การศึกษาอัตราการให้บริการสูงสุด สำหรับหรับช่องเก็บค่าผ่านทางรถบรรทุก ในระบบระบบเปิด และระบบปิด

THE STUDY OF MAXIMUM SERVICE RATE OF TRUCK TOLL BOOTH AT BOTH OPENED AND CLOSED SYSTEM

นพคุณ บุญกระพือ[1,*] นิตยามหาชิโนรส[2] และ พฤกษชาติ เผือกพิพัฒน์[3]

[1] อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี
[2,3] นักศึกษาปริญญาตรีสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี
**Corresponding author; E-mail address: noppakun@eng.buu.ac.th*

บทคัดย่อ

หนึ่งในเหตุของปัญหาด้านการติดขัดของการจราจรบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางในช่วงเวลาเร่งด่วนนั้น เกิดจากจำนวนช่องเก็บค่าผ่านทางมีความสามารถในการให้บริการน้อยกว่าปริมาณจราจรที่เข้าใช้บริการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่องเก็บค่าผ่านทางที่เปิดให้บริการสำหรับรถบรรทุก พบว่าในช่วงเวลาที่มีปริมาณรถบรรทุกจำนวนมากเข้าใช้บริการก่อให้เกิดแถวคอยบริเวณหน้าด่านฯ เป็นระยะทางที่ยาว

การศึกษาครั้งนี้ ได้มุ่งเน้นในการวิเคราะห์อัตราการให้บริการสูงสุด (คัน/ชม) ของช่องเก็บค่าผ่านทางสำหรับรถบรรทุก ที่มีอยู่บนระบบเปิดและระบบปิด โดยมีการเก็บสำรวจข้อมูลจากสองหน่วยงาน ได้แก่ กรมทางหลวง และการทางพิเศษแห่งประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่า อัตราการให้บริการสูงสุด จะขึ้นกับสัดส่วนของประเภทรถบรรทุกที่เข้ามาใช้บริการ โดยเมื่อแยกประเภทรถบรรทุก ออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ขนาด 6 ล้อ 10 ล้อ และมากกว่า 10 ล้อ (รถกึ่งพวง และรถพ่วง) พบว่าค่าอัตราการให้บริการสูงสุดสำหรับรถบรรทุกแต่ละประเภท ในระบบเปิด คือ 365, 310, 255, และ 240 คัน/ชั่วโมง ตามลำดับ และ ในระบบปิด คือ 240, 205, 180, และ 165 คัน/ชั่วโมง ตามลำดับ จะพบว่าความสามารถในการระบายรถบรรทุกในระบบเปิดมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบปิดในช่วงระหว่าง 25 – 30 %

คำสำคัญ: อัตราการให้บริการสูงสุด, เวลาเฉลี่ยในการเข้าบริการ, ด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทาง, รถบรรทุก

Abstract

One of the traffic congestion in front of the tollgate is that the traffic demand is higher than the tollgate capacity. In particular, long queues occur in front of the truck toll booth during the truck peak hour. The objective of this study is to determine the maximum service rate of truck toll booth on open and closed toll system. The data were collected from Toll plazas of Department of Highway (DOH) and The Expressway Authority of Thailand (EXAT). The study found that maximum service rates of truck toll booth between open and closed toll system were different, significantly, and they also depended on the both type of trucks and their compositions. The different types of truck were categorised into: 6 wheels, 10 wheels, more than 10 wheels (Semi Trailer and Trailer). Based on types of truck as described, the maximum service rates on open toll system are 365, 310, 255 and 240 veh/hr, respectively, and the maximum service rates on closed toll system are 240, 205, 180, 165 veh/hr, respectively. It is obvious that open toll system could perform the service rate better than the closed toll system.
Key words: Service rate, Service time, Toll booth,

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยได้มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง โดยมีภาคอุตสาหกรรมเป็นพื้นฐานสำคัญที่ช่วยในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ ซึ่งการพัฒนาที่รวดเร็วต้องอาศัยระบบขนส่งที่มีประสิทธิภาพมาช่วยในการขนส่งสินค้า ดังนั้นการเลือกใช้เส้นทางเพื่อให้การขนส่งมีความคล่องตัวและ

รวดเร็วจึงจำเป็นอย่างมาก โดยเส้นทางการขนส่งทางบกที่ได้รับความนิยมในการเลือกใช้เส้นทาง คือ ทางพิเศษ หรือทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง และใช้รถบรรทุกเป็นยานพาหนะหลักในการขนส่ง เนื่องจากรถบรรทุกสามารถบรรจุสินค้าได้ในปริมาณที่มากต่อการขนส่งในแต่ละครั้ง แต่ในหลายช่วงเวลาของวัน มักเกิดปัญหาการติดขัดและเกิดแถวคอยสะสมของรถบรรทุกที่รอชำระค่าธรรมเนียมผ่านทางบริเวณหน้าด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทาง ซึ่งสาเหตุของการเกิดปัญหา อาจมีอยู่หลายปัจจัย เช่น จำนวนช่องเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางไม่เหมาะสมกับสัดส่วนของรถบรรทุก หรือแม้กระทั่งขีดความสามารถในการให้บริการของด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางไม่เพียงพอต่อความต้องการในการเดินทางของยานพาหนะแต่ละประเภท

ด้วยเหตุดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงได้มุ่งเน้นศึกษาอัตราการให้บริการของช่องเก็บค่าผ่านทางสำหรับรถบรรทุก ที่อยู่บนระบบปิด และระบบเปิด เพราะเมื่อทราบค่าอัตราการให้บริการที่ถูกต้องและเหมาะสมแล้วสามารถนำค่าที่ได้จากการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการกำหนดเปิดจำนวนช่องเก็บค่าผ่านทาง ให้เหมาะสมและสอดคล้องกับ จำนวนและสัดส่วนของรถบรรทุกที่เข้าใช้บริการ ณ ด่านเก็บค่าผ่านทาง ส่งผลให้ด่านฯมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและลดระยะของแถวคอยรถบรรทุกที่หน้าด่านฯได้อย่างมาก

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบอัตราการให้บริการ ของช่องเก็บค่าผ่านทางรถบรรทุก โดยแยกพิจารณาตามรถบรรทุกขนาด 6 ล้อ 10 ล้อ และมากกว่า 10 ล้อ (รถกึ่งพวง และรถพ่วง) ณ ด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางในรูปแบบระบบปิด และรูปแบบระบบเปิด

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาอัตราการให้บริการ (คัน/ชั่วโมง) ของรถบรรทุกที่ช่องเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางสำหรับรถบรรทุกทั้งในระบบปิดและระบบเปิด โดยทำการแบ่งแยกอัตราการให้บริการตามการแบ่งประเภทของรถบรรทุก 3 ประเภท ได้แก่ ขนาด 6 ล้อ 10 ล้อ และมากกว่า 10 ล้อ (รถกึ่งพวง และรถพ่วง) โดยใช้ด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางพานทอง (กรมทางหลวง) และด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางพิเศษบางขุนเทียน (การทางพิเศษแห่งประเทศไทย) เป็นกรณีศึกษาสำหรับระบบปิด สำหรับระบบเปิดได้ใช้ ด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางทับช้าง (กรมทางหลวง) และด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางธัญบุรี (กรมทางหลวง) เพื่อหาขีดความสามารถสูงสุดในการให้บริการสำหรับรถบรรทุกแต่ละประเภท ในขณะสภาพของการจราจรบริเวณหน้าด่านฯ อยู่ในสภาวะอิ่มตัว หรือมีสภาพติดขัด

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หน่วยงานที่รับผิดชอบ ด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทาง

ด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางในประเทศไทย จะมีอยู่บนทางหลวงพิเศษ และทางพิเศษ ที่ดูแลรับผิดชอบโดย กรมทางหลวง (Department of Highways : DOH) และ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (Expressway Authority of Thailand : EXAT) ตามลำดับ โดยทั้ง 2 หน่วยงานสังกัดกระทรวงคมนาคม ทำหน้าที่รับผิดชอบดูแล ควบคุม ก่อสร้าง บูรณะ รวมทั้งงานวิจัย และปรับปรุงบำรุงรักษาทางตามเส้นทางที่หน่วยงานนั้นได้รับผิดชอบ ซึ่งระยะทางและอัตราค่าบริการจะเรียกเก็บแตกต่างกันออกไป

2.2 ระบบเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทาง

ปัจจุบันระบบเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางที่ใช้ในประเทศไทย มีรูปแบบการเก็บอัตราค่าบริการอยู่ทั้งหมด 2 รูปแบบคือ ระบบปิด (Closed Toll System) และ ระบบเปิด (Open Toll System)

2.2.1 ระบบปิด (Closed Toll System)

คือ รูปแบบการเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางโดยที่ผู้ใช้ทางต้องรับบัตร Smart Card จากพนักงานที่ด่านเก็บค่าธรรมเนียมที่ต้นทางแล้วมาคืนบัตรพร้อมชำระค่าธรรมเนียมผ่านทางแก่พนักงานที่ปลายทาง ดังแสดงในรูปที่ 2 สำหรับการคิดค่าธรรมเนียมผ่านทางนั้น จะคิดตามระยะทางที่ใช้จริง ดังนั้นระบบนี้เป็นธรรมแก่ผู้ที่เข้ารับบริการ เนื่องจากเก็บค่าบริการตามระยะทางที่ผู้เข้าใช้รับบริการจริง โดยรถที่วิ่งในระยะสั้นจะจ่ายค่าธรรมเนียมผ่านทางที่น้อยกว่ารถที่วิ่งในระยะทางที่ยาวกว่า ข้อเสียของระบบนี้ คือ จะใช้ระยะเวลาในการชำระค่าผ่านทางบริเวณทางออกนานกว่าปกติ เนื่องจาก เนื่องจากอัตราการให้บริการเป็นอัตราที่ไม่คงที่ เจ้าหน้าที่ต้องรับบัตร และทำการตรวจสอบต้นทาง เพื่อคิดราคาค่าผ่านทาง ทำให้เวลาในการใช้บริการนานขึ้น ส่งผลให้ ณ ช่วงเวลาเร่งด่วนที่มีปริมาณจราจรสูง ความยาวแถวคอย หรือ ความล่าช้าที่เกิดขึ้น จะสูงกว่าระบบเปิด

2.2.2 ระบบเปิด (Open Toll System)

คือ รูปแบบการเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางในอัตราที่คงที่ โดยผู้ใช้ทางต้องชำระค่าบริการตามประเภทของยานพาหนะที่เข้ารับบริการ โดยไม่คำนึงถึงระยะทาง ดังแสดงรูปที่ 3 ข้อดีของระบบเปิด คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการผ่านช่องเก็บค่าผ่านทางน้อยกว่าระบบปิด เนื่องด้วย อัตราการให้บริการเป็นอัตราที่คงที่ เจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการทราบอัตราค่าผ่านทางล่วงหน้า ทำให้การเข้ารับบริการได้อย่างรวดเร็ว และทำให้เวลาในการใช้บริการสั้นลง ส่งผลให้ช่วยลดปัญหาบริเวณหน้า อย่างไรก็ตาม ระบบนี้อาจไม่เป็นธรรมแก่ผู้ที่เข้ารับบริการมากนัก ผู้ใช้บริการที่ต้องการเดินทางระยะใกล้ แต่อาจต้องจ่ายค่าบริการเท่ากับผู้ที่รับบริการเดินทางระยะไกล เนื่องจากการเก็บค่าบริการในอัตราเดียวตลอดเส้นทาง

2.3 ประเภทและขนาดของรถบรรทุก

การเข้ารับบริการในช่องเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทาง มีลักษณะของรถบรรทุกที่เข้ามารับบริการหลากหลายรูปแบบ ดังนั้นจึงต้องทำการศึกษาประเภทของรถบรรทุกที่มาใช้บริการช่องเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทาง โดยสามารถจำแนกประเภทตามขนาดและรูปร่างของรถบรรทุก ดังแสดงในรูปที่ 1

1) รถบรรทุก 6 ล้อ

2) รถบรรทุก 10 ล้อ

3) รถกึ่งพ่วง (> 10 ล้อ)

4) รถพ่วง (> 10 ล้อ)

รูปที่ 1 การจำแนกรูปแบบรถบรรทุก ในการหาอัตราการให้บริการในงานวิจัย

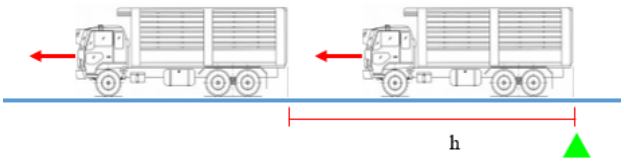
2.4 ตัวแปรด้านการจราจรที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 อัตราการไหล (Flow, q)

อัตราการไหล คือ จำนวนของยานพาหนะที่วิ่งผ่าน จุดที่เรากำหนดในช่วงเวลาที่ทำการศึกษาแสดงหน่วย “คันต่อชั่วโมง” และส่วนกลับของอัตราการไหล ก็คือ เวลาห่าง (Headway, h)

2.4.2 เวลาห่าง (Headway)

เวลาห่าง คือ ระยะห่างของของยานพาหนะที่วิ่งตามกันมา วัดในหน่วยของเวลา โดยวัดจาก กันชนหน้าของรถคันหน้า ถึงกันชนหน้ารถของคันที่วิ่งตามมา ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ช่วงเวลาห่างของเวลาระหว่างยวดยานที่วิ่งตามติดกันมา

2.4.3 อัตราการไหลอิ่มตัว (Saturation Flow)

อัตราการไหลอิ่มตัว คือ อัตราการออกตัวคงที่สูงที่สุดของรถที่จอดหยุดนิ่งผ่านจุดอ้างอิง หน่วยเป็น คัน/ช่วงเวลา สำหรับกรณีศึกษาบริเวณทางแยกสัญญาณไฟ มักใช้เส้นหยุด และวัดค่าในช่วงเวลาไฟเขียว สำหรับการศึกษานี้จะทำการหาค่าตัวแปรนี้ โดยจุดอ้างอิงจะอยู่หลักจากตู้เก็บค่าผ่านทาง และทำการวิเคราะห์ในช่วงเวลาที่มีการติดขัดของรถบรรทุกเป็นระยะทางที่ยาวบริเวณหน้าด่าน ซึ่งเป็นการสภาพการจราจรอิ่มตัวเช่นเดียวกับบริเวณทางแยกสัญญาณไฟ

2.4.4 อัตราการให้บริการ (Service Rate) ของช่องเก็บค่าผ่านทาง

อัตราการให้บริการ คือ จำนวน ยานพาหนะที่ผ่านจุดที่กำหนดในหน่วยให้บริการได้ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา โดยมากแสดงในหน่วย คัน/ชั่วโมง ซึ่งจะเปรียบเทียบได้กับอัตราการไหล โดยสามารถแสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการให้บริการนี้ ในรูปของเวลาในการให้บริการ *(Time Service Rate)* ของยานพาหนะแต่ละคัน ได้เช่นกัน

2.5 สถิติพื้นฐาน

การบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นตัวเลข จะถูกรวมรวบไว้เป็นฐานข้อมูลหรือนำไปวิเคราะห์เพื่อศึกษาต่อโดยการใช้สถิติในการวิเคราะห์พิจารณาเปรียบเทียบข้อเท็จจริงของข้อมูล [1]

2.5.1 ความหมายของสถิติ

สถิติ หมายถึง การเก็บรวบรวมข้อมูลไว้หลายๆข้อมูลเพื่อนำไปทำการวิเคราะห์ โดยจะสรุปและตีความด้วยกระบวนการทางสถิติ

2.5.2 คำนิยามทางสถิติ

- ข้อมูล (Data) คือ ตัวเลขหรือข้อความที่ได้จากการเก็บรวบรวมจากสิ่งที่ต้องการศึกษา โดยข้อมูลที่เป็นตัวเลขจะเรียกว่า ข้อมูลเชิงปริมาณ และเรียกข้อมูลที่เป็นข้อความว่า ข้อมูลเชิงคุณภาพ
- พารามิเตอร์ (Parameters) คือ ค่าเชิงตัวเลขที่บรรยายลักษณะของประชากร
- ประชากร (Population) คือ กลุ่มของข้อมูลที่เราต้องการศึกษาทั้งหมด อาจเป็นกลุ่มของคน สัตว์ หรือกลุ่มของสิ่งอื่นใดก็ได้
- ตัวอย่าง (sample) คือ กลุ่มข้อมูลย่อยของประชากรที่เลือกมาศึกษา เลือกโดยการศึกษาตามทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง เนื่องจากประชากรมีขนาดใหญ่มาก
- ค่าสถิติ (Statistic) คือ ค่าเชิงตัวเลขบรรยายลักษณะของตัวอย่าง

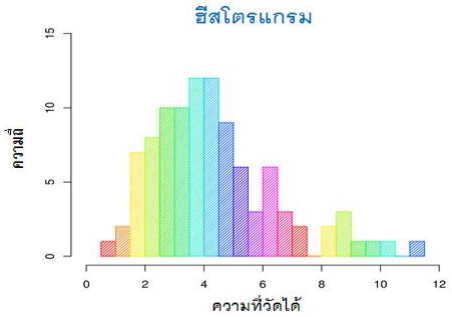
  $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง

  S.D. แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง เป็นต้น
- ค่าเฉลี่ย (mean) คือ ค่าเชิงตัวเลขที่เป็นค่ากลางของข้อมูลทั้งหมด หารด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมด
- มัธยฐาน (median) คือ ค่าของข้อมูลที่มีตำแหน่ง (position) อยู่ตรงกึ่งกลางของข้อมูลทั้งหมดที่ได้จัดเรียงจากน้อยไปหามากหรือจากมากไปหาน้อยเอาไว้แล้วแสดงว่า มัธยฐานจะแบ่งข้อมูลออกเป็นสองส่วน ทำให้ทราบว่ามีจำนวนข้อมูลที่มากกว่าและน้อยกว่าค่านี้อยู่เท่าๆกัน
- ฐานนิยม (mode) คือ ค่าของข้อมูลตัวที่มีความถี่มากที่สุดหรือมีจำนวนครั้งของการซ้ำกันมากที่สุด ในข้อมูลชุดหนึ่งอาจจะมีฐานนิยมหรือไม่มีฐานนิยมก็ได้

2.5.3 การนำเสนอข้อมูลด้วยกราฟแจกแจงความถี่

การนำเสนอข้อมูลนั้นนอกจากจะใช้วิธีการนำเสนอข้อมูลด้วยตารางแจกแจงความถี่แล้ว ยังสามารถที่จะนำเสนอในรูปของกราฟ

- กราฟฮิสโตรแกรม (Histogram) คือ การแสดงความถี่ของข้อมูลด้วยกราฟแท่งให้แกนนอนแทนค่าต่าง ๆ ของข้อมูล และแกนตั้งแทนความถี่ โดยให้ความกว้างของแท่งกราฟแต่ละช่วงของแกนนอนอาจใช้จุดกึ่งกลางชั้นหรือขอบเขตชั้นก็ได้ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภูมิฮิสโตรแกรม

จากการนำข้อมูลมาเขียนเป็นกราฟแจกแจงความถี่อาจจะได้รูปกราฟที่แตกต่างกันตามธรรมชาติของข้อมูล ซึ่งเส้นโค้งความถี่ใช้แสดงลักษณะการกระจายของข้อมูล แบ่งเป็นลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

1) เส้นโค้งปกติ หรือ โค้งสมมาตร (Bell-shaped curve)

ข้อมูลมีลักษณะสมมาตร คือ ลักษณะการแจกแจงความถี่ของข้อมูลที่เบี่ยงเบนจากค่ากลางไปในทางบวกและทางลบพอๆกัน จะมีค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน และค่าฐานนิยมเท่ากัน

2) เส้นโค้งเบ้ขวา (Positively Skewed Curve)

ข้อมูลมีลักษณะเบ้ขวา คือ ลักษณะการแจกแจงความถี่ของข้อมูลที่ส่วนใหญ่มีค่าน้อย จะได้ความสัมพันธ์ดังนี้ ค่าเฉลี่ย > มัธยฐาน > ฐานนิยม

3) เส้นโค้งเบ้ซ้าย (Negatively Skewed Curve)

ข้อมูลมีลักษณะเบ้ซ้าย คือ ลักษณะการแจกแจงความถี่ของข้อมูลที่ส่วนใหญ่มีค่ามาก จะได้ ความสัมพันธ์ดังนี้ ฐานนิยม > มัธยฐาน > ค่าเฉลี่ย

4) เส้นโค้งรูปตัว U (U-shaped curve)

ข้อมูลมีลักษณะรูปตัว U คือ ลักษณะการแจงแจงความถี่ของข้อมูลตรงกันข้ามกับเส้นโค้งปกติ หรือโค้งสมมาตร นั่นคือค่ากลางจะมีจำนวนน้อย และข้อมูลที่มีค่าสูงและต่ำมีจำนวนมาก

5) เส้นโค้งรูปตัว J (J - shaped curve)

ข้อมูลมีลักษณะรูปตัว J คือ ลักษณะการแจงแจงความถี่ของข้อมูลที่ค่ากลางและค่าต่ำจะมีจำนวนน้อย แต่ข้อมูลที่มีค่าสูงมีจำนวนมาก หรือข้อมูลที่ค่ากลางและค่าสูงจะมีจำนวนน้อย แต่ข้อมูลที่มีค่าต่ำมีจำนวนมาก

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาตวามจุและระดับการให้บริการของด่านเก็บค่าผ่านทาง ได้ระบุว่าเมื่อการจราจรอยู่ในสภาวะความจุบริเวณด่านฯ จะพบว่าจะเกิดแถวคอยขึ้น [2] ดังนั้นอัตราการให้บริการสูงสุดจะเกิดขึ้นเมื่อสภาวะหน้าด่านฯมีสภาพอิ่มตัว (Saturated) หรือเกิดแถวคอยขึ้นนั้นเอง ดังแสดงตัวอย่างสภาวะดังกล่าวในรูปที่ 4

รูปที่ 4 รถบรรทุกมีสภาพการจราจรสภาวะอิ่มตัว บริเวณหน้าด่านฯ

การเก็บสำรวจข้อมูลระยะเวลาให้บริการ (service time) [3] บนทางหลวงพิเศษหมายเลข 9 ได้มีการพบว่า บริเวณด่านฯทับช้าง (ระบบเปิด) อัตราการให้บริการ รถ 4 ล้อ มีค่า 558 ± 70 คัน/ชั่วโมง/ช่อง และรถบรรทุก 325 ± 30 คัน/ชั่วโมง/ช่อง และนอกจากนั้น โครงการศึกษาพัฒนาและติดตั้งระบบบริการจัดการช่องจราจรและทดสอบระบบบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทาง [4] ระบุว่าอัตราการให้บริการ รถ 4 ล้อ มีค่า 525 คัน/ชั่วโมง/ช่อง และ รถบรรทุก 290 คัน/ชั่วโมง/ช่อง

จากการศึกษาทั้งสองจะพบว่า การวิเคราะห์อัตราการให้บริการของรถบรรทุกนั้นจะเป็นการเฉลี่ยของอัตราการให้บริการรถบรรทุกขนาดต่างๆ โดยไม่ได้มีการแยกประเภทของรถบรรทุกแต่ละขนาด ซึ่งในงานวิจัยนี้จะได้มีการขยายรายละเอียดในการศึกษาหาอัตราการให้บริการของช่องเก็บค่าผ่านทางรถบรรทุก โดยการวิเคราะห์หาระยะเวลาในการให้บริการ (Service time) และสะท้อนออกมาเป็นอัตราการให้บริการสำหรับรถบรรทุกขนาดต่างๆ

3. วิธีการศึกษา

การศึกษาอัตราการให้บริการ (Service Rate) รถบรรทุกประเภทต่าง ๆ บริเวณด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทาง ทั้งในรูปแบบระบบเปิด (Open System) และระบบปิด (Closed System) ได้ทำการเลือกเก็บรวบรวมข้อมูลจากด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางที่มีปริมาณรถบรรทุกเข้ามารับบริการจำนวนมาก และมีกระแสการจราจรในสภาวะอิ่มตัว คือ เกิดแถวคอยบริเวณหน้าด่านฯมีระยะทางที่ยาวพอสมควร ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4 ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์ถึงสาเหตุ และนำเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาการติดขัดของกระแสจราจรบริเวณหน้าด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทาง เพื่อประเมินแนวทางที่มีความเหมาะสมทางด้านการจราจรและสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับระบบจัดเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

3.1 สถานที่ในการเก็บข้อมูล

ด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางระบบปิด

1) ด่านฯ พานทอง (กรมทางหลวง)

2) ด่านฯ บางขุนเทียน (การทางพิเศษแห่งประเทศไทย)

ด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางระบบเปิด

1) ด่านฯ ทับช้าง (กรมทางหลวง)

2) ด่านฯ ธัญบุรี (กรมทางหลวง)

3.2 วิธีการเก็บข้อมูล

ในการสำรวจข้อมูล จะทำการเก็บข้อมูลเวลาห่าง (Headway) ของรถบรรทุกที่วิ่งผ่านช่องเก็บค่าผ่านทาง โดยข้อมูลเวลาในการเข้ารับบริการช่องเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางของรถบรรทุกแต่ละคัน จะดำเนินการจับเวลาอ้างอิงที่ท้ายรถบรรทุกคันแรกถึงท้ายรถบรรทุกอีกคันที่ขับตามหลังมา ข้อมูลที่ได้จะเป็นเวลาการเข้ารับบริการของรถบรรทุกคันที่ขับตามหลังมา เหตุผลที่จับเวลาอ้างอิงที่ท้ายรถบรรทุกถึงท้ายรถบรรทุก เพราะว่ารถบรรทุกเป็นยานพาหนะขนาดใหญ่ มีความความแตกต่างของความยาวรถค่อนข้างมาก ดังนั้นการเคลื่อนที่ผ่านจุดอ้างอิงใด ๆ ความยาวรถย่อมมีผลโดยตรงต่อเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ด้วยเช่นกัน โดยวิธีการเก็บข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : เมื่อกระแสจราจรอยู่ในสภาวะอิ่มตัว เริ่มจับเวลาเมื่อท้ายรถบรรทุกคันแรก (Truck A) เคลื่อนที่มาถึงตำแหน่งเส้นที่ได้อ้างอิงไว้ ในขณะเดียวกันรถบรรทุกลำดับถัดไป (Truck B) เคลื่อนที่เข้ามาจอดเพื่อชำระค่าผ่านทาง ดังรูปที่ 5

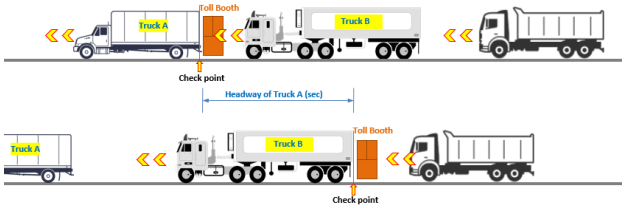
รูปที่ 5 การเริ่มจับเวลาอ้างอิง

ขั้นตอนที่ 2 : ปล่อยเวลาให้เดินอย่างต่อเนื่อง กระทั่งท้ายรถบรรทุกที่ชำระค่าผ่านทางแล้วมาถึงจุดอ้างอิง จึงทำการบันทึกเวลาของรถบรรทุกคันดังกล่าว (Truck B) ดังรูปที่ 6

รูปที่ 6 การแบ่งรอบเวลา

ขั้นตอนที่ 3 : ทำการจดบันทึกระยะเวลาของรถบรรทุกแต่ละคันต่อเนื่องจนสิ้นสุดสภาวะการไหลแบบอิ่มตัว โดยข้อมูลช่วงเวลาห่างที่ได้จะถูกแบ่งแยกตามประเภทของรถบรรทุก เพื่อวิเคราะห์หาอัตราการให้บริการสูงสุดของรถบรรทุกแต่ละประเภท

โดยแสดงภาพรวมตัวอย่างของการหาระยะเวลาห่าง หรือ เวลาในการให้บริการ (Time service rate) ของรถบรรทุกประเภทกึ่งพวง (Truck B) ที่มีจำนวนล้อมากกว่า 10 ล้อ แสดงดังในรูปที่ 7



รูปที่ 7 การหาค่าเวลาห่างของรถบรรทุก แต่ละประเภท

โดยการรวบรวมข้อมูลระยะเวลาห่าง หรือ เวลาในการให้บริการ (Time service rate) ของรถบรรทุก ของแต่ละประเภท ภายใต้สภาวะอิ่มตัว จากด่านเก็บค่าผ่านทางต่างๆ ที่ได้กล่าวมา ผลลัพท์ที่ได้ จะเป็นค่าที่แสดงของรถบรรทุกแต่ละขนาด ได้แก่ 6 ล้อ, 10 ล้อ, มากกว่า 10 ล้อ (กึ่งพ่วง และพ่วง) ผลที่ตรวจวัดได้ จะถูกนำไปเปรียบเทียบกันระหว่างด่านฯในระบบเปิดด้วยกัน และระหว่างด่านฯในระบบเปิด และระบบปิด โดยสมมุติฐานที่ตั้งไว้ คือ ระบบเดียวกัน จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะ ถ้าระบบเก็บค่าผ่านทางต่างระบบกัน ควรมีค่าอัตราการให้บริการที่ต่างกัน

โดยข้อมูลและค่าที่ตรวจวัดได้จะเป็นตัวสะท้อนถึงอัตราการให้บริการสูงสุด (Maximum Service rate) แยกตามประเภทของรถบรรทุก และการที่จะทราบค่าอัตราการให้บริการของช่องเก็บค่าผ่านทางรถบรรทุกนั้น จะต้องทราบสัดส่วนของรถบรรทุกขนาดต่างๆที่วิ่งเข้ามาใช้บริการ

4. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

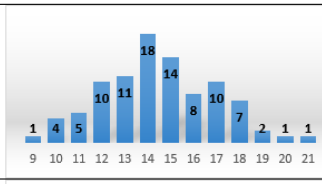
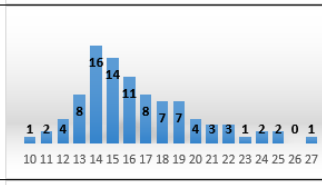
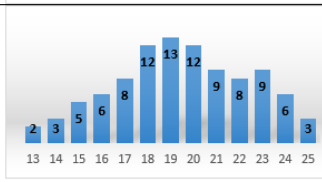
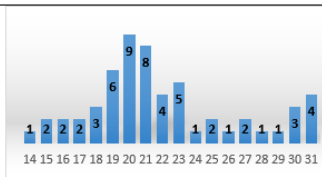
4.1 ผลการสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางระบบปิด

จากข้อมูลการสำรวจปริมาณรถบรรทุกของด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางรูปแบบระบบปิด ผู้วิจัยได้ทำการบันทึกเวลาการเข้ารับบริการของรถบรรทุกแยกประเภทจำนวน 100 คัน ยกเว้นรถพ่วง ทำการบันทึกระยะเวลาจำนวน 60 คัน เนื่องจากปริมาณรถพ่วงเข้ารับบริการจำนวนน้อย โดยการหาค่า headway จับเวลาอ้างอิงที่ท้ายรถบรรทุกคันแรกถึงท้ายรถบรรทุกอีกคันหนึ่งที่ขับตามมา ผลที่ได้จากการเก็บข้อมูล ณ ด่านฯ ที่มีระบบเก็บค่าผ่านทางระบบปิด ของหน่วยงานกรมทางหลวง และการทางพิเศษแห่งประเทศไทย แสดงในตารางที่ 1-4

ตารางที่ 1 ข้อมูลช่วงระยะเวลาที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ของด่านฯ พานทอง (กรมทางหลวง)

ตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์	จำนวนระยะเวลาการเข้ารับบริการของรถบรรทุก			
	รถบรรทุก 6 ล้อ	รถบรรทุก 10 ล้อ	รถกึ่งพ่วง	รถพ่วง
Minimum	8.99	9.16	12.52	13.69
Maximum	26.51	33.82	39.4	32.76
Mean	14.70	16.82	19.52	21.92
SD	3.45	5.22	3.49	4.69
$\bar{X}$+ 1.96 SD	7.93	6.60	12.68	12.73
$\bar{X}$- 1.96 SD	21.48	27.05	26.36	31.11
ช่วงเชื่อมั่น95%	7.93 ≤ t ≤ 21.48	6.60≤ t ≤ 27.05	12.68≤ t ≤ 26.36	12.73 ≤ t ≤ 31.11

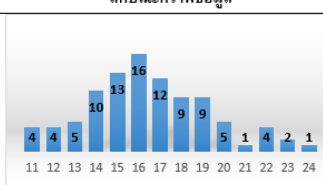
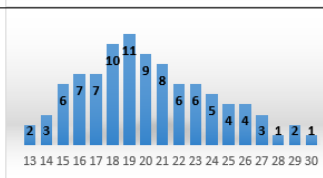
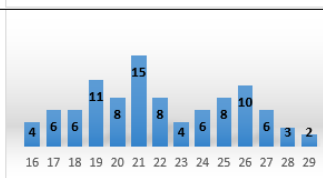
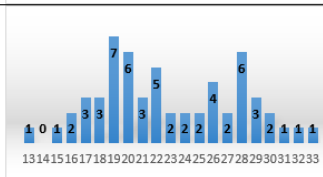
ตารางที่ 2 กราฟฮิสโตรแกรมแสดงเวลาเข้ารับบริการของรถบรรทุกด่านฯ พานทอง (กรมทางหลวง)

ประเภทรถ	ด่านฯ พานทอง	
	ลักษณะกราฟข้อมูล	คำอธิบาย
รถบรรทุก 6 ล้อ		ลักษณะโค้งเบ้ไปทางขวาแสดงว่าการแจกแจงความถี่ของข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าระยะเวลาที่น้อย โดย ช่วงความถี่ที่มากที่สุดคือ 12-14 วินาที
รถบรรทุก 10 ล้อ		ลักษณะโค้งเบ้ไปทางขวาแสดงว่าการแจกแจงความถี่ของข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าระยะเวลาที่น้อย โดย ช่วงความถี่ที่มากที่สุดคือ 13-15 วินาที
รถกึ่งพ่วง		ลักษณะค่อนข้างโค้งสมมาตร แสดงว่าการแจกแจงความถี่ของข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าเบี่ยงเบนจากค่ากลางไปในทางบวกและทางลบที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ช่วงความถี่ที่มากที่สุดคือ17-19 วินาที
รถพ่วง		ลักษณะโค้ง 2 ยอด แสดงว่าการแจกแจงความถี่ข้อมูลมีค่าระยะเวลาการเข้ารับบริการที่กระจายตัวมาก จึงเกิดช่วงความถี่หลายตำแหน่ง

ตารางที่ 3 ข้อมูลช่วงระยะเวลาที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ของด่านฯ บางขุนเทียน (การทางพิเศษแห่งประเทศไทย)

ตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์	จำนวนระยะเวลาการเข้ารับบริการของรถบรรทุก			
	รถบรรทุก 6 ล้อ	รถบรรทุก 10 ล้อ	รถกึ่งพ่วง	รถพ่วง
Minimum	10.11	11.02	15.08	12.9
Maximum	30.17	36.96	29.03	34.15
Mean	16.40	20.16	21.75	22.87
SD	3.58	4.57	3.55	5.19
$\bar{X}$+ 1.96 SD	9.39	11.19	14.79	12.70
$\bar{X}$- 1.96 SD	23.40	29.12	28.71	33.04
ช่วงเชื่อมั่น95%	9.39 ≤ t ≤ 23.40	11.19 ≤ t ≤ 29.12	14.79 ≤ t ≤ 28.71	12.70 ≤ t ≤ 33.04

ตารางที่ 4 กราฟฮิสโตรแกรมแสดงเวลาเข้ารับบริการของรถบรรทุกด่านฯ บางขุนเทียน (การทางพิเศษแห่งประเทศไทย)

ประเภทรถ	ด่านฯ บางขุนเทียน	
	ลักษณะกราฟข้อมูล	คำอธิบาย
รถบรรทุก 6 ล้อ		ลักษณะโค้งเบ้ไปทางขวาแสดงว่าการแจกแจงความถี่ของข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าระยะเวลาที่น้อย โดย ช่วงความถี่ที่มากที่สุดคือ 18-20 วินาที
รถบรรทุก 10 ล้อ		ลักษณะโค้งเบ้ไปทางขวาแสดงว่าการแจกแจงความถี่ของข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าระยะเวลาที่น้อย โดย ช่วงความถี่ที่มากที่สุดคือ 17-19 วินาที
รถกึ่งพ่วง		ลักษณะโค้ง 2 ยอด แสดงว่าการแจกแจงความถี่ข้อมูลมีค่าระยะเวลาการเข้ารับบริการที่กระจายตัวมาก จึงเกิดช่วงความถี่หลายตำแหน่ง
รถพ่วง		ลักษณะโค้ง 2 ยอด แสดงว่าการแจกแจงความถี่ข้อมูลมีค่าระยะเวลาการเข้ารับบริการที่กระจายตัวมาก จึงเกิดช่วงความถี่หลายตำแหน่ง

จากผลที่ได้จากการสำรวจข้อมูลจะพบว่า ด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางระบบปิด มีค่าอัตราการให้บริการสูงสุดของช่องเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางสำหรับรถบรรทุกขนาด 6 ล้อ 10 ล้อ รถกึ่งพวง และรถพ่วง คือ 257, 225, 190, และ 167 คัน/ชั่วโมง ตามลำดับ ในด่านฯ พานทอง (กรมทางหลวง) และ 227, 183, 167, และ 164 คัน/ชั่วโมง ตามลำดับ ในด่านฯ บางขุนเทียน (การทางพิเศษแห่งประเทศไทย)

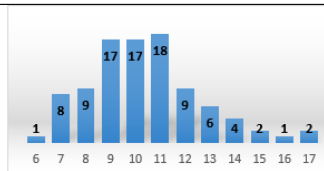
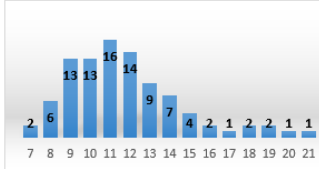
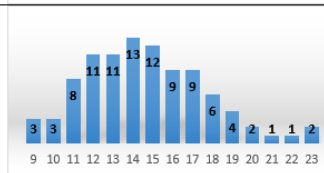
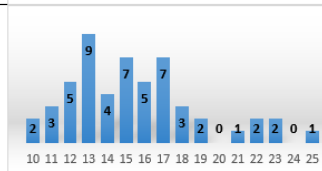
4.2 ผลการสำรวจข้อมูลด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางระบบเปิด

จากข้อมูลการสำรวจปริมาณรถบรรทุกของด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางรูปแบบระบบเปิด ผู้วิจัยได้ทำการจับเวลาการเข้ารับบริการของรถบรรทุกแยกประเภทจำนวน 100 คัน ยกเว้นรถพ่วง ทำการจับระยะเวลา 60 คัน เนื่องจากปริมาณรถพ่วงเข้ารับบริการจำนวนน้อย โดยการหาค่า headway จับเวลาอ้างอิงที่ท้ายรถบรรทุกคันแรกถึงท้ายรถบรรทุกอีกคันหนึ่งที่ขับตามมา

ตารางที่ 5 ข้อมูลช่วงระยะเวลาที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ของด่านฯ ทับช้าง (กรมทางหลวง)

ตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์	จำนวนระยะเวลาการเข้ารับบริการของรถบรรทุก			
	รถบรรทุก 6 ล้อ	รถบรรทุก 10 ล้อ	รถกึ่งพ่วง	รถพ่วง
Minimum	5.5	6.01	8.51	9.81
Maximum	22.53	32.92	37.47	29.06
Mean	10.44	12.06	14.71	16.16
SD	3.38	4.45	4.14	4.93
$\bar{X}$+ 1.96 SD	3.82	3.34	6.59	6.50
$\bar{X}$- 1.96 SD	17.06	20.79	22.82	25.82
ช่วงเชื่อมั่น 95%	3.82 ≤ t ≤ 17.06	3.34 ≤ t ≤ 20.79	6.59 ≤ t ≤ 22.82	6.50 ≤ t ≤ 25.82

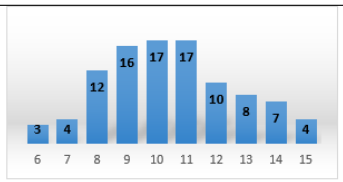
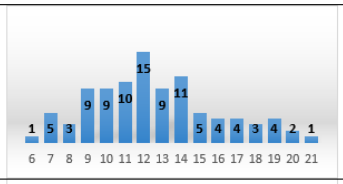
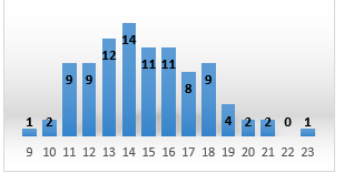
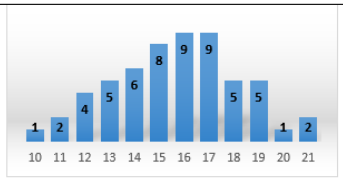
ตารางที่ 6 กราฟฮิสโตรแกรมแสดงเวลาเข้ารับบริการของรถบรรทุกด่านฯ ทับช้าง (กรมทางหลวง)

ประเภทรถ	ด่านฯ ทับช้าง	
	ลักษณะกราฟข้อมูล	คำอธิบาย
รถบรรทุก 6 ล้อ		ลักษณะโค้งเบ้ไปทางขวา แสดงว่าการแจกแจงความถี่ของข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าระยะเวลาการเข้ารับบริการที่น้อยโดย ช่วงความถี่ที่มากที่สุดคือ 9-11 วินาที
รถบรรทุก 10 ล้อ		ลักษณะโค้งเบ้ไปทางขวา แสดงว่าการแจกแจงความถี่ของข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าระยะเวลาการเข้ารับบริการที่น้อยโดย ช่วงความถี่ที่มากที่สุดคือ 10-12 วินาที
รถกึ่งพ่วง		ลักษณะโค้งเบ้ไปทางขวา แสดงว่าการแจกแจงความถี่ของข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าระยะเวลาการเข้ารับบริการที่น้อยโดย ช่วงความถี่ที่มากที่สุดคือ 13-15 วินาที
รถพ่วง		ลักษณะโค้ง 2 ยอด แสดงว่าการแจกแจงความถี่ข้อมูลมีค่าระยะเวลาการเข้ารับบริการที่กระจายตัวมาก จึงเกิดช่วงความถี่หลายตำแหน่ง

ตารางที่ 7 ข้อมูลช่วงระยะเวลาที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ของด่านฯ ธัญบุรี (กรมทางหลวง)

ตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์	จำนวนระยะเวลาการเข้ารับบริการของรถบรรทุก			
	รถบรรทุก 6 ล้อ	รถบรรทุก 10 ล้อ	รถกึ่งพ่วง	รถพ่วง
Minimum	5.24	5.94	8.84	8.92
Maximum	23.03	28.62	33.23	24.97
Mean	10.07	12.54	14.79	15.29
SD	2.56	4.66	4.03	3.05
$\bar{X}$+ 1.96 SD	5.05	3.41	6.88	9.31
$\bar{X}$- 1.96 SD	15.09	21.67	22.69	21.27
ช่วงเชื่อมั่น95%	5.05 ≤ t ≤ 15.09	3.41 ≤ t ≤ 21.67	6.88 ≤ t ≤ 22.69	9.31 ≤ t ≤ 21.27

ตารางที่ 8 กราฟฮิสโตรแกรมแสดงเวลาเข้ารับบริการของรถบรรทุกด่านฯ ธัญบุรี (กรมทางหลวง)

ประเภทรถ	ด่านฯ ธัญบุรี	
	ลักษณะกราฟข้อมูล	คำอธิบาย
รถบรรทุก 6 ล้อ		ลักษณะโค้งสมมาตร แสดงว่าการแจกแจงความถี่ของข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าเบี่ยงเบนจากค่ากลางไปในทางบวกและทางลบที่ใกล้เคียงกัน ช่วงความถี่ที่มากที่สุดคือ 9-11 วินาที
รถบรรทุก 10 ล้อ		ลักษณะโค้ง 2 ยอด แสดงว่าการแจกแจงความถี่ข้อมูลมีค่าระยะเวลาการเข้ารับบริการที่กระจายตัวมาก จึงเกิดช่วงความถี่หลายตำแหน่ง
รถกึ่งพ่วง		ลักษณะค่อนข้างโค้งสมมาตร แสดงว่าการแจกแจงความถี่ของข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าเบี่ยงเบนจากค่ากลางไปในทางบวกและทางลบที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ช่วงความถี่ที่มากที่สุดคือ13-15 วินาที
รถพ่วง		ลักษณะโค้งเบ้ไปทางซ้าย แสดงว่าการแจกแจงความถี่ของข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าระยะเวลาการเข้ารับบริการที่มากโดย ช่วงความถี่ที่มากที่สุดคือ 16-18 วินาที

ผลการวิจัยพบว่า ด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางระบบเปิด มีค่าอัตราการให้บริการสูงสุดของช่องเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางสำหรับรถบรรทุกขนาด 6 ล้อ 10 ล้อ รถกึ่งพวง และรถพ่วง คือ 366, 321, 255, และ 249 คัน/ชั่วโมง ตามลำดับ ในด่านฯ ทับช้าง (กรมทางหลวง) และ 363, 299, 253, และ 237 คัน/ชั่วโมง ตามลำดับ ในด่านฯ บางขุนเทียน (กรมทางหลวง)

5. สรุป

จากการศึกษาอัตราการให้บริการสูงสุดของช่องเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางสำหรับรถบรรทุก ในระยะเวลา 1 ชั่วโมง ช่วงกระแสการจราจรอิ่มตัว สามารถสรุปได้ ดังนี้

ตารางที่ 9 สรุปอัตราการให้บริการสูงสุดสำหรับรถบรรทุก

ประเภท	ระบบปิด			
	กรมทางหลวง		การทางพิเศษ	
	ด่านพานทอง		ด่านบางขุนเทียน	
	ระยะเวลาเฉลี่ยในการเข้าบริการ (วินาที/คัน)	อัตราการให้บริการสูงสุด (คัน/ชั่วโมง)	ระยะเวลาเฉลี่ยในการเข้าบริการ (วินาที/คัน)	อัตราการให้บริการสูงสุด (คัน/ชั่วโมง)
รถบรรทุก 6 ล้อ	14.02	257	15.92	227
รถบรรทุก10ล้อ	16.02	225	19.73	183
รถกึ่งพ่วง	19.00	190	21.53	167
รถพ่วง	21.62	167	22.02	164
ประเภท	ระบบเปิด			
	กรมทางหลวง			
	ด่านทับช้าง		ด่านธัญบุรี	
	ระยะเวลาเฉลี่ยในการเข้าบริการ (วินาที/คัน)	อัตราการให้บริการสูงสุด (คัน/ชั่วโมง)	ระยะเวลาเฉลี่ยในการเข้าบริการ (วินาที/คัน)	อัตราการให้บริการสูงสุด (คัน/ชั่วโมง)
รถบรรทุก 6 ล้อ	9.86	366	9.94	363
รถบรรทุก10ล้อ	11.23	321	12.05	299
รถกึ่งพ่วง	14.17	255	14.27	253
รถพ่วง	14.49	249	15.23	237

จากตารางที่ 9 สามารถเรียบเรียงและอธิบายเป็นข้อสรุปได้ ดังนี้

1) ด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางในรูปแบบระบบเปิดของกรมทางหลวง (ด่านทับช้าง กับ ด่านธัญบุรี) มีอัตราการให้บริการรถบรรทุกที่ใกล้เคียงกัน โดยทั้ง 2 ด่าน อยู่ในหน่วยงานรับผิดชอบเดียวกัน ส่งผลให้มีประสิทธิภาพการให้บริการไม่แตกต่างกัน

2) ด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางในรูปแบบระบบเปิดและระบบปิดของกรมทางหลวง (ด่านธัญบุรีกับ ด่านพานทอง) พบว่า อัตราการให้บริการสูงสุดของรถบรรทุกของด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางในรูปแบบระบบเปิด (ด่านธัญบุรี) มีปริมาณที่มากกว่ารูปแบบระบบปิด (ด่านพานทอง) จากหน่วยงานเดียวกัน ส่งผลให้มีประสิทธิภาพการให้บริการที่แตกต่างกันอย่างมีนัยยะ เพราะด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางในรูปแบบระบบเปิดจะชำระค่าบริการอัตราคงที่จึงสามารถระบายรถได้ดีกว่าระบบปิด เนื่องจากระบบปิดต้องมีการตรวจสอบราคาค่าธรรมเนียมผ่านทางที่แปรผันตามระยะทางที่ใช้บริการ เป็นไปตามข้อสมมติฐานที่ตั้งไว้

3) ด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางในรูปแบบระบบปิดของกรมทางหลวง และระบบปิดของการทางพิเศษ (ด่านฯ พานทอง กับ ด่านฯ บางขุนเทียน) จะสังเกตเห็นได้ว่าอัตราการให้บริการสูงสุดของรถบรรทุกของด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางในรูปแบบระบบปิด (ด่านพานทอง) ของกรมทางหลวง มีปริมาณมากกว่ารูปแบบระบบปิด (ด่านบางขุนเทียน) ของการทางพิเศษ อย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้ด่านฯ พานทอง (กรมทางหลวง) มีประสิทธิภาพการให้บริการรถบรรทุกสูงด่านฯ บางขุนเทียน อย่างไรก็ตามด้วยข้อจำกัดด้านเวลาและข้อจำนวนข้อมูลที่ได้ อาจยังไม่เพียงพอในการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างหน่วยงานได้ชัดเจนนัก ควรมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมก่อนมีการสรุปผลในหัวข้อนี้

สำหรับการวิเคราะห์หาอัตราการให้บริการของช่องเก็บค่าผ่านทางรถบรรทุกนั้น จะแตกต่างจากช่องเก็บค่าผ่านทางรถยนต์ เนื่องจากขนาดของรถบรรทุกที่แตกต่างกันมาก ส่งผลให้ค่าอัตราการให้บริการสำหรับช่องรถบรรทุก จะต้องทราบสัดส่วนของรถบรรทุกแต่ละประเภท เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาอัตราการให้บริการสูงสุดได้

6. ข้อเสนอแนะ

1) ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการศึกษามีจำนวนค่อนข้างจำกัด การใช้อุปกรณ์ตรวจวัดการจราจร เช่นอุปกรณ์ที่การบันทึกระยะเวลาห่างได้ จะช่วยให้ได้ข้อมูลจำนวนที่มากขึ้น

2) การวิเคราะห์ จำนวนช่องเก็บค่าผ่านทางที่เหมาะสม ควรมีการคำนึงถึงขนาดและสัดส่วนของรถบรรทุกขนาดต่างๆ เพราะระยะเวลาในการให้บริการของรถบรรทุกขนาดต่างๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยยะ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา โดยทุนอุดหนุนวิจัยและพัฒนาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เลขที่ 54/2553 และผู้วิจัยขอพระขอบคุณ กรมทางหลวงและการทางพิเศษแห่งประเทศไทย ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์สถานที่เพื่อเข้าทำการเก็บสำรวจข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

[1] รศ.ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2553). *เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย*. พิมพ์ครั้งที่12. นนทบุรี. บริษัทไทเนรมิตกิจ อินเตอร์ โปรเกรสซิฟ จำกัด

[2] T.H. Woo, L.H. Hoel. (1991) Toll Plaza Capacity and Level of Service. *Transportation Research Record*, 1320 pp. 119-127.

[3] ธีรพจน์ ศิริไพโรจน์ เอกชัย สุมาลี และ สุวิชาณ สุระบาล (2559) งานศึกษาด้านจราจรเพื่อจัดทำแผนแม่บทด้านการพัฒนาระบบจัดเก็บค่าธรรมเนียมบนทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ* ปีที่ 11 ฉบับที่ 1

[4] โครงการศึกษาพัฒนาและติดตั้งระบบบริการ จัดการช่องจราจรและทดสอบระบบบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทาง ทับช้าง (ขาเข้า) บนทางหลวงพิเศษหมายเลข 9 (2557), *รายงานฉบับสมบูรณ์*, กรมทางหลวง