

ผลกระทบของการกลับรถในช่องจราจรเลี้ยวขวาเฉพาะบริเวณทางแยกสัญญาณไฟจราจร โดยพิจารณาขนาดที่แตกต่างกันของรถยนต์ส่วนบุคคล

ยศวัฒน์ เศรษฐกุลสิทธิ์^{1*} และ รัฐพล ภู่บุบผาพันธ์²

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาหาค่าเทียบเท่ารถเลี้ยวขวา (Equivalent for Right Turning: ERT) ของรถยนต์ส่วนบุคคลทั้ง 3 ประเภทที่มีขนาดแตกต่างกัน ได้แก่ รถเก๋ง (Sedan) รถกระบะ (Pick up) รถยนต์นั่งขนาดเล็ก (Eco car) บนช่องจราจรเลี้ยวขวาเฉพาะ (Exclusive right turn lane) ที่ทางแยกสัญญาณไฟในเขตเมืองนครราชสีมา ทำการเก็บข้อมูลวันจันทร์ถึงวันศุกร์เวลา 10.00 ถึง 15.00 จุดประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของขนาดของรถยนต์ส่วนบุคคลที่มีต่อค่าเทียบเท่ารถเลี้ยวขวา เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนยวดยานที่กลับรถกับค่าเวลาห่างเฉลี่ยออกตัวที่ทางแยกในช่วงไฟเขียว และเพื่อศึกษาผลกระทบของตำแหน่งแถวคอยที่มีต่อค่าเวลาห่างเฉลี่ยออกตัวของกลุ่มรถเลี้ยวขวาและกลับรถ จากการศึกษาพบว่าขนาดของรถยนต์ส่วนบุคคลส่งผลต่อค่าเทียบเท่ารถเลี้ยวขวา โดยค่าเทียบเท่าดังกล่าวของรถเก๋ง รถกระบะ รถยนต์นั่งขนาดเล็ก เท่ากับ 1.26, 1.35, และ 1.29 ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าเมื่อสัดส่วนการกลับรถที่ทางแยกเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าเวลาห่างเฉลี่ยจากการออกตัวที่ทางแยกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p -value 0.000) และพบว่าเมื่อได้ไฟเขียวตำแหน่งต่าง ๆ ในแถวคอยไม่ส่งผลใด ๆ ต่อค่าเวลาห่างเฉลี่ยออกตัว แต่จะมีความแตกต่างในช่วงต้นแถวคอยเท่านั้น เนื่องจากผลจากเวลาสูญเสียในการออกตัว รวมถึงผลกระทบจากจักรยานยนต์และการรับรู้ของคนขับเอง

คำสำคัญ: ค่าเทียบเท่ารถเลี้ยวขวา, เวลาสูญเสียในการออกตัว, ค่าเวลาห่างเฉลี่ยออกตัว

¹ นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

* ผู้มีพันธึประสานงาน โทร. +669 1239 6338 อีเมล: Yhotsawat_te@hotmail.com



Effect of Performing U-turns in Exclusive Right-turn Lane at Signalized Intersection Based on Passenger Car Size

Yhotsawat Settakulsit^{1*} and Rattaphol Pueboobpaphan²

Abstract

The objectives of this study are to examine the effect of performing U-turns in exclusive right-turn lanes at signalized Intersections based on passenger car size, to study the relationship between the proportions of U-turn vehicles with an average discharge headway, and to study the effect of position in queue with an average discharge headway. The results of this study found that the right turn equivalent (ERT) values for sedans, pickup trucks and eco-cars are 1.26, 1.35, and 1.29 respectively. In addition, the results have shown that while the proportion of U-turn vehicles increased as the average discharge headway increased, each position in queue was not affected by the average discharge headway of the right-turn vehicle group and the U-turn vehicle group when the light turned green as well. However, the first few vehicles of the discharge queue were affected by start-up lost time, delays from motorcycles, and the individual reaction times of the drivers.

Keywords: Equivalent for Right Turning, Startup loss time, Average discharge headway

¹ Master Degree Student, School of Transportation Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology

² Assistant Professor, School of Transportation Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology

* Corresponding Author Tel. +669 1239 6338 e-mail: yhotsawat_te@hotmail.com

1. บทนำ

การจัดการจราจรบริเวณทางแยกมีความสำคัญเนื่องจากเป็นจุดเสี่ยงอันตรายและมักเกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง โดยระบบสัญญาณไฟจราจรเป็นทางเลือกที่เหมาะสมหากปริมาณจราจรที่ผ่านทางแยกมีปริมาณค่อนข้างมาก ซึ่งประสิทธิภาพของสัญญาณไฟจราจรจะขึ้นอยู่กับกรออกแบบทางวิศวกรรม องค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญคือการจัดความยาวรอบสัญญาณไฟและระยะเวลาไฟเขียวให้เหมาะสมกับปริมาณจราจรในแต่ละทิศทางอย่างไรก็ตาม ปริมาณจราจรที่วิ่งเข้าสู่ทางแยกในแต่ละทิศทางจะประกอบไปด้วยรถยนต์หลากหลายประเภทที่มีขนาดแตกต่างกัน นอกจากนั้น พฤติกรรมการเลี้ยวหรือกลับรถยังแตกต่างจากการวิ่งตรงผ่านทางแยก ส่งผลให้ใช้เวลาในการเคลื่อนตัวผ่านทางแยกในช่วงเวลาไฟเขียวต่างกันไป ดังนั้นในการออกแบบจะต้องคำนึงถึงปัจจัยดังกล่าวด้วย

ในกรณีของช่องจราจรสำหรับรถเลี้ยวขวา (Exclusive right turn lane) เพื่อผ่านทางแยกนั้น บางทางแยกจะอนุญาตให้รถยนต์สามารถกลับรถได้ด้วย ซึ่งกลุ่มรถยนต์ที่กลับรถมักใช้เวลาเคลื่อนตัวผ่านทางแยกมากกว่ากลุ่มรถยนต์ที่เลี้ยวขวา ดังนั้นในการออกแบบสัญญาณไฟจึงควรที่จะต้องแปลงค่าปริมาณรถยนต์ที่กลับรถให้เป็นปริมาณเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคลเลี้ยวขวา ซึ่งค่าที่ใช้แปลงอาจจะแตกต่างกันสำหรับรถยนต์แต่ละประเภท ปัจจุบันได้มีการศึกษาค่าเทียบเท่ารถยนต์ส่วนบุคคลสำหรับรถยนต์ที่วิ่งตรงเท่านั้นบริเวณทางแยกสัญญาณไฟและบนช่วงถนน ซึ่งค่าเทียบเท่านี้สามารถหาได้จากสัดส่วนความล่าช้า [1] นอกจากนี้ยังสามารถหาได้จากการเทียบสัดส่วนเวลาห่างรถ (Headway ratio method) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการศึกษาหาค่าเทียบเท่ารถยนต์ส่วนบุคคล [2] ค่าเทียบเท่ารถยนต์ส่วนบุคคลที่สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงได้ตามปัจจัยอื่น ๆ เช่น ตำแหน่งแถวคอย ลักษณะทางกายภาพถนน พฤติกรรมการขับขี เป็นต้น จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบผลกระทบจากปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ ซึ่งอาจแตกต่างกันไปตามบริบทแต่ละพื้นที่หรือภูมิภาค โดยเฉพาะในกรณีช่องจราจรรถเลี้ยวขวา

ในการศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อทำการศึกษาค่าผลกระทบของขนาดของรถยนต์ส่วนบุคคลที่มีต่อค่า

เทียบเท่ารถเลี้ยวขวา รวมถึงศึกษาผลกระทบจากตำแหน่งแถวคอยและอัตราส่วนจำนวนรถที่กลับรถที่ได้จากการเทียบกับจำนวนรถที่เลี้ยวขวาที่มีต่อเวลาห่างจากการออกตัวที่ทางแยก ซึ่งค่าเทียบเท่ารถเลี้ยวขวาสามารถหาได้จากการเทียบสัดส่วนเวลาห่างรถ (Headway ratio method) ระหว่างเวลาห่างเฉลี่ยกลับรถ (Average U-turn headway) และเวลาห่างเฉลี่ยขี้อ้อมตัวเลี้ยวขวา (Saturation Headway of Right Turn) ซึ่งใช้เป็นข้อมูลหลัก ในการศึกษาที่จะพิจารณาประเภทรถยนต์ขนาด 3 ประเภท ได้แก่ รถกระบะ รถเก๋ง รถยนต์นั่งขนาดเล็ก จากผลการศึกษาสามารถนำไปใช้ในการวางแผนออกแบบสัญญาณไฟบนช่องจราจรรถเลี้ยวขวา รวมถึงเป็นแนวทางการศึกษาสำหรับทางแยกในลักษณะเดียวกันต่อไปได้

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 พื้นที่การศึกษาและเก็บข้อมูล



รูปที่ 1 ช่องเลี้ยวขวาเฉพาะ

เป็นทางแยกที่มีปริมาณจราจรค่อนข้างสูงเกือบตลอดทั้งวัน รวมถึงมีระบบสัญญาณไฟควบคุมการจราจรที่มีการจัดจังหวะสัญญาณไฟแบบเลี้ยวขวาเฉพาะ และมีช่องจราจรเลี้ยวขวาเฉพาะดังที่แสดงในรูปที่ 1 ในการศึกษานี้ได้ทำการเก็บข้อมูลที่ทางแยกที่อยู่ใจกลางเมืองนครราชสีมา โดยเป็นการตัดกันระหว่างทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 กับถนนชุมพลใกล้กับอนุสาวรีย์ท้าวสุรนารี โดยใช้กล้องวิดีโอ (Video camera) 2 ชุด สลับกันบันทึกข้อมูลทุก ๆ ช่วง ๆ ละ 15 นาที ในช่วงเวลา 10.00 ถึง 15.00 วันจันทร์ – ศุกร์ รวมทั้งสิ้น 538 รอบสัญญาณไฟ มุมกล้องขณะบันทึกการจราจรจะต้องมองเห็นสัญญาณไฟที่ทางแยกชัดเจนและเห็นรถยนต์เคลื่อนตัวออกจากทางแยก



2.2 การถอดข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์

การเก็บข้อมูลภาคสนามในการศึกษานี้ใช้กล้องวิดีโอ 2 ชุด ซึ่งถูกติดตั้งบนสะพานลอยใกล้กับแยกสัญญาณไฟ ที่ทำการศึกษ โดยสลับบันทึกภาพระหว่างกล้อง 2 ชุด เนื่องจากจะต้องมีการหยุดบันทึกวิดีโอเพื่อเก็บไฟล์ลงในคอมพิวเตอร์ ข้อมูลที่ได้อยู่ในรูปไฟล์วิดีโอ ในการบันทึกภาพนั้นจะต้องมองเห็นสัญญาณไฟบริเวณทางแยก เส้นหยุด และช่องเลี้ยวขวาเฉพาะอย่างชัดเจน ดังรูปที่ 1 ข้อมูลสำคัญหลักๆในการศึกษานี้คือ ค่าเวลาห่างระหว่างรถขณะเคลื่อนตัวออกจากทางแยก (Discharge headway) ซึ่งค่าเวลาห่างดังกล่าวนี้จะนับเมื่อล้อหลังของยานทุกคันเคลื่อนที่ผ่านจุดอ้างอิงหรือเส้นหยุดที่ทางแยก เมื่อรวบรวมข้อมูลเรียบร้อยแล้วจากภาคสนามก็จะนำมาถอดเป็นข้อมูลตั้งต้นสำหรับกระบวนการวิเคราะห์ โดยข้อมูลที่ถอดออกมาจะประกอบด้วย ค่าเวลาห่างระหว่างรถขณะเคลื่อนตัวออกจากทางแยก (Discharge headway) ประเภทของรถ (Vehicle type) ทิศทางในการเคลื่อนที่บนช่องจราจรที่สนใจ ซึ่งจำแนกได้ 2 ทิศทางได้แก่ กลับรถและเลี้ยวขวา และตำแหน่งในแถวคอย (Position in queue) จากการสำรวจภาคสนามจะพิจารณาขนาดของรถทั้งหมด 3 ประเภท ได้แก่ รถกระบะ รถเก๋ง รถยนต์นั่งขนาดเล็ก จะไม่พิจารณาจักรยานยนต์ เนื่องจากส่วนใหญ่จะรวมตัวที่หน้าแถวคอยในบางรอบ สัญญาณไฟหน้านั้น และไม่พิจารณารถบรรทุก เนื่องจากบนช่องจราจรรถเลี้ยวไม่มีรถบรรทุกวิ่งผ่านในทุก ๆ รอบ สัญญาณไฟ เพราะเป็นช่องจราจรเพื่อเดินทางเข้าสู่เขตชุมชน ซึ่งไม่ใช่เขตอุตสาหกรรมหรือเขตขนส่งสินค้า

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

2.3.1 การหาค่าเทียบเท่ารถเก๋งเลี้ยวขวาจะใช้วิธีการเทียบสัดส่วนเวลาห่างรถ [3] โดยเทียบสัดส่วนระหว่างเวลาห่างเฉลี่ยกลับรถและเวลาห่างเฉลี่ยอ้อมตัวเลี้ยวขวา โดยเวลาห่างเฉลี่ยกลับรถจะพิจารณาแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ แบบไม่แยกประเภท รถกระบะ รถเก๋ง และรถยนต์นั่งขนาดเล็ก และเวลาห่างเฉลี่ยอ้อมตัวเลี้ยวขวาจะพิจารณา 2 กรณีคือ แบบไม่แยกประเภท เลี้ยวขวา (Mixed flow) และรถเก๋งเลี้ยวขวา (Sedan right only) เพื่อตรวจสอบค่าเทียบเท่าที่ได้ว่าแตกต่างกันมากน้อยเพียงใดหรือสามารถใช้ร่วมกันได้จากสภาพ

จราจรเดียวกัน สำหรับค่าเทียบเท่ารถเลี้ยวขวาสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 1

$$ERT_i = \frac{h_{u,type,i}}{h_{Sat,right,turn,i}} \quad (1)$$

เมื่อ ERT_i คือ ค่าเทียบเท่าเลี้ยวขวาของรถที่กลับรถประเภท i

i คือ ประเภทของรถ

$h_{u,type,i}$ คือ เวลาห่างเฉลี่ยกลับรถประเภท i (วินาที)

$h_{Sat,right,turn,i}$ คือ เวลาห่างเฉลี่ยอ้อมตัวเลี้ยวขวากรณี j (วินาที)

ในส่วนของเวลาห่างเฉลี่ยของกรณีกลับรถ คือ เวลาขณะที่รถยนต์เคลื่อนผ่านเส้นหยุดเพื่อเลี้ยวกลับรถที่ทางแยกและค่าเวลาห่างเฉลี่ยอ้อมตัวเลี้ยวขวา คือ เวลาขณะที่รถเคลื่อนผ่านเส้นหยุดเพื่อเลี้ยวขวาทิศทางแยกไปอย่างต่อเนื่อง [4] ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

$$h_{u,type,i} = \frac{\sum H_{u,i}}{N} \quad (2)$$

เมื่อ $h_{u,type,i}$ คือ เวลาห่างเฉลี่ยกลับรถประเภท i (วินาที)

$\sum H_{u,i}$ คือ ผลรวมเวลาห่างกลับรถที่กลับรถ

ประเภท i (วินาที)

N คือ จำนวนรถที่กลับรถประเภท i (คัน)

i คือ ประเภทของรถ

$$h_{Sat,right,turn,i} = \frac{\sum H_i}{N} \quad (3)$$

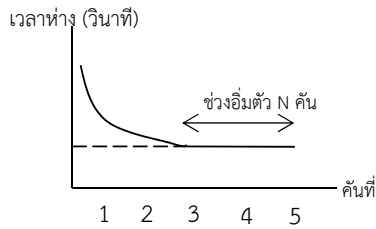
เมื่อ $h_{Sat,right,turn,i}$ คือ เวลาห่างเฉลี่ยอ้อมตัวเลี้ยวขวาประเภท i (วินาที)

$\sum H_i$ คือ ผลรวมเวลาห่างในช่วงอ้อมตัวของรถที่เลี้ยวขวาประเภท i (วินาที)

N คือ จำนวนรถในช่วงอ้อมตัว

i คือ ประเภทของรถ

เวลาห่างในช่วงอ้อมตัวกรณีของรถเลี้ยวขวาสามารถพิจารณาได้ดังรูปที่ 2 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีค่าเวลาห่างที่คงที่ขณะที่เคลื่อนตัวออกจากทางแยกในช่วงเวลาไฟเขียว



รูปที่ 2 เวลาห่างในช่วงอิมตัว

2.3.2 การศึกษาผลกระทบจากตำแหน่งแถวคอยที่มีต่อเวลาห่างออกตัวแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มเลี้ยวขวาและกลับรถ จะใช้การทดสอบ t test ที่ระดับเชื่อมั่น 95% (α 0.05) ซึ่งทำการทดสอบเวลาห่างเฉลี่ยเป็นคู่ๆ ของแถวคอยทุกตำแหน่ง [5] ด้วยการตั้งสมมติฐานดังตัวอย่างต่อไปนี้

H_0 : เวลาห่างเฉลี่ยตำแหน่ง n และ n+1 เท่ากัน

H_1 : เวลาห่างเฉลี่ยตำแหน่ง n และ n+1 ไม่เท่ากัน

2.3.3 การศึกษาผลกระทบจากสัดส่วนกลับรถที่มีต่อเวลาห่างเฉลี่ยออกตัว จะใช้แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple linear regression) ในการอธิบายความสัมพันธ์ [6] ในส่วนของสัดส่วนกลับรถและสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นสามารถแสดงดังสมการที่ 4 และ 5

$$U_{\text{pro.k}} = \frac{N_{u,k}}{N_{\text{total.k}}} \times 100 \quad (4)$$

เมื่อ $U_{\text{pro.k}}$ คือ สัดส่วนกลับรถรอบสัญญาณไฟที่ k (%)

$N_{u,k}$ คือ จำนวนยวดยานที่กลับรถในรอบสัญญาณไฟ k (คัน)

$N_{\text{total.k}}$ คือ จำนวนยวดยานทั้งหมดในแถวคอยในรอบสัญญาณไฟ k (คัน)

$$\text{Avg.dis.headway}_k = a + b \times (U_{\text{pro.k}}) \quad (5)$$

เมื่อ Avg.dis.headway_k คือ เวลาห่างเฉลี่ยออกตัวรอบสัญญาณไฟที่ k (วินาที)

a คือ ค่าคงที่

b คือ สัมประสิทธิ์สัดส่วนกลับรถ

$U_{\text{pro.k}}$ คือ สัดส่วนกลับรถรอบสัญญาณไฟที่ k (%)

จากสมการที่ 5 ค่าคงที่ a คือค่าคงที่ที่แทนด้วยเวลาห่างเฉลี่ย b คือสัมประสิทธิ์ของสัดส่วนกลับรถ ซึ่งจะใช้อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนกลับรถและเวลาห่างเฉลี่ยออกตัวในกรณีแปรผันตามกัน (+b) หรือแปรผกผันกัน (-b)

3. ผลการศึกษา

3.1 ผลกระทบจากตำแหน่งในแถวคอยที่มีต่อค่าเวลาห่างรถที่ทางแยก

ในหัวข้อนี้พิจารณาจากกลุ่มกลับรถและกลุ่มเลี้ยวขวาของรถทั้ง 3 ประเภท โดยทำการทดสอบ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของเวลาห่างรถเฉลี่ยในตำแหน่งในแถวคอยขณะเคลื่อนผ่านเส้นหยุด ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ของรถทั้ง 3 ประเภทได้แสดงในลักษณะเดียวกันกับกรณีของรถกระบะดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผล t-test เวลาห่างเฉลี่ยของรถกระบะ

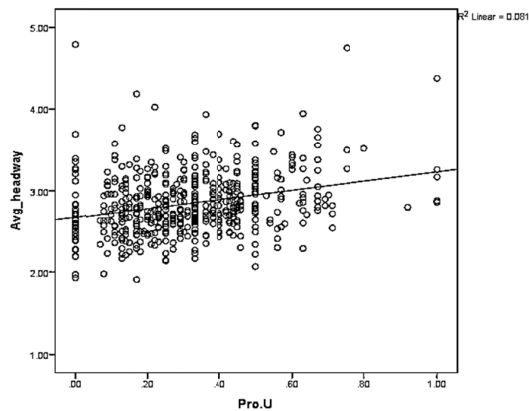
| ตำแหน่งเลี้ยวขวา n, n+1 | ผล t-test | ตำแหน่งกลับรถ n, n+1 | ผล t-test |
|----------------------------|------------|-------------------------|------------|
| 1-2 | แตกต่าง | 1-2 | แตกต่าง |
| 2-3 | ไม่แตกต่าง | 2-3 | ไม่แตกต่าง |
| 3-4 | ไม่แตกต่าง | 3-4 | ไม่แตกต่าง |
| 4-5 | ไม่แตกต่าง | 4-5 | ไม่แตกต่าง |
| 5-6 | ไม่แตกต่าง | 5-6 | ไม่แตกต่าง |
| 6-7 | ไม่แตกต่าง | 6-7 | แตกต่าง |
| 7-8 | ไม่แตกต่าง | 7-8 | ไม่แตกต่าง |
| 8-9 | ไม่แตกต่าง | 8-9 | ไม่แตกต่าง |
| 9-10 | ไม่แตกต่าง | 9-10 | ไม่แตกต่าง |
| 10-11 | ไม่แตกต่าง | 10-11 | ไม่แตกต่าง |
| 11-12 | ไม่แตกต่าง | 11-12 | ไม่แตกต่าง |
| 12-13 | ไม่แตกต่าง | 12-13 | ไม่แตกต่าง |
| 13-14 | ไม่แตกต่าง | 13-14 | ไม่แตกต่าง |
| 14-15 | ไม่แตกต่าง | 14-15 | ไม่แตกต่าง |

ผลการศึกษาในอดีตกรณีจริงตรงพบว่าตำแหน่งแถวคอยส่งผลต่อเวลาห่างรถ ซึ่งจะมีค่าสูงสุดที่ตำแหน่งต้น ๆ ของแถวคอย เนื่องจากยวดยานในตำแหน่งที่ไกลออกไปมีเวลาเร่งเพื่อเคลื่อนตัวมากกว่า [3] อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาที่พบว่า ตำแหน่ง

แถวคอยไม่ส่งผลใดๆต่อค่าเวลาทางรถ สาเหตุอาจจะมีมาจากรถทุกประเภทที่วิ่งเข้าสู่ทางแยกจะต้องชะลอเมื่อเข้าใกล้เส้นหยุดเพื่อเลี้ยวผ่านทางแยกไปได้อย่างปลอดภัย

3.2 ความสัมพันธ์ของสัดส่วนกลับรถและค่าเวลาห่างเฉลี่ยออกตัวที่ทางแยก

แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายได้นำมาใช้ในการศึกษานี้ เพื่อตรวจสอบและอธิบายความสัมพันธ์ซึ่งสัดส่วนกลับรถหาได้จากสมการที่ 4 ในหัวข้อนี้ได้พิจารณาข้อมูลหลายๆ รอบสัญญาณไฟจาก 538 รอบดังที่แสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนกลับรถและค่าเวลาห่างเฉลี่ยออกตัว

จากรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าเส้นแนวโน้มสะท้อนให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของยวดยานที่กลับรถและค่าเวลาทางรถเฉลี่ยขณะที่เคลื่อนตัวออกจากทางแยกของยวดยานซึ่งมีความสัมพันธ์กันเชิงเส้น ซึ่งชี้ให้เห็นได้ว่า เมื่อสัดส่วนการกลับรถเพิ่มขึ้นในกระแสจราจร 1 หน่วย จะทำให้เวลาห่างเฉลี่ยออกตัวของยวดยานที่ทางแยกเพิ่มขึ้นไป 0.006 วินาที โดยข้อมูลมีค่าพยากรณ์ (R^2) เท่ากับ 0.081 แต่อย่างไรก็ตาม แม้ค่าพยากรณ์มีค่าที่ค่อนข้างต่ำ แต่ตัวแปรที่สนใจคือสัดส่วนการกลับรถ (Pro. U) ที่ถูกนำมาพิจารณานั้นมีความสัมพันธ์กับค่าเวลาห่างเฉลี่ยออกตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Sig. 0.000) ดังที่แสดงในตารางที่ 2

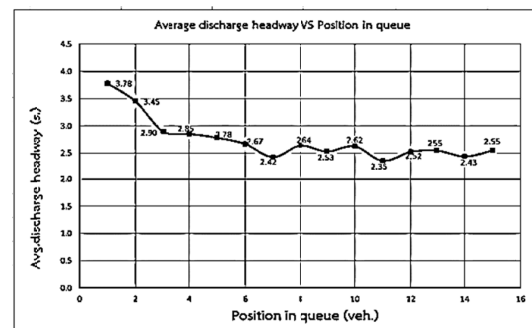
ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์การถดถอยความเชิงเส้น

| Model | Unstd. coefficients | | t | Sig. |
|----------|---------------------|------------|--------|-------|
| | B | Std. Error | | |
| Constant | 2.669 | 0.03 | 90.071 | 0.000 |
| Pro. U | 0.006 | 0.001 | 6.912 | 0.000 |

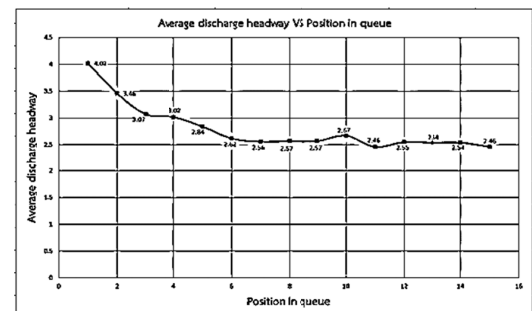
จากตารางที่ 2 พบว่า หากสัดส่วนจำนวนที่กลับรถมีค่าเพิ่มมากขึ้น ก็จะทำให้เวลาห่างเฉลี่ยออกตัวเพิ่มขึ้น 0.006 วินาที

3.3 เวลาห่างเฉลี่ยกลับรถและค่าเวลาห่างเฉลี่ยอิมตัวเฉลี่ยขวา

จากสมการที่ 2 และ 3 แบ่งการพิจารณาเวลาห่างเฉลี่ยกลับรถและเวลาห่างเฉลี่ยอิมตัวเฉลี่ยขวาดังที่ได้กล่าวในหัวข้อที่ 2.3.1 แสดงดังรูปที่ 4 และ 5 ตามลำดับ



รูปที่ 4 เวลาห่างเฉลี่ยอิมตัวเฉลี่ยขวาแบบไม่แยกประเภท



รูปที่ 5 เวลาห่างเฉลี่ยอิมตัวรถแกงเฉลี่ยขวา

จากการทดสอบ t-test เพื่อหาจุดอิมตัวในรูปที่ 4 และ 5 ซึ่งพิจารณายวดยานในตำแหน่งที่ 1-15 ในแถวคอย พบว่าทั้ง 2 กรณี ช่วงคันที่ 6-15 เป็นช่วงเวลาห่างอิมตัว จากสมการที่ 3 เวลาห่างเฉลี่ยอิมตัวเฉลี่ยขวา

แบบไม่แยกประเภทและเวลาห่างเฉลี่ยอ้อมตัวรถแก่งเลี้ยว
 ขวามีค่าเท่ากับ 2.55 และ 2.53 วินาที ตามลำดับ

ในส่วนของเวลาห่างเฉลี่ยกลับรถในหัวข้อนี้ โดย
 คำนวณได้จากสมการที่ 2 ซึ่งได้แสดงผลดังตารางที่ 3
ตารางที่ 3 แสดงค่าเวลาห่างรถเฉลี่ยกลับรถ

| กลุ่ม | เวลาห่างเฉลี่ยกลับรถ (วินาที) |
|--------------------|----------------------------------|
| ไม่แยกประเภท | 3.30 |
| รถกระบะ | 3.42 |
| รถแก่ง | 3.20 |
| รถยนต์นั่งขนาดเล็ก | 3.28 |

4. สรุปและผลอภิปรายผล

4.1 ผลกระทบจากตำแหน่งในแถวคอยที่มีต่อค่า
 เวลาห่างรถเฉลี่ยออกตัวที่ทางแยก จากการศึกษา
 ผลกระทบตำแหน่งแถวคอยที่จะส่งผลต่อเวลาห่างรถ
 เฉลี่ยออกตัวของยวดยานทั้ง 3 ประเภท พบว่าตำแหน่ง
 ในแถวคอยไม่ส่งผลใดๆต่อเวลาห่างรถเฉลี่ยออกตัว ทั้งใน
 กลุ่มกลับรถและกลุ่มที่เลี้ยวขวา เมื่อพิจารณาเทียบกับ
 ผลการศึกษาในอดีตพบว่า ตำแหน่งแถวคอยส่งผลต่อ
 เวลาห่างหรือความล่าช้าขณะออกตัวในกรณีกลุ่มของรถ
 ที่วิ่งตรง [1]

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเวลาห่างรถเฉลี่ยออก
 ตัวและสัดส่วนยวดยานที่กลับรถ ผลการศึกษาพบว่า
 สัดส่วนยวดยานที่กลับรถเพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ค่าเวลาห่าง
 รถเฉลี่ยออกตัวที่ทางแยกเพิ่มขึ้นเช่นกันอย่างมีนัยสำคัญ
 (p-value 0.000) กล่าวคือ ถ้าสัดส่วนยวดยานทุก
 ประเภทที่กลับรถเพิ่มขึ้นทุก ๆ 1% จะทำให้ค่าเวลาห่าง
 รถเฉลี่ยจากการออกตัวของยวดยานเลี้ยวขวาทุกประเภท
 เพิ่มขึ้น 0.006 วินาที จากสมการความสัมพันธ์ถดถอย
 เชิงเส้นดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่ายวดยานกลับรถมี
 ปฏิสัมพันธ์กับยวดยานที่วิ่งตาม และใช้เวลาเคลื่อนตัว
 ผ่านทางแยกมากกว่าปกติ จากผลการศึกษาที่มีความ
 สอดคล้องกับการศึกษาในอดีต [6] กล่าวคือ ขณะที่
 สัดส่วนยวดยานที่กลับรถเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เวลาห่างรถ
 เฉลี่ยเพิ่มขึ้นเช่นกัน

4.3 การศึกษานี้จะเปรียบเทียบค่าเทียบเท่าดังกล่าว
 ที่ได้จากค่า เวลาเฉลี่ยอ้อมตัวเลี้ยวขวาแบบไม่แยก
 ประเภทและเวลาเฉลี่ยอ้อมตัวรถแก่งเลี้ยวขวา เนื่องจาก

พฤติกรรมรถเลี้ยวขวาของรถอาจไม่ได้ขึ้นกับขนาดของ
 รถ รวมถึงรถทั้ง 3 ประเภทที่พิจารณาสามารถจัดอยู่ใน
 กลุ่มรถยนต์ส่วนบุคคลด้วยกันได้ [2] ดังนั้นจากสมการที่
 3 พบว่าค่าเวลาห่างรถเฉลี่ยอ้อมตัวเลี้ยวขวาของกลุ่มไม่
 แยกประเภทและรถยนต์ส่วนบุคคลมีค่าเท่ากับ 2.55
 วินาที และ 2.53 วินาที ตามลำดับ ในส่วนของเวลาห่าง
 เฉลี่ยกลับรถของรถทั้ง 4 กลุ่มดังที่ได้กล่าวในหัวข้อที่
 2.3.1 ได้แสดงในตารางที่ 3

4.4 ค่าเทียบเท่ารถเลี้ยวขวา

ค่าเทียบเท่ารถเลี้ยวขวาหาได้จากสมการที่ 1 โดย
 แบ่งพิจารณาค่าเทียบเท่าออกเป็น 4 กลุ่ม ดังที่ได้กล่าว
 ในหัวข้อที่ 2.3.1 โดยแต่ละกลุ่มจะเทียบสัดส่วนเวลาห่าง
 เฉลี่ยอ้อมตัวเลี้ยวขวาจาก 2 กรณีคือ เวลาห่างเฉลี่ยอ้อมตัว
 เลี้ยวขวาแบบไม่แยกประเภท และเวลาห่างเฉลี่ยอ้อมตัว
 รถยนต์ส่วนบุคคลเลี้ยวขวา เพื่อตรวจสอบค่าเทียบเท่าที่
 ได้ว่ามีความแตกต่างหรือใกล้เคียงจากสภาพจราจร
 เดียวกัน ผลของค่าเทียบเท่าทั้ง 2 กรณีได้แสดงไว้ดัง
 ตารางที่ 4 และ 5 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ค่าเทียบเท่ารถเลี้ยวขวาเทียบกับเวลาห่าง
 เฉลี่ยอ้อมตัวเลี้ยวขวาแบบไม่แยกประเภท

| กลุ่ม | ERT (Mixed flow) |
|--------------------|------------------|
| ไม่แยกประเภท | 1.29 |
| รถกระบะ | 1.34 |
| รถแก่ง | 1.25 |
| รถยนต์นั่งขนาดเล็ก | 1.28 |

ตารางที่ 5 ค่าเทียบเท่ารถเลี้ยวขวาเทียบกับเวลาห่าง
 เฉลี่ยอ้อมตัวรถแก่งเลี้ยวขวา

| กลุ่ม | ERT (Sedan right only) |
|--------------------|------------------------|
| ไม่แยกประเภท | 1.30 |
| รถกระบะ | 1.35 |
| รถแก่ง | 1.26 |
| รถยนต์นั่งขนาดเล็ก | 1.29 |

จากตารางที่ 4 และ 5 จะเห็นได้ว่า ค่าเทียบเท่ารถ
 เลี้ยวขวามีความสอดคล้องและใกล้เคียงกันทั้ง 2 กรณี
 ซึ่งชี้ให้เห็นว่า สามารถพิจารณาเวลาห่างเฉลี่ยอ้อมตัวเลี้ยว
 ขวาได้ทั้งทั้ง 2 กรณี จากผลการศึกษาค่าเทียบเท่าของรถ
 ทั้ง 3 ประเภท จะเห็นได้ว่า รถกระบะมีค่าสูงที่สุด
 รองลงมาคือรถยนต์นั่งขนาดเล็ก และรถแก่ง ซึ่งผล
 ดังกล่าวยังไม่เป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้ โดยความเป็น

จริงรถเก๋งควรมีค่าเทียบเท่าที่สูงกว่ารถยนต์นั่งขนาดเล็ก เนื่องจากมีขนาดใหญ่กว่า จากผลดังกล่าวอาจเป็นเพราะพฤติกรรมของผู้ขับขี่รถยนต์นั่งขนาดเล็กแตกต่างไปจากรถเก๋ง ซึ่งมักจะรักษาระยะห่างระหว่างคันหน้าไว้มากกว่ารถเก๋งเพื่อป้องกันการชนท้ายขณะเคลื่อนตัวออกจากทางแยก

5. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาค่าเทียบเท่ารถเล็กซ์วานนี้เป็นเพียงการเริ่มต้นของการศึกษาผลกระทบที่มาจากขนาดของรถยนต์ส่วนบุคคล ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยอื่นๆ เพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมรถขับขี้อาจส่งผลต่อเวลาห่างรถให้เปลี่ยนแปลงไป เช่น เพศ อายุ ความเร็วขณะเล็กซ์วานและกลับรถ ความเร็วระหว่างวิ่งเข้าทางแยกซึ่งไม่เท่ากัน เป็นต้น รวมถึงการเก็บข้อมูลให้มากขึ้น เพื่อสะท้อนความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนกลับรถของยวดยานและค่าเวลาห่างเฉลี่ยออกตัวที่ทางแยกในช่วงเวลาไฟเขียว นอกจากนี้ควรมีการศึกษาในกรณีสถานการณ์อื่นๆ เพิ่มเติม เช่น กรณีฝนตก เวลากลางคืน เป็นต้น เนื่องจากปัจจัยดังกล่าวสามารถส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมรถขับขี้อยู่โดยตรงได้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Benekohal, R.F. and Zhao, W. (2000). "Delay Based passenger car equivalents for trucks at signalized intersections," Transportation research Part A. Vol.34 No.6 : 437-457.
- [2] Chen, P., Nakamura, H., and Asano, M. (2011). "Saturation Flow Rate Analysis for Shared Left-turn Lane at signalized Intersections in Japan." Procedia - Social and Behavioral Sciences. Vol.16 No.1 : 548-559.
- [3] Rahman, M., Okura, I., and Nakamura, F. (2003). "Measuring passenger car equivalents (PCE) for large vehicles at signalized intersections." Journal of Eastern Asia Society for Transportation Studies (EASTS). Vol.5 No.45 : 1223-1233.

- [4] Saha, P., Hossain, Q.S., Mahmud, H.M.I., and Islam, Z. (2009). "Passenger car equivalent (PCE) of through vehicles at signalized intersections in Dhaka Metropolitancy, Bangladesh." International Association of Traffic and Safety Sciences. Vol.33 No.2 : 99-104.
- [5] Sarraj, Y. (2014). "Passenger car equivalents at signalized intersections for heavy and medium trucks and animal driven carts in Gaza, Palestine." International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. Vol.4 No.2 : 80-88.
- [6] SARVI, M. and Ejtemai, O. (2011). "Exploring heavy vehicles car-following behavior." Australasian Transport Research Forum. Vol.72 No.34 : 1-11.
- [7] Wang, X. (2008). Effects of U-turns on capacity at signalized intersections and simulation of U-turning movement by synchro. Ph.D. dissertation, Department Civil. Engineering, South Florida University, South Florida, America.