



การศึกษาการยอมรับช่องว่างของคนเดินเท้าที่ทางข้าม บริเวณช่วงถนนที่มีลักษณะเลียวย้ายผ่านตลอด: กรณีศึกษาแยกบางรัก จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ชนชนะ นະเสื่อ¹, เอกชัย ศิริกิจพาณิชย์กุล², และเหมือนมาศ วิเชียรสินธุ์³

Received: April 26, 2025

Revised: July 31, 2025

Accepted: August 7, 2025

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มุ่งเน้นไปที่การศึกษาพฤติกรรมการยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) และปฏิเสธ (Gap Reject) ขณะข้ามถนนบริเวณที่มีช่องเลียวย้ายผ่านตลอด และการประเมินโอกาสที่ผู้ข้ามสามารถข้ามถนนได้ปลอดภัย งานวิจัยนี้จึงใช้การสำรวจภาคสนามในการเก็บข้อมูล นำมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการใช้สถิติทดสอบแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (Nonparametric Statistic) เพื่อประเมินปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจของผู้เดินเท้าในการยอมรับ-ปฏิเสธช่องว่างระหว่างเพศ และทิศทางของการข้ามถนนของผู้ข้าม จากนั้นวิเคราะห์หาค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical Gap) เพื่อดูความแตกต่างของขนาดช่องว่างของการยอมรับ-ปฏิเสธ ระหว่างเพศและทิศทางของการข้าม และคำนวณการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution) เพื่อประมาณโอกาสที่ช่องว่างจะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่า t หรือค่าช่องว่างวิกฤติ จากปริมาณจราจรในขณะนั้น แล้วคำนวณหาจำนวนช่องว่างที่ผู้ข้ามสามารถข้ามได้ แล้วเปรียบเทียบกับปริมาณคนข้ามถนนในช่วงเวลาที่คำนวณนั้น เพื่อประเมินโอกาสที่ผู้ข้ามสามารถข้ามถนนได้อย่างปลอดภัย ผลการศึกษาพบว่าในช่วงเวลาของทิศทางการข้ามมีช่องว่างไม่เพียงพอสำหรับการข้าม ซึ่งส่งผลกระทบต่อด้านความปลอดภัยของผู้ข้ามถนนที่อาจต้องเสี่ยงในการตัดสินใจข้ามถนนแบบไม่ปลอดภัย ซึ่งจากการค้นพบดังกล่าวผู้วิจัยเสนอแนะว่าควรติดตั้งสัญญาณไฟสำหรับผู้ข้ามถนนเพื่อให้ผู้ข้ามถนนสามารถข้ามถนนได้อย่างปลอดภัย โดยมีการเปิดใช้สัญญาณไฟสำหรับผู้ข้ามถนนเฉพาะช่วงเวลาที่มียุทธยานคนข้ามมากกว่าจำนวนช่องว่างที่สามารถข้ามได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้อาจเป็นแนวทางสำหรับการประเมินการติดตั้งหรือการใช้สัญญาณไฟคนข้ามถนนในเบื้องต้นได้

คำสำคัญ: คนเดินเท้า / การยอมรับช่องว่าง / เลียวย้ายผ่านตลอด / การข้ามถนน / ความปลอดภัย

*ผู้รับผิดชอบบทความ: เอกชัย ศิริกิจพาณิชย์กุล ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เลขที่ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900 E-mail: fengacs@ku.ac.th

¹ นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

² รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

³ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์





A Research Study on Pedestrian Gap Acceptance at Crosswalks Situated in Areas with Dedicated Free Left Turn Lanes: Case Study of Bang Rak Intersection Bangkok Province

Chonchana Nasuea¹, Ackchai Sirikijpanichkul^{2*}, and Muanmas Wichiensin³

Abstract

This study investigates pedestrian behavior regarding gap acceptance and rejection at crossings with continuous left-turn lanes, aiming to assess the probability of safe pedestrian crossing. Field observations were conducted, and data were analyzed using non-parametric statistics to identify factors influencing pedestrian decisions, focusing on gender and crossing direction. The critical gap was calculated to compare accepted and rejected time gaps across different groups. An exponential distribution was applied to estimate the likelihood that a time gap would meet or exceed a given threshold, considering real-time traffic volume. This was used to determine the number of usable gaps per hour, which was then compared to pedestrian volume to evaluate crossing safety. Results showed that during certain times and crossing directions, there were insufficient gaps, increasing the risk of unsafe crossings. To address this, the study recommends installing pedestrian signals, activated during periods when pedestrian demand exceeds the number of usable gaps. These findings may guide preliminary decisions on implementing pedestrian signals to enhance safety at such crossings.

Keywords: Pedestrian / Gap Acceptance / Free Left-Turn Lanes / Crossing Roads / Safety

* *Corresponding Author:* Ackchai Sirikijpanichkul, Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Road, Lat Yao Subdistrict, Chatuchak District, Bangkok, 10900, E-mail: fengacs@ku.ac.th

¹ Master of Engineering (Safety Engineering) student, Faculty of Engineering, Kasetsart University

² Associate Professor, Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University

³ Associate Professor, Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University





1. บทนำ

การยอมรับ-ปฏิเสธช่องว่างของคนเดินเท้าเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญในการออกแบบทางข้ามถนนที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพสำหรับผู้ข้ามถนน ซึ่งหากศึกษาพฤติกรรมในการยอมรับ-ปฏิเสธช่องว่างของผู้ข้ามถนนในบริเวณทางข้ามที่มีการเลียวย้ายผ่านตลอดรวมกับการวิเคราะห์ทางหลักสถิติและทางคณิตศาสตร์อื่นๆ ก็จะสามารถทำให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นและสามารถพัฒนาแนวทางการออกแบบทางข้ามที่มีความปลอดภัยมากขึ้น รวมทั้งเป็นการเพิ่มความสะดวกรสบาย และความมั่นใจให้กับผู้เดินเท้าได้ (Golakiya & Dhamaniya, 2018)

ในปัจจุบันประเทศไทยมีสถิติการเกิดอุบัติเหตุคนเดินเท้าเฉลี่ยในช่วง 5 ปี (พ.ศ. 2562-2566) จำนวน 2,713 ราย (สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, 2567) โดยพบว่าในปี 2566 เกิดอุบัติเหตุในลักษณะชนคนเดินเท้า 181 ครั้ง และเสียชีวิต 127 ราย โดย 113 รายเสียชีวิต ณ จุดเกิดเหตุ (สำนักอำนวยการความปลอดภัย, 2567) โดยเฉพาะในพื้นที่ของเมืองหลวงอย่างกรุงเทพมหานครที่เป็นเมืองขนาดใหญ่และมีการเติบโตอย่างรวดเร็ว การเดินทางโดยใช้การขนส่งสาธารณะเพิ่มมากขึ้น นั้นก็หมายถึงผู้คนเดินเท้าเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ซึ่งผู้เดินเท้าเป็นกลุ่มที่มีความสำคัญเฉพาะเจาะจงในเรื่องของการใช้ทางเดินเท้า โดยเฉพาะการข้ามถนนที่เป็นส่วนสำคัญของการเดินทาง เมื่อทางข้ามถนนและทางแยกที่มีการเลียวย้ายผ่านตลอดอยู่บริเวณใกล้เคียงสภาพแวดล้อมลักษณะดังกล่าวอาจเป็นปัจจัยที่ทำให้ผู้เดินเท้าต้องมีการตัดสินใจที่จะยอมรับช่องว่างในการข้ามถนนและปรับตัวเพื่อข้ามถนนให้ปลอดภัยมากยิ่งขึ้น (มูลนิธิสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย, 2567)

ในขณะที่เรื่องของความปลอดภัยและความสะดวกรสบายของผู้เดินเท้าเป็นสิ่งสำคัญ เรื่องของการยอมรับช่องว่างเมื่อต้องข้ามถนนในบริเวณที่มีการเลียวย้ายผ่านตลอดก็ไม่ควรถูกละเลย เนื่องจากส่งผลต่อความปลอดภัยและความสะดวกรสบายของผู้เดินเท้า การเข้าใจปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้เดินเท้าเมื่อเข้าถึงช่องว่างในการข้ามถนน เช่น ความเร็วในการเดินข้ามของผู้ข้ามถนน ความกว้างของทางข้ามถนน เพศ ช่วงวัย และปัจจัยอื่นๆ จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะนำเข้ามาในการวางแผนและออกแบบทางข้ามถนนให้เหมาะสมและปลอดภัยสำหรับผู้เดินเท้า (Carsten et al., 1998)

ในประเทศฝรั่งเศสถือว่าการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนเป็นภาระหน้าที่ที่ทุกคนต้องรับผิดชอบร่วมกัน ตั้งแต่ผู้ใช้งาน ผู้ออกแบบนโยบาย และผู้ออกแบบถนน ซึ่งพบเห็นไม่บ่อยที่จะมีการตำหนิคนเดินเท้าเมื่อเกิดอุบัติเหตุกับคนเดินเท้า และรัฐบาลคือผู้รับผิดชอบหลักต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนน โดยพบว่ากฎหมายและการลงโทษเกี่ยวกับการใช้ความเร็วที่บังคับใช้อย่างเข้มข้น พร้อมกับบทลงโทษที่ชัดเจนร่วมกับระบบตัดคะแนนที่มีประสิทธิภาพสามารถเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการขับขี่ได้ และเพิ่มความปลอดภัยทางถนนได้ ซึ่งในปี 2001-2005 คดีขับขี่เร็วเกินกฎหมายกำหนดลดลง 30% และมีแนวโน้มเดียวกันกับการเสียชีวิตของคนเดินเท้าที่ลดลงร้อยละ 22.7 ในช่วงเวลาเดียวกัน (Kim, 2015)

การบังคับใช้กฎหมายรวมกับการวิเคราะห์พฤติกรรมยอมรับช่องว่างของคนเดินเท้าเมื่อต้องข้ามถนนในบริเวณที่มีการเลียวย้ายผ่านตลอดเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้มีการปรับปรุงการออกแบบการวางแผน และการพัฒนาสำหรับทางเท้าและถนนให้เหมาะสมและปลอดภัยสำหรับผู้เดินเท้า การศึกษาด้าน





พฤติกรรมของการใช้รถยนต์บนถนนของผู้เดินทาง โดยมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยของสภาพถนนและพฤติกรรมของผู้ขับขี่บนถนน และความสัมพันธ์ระหว่างรถยนต์ แต่ละคันในการจราจร (สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์, 2551) โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษานี้อาจมีผลประโยชน์ต่อการปรับปรุงทางเท้าและถนนให้เป็นพื้นที่ที่ปลอดภัยและสะดวกสบายในการข้ามถนนสำหรับผู้เดินเท้าในอนาคต (วีรพงศ์ บุญเจริญปัญญา และ จำรัส พิทักษ์ศฤงคาร, 2567)

ดังนั้นการศึกษาเชิงพฤติกรรมและการวิเคราะห์จากข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับช่องว่างของคนเดินเท้าเมื่อต้องข้ามถนนที่มีการเลียวย้ายผ่านตลอด จึงเป็นที่สำคัญต่อการพัฒนาสภาพแวดล้อมทางถนนที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานของผู้เดินเท้า เมื่อสามารถทราบและเข้าใจถึงพฤติกรรมดังกล่าวจะช่วยให้เราปรับปรุงแนวทางการออกแบบและการวางแผนทางข้ามและถนนให้เหมาะสมและปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อศึกษาพฤติกรรมของยานพาหนะและผู้ใช้ทางข้ามถนน
- 2.2 เพื่อเปรียบเทียบขนาดช่องว่างที่ยอมรับและปฏิเสธกับทิศทางของการข้ามถนน
- 2.3 เพื่อประเมินโอกาสที่ผู้ข้ามถนนสามารถข้ามถนนได้อย่างปลอดภัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานศึกษาสำรวจและเก็บข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

3.1 การศึกษาข้อมูล เอกสาร และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย ทฤษฎีที่เกี่ยวกับวิศวกรรมจราจร ทฤษฎีที่เกี่ยวกับความปลอดภัยในด้านวิศวกรรมจราจร ลักษณะของผู้ใช้ทาง ยานพาหนะ และการจราจร การสำรวจข้อมูลจราจรและประเมินความสามารถของการเดิน คุณลักษณะและปัจจัยที่ส่งผลต่อการเดิน

3.2 การสร้างแบบฟอร์ม สำหรับการเก็บข้อมูลจำนวนการข้ามถนน และปริมาณจราจร

3.3 การสำรวจพื้นที่สำหรับการเก็บข้อมูล โดยมีปัจจัยดังต่อไปนี้

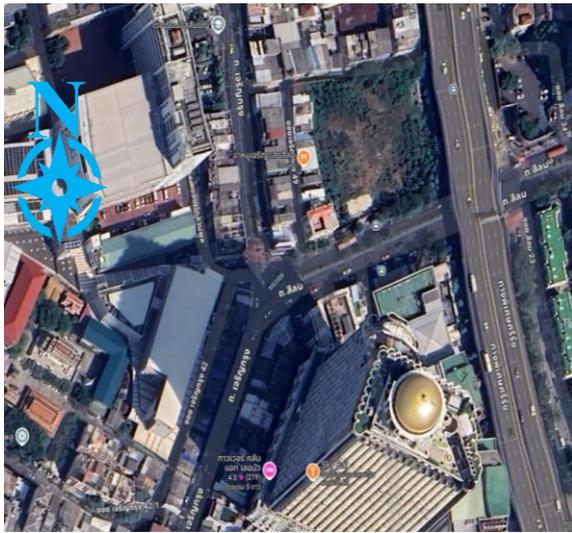
3.3.1 บริเวณที่ทำการเก็บข้อมูลและศึกษานั้นตั้งอยู่ที่แยกบางรัก เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นจุดตัดระหว่างถนนเจริญกรุง และถนนสีลม พื้นที่โดยรอบของแยกบางรักประกอบด้วยโรงพยาบาล โรงเรียน โรงแรม ห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่ และร้านอาหารกับร้านค้าอีกมากมาย ดังนั้นจึงทำให้แยกบางรักมีจำนวนของผู้เดินเท้า และปริมาณการจราจรมาก ทั้งจากนักเรียนและผู้ปกครองผู้มาใช้บริการโรงพยาบาล ห้างสรรพสินค้า นักท่องเที่ยว เป็นต้น

3.3.2 ทิศทางการจราจรที่ทำการศึกษา ประกอบไปด้วยทิศทาง ดังนี้

- 1) ถนนเจริญกรุงมุ่งหน้าสู่ถนนสีพระยา จำนวน 4 ช่องทางการจราจร (C-1, C-2)
- 2) ถนนเจริญกรุงมุ่งหน้าสู่แยกเฉลิมพันธ์ จำนวน 4 ช่องทางการจราจร (B-1, B-2)
- 3) ถนนสีลม จำนวน 7 ช่องทางการจราจร (A-1, A-2)

โดยสามารถแสดงพื้นที่ศึกษาได้ดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2





ภาพที่ 1 สภาพแวดล้อมโดยรอบของแยกบางรัก



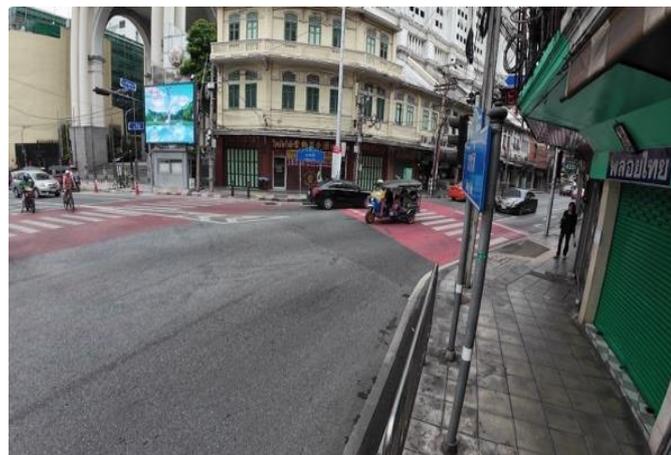
ภาพที่ 2 แผนภาพแสดงลักษณะแยกและช่องจราจร

ที่มา: <https://maps.app.goo.gl/1D9r3Q8GdH4eG56D8>

3.4 ติดตั้งกล้องบันทึกวิดีโอ บริเวณที่สามารถเห็นพฤติกรรมรถข้ามถนน และการจราจรได้อย่างชัดเจน ดังตัวอย่างแสดงในภาพที่ 3 ผู้วิจัยเก็บข้อมูลในวันอังคาร พุธ และพฤหัสบดี โดยติดตั้งกล้องบันทึกวิดีโอ ชนิดกล้องแอดซันแคม ถ่ายวิดีโอความละเอียดสูงสุดที่ 4K/120fps ติดตั้งกล้องให้สูงจากพื้น 3 เมตร และตั้งมุมกล้องให้มองเห็นบริเวณทางข้ามที่ทำการเก็บข้อมูล ดังภาพที่ 3 (ข) เพื่อบันทึกพฤติกรรมรถใช้ทางข้าม ตั้งแต่เวลา 10.00 – 12.00 น.



(ก)



(ข)

ภาพที่ 3 (ก) ลักษณะการติดตั้งกล้องเพื่อเก็บข้อมูล
(ข) มุมมองที่ได้จากกล้องบันทึกวิดีโอ





3.5 ตรวจสอบกล้องบันทึกวิดีโอ อยู่เสมอเพื่อบันทึกวิดีโอได้อย่างต่อเนื่องไม่มีข้อมูลขาดหาย

3.6 ย้อนดูวิดีโอและบันทึกข้อมูล โดยใช้โปรแกรม VLC media player เพื่อดูวิดีโอ และบันทึกข้อมูลปริมาณยานพาหนะโดยแยกประเภทยานพาหนะเป็น 2, 3, 4 และมากกว่า 4 ล้อ ความกว้างของช่องว่างที่ถูกยอมรับและปฏิเสธ (วินาที) และปริมาณผู้ข้ามถนนโดยแยกข้อมูลเพศ (คน) ทิศทางการข้าม (Near side และ Far side) และความเร็วในการข้าม (เมตร/วินาที) ลงแบบฟอร์ม

3.7 วิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาโอกาสที่มีจำนวนช่องว่างที่มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับขนาดของช่องว่างวิกฤติ แล้วเปรียบเทียบกับปริมาณผู้ข้ามถนนแต่ละทิศทางและในแต่ละชั่วโมง

3.7.1 ลักษณะทั่วไปของคนข้ามถนน วิเคราะห์ข้อมูลจากการสังเกตวิดีโอที่บันทึกและบันทึกแยกข้อมูล ได้แก่ เพศ (ชาย และหญิง) ประเภทการข้าม (แบบเดี่ยว และแบบกลุ่ม) นำข้อมูลที่ได้อาคำร้อยละของข้อมูลแต่ละลักษณะทั่วไปของคนข้ามถนน

3.7.2 ประเภทของยานพาหนะ วิเคราะห์ข้อมูลจากการสังเกตวิดีโอที่บันทึกและบันทึกแยกข้อมูลตามประเภทยานพาหนะ ได้แก่ ยานพาหนะ 2, 3, 4 และมากกว่า 4 ล้อ นำข้อมูลที่ได้อาคำร้อยละของยานพาหนะแต่ละประเภท

3.7.3 ความเร็วในการข้ามถนน วิเคราะห์หาความเร็วของผู้ข้ามจากการสังเกตวิดีโอที่บันทึกและใช้นาฬิกาจับเวลาเพื่อสังเกตระยะเวลาของผู้ข้าม โดยเริ่มจับเวลาเมื่อผู้ข้ามก้าวเท้าลงบนทางข้าม และยุติการจับเวลาเมื่อผู้ข้ามก้าวเท้าพ้นจากทางข้าม โดยบันทึกข้อมูลระยะเวลาแบ่งตามลักษณะเพศ

3.7.4 เปรียบเทียบขนาดช่องว่าง โดยเปรียบเทียบขนาดของช่องว่างที่ถูกยอมรับและปฏิเสธกับเพศ และทิศทางการข้ามถนน โดยใช้สถิติทดสอบแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (Nonparametric Statistic) การทดสอบเกี่ยวกับความน่าจะเป็นของฟิชเชอร์ (Fisher exact test) ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 โดยตั้งสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : การยอมรับ-ปฏิเสธช่องว่างของผู้ข้ามทั้ง 2 ทิศทางการข้าม ไม่แตกต่างกัน

H_1 : การยอมรับ-ปฏิเสธช่องว่างของผู้ข้ามทั้ง 2 ทิศทางการข้าม แตกต่างกัน

3.7.5 ปริมาณการจราจรย่อยรายชั่วโมง วิเคราะห์จากการนับปริมาณยานพาหนะในแต่ละทิศทางการจราจรที่ทำการศึกษา และแบ่งช่วงเวลาย่อยในการบันทึกข้อมูลทุก 15 นาที โดยวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการจราจรรายชั่วโมง (Hourly volume) กับอัตราการไหลสูงสุด (Maximum rate of flow) สามารถนิยามเป็นค่าสัดส่วนชั่วโมงสูงสุด (Peak-Hour Factor หรือ PHF) ได้จากสูตรดังนี้

$$PHF = \frac{V}{4 \times V_{max15}}$$





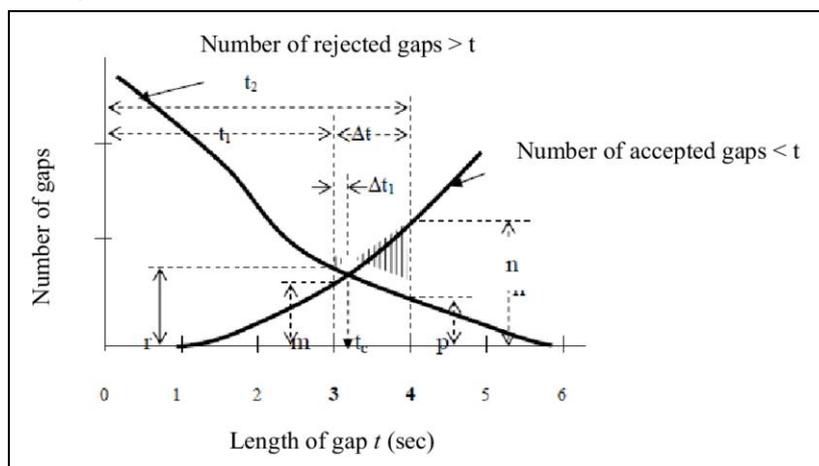
- โดยที่ V คือ ปริมาณการจราจรรายชั่วโมง (คัน)
- V_{max15} คือ ปริมาณการจราจรในช่วงเวลา 15 นาทีสูงสุด (คัน)
- PHF คือ ค่าสัดส่วนชั่วโมงสูงสุด

นอกจากนี้ก็จะสามารถนำมาคาดการณ์อัตราการไหลสูงสุดได้จากสูตรดังนี้

$$v = \frac{V}{PHF}$$

- โดยที่ v คือ อัตราการไหลสูงสุดในชั่วโมงที่พิจารณา (คันต่อชั่วโมง)
- V คือ ปริมาณการจราจรรายชั่วโมง (คันต่อชั่วโมง)
- PHF คือ ค่าสัดส่วนชั่วโมงสูงสุด

3.7.6 การวิเคราะห์หาช่องว่างวิกฤติ (Critical Gap) ช่องว่างวิกฤติ (Critical Gap) คือ ขนาดของช่องว่าง (lag) ที่จำนวนช่องว่างที่ถูกรยอมรับ (Accepted gap) ซึ่งสั้นกว่าช่องว่างนั้นเท่ากับจำนวนช่องว่างที่ถูกปฏิเสธ (Rejected gap) ซึ่งยาวกว่าช่องว่างวิกฤติ (Critical Gap) (Raff & Hart, 1950) สามารถหาได้จากวิธีการคำนวณโดยวิธีกราฟิกและการพล็อตกราฟ ดังภาพที่ 4 จากนั้นคำนวณจุดตัดกราฟโดยการคำนวณผ่านโปรแกรม Microsoft excel ด้วยวิธีการคำนวณหาค่าความชันถดถอยเชิงเส้น (ฟังก์ชัน SLOPE) และคำนวณจุดที่เส้นจะตัดกันบนแกน y โดยใช้ค่า x และค่า y ที่มีอยู่ จุดตัดแกนจะยึดตามเส้นถดถอยที่เหมาะสมที่สุดที่ลงจุดผ่านค่า x ที่รู้จักและค่า y ที่ทราบ (ฟังก์ชัน INTERCEPT) แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลจากทิศทางการข้ามทั้ง 2 ฝั่ง (Near side และ Far side) การหาขนาดช่องว่างวิกฤติเป็นการเตรียมข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการประเมินโอกาสที่ผู้ข้ามสามารถข้ามถนนได้อย่างปลอดภัยต่อไป



ภาพที่ 4 กราฟแสดงการกระจายตัวที่เหมาะสมของการยอมรับและการปฏิเสธช่องว่างในการหาช่องว่างวิกฤติ
ที่มา: Raff and Hart, 1950, p. 31





3.7.6 ประเมินโอกาสที่ผู้ข้ามสามารถข้ามถนนได้อย่างปลอดภัย เป็นการประเมินโอกาสที่ผู้ข้ามสามารถข้ามถนนได้อย่างปลอดภัย โดยใช้คำนวณการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution) เพื่อใช้ประมาณโอกาสที่ช่องว่างจะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่า t หรือค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical Gap) ซึ่งคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$P(h \geq t) = e^{-qt/3600}$$

โดยที่ $P(h \geq t)$ คือ โอกาสที่มีจำนวนช่องว่างที่มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับขนาดของช่องว่างวิกฤติ
 e คือ ฐานของลอการิทึมมีค่าประมาณ 2.71828
 q คือ ปริมาณจราจรใน 1 ชั่วโมง
 t คือ ขนาดช่องว่างวิกฤติ

และคำนวณหาจำนวนช่องว่างที่ผู้ข้ามสามารถข้ามได้ในชั่วโมงนั้นๆ แล้วเปรียบเทียบกับจำนวนคนที่ข้ามถนนในชั่วโมงที่คำนวณนั้นว่าเพียงพอกับจำนวนคนข้ามหรือไม่ หากมีจำนวนช่องว่างไม่เพียงพอกับจำนวนคนข้ามแสดงว่าต้องมีผู้ข้ามถนนบางส่วนต้องข้ามถนนด้วยการเสี่ยงอันตราย ซึ่งคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$Frequency = (q - 1)(e^{-qt/3600})$$

4. ผลการวิจัย

4.1 ศึกษาพฤติกรรมของยานพาหนะและผู้ใช้ทางข้ามถนน

4.1.1 ประเภทของยานพาหนะที่สัญจรผ่านพื้นที่ที่ทำการศึกษาแยกบางรัก กรุงเทพมหานคร พบว่าส่วนใหญ่เป็นยานพาหนะ 4 ล้อจำนวน 9,725 คัน (ร้อยละ 62.33) รองลงมาเป็นยานพาหนะ 2 ล้อจำนวน 5,473 (ร้อยละ 35.08) ที่พบในพื้นที่ที่ทำการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 1

4.1.2 ผู้ใช้ทางข้ามถนนบริเวณแยกบางรัก กรุงเทพมหานคร พบว่าส่วนใหญ่เป็นเพศชายจำนวน 522 คน (ร้อยละ 51.18) และมีลักษณะการข้ามถนนแบบเดี่ยว จำนวน 552 คน (ร้อยละ 54.11) ดังแสดงในตารางที่ 2

4.1.3 ความเร็วในการข้ามถนนของผู้ใช้ทางข้าม จากการสำรวจปริมาณผู้ข้ามถนนทั้งหมด 1,020 คน พบว่ามีตัวอย่างที่ไม่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ได้ เนื่องจากตัวอย่างดังกล่าวมีการข้ามถนนในขณะที่มีการจราจรติดขัดจนกีดขวางทางข้ามถนน ผู้วิจัยจึงได้ทำการตัดข้อมูลออกเพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของผู้ข้ามในสภาวะปกติและสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ต่อได้ โดยผู้ข้ามที่มีเพศต่างกัน จะมีความเร็วในการใช้ทางข้ามแตกต่างกัน โดยเพศชายมีความเร็วเฉลี่ยในการข้ามมากกว่าเพศหญิงที่ 1.35 เมตร/วินาที และ 1.09 เมตร/วินาที ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3





ตารางที่ 1 ประเภทและจำนวนร้อยละของยานพาหนะ

ประเภทยานพาหนะ	ปริมาณ (คัน)	ร้อยละ
ยานพาหนะ 2 ล้อ	5,473	35.08
ยานพาหนะ 3 ล้อ	320	2.05
ยานพาหนะ 4 ล้อ	9,725	62.33
ยานพาหนะมากกว่า 4 ล้อ	85	0.54
รวม	15,603	100

ตารางที่ 2 ลักษณะทั่วไปของคนข้ามถนน

ลักษณะ		จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	522	51.18
	หญิง	498	48.42
ประเภทการข้าม	แบบเดี่ยว	552	54.11
	แบบกลุ่ม	468	45.88

ตารางที่ 3 ความเร็วในการข้ามของผู้ข้ามถนนแต่ละเพศ

เพศ	จำนวนผู้ข้าม (คน)	ความยาวทางข้าม (เมตร)	เวลาเฉลี่ยที่ผู้ข้ามใช้ (วินาที)	ความเร็วเฉลี่ยในการข้ามถนน (เมตร/วินาที)	15 TH Percentile	85 TH Percentile
ชาย	27	12	8.91	1.35	7.39	10.52
หญิง	30	12	10.98	1.09	8.80	12.90

4.2 เปรียบเทียบขนาดช่องว่างที่ยอมรับและปฏิเสธกับทิศทางของการข้ามถนน

4.2.1 การเปรียบเทียบขนาดช่องว่างที่ถูกรับรองและที่ถูกรับปฏิเสธของเพศกับทิศทางของการข้ามถนนของผู้ใช้ทางข้ามถนน พบว่าค่า P ของการยอมรับช่องว่างของเพศชายและเพศหญิงมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 กล่าวคือ การยอมรับช่องว่างของผู้ข้ามทั้ง 2 ทิศทางการข้ามไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4 และค่า P ของการปฏิเสธช่องว่างของเพศชายมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 กล่าวคือ การปฏิเสธช่องว่างของผู้ข้ามทั้ง 2 ทิศทางการข้ามของเพศชาย ไม่แตกต่างกัน แต่ค่า P ของการปฏิเสธช่องว่างของเพศหญิงต่ำกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 กล่าวคือ การปฏิเสธช่องว่างของผู้ข้ามทั้ง 2 ทิศทางการข้ามของเพศหญิง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 5





ตารางที่ 4 เปรียบเทียบช่องว่างที่ถูกยอมรับกับเพศ และทิศทางการข้าม

เพศ	จำนวนผู้ข้าม (คน)	ทิศทางการข้าม	ขนาดช่องว่างที่ถูกยอมรับ (วินาที)				Variance	df	F	P(F<=f) one-tail	สมมติฐานทางสถิติ
			Mean	Minimum	Maximum	Median					
ชาย	17	Near side	6.47	4.21	9.22	6.59	1.41	16	1.39	0.27	ยอมรับ H_0
	10	Far side	4.53	2.79	6.81	4.24	1.95	9			
หญิง	16	Near side	6.37	3.02	8.53	6.55	4.44	15	0.81	0.35	ยอมรับ H_0
	14	Far side	5.03	2.74	7.47	5.26	3.59	13			

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบช่องว่างที่ถูกปฏิเสธกับเพศ และทิศทางการข้าม

เพศ	จำนวนผู้ข้าม (คน)	ทิศทางการข้าม	ขนาดช่องว่างที่ถูกยอมรับปฏิเสธ (วินาที)				Variance	df	F	P(F<=f) one-tail	สมมติฐานทางสถิติ
			Mean	Minimum	Maximum	Median					
ชาย	17	Near side	4.39	2.71	6.17	4.79	1.60	16	1.99	0.11	ยอมรับ H_0
	10	Far side	2.82	0.84	6.93	2.26	3.19	9			
หญิง	16	Near side	4.00	2.16	6.17	4.24	2.06	15	3.15	0.02	ปฏิเสธ H_0
	14	Far side	3.62	0.94	10.96	2.74	6.49	13			

4.3 ประเมินโอกาสที่ผู้ข้ามถนนสามารถข้ามถนนได้อย่างปลอดภัย

4.3.1 ปริมาณจราจรและอัตราการไหลของจราจร พบว่าข้อมูลในวันอังคารมีปริมาณจราจรมากที่สุดที่ 2,002 คัน หรือเฉลี่ย 1,001 คัน/ชั่วโมง และค่าสัดส่วนชั่วโมงสูงสุด (Peak-Hour Factor หรือ PHF) ในแต่ละช่องทาง ดังตารางที่ 6 ดังนี้

ช่องจราจร A-1 และ A-2 มีค่าสัดส่วนชั่วโมงสูงสุดในข้อมูลวันอังคารของช่วงเวลา 11.00 - 12.00 น. ที่ 0.959 นั้น หมายถึงมีการไหลที่ไม่สม่ำเสมอที่สุดของช่องจราจร A-1 และ A-2





ช่องจราจร B-1 มีค่าสัดส่วนชั่วโมงสูงสุดในข้อมูลวันพุธของช่วงเวลา 10.00 - 11.00 น. ที่ 0.983 นั้น หมายถึงมีการไหลที่ไม่สม่ำเสมอที่สุดของช่องจราจร B-1

ช่องจราจร B-2 มีค่าสัดส่วนชั่วโมงสูงสุดในข้อมูลวันพฤหัสบดีของช่วงเวลา 11.00 - 12.00 น. ที่ 0.971 นั้น หมายถึงมีการไหลที่ไม่สม่ำเสมอที่สุดของช่องจราจร B-2

ช่องจราจร C-1 และ C-2 มีค่าสัดส่วนชั่วโมงสูงสุดในข้อมูลวันพฤหัสบดีของช่วงเวลา 11.00 - 12.00 น. ที่ 0.949 นั้น หมายถึงมีการไหลที่ไม่สม่ำเสมอที่สุดของช่องจราจร C-1 และ C-2

พบว่าช่วงเวลากการไหลที่ไม่สม่ำเสมอของแต่ละช่องจราจรจะทำให้เกิดกระแสจราจรที่มีความหนาแน่น หรือการจราจรที่ติดขัด ซึ่งส่งผลกระทบต่อผู้ข้ามถนนที่ต้องตัดสินใจข้ามถนนแบบตัดหน้า ยานพาหนะ หรือการข้ามถนนด้วยการเดินแทรกไปตามยานพาหนะขณะการจราจรติดขัด ซึ่งทำให้ผู้ข้าม มีความเสี่ยงที่อาจเกิดอุบัติเหตุได้

4.3.2 การวิเคราะห์หาช่องว่างวิกฤติ (Critical Gap) ทิศทางการข้ามทั้ง 2 ฝั่ง (Near side และ Far side) พบว่าขนาดของช่องว่างวิกฤติของทิศทางการข้ามด้านใกล้ (Near side) มากกว่าทิศทางการข้ามด้านไกล (Far side) (5.4 และ 4.4 วินาทีตามลำดับ) ดังภาพที่ 5 และ 6 หมายความว่า การตัดสินใจข้ามของผู้ข้ามถนนจากทิศทางการข้ามด้านใกล้ (Near side) มีความระมัดระวังมากกว่าผู้ข้ามถนนจากทิศทางการข้ามด้านไกล (Far side) ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ผู้วิจัยได้เฝ้าสังเกตและเก็บข้อมูลพบว่าผู้ข้ามด้านไกลจะต้องหันมองด้านหลังที่เป็นช่องจราจรเลยวชาญผ่านตลอดจึงทำให้ช่องว่างวิกฤติด้านใกล้สูงกว่าด้านไกล

วิเคราะห์หาขนาดช่องว่างวิกฤติของเพศชายและหญิง และนำมาเปรียบเทียบกันพบว่าขนาดของช่องว่างวิกฤติของเพศชายมากกว่าเพศหญิง (5.28 และ 5.04 วินาทีตามลำดับ) ดังภาพที่ 7 หมายความว่า การตัดสินใจข้ามของเพศชายมีความระมัดระวังมากกว่าเพศหญิง

วิเคราะห์หาขนาดของช่องว่างวิกฤติของการข้ามระหว่างยานพาหนะแบบ 2 ล้อกับ 4 ล้อ พบว่าขนาดของช่องว่างวิกฤติของการข้ามถนนระหว่างยานพาหนะแบบ 4 ล้อมากกว่า 2 ล้อ (5.18 และ 4.98 วินาทีตามลำดับ) ดังภาพที่ 8 หมายความว่า การข้ามถนนระหว่างยานพาหนะแบบ 4 ล้อมีความปลอดภัยกว่า การข้ามถนนระหว่างยานพาหนะแบบ 2 ล้อ

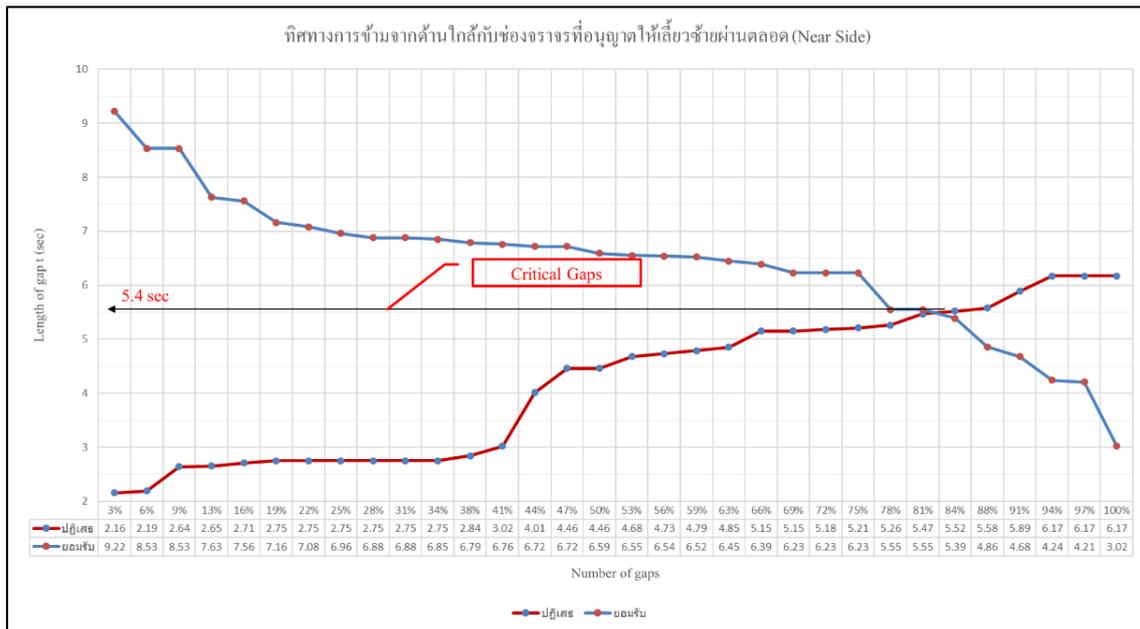




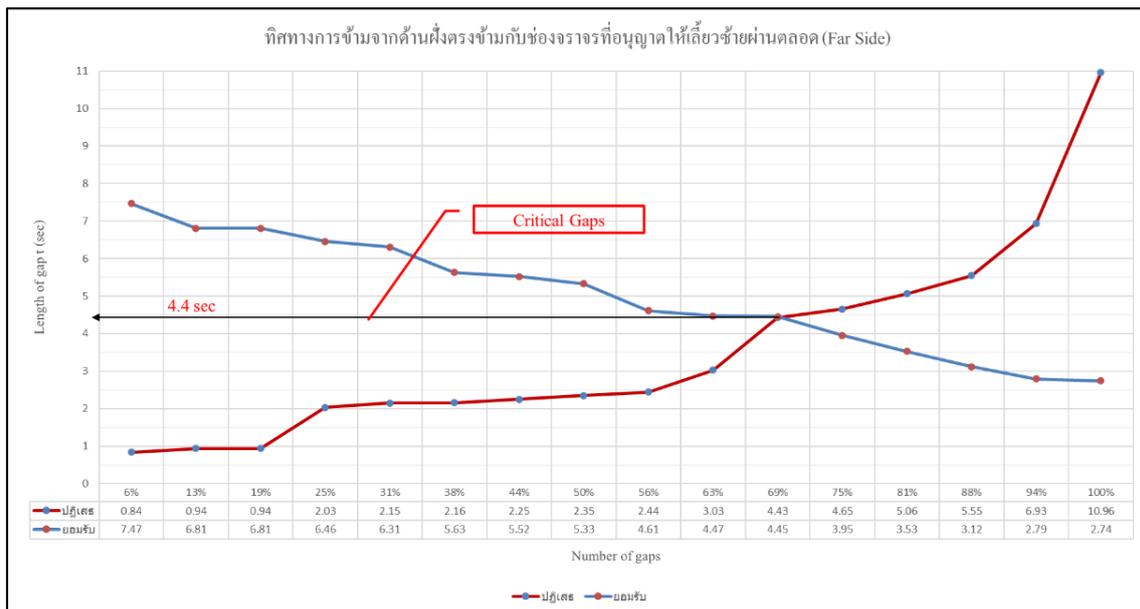
ตารางที่ 6 ปริมาณจากรและอัตราการไหลในแต่ละช่องจราจร

ช่องจราจรที่ A-1 และ A-2									ช่องจราจรที่ B-1										
ช่วงเวลาที่ (นาที)	วันที่ 9/7/2024			วันที่ 10/7/2024			วันที่ 11/7/2024			ช่วงเวลาที่ (นาที)	วันที่ 9/7/2024			วันที่ 10/7/2024			วันที่ 11/7/2024		
	ปริมาณการจราจร (คัน)	อัตราการไหล (คันต่อชั่วโมง)	PHF	ปริมาณการจราจร (คัน)	อัตราการไหล (คันต่อชั่วโมง)	PHF	ปริมาณการจราจร (คัน)	อัตราการไหล (คันต่อชั่วโมง)	PHF		ปริมาณการจราจร (คัน)	อัตราการไหล (คันต่อชั่วโมง)	PHF	ปริมาณการจราจร (คัน)	อัตราการไหล (คันต่อชั่วโมง)	PHF	ปริมาณการจราจร (คัน)	อัตราการไหล (คันต่อชั่วโมง)	PHF
15	151	604	0.857	157	628	0.906	169	676	0.738	15	104	416	0.817	96	384	0.983	95	380	0.881
30	81	324		172	688		108	432		30	73	292		99	396		102	408	
45	152	608		154	616		129	516		45	98	392		98	392		116	464	
60	137	548		140	560		93	372		60	65	260		100	400		96	384	
75	142	568	0.959	163	652	0.798	158	632	0.664	75	108	432	0.643	98	392	0.687	93	372	0.905
90	148	592		61	244		173	692		90	48	192		38	152		119	476	
105	145	580		136	544		95	380		105	72	288		98	392		105	420	
120	133	532		160	640		257	1028		120	145	580		134	536		121	484	
ช่องจราจรที่ B-2									ช่องจราจรที่ C-1 และ C-2										
ช่วงเวลาที่ (นาที)	วันที่ 9/7/2024			วันที่ 10/7/2024			วันที่ 11/7/2024			ช่วงเวลาที่ (นาที)	วันที่ 9/7/2024			วันที่ 10/7/2024			วันที่ 11/7/2024		
	ปริมาณการจราจร (คัน)	อัตราการไหล (คันต่อชั่วโมง)	PHF	ปริมาณการจราจร (คัน)	อัตราการไหล (คันต่อชั่วโมง)	PHF	ปริมาณการจราจร (คัน)	อัตราการไหล (คันต่อชั่วโมง)	PHF		ปริมาณการจราจร (คัน)	อัตราการไหล (คันต่อชั่วโมง)	PHF	ปริมาณการจราจร (คัน)	อัตราการไหล (คันต่อชั่วโมง)	PHF	ปริมาณการจราจร (คัน)	อัตราการไหล (คันต่อชั่วโมง)	PHF
15	272	1088	0.821	279	1116	0.879	222	888	0.914	15	146	584	0.873	171	684	0.852	243	972	0.895
30	191	764		235	940		165	660		30	118	472		267	1068		165	660	
45	277	1108		234	936		205	820		45	144	576		250	1000		249	996	
60	170	680		233	932		223	892		60	102	408		222	888		234	936	
75	346	1384	0.789	220	880	0.782	190	760	0.971	75	210	840	0.757	128	512	0.693	231	924	0.949
90	271	1084		98	392		180	720		90	163	652		88	352		206	824	
105	154	616		250	1000		195	780		105	81	324		232	928		217	868	
120	321	1284		267	1068		192	768		120	182	728		195	780		234	936	



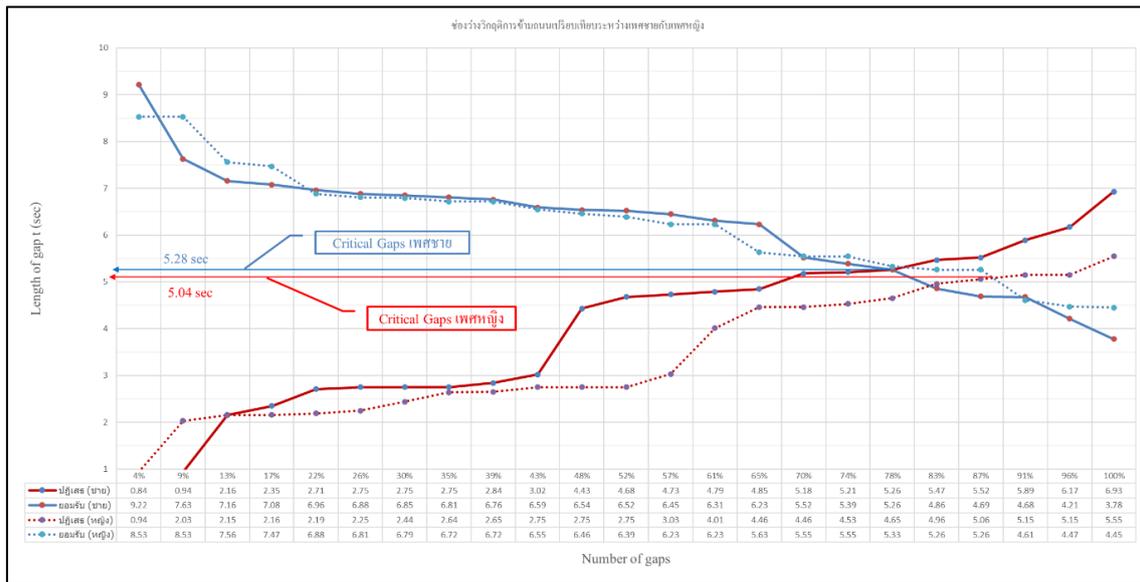


ภาพที่ 5 ขนาดช่องว่างวิกฤติของทิศทางการข้ามจากด้านใกล้กับช่องจราจรที่อนุญาตให้เลี้ยวซ้ายผ่านตลอด (Near side)

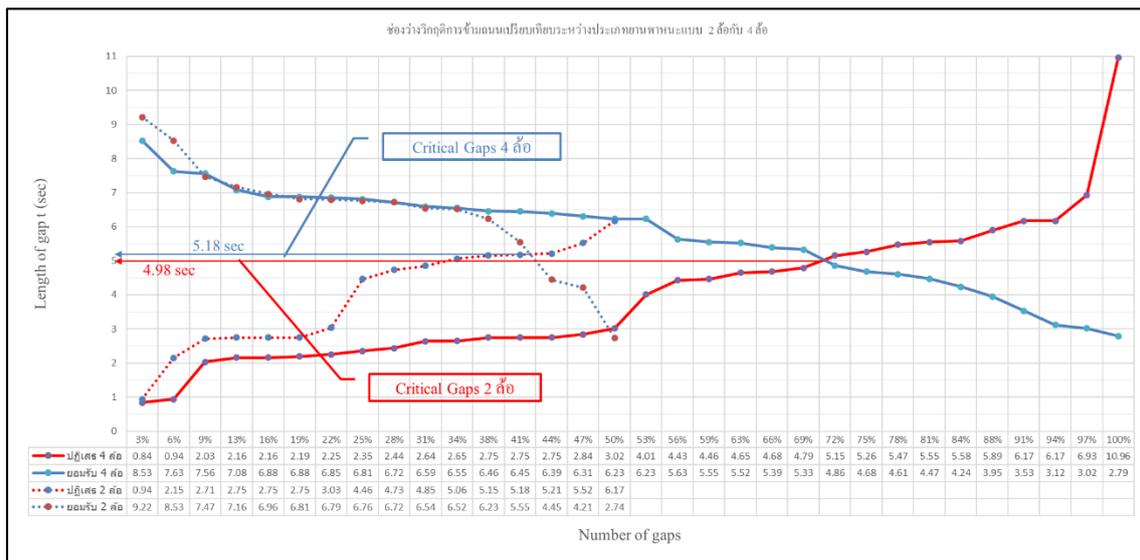


ภาพที่ 6 ขนาดช่องว่างวิกฤติของทิศทางการข้ามจากด้านฝั่งตรงข้ามกับช่องจราจรที่อนุญาตให้เลี้ยวซ้ายผ่านตลอด (Far side)





ภาพที่ 7 ขนาดช่องว่างวิกฤติของการเปรียบเทียบการข้ามถนนระหว่างเทศชายกับเทศหญิง



ภาพที่ 8 ขนาดช่องว่างวิกฤติของการเปรียบเทียบการข้ามถนนระหว่างยานพาหนะแบบ 2 ล้อกับ 4 ล้อ

4.3.3 การประเมินโอกาสที่ผู้ข้ามสามารถข้ามถนนได้อย่างปลอดภัย โดยเปรียบเทียบระหว่างปริมาณคนข้ามถนนกับจำนวนช่องว่างที่ผู้ข้ามสามารถข้ามได้ ดังตารางที่ 7 พบว่าวันอังคารและวันพฤหัสบดีมีจำนวนช่องว่างที่ผู้ข้ามสามารถข้ามได้อย่างเพียงพอ แต่วันพุธในช่วง 10.00 – 11.00 น. พบปัญหาจำนวนช่องว่างไม่เพียงพอที่ผู้ข้ามสามารถข้ามได้อย่างปลอดภัยของทิศทางการข้ามทั้ง 2 ฝั่ง (Near side ชั่วโมงที่ 1 และ Far side ชั่วโมงที่ 1)





ตารางที่ 7 ตารางเปรียบเทียบปริมาณช่องว่างกับปริมาณคนข้าม

รายการข้อมูล	ข้อมูลวันอังคาร (09/07/2024)				ข้อมูลวันพุธ (10/07/2024)				ข้อมูลวันพฤหัสบดี (11/07/2024)			
	ปริมาณคนข้าม (คนต่อชั่วโมง)	Acceptable Gap (gap/hr.)	ความสามารถในการข้ามถนน	การติดตั้งสัญญาณไฟคนข้าม	ปริมาณคนข้าม (คนต่อชั่วโมง)	Acceptable Gap (gap/hr.)	ความสามารถในการข้ามถนน	การติดตั้งสัญญาณไฟคนข้าม	ปริมาณคนข้าม (คนต่อชั่วโมง)	Acceptable Gap (gap/hr.)	ความสามารถในการข้ามถนน	การติดตั้งสัญญาณไฟคนข้าม
Near side ชั่วโมงที่ 1	118	219	✓	✗	325	153	✗	✓	170	172	✓	✗
Near side ชั่วโมงที่ 2	148	197	✓	✗	163	203	✓	✗	96	148	✓	✗
Far side ชั่วโมงที่ 1	118	271	✓	✗	325	255	✗	✓	170	273	✓	✗
Far side ชั่วโมงที่ 2	148	244	✓	✗	163	276	✓	✗	96	277	✓	✗

5. อภิปรายผล

ผลการศึกษาเรื่องความเร็วในการใช้ทางข้ามถนนของผู้เดินเท้าในเขตกรุงเทพมหานคร (พรเทพ พวงประโคน และคณะ, 2564) พบว่าเพศชายและเพศหญิงมีความเร็วเฉลี่ยแตกต่างกัน โดยพบว่าเพศชายมีความเร็วเฉลี่ยในการข้าม 1.42 เมตร/วินาที และเพศหญิงมีความเร็วเฉลี่ยในการข้าม 1.33 เมตร/วินาที ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่าเพศชายมีการข้ามถนนที่เร็วกว่าเพศหญิง (1.35 และ 1.09 เมตร/วินาที) และต่อมาได้มีการศึกษาการยอมรับช่องว่างของคนเดินเท้าที่ทางข้ามภายในช่วงถนนแบบไม่มีสัญญาณไฟคนข้าม (พรเทพ พวงประโคน และคณะ, 2565) โดยพบว่าขนาดช่องว่างที่ถูกรับของเพศชายมีขนาดที่น้อยกว่าเพศหญิง (6.12 และ 6.24 วินาที) จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยขนาดของช่องว่างที่ถูกรับของเพศชายมากกว่าเพศหญิงในทิศทางการข้ามด้านใกล้ (Near side) (6.47 และ 6.37 วินาที) ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของพรเทพ พวงประโคน (2564) แต่ในทิศทางการข้ามด้านไกล (Far side) พบว่าค่าเฉลี่ยขนาดของช่องว่างที่ถูกรับของเพศชายน้อยกว่าเพศหญิง (4.53 และ 5.03 วินาที) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพรเทพ พวงประโคน (2564) และการศึกษาพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณทางแยกในพื้นที่เขตเทศบาลนครราชสีมา (วิลาลินี เป้าน้อย, 2554) ได้มีการใช้ทฤษฎีของ Raff (Raff & Hart, 1950) ในการวิเคราะห์หา





ช่องว่างวิกฤติของผู้ขับขี่ยานพาหนะ และทางผู้วิจัยได้ประยุกต์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาช่องว่างวิกฤติของผู้ข้ามถนนและนำไปสู่การประเมินโอกาสที่ผู้ข้ามสามารถข้ามถนนได้อย่างปลอดภัย

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 การศึกษานี้เป็นเพียงแนวทางเริ่มต้นในการศึกษาพฤติกรรมการของผู้ข้ามถนนในบริเวณช่วงถนนที่มีลักษณะเลี้ยวซ้ายผ่านตลอด

6.2 ควรต้องเก็บข้อมูลกลุ่มประชากรมากกว่านี้เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์

6.3 ต้องมีการศึกษาในเรื่องของจุดติดตั้งทางข้ามนั้นเหมาะสมหรือไม่ หรือต้องเพิ่มระยะห่างจากทางเลี้ยวเพิ่มขึ้นเพื่อให้ผู้ข้ามถนนเพียงพอต่อการตัดสินใจในภาวะฉุกเฉินสำหรับผู้ขับขี่ยานพาหนะจากทางเลี้ยวซ้ายผ่านตลอด

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รองศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ศิริกิจพาณิชย์กุล และอาจารย์ที่ปรึกษารอง รองศาสตราจารย์ ดร. เหมือนมาศ วิเชียรสินธุ์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่าแก่ผู้วิจัยเพื่อให้คำปรึกษาและแนะนำ ตลอดจนตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี จนงานวิจัยนี้สำเร็จสมบูรณ์ลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ จากใจจริง

ขอขอบคุณกลุ่มประชากร ได้แก่ ผู้ประกอบการบริเวณแยกบางรัก จังหวัดกรุงเทพมหานคร ที่เอื้อเฟื้อที่พักคอย และในคำแนะนำ

8. เอกสารอ้างอิง

พรเทพ พวงประโคน, กฤษณ เวฬุติดัตต์, ปานเทพ เตชรัตน์, เกียรติศักดิ์ แซมทอง, และ พีระวัฒน์ มโนเจริญ.

(2565). วิศวกรรมขนส่ง จราจรอัจฉริยะ และโลจิสติกส์ : การศึกษาการยอมรับช่องว่างของคนเดินเท้าที่ทางข้ามภายในช่วงถนนแบบไม่มีสัญญาณไฟคนข้าม. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ*, 27, TRL24-21 - TRL24-28.

<https://conference.thaince.org/index.php/ncce27/article/view/1436>

พรเทพ พวงประโคน, ธีรภรณ์ กลั่นอ่ำ, และ วลัยรัตน์ บุญไทย. (2564). วิศวกรรมขนส่ง จราจรอัจฉริยะ และโลจิสติกส์ : การศึกษาความเร็วในการใช้ทางข้ามถนนของผู้เดินเท้าในเขตกรุงเทพมหานคร กรณีศึกษาถนน 4 ของจรัลจร. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ*, 26, TRL-04-01 - TRL-04-10.

<https://conference.thaince.org/index.php/ncce26/article/view/1008>





- มูลนิธิสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. (2567). *โครงการศึกษาเพื่อกำหนดแนวทางการจัดทำและ
การใช้ทางข้ามถนนปลอดภัยเพื่อยกระดับความปลอดภัยในการใช้รถใช้ถนน*. มูลนิธิสถาบันวิจัยเพื่อ
การพัฒนาประเทศไทย (TDRI). <https://tdri.or.th/2024/09/570574/>
- วิลาลินี เป้าน้อย. (2554). *พฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณทางแยกในพื้นที่
เขตเทศบาลนครราชสีมา* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี].
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. <http://sutir.sut.ac.th:8080/jsptui/handle/123456789/4374>
- วีรพงศ์ บุญเจริญปัญญา และ จำรัส พิทักษ์ศฤงคาร. (2567). *ทัศนคติของคนเดินเท้าต่อการใช้งานทางข้ามที่มี
ช่องจราจรแตกต่างกัน: กรณีศึกษาบริเวณ ถนนแจ้งวัฒนะ ถนนลาดกระบัง และถนนกิ่งแก้ว*.
Engineering and Technology Horizons, 41(1), 410111.
<https://doi.org/10.55003/ETH.410111>
- สำนักงานตำรวจแห่งชาติ. (2567, 17 ธันวาคม). *สถิติคดีอุบัติเหตุการจราจรทางบก จำแนกตามประเภทผู้ใช้
ทาง ความเสียหาย ผู้ต้องหา รายภาค พ.ศ. 2555 - 2564*. สำนักงานสถิติแห่งชาติ.
https://www.nso.go.th/nsoweb/downloadFile/stat_impt/A6/file_xls_th
- สำนักอำนวยการความปลอดภัย, กรมทางหลวง, กระทรวงคมนาคม. (2567). *รายงานอุบัติเหตุบนทางหลวงแผ่นดิน
2566*. สำนักอำนวยการความปลอดภัย.
- สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. (2551). *ทฤษฎีพฤติกรรมและการประยุกต์สำหรับการวิเคราะห์พฤติกรรมการเดินทาง
ในประเทศไทย*. *วิศวกรรมสาร วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย*, 63(6), 59-70.
- Carsten, O. M. J., Sherborne, D. J., & Rothengatter, J. A. (1998). Responsibility and safety in
pedestrian accidents: a review of the literature. *Accident Analysis & Prevention*, 30(6),
745-754. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(98\)00024-0](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(98)00024-0)
- Golakiya, H. A., & Dhamaniya, A. (2018). Analysis of pedestrian crossing behavior at
uncontrolled mid-block crosswalks on urban streets. *Transportation Research Record*,
2672(35), 1-10.
- Kim, J. (2015, February, 24). *Road Safety Policies in Europe For Improving Pedestrian
Environment : Lessons from France and Sweden* [Paper presentation]. Active Living
Research Conference, San Diego.
- Raff, M. S., & Hart, J. W. (1950). *A volume warrant for urban stop signs*. The Eno Foundation
for Highway Traffic Control.

