุดกลับรถที่ 1 และ 3 มีค่าเท่ากันที่ 5.75 วินาที จุดกลับรถที่ 2 มีค่าน้อยที่สุดในบรรดาจุดกลับรถทั้ง 3 รูปแบบ เท่ากับ 4.75 วินาที ส่วนนอกชั่วโมงเร่งด่วนในจุดกลับรถที่ 1 มีค่าช่องว่างวิกฤตสูงสุดในบรรดาจุดกลับรถทั้ง 3 รูปแบบ เท่ากับ 6.75 วินาที จุดกลับรถที่ 2 และ 3 มีค่าเท่ากันที่ 5.25 วินาที ซึ่งเห็นได้ว่าจุดกลับรถที่ 1 และ 2 มีค่าช่องว่างวิกฤตในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนน้อยกว่านอกชั่วโมงเร่งด่วน ส่วนจุดกลับรถที่ 3 ในชั่วโมงเร่งด่วนมีค่าช่องว่างวิกฤตมากกว่านอกชั่วโมงเร่งด่วน

เมื่อพิจารณาความคงที่ในการประมาณค่าช่องว่างวิกฤตเมื่อปริมาณจราจรเปลี่ยนไป พบว่าผลการประมาณด้วยวิธีของ Greenshield ในพื้นที่ทั้ง 3 มีความแตกต่างระหว่างในและนอกชั่วโมงเร่งด่วนเท่ากับ ร้อยละ 17.39, 10.53 และ -8.07 ตามลำดับ (เฉลี่ยร้อยละ 12.20 เมื่อไม่พิจารณาเครื่องหมาย)

5 ค่าช่องว่างวิกฤตจากการประมาณด้วยวิธีการของ Greenshield (วินาที)

จุดกลับรถ	1	2	3
ในชั่วโมงเร่งด่วน	5.75	4.75	5.75
นอกชั่วโมงเร่งด่วน	6.75	5.25	5.25
ความแตกต่างระหว่างช่วงเวลา (%)	17.39	10.53	(8.70)

4.1.3 การประมาณช่องว่างวิกฤตด้วยวิธี Acceptance Curve

ตารางที่ 6 แสดงค่าช่องว่างวิกฤตในและนอกชั่วโมงเร่งด่วนของจุดกลับรถทั้ง 3 แห่ง ที่ประมาณได้จากวิธี Acceptance Curve พบว่าในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีปริมาณจราจรจำนวนมาก ค่าช่องว่างวิกฤตของผู้ขับรถยนต์ส่วนบุคคลในจุดกลับรถที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 9.30, 8.08 และ 6.75 วินาที ตามลำดับ ส่วนนอกชั่วโมงเร่งด่วนในจุดกลับรถที่ 1, 2 และ 3 มีค่าช่องว่างวิกฤตเท่ากับ 9.00, 8.81 และ 8.00 วินาที ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ว่าจุดกลับรถที่ 1 ในชั่วโมงเร่งด่วนมีค่าช่องว่างวิกฤตมากกว่านอกชั่วโมงเร่งด่วน ส่วนจุดกลับรถที่ 2 และ 3 มีค่าช่องว่างวิกฤตในชั่วโมงเร่งด่วนน้อยกว่านอกชั่วโมงเร่งด่วน นอกจากนี้จุดกลับรถที่ 3 มีค่าช่องว่างวิกฤตในและนอกชั่วโมงเร่งด่วนน้อยที่สุดในบรรดาจุดกลับรถทั้ง 3 รูปแบบ

เมื่อพิจารณาความคงที่ในการประมาณค่าช่องว่างวิกฤตเมื่อปริมาณจราจรเปลี่ยนไป พบว่าผลการประมาณด้วยวิธี Acceptance Curve ในพื้นที่ทั้ง 3 มีความแตกต่างระหว่างในและนอกชั่วโมงเร่งด่วนเท่ากับ ร้อยละ -3.23, 9.03 และ 18.52 ตามลำดับ (เฉลี่ยร้อยละ 10.26 เมื่อไม่พิจารณาเครื่องหมาย)

6 ค่าช่องว่างวิกฤตจากการประมาณด้วยวิธี Acceptance Curve (วินาที)

จุดกลับรถ	1	2	3
ในชั่วโมงเร่งด่วน	9.30	8.08	6.75
นอกชั่วโมงเร่งด่วน	9.00	8.81	8.00
ความแตกต่างระหว่างช่วงเวลา (%)	(3.23)	9.03	18.52

4.1.4 การประมาณช่องว่างวิกฤตด้วยวิธี Maximum Likelihood

ตารางที่ 7 แสดงค่าช่องว่างวิกฤตในและนอกชั่วโมงเร่งด่วนของจุดกลับรถทั้ง 3 แห่ง ที่ประมาณได้จากวิธี Maximum Likelihood พบว่าในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีปริมาณจราจรจำนวนมาก ค่าช่องว่างวิกฤตของผู้ขับรถยนต์ส่วนบุคคลในจุดกลับรถที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 5.71, 4.29 และ 4.60 วินาที ตามลำดับ ส่วนนอกชั่วโมงเร่งด่วนในจุดกลับรถที่ 1, 2 และ 3 มีค่าช่องว่างวิกฤตเท่ากับ 6.69, 4.49 และ 4.91 วินาที ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ว่าจุดกลับรถทั้ง 3 แห่ง มีค่าช่องว่างวิกฤตในชั่วโมงเร่งด่วนน้อยกว่านอกชั่วโมงเร่งด่วน นอกจากนี้จุดกลับรถที่ 2 มีค่าช่องว่างวิกฤตในและนอกชั่วโมงเร่งด่วนน้อยที่สุดในบรรดาจุดกลับรถทั้ง 3 รูปแบบ ตามด้วยจุดกลับรถที่ 3 และจุดกลับรถที่ 1 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาความคงที่ในการประมาณค่าช่องว่างวิกฤตเมื่อปริมาณจราจรเปลี่ยนไป พบว่าผลการประมาณด้วยวิธี Maximum Likelihood ในพื้นที่ทั้ง 3 มีความแตกต่างระหว่างในและนอกชั่วโมงเร่งด่วนเท่ากับ ร้อยละ 17.16, 4.66 และ 6.74 ตามลำดับ (เฉลี่ยร้อยละ 9.52) ซึ่งดีที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น ๆ ในการศึกษานี้

7 ค่าช่องว่างวิกฤตจากการประมาณด้วยวิธี Maximum Likelihood (วินาที)

จุดกลับรถ	1	2	3
ในชั่วโมงเร่งด่วน	5.71	4.29	4.60
นอกชั่วโมงเร่งด่วน	6.69	4.49	4.91
ความแตกต่างระหว่างช่วงเวลา (%)	17.16	4.66	6.74

4.2 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าช่องว่างวิกฤต

การเปรียบเทียบค่าช่องว่างวิกฤตของจุดกลับรถแบบไม่มีสัญญาณไฟจราจรที่เกาะกลางในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 3 แห่ง ของรถยนต์ส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง จากการประมาณด้วยวิธีการของ Raff วิธีการของ Greenshield วิธี Acceptance Curve และ วิธี Maximum Likelihood ในและนอกชั่วโมงเร่งด่วน แสดงดังตารางที่ 8 และ 9 ตามลำดับ

8 ค่าประมาณช่องว่างวิกฤตของแต่ละวิธีในชั่วโมงเร่งด่วน

จุดกลับรถ	ค่าช่องว่างวิกฤต (วินาที)			
	Raff	Greenshield	Acceptance Curve	Maximum Likelihood
1	4.72	5.75	9.30	5.71
2	3.31	4.75	8.08	4.29
3	3.24	5.75	6.75	4.60

9 ค่าช่องว่างวิกฤตของแต่ละวิธีนอกชั่วโมงเร่งด่วน

จุดกลับรถ	ค่าช่องว่างวิกฤต (วินาที)			
	[illegible]	Greenshield	Acceptance Curve	Maximum Likelihood
1	[illegible].39	6.75	9.00	6.69
2	[illegible]3.97	5.25	8.81	4.49
3	[illegible]3.81	5.25	8.00	4.91

รู แหโ

เปลี่ยนแปลงไป ผลการประมาณด้วยวิธีนี้มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงสูงสุดในบรรดาวิธีการทั้ง 4 ซึ่งแสดงถึงความไม่คงที่ในการประมาณ

วิธีการของ Greenshield ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบจำนวนช่องว่างที่ถูกยอมรับและปฏิเสธที่ช่องว่างขนาดต่าง ๆ อาจให้ผลการประมาณที่คลาดเคลื่อนในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีจำนวนน้อย เช่น เมื่อสุ่มตัวอย่างพบช่องว่างขนาด 4.00-4.50 วินาที มาเพียง 2 ตัวอย่าง และมีการยอมรับ 1 ตัวอย่าง ปฏิเสธ 1 ตัวอย่าง จะทำให้สรุปว่าค่าช่องว่างวิกฤตอยู่ในช่วงนี้ ซึ่งเท่ากับ 4.25 วินาที ดังนั้นหากจะพิจารณาใช้วิธีนี้ควรมีการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลานานพอสมควรเพื่อให้ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างจำนวนเพียงพอและน่าเชื่อถือ

วิธี Acceptance Curve เป็นวิธีที่สะดวก เข้าใจง่าย แต่ให้ค่าประมาณช่องว่างวิกฤตสูงที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น ๆ โดยค่าดังกล่าวอาจเป็นการประมาณที่เกินกว่าค่าช่องว่างวิกฤตจริง (Overestimated) ทั้งนี้เนื่องจากการประมาณช่องว่างวิกฤตด้วยวิธีนี้ พิจารณาจากค่าการยอมรับช่องว่างสะสมที่ตำแหน่งความน่าจะเป็นสะสม 0.5 แต่โดยทั่วไปค่าการยอมรับช่องว่างของการกลับรถแต่ละครั้งจะมากกว่าช่องว่างวิกฤต เช่น ผู้ขับขี่พบช่องว่าง จำนวน 5 ครั้ง จึงทำการกลับรถ ได้แก่ ช่องว่างขนาด 3.50, 4.02, 2.77, 3.89 และ 6.50 วินาที ในกรณีนี้ช่องว่างที่ยอมรับ คือ 6.50 วินาที แต่ผู้ขับขี่คนดังกล่าวอาจจะมีช่องว่างวิกฤตจริงเพียง 5.00 วินาที เพียงแต่ระหว่างรอกลับรถไม่พบช่องว่างดังกล่าว พบเพียงช่องว่างขนาดเล็กที่กลับรถไม่ได้ และช่องว่างขนาดใหญ่มาก ๆ

วิธี Maximum Likelihood Estimation เป็นวิธีที่มีการพิสูจน์และมีหลักการรองรับ ผลการประมาณช่องว่างวิกฤตด้วยวิธีนี้มีความคงที่ที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น ๆ ในการศึกษานี้ อย่างไรก็ตามวิธีนี้ค่อนข้างซับซ้อน และใช้งานยากกว่าวิธีอื่น ๆ ถึงแม้จะสามารถประยุกต์ใช้ Spreadsheet ในการประมาณได้ แต่ในหลาย ๆ กรณีจะพบว่าไม่สามารถหาคำตอบได้ (Not Convergence) หากตั้งค่าเริ่มต้นไม่เหมาะสม อย่างไรก็ตามสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้โดยการปรับค่าเริ่มต้นให้เหมาะสมกับแต่ละกรณี

5.

บทความนี้ทำการศึกษาการประมาณค่าช่องว่างวิกฤตของจุดกลับรถแบบไม่มีสัญญาณไฟจราจรที่เกาะกลางในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 3 แห่ง ซึ่งเป็นจุดกลับรถที่มีรูปแบบแตกต่างกัน และทำการเปรียบเทียบช่องว่างวิกฤตในการกลับรถของรถยนต์ส่วนบุคคล ไม่เกิน 7 ที่นั่ง จากการประมาณด้วยวิธีการต่าง ๆ

ผลการศึกษาพบว่าช่องว่างวิกฤตจากการประมาณด้วยวิธีการของ Raff, Greenshield, Acceptance Curve Method และ วิธี Maximum Likelihood ที่จุดกลับรถทั้ง 3 แห่ง ทั้งในและนอกชั่วโมงเร่งด่วน มีค่าระหว่าง 3.24-5.39, 4.75-6.75, 6.75-9.30 และ 4.29-6.69 วินาที ตามลำดับ โดยผลการประมาณช่องว่างวิกฤตจากทุกวิธีมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณจราจรสูงขึ้น นอกจากนี้พบว่ารูปแบบของจุดกลับรถที่แตกต่างกันมีผลต่อขนาดของช่องว่างวิกฤตในการกลับรถ

หากพิจารณาจากความคงที่ (Consistency) ในการประมาณช่องว่างวิกฤตเมื่อปริมาณจราจรเปลี่ยนแปลงไป พบว่าวิธี Maximum Likelihood มีความเหมาะสมในการประมาณช่องว่างวิกฤตเนื่องจากมีความคงที่สูงที่สุด ในขณะที่วิธีการของ Raff ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมและใช้กันอย่างแพร่หลายมีความคงที่ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ นอกจากนี้ ในส่วนท้ายของบทความผู้เขียนได้ให้รายละเอียดข้อดี ข้อด้อย ข้อจำกัด และแนวทางการแก้ปัญหาเบื้องต้น ของการประมาณช่องว่างวิกฤตด้วยวิธีต่าง ๆ เพื่อให้สามารถเข้าใจและเลือกใช้ให้เหมาะสมได้ต่อไป

เพื่อให้มีข้อมูลและความเข้าใจเกี่ยวกับการยอมรับช่องว่าง รวมทั้งช่องว่างวิกฤตในการกลับรถมากยิ่งขึ้น ข้อแนะนำสำหรับการศึกษาต่อไปในอนาคต คือ ควรมีการเพิ่มพื้นที่ศึกษาให้มากยิ่งขึ้นทั้งในรูปแบบที่มีลักษณะคล้ายกับการศึกษานี้เพื่อตรวจสอบลักษณะการกระจายตัวของช่องว่างที่เกิดขึ้นรวมทั้งค่าช่องว่างวิกฤตว่าสอดคล้องกับการผลศึกษาครั้งนี้หรือไม่ ควรมีการพิจารณาประเภทของจุดกลับรถให้ครอบคลุม มีการศึกษาที่บริเวณทางแยก ศึกษาช่องว่างวิกฤตของยานพาหนะประเภทต่าง ๆ และครอบคลุมสภาพจราจรที่หลากหลาย รวมทั้งมีการเก็บข้อมูลความเร็วของยานพาหนะทิศทางตรงประกอบด้วยเนื่องจากอาจมีผลต่อการตัดสินใจกลับรถของยานพาหนะที่รอกลับรถ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถสะท้อนพฤติกรรมต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้น อันจะส่งผลให้สามารถเข้าใจพฤติกรรมการกลับรถและนำไปปรับปรุงออกแบบจุดกลับรถให้มีประสิทธิภาพและความปลอดภัยสูงสุดได้ต่อไป

[1] สำนักอำนวยความปลอดภัย (2554-2561). *อุบัติเหตุจราจรบนทางหลวงแผ่นดิน*. กรมทางหลวง, กระทรวงคมนาคม.

[2] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2559). *การจัดระบบการจราจร*. โครงการจัดทำแผนพัฒนามาตรฐานด้านการจัดระบบจราจรในเมืองภูมิภาค, สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร.

[3] *Highway Capacity Manual (HCM) edition 2010*. (2010) Transportation Research Board, Washington DC.

[4] Weinert, A. (2001). Estimation of critical gaps and follow-up times at rural un-signalized intersections. In: Transportation research circular E-C0 1 8 : the *4 th international symposium on highway capacity*, pp. 409–421.

[5] Tian, Z. Z., Troutbeck, R., Kyte, M., Brilon, W., Vandehey, M., Kittelson, W., and Bruce, B. (2 0 0 1). A further investigation on critical gap and follow-up time. In: Transportation research circular E-C0 1 8 : *the 4 th international symposium on highway capacity*, pp. 397–408.

[6] Raff, M. S. and Hart, J. W. (1950). *A Volume warrant for stop signs*. Eno Foundation for Highway Traffic Control, Saugatuck, Connecticut.

[7] Miller, A. J. (1971). Nine estimators of gap-acceptance parameters. *Publication of: Traffic Flow and Transportation.*

[8] Troutbeck, R. J. (1992). *Estimating the critical acceptance gap from traffic movements*, physical infrastructure centre research report 92-5. Queensland University of Technology, Brisbane.

[9] Brilon, W., Troutbeck, R. J., Koenig, R. (1997). Useful estimation procedures for critical gaps. *the 3rd international symposium on intersections without traffic signals*, Portland, pp. 1–34.

[10] Yang. X. K., Zhou, H. G., and Castillo, N. (2001) The gap acceptance study of U-turn at median openings. *Annual Meeting of Institute of Transportation Engineers*, Chicago, pp. 1–18.

[11] วิลาสินี เป้าน้อย (2554). *พฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะ บริเวณทางแยกในพื้นที่เขตเทศบาลนคร นครราชสีมา*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง, สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[12] สิริศักดิ์ ยิ้มย่อง และ ณรงค์ กุหลาบ (2563). การศึกษาความจุที่เป็นไปได้ของจุดกลับรถเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัย : กรณีศึกษาจุดกลับรถหน้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตศาลายา. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 25*, วันที่ 15-17 กรกฎาคม, จ.ชลบุรี.

[13] รณฤกษ์ รองในเมือง และ บุญญฤทธิ์ ฤทธิ์เดช (2560). *การศึกษาการยอมรับช่องว่างวิกฤตสำหรับจุดกลับรถในเขตชุมชน*. ปริญญานิพนธ์ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

[14] Kumar A. V., Sasikuma, S. (2020). Estimation of Critical Gap at Mid-Block Median Openings. *Int. J. Traffic Transp. Eng.*, 10(4): e5.

[15] Wu, N. (2006). A new model for estimating critical gap and its distribution at unsignalized intersections based on the equilibrium of probabilities. *the 5th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service*, Yokohama, Japan, July 25 - 29.

[16] Greenshield, B. D., Schapiro, D. and Ericksen, E. L. (1947). *Traffic Performance at Urban Intersections*. Technical Report No. 1. Yale Bureau of Highway Traffic Engineering, Eno Foundation for Highway Traffic Control, Westport, Conn.

[17] Gattis, J. L. and Low, S. T. (1999). Gap acceptance at typical stop-controlled intersection. *Journal of Transportation Engineering*, 125(3), pp. 201-207.

[18] Mazaheri, A., Akbarzadeh, A., Rahimi, A. M., and Akbarzadeh, M. (2020). Estimation of critical gap of U-turns at uncontrolled median openings considering Iran's driver behavior, *Transportation Letters*. DOI: 10.1080/19427867.2020.1805680.

[19] Troutbeck R. J. (2014). Estimating the Mean Critical Gap. *Transportation Research Record*. 2461(1), pp. 76-84.