การพัฒนาสมการในการประมาณค่าความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจรในประเทศไทย โดยวิธีวัดค่าความจุสูงสุดจากแบบจำลองการจราจร

Development of equations to estimate the capacity of two-lane rural highways in Thailand by measuring the maximum capacity using the traffic model

วุฒิไกร ไชยปัญหา[1], ปฏิภาณ แก้ววิเชียร[2]
Wuttikrai Chaipanha[1], Patiphan Kaewwichian[2]

Received: 18 May 2020 ; Revised: 14 July 2020 ; Accepted: 31 July 2020

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลกระทบจากสัดส่วนรถจักรยานยนต์ สัดส่วนยวดยานขนาดใหญ่ และการกระจายปริมาณจราจรต่อทิศทาง ที่มีอิทธิพลต่อความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจร และพัฒนาแบบจำลองสมการในการประมาณค่าความจุ โดยใช้วิธีวัดค่าความจุสูงสุดจากการประมวลผลด้วยแบบจำลองสภาพการจราจร ผลการศึกษาพบว่า ทางหลวงชนบทหมายเลข ขก.2009 ซึ่งเป็นช่วงถนนตัวแทนในการศึกษานี้มีค่าความจุสูงสุด (รวมสองทิศทาง) เท่ากับ 3,648 pc/h ซึ่งสูงกว่าค่าความจุสูงสุดตามวิธีของ HCM2010 ที่ระบุไว้เท่ากับ 3,200 pc/h และสามารถพัฒนาสมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้นสำหรับใช้ในการประมาณค่าความจุที่ได้จากความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลกระทบดังสมการ Capacity=3400.825-57.063M-13.525H โดยสัดส่วนรถจักรยานยนต์ (M) เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลและผลกระทบต่อความจุสูงสุด รองลงมาคือสัดส่วนยวดยานขนาดใหญ่ (H) ในขณะที่การกระจายปริมาณจราจรต่อทิศทางไม่มีนัยสำคัญทางสถิติหรือเป็นอิสระกับค่าความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจร

คำสำคัญ: ความจุ แบบจำลองสภาพการจราจร ทางหลวงชนบท สองช่องจราจร

Abstract

The objectives of this study were to evaluate the effect of motorcycle proportion, heavy vehicle proportion, and directional split of traffic volume on the capacity of DRR two-lane rural highways and to develop a mathematic model to estimate maximum capacity by using the traffic model. The results showed that DRR No.KorGor.2009, which was the model road used in this study, had the highest capacity (both directions) equaled 3,648 pc/h, and it can be seen that it was higher than the maximum capacity according to the method specified by HCM2010 which equals 3,200 pc/h. Moreover, a linear multiple regression model was developed to estimate the capacity, on the highway as Capacity=3400.825-57.063M-13.525H where the proportion of motorcycles (M) was the most influential factor affecting the capacity, followed by proportion of heavy vehicles (H), while the directional split was not statistically significant or independent from the capacity of the DRR two-lane rural highway.

Keywords: Capacity, Traffic model, DRR, two-lane, rural, highway

[1] อาจารย์, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น 40000

[1] Lecturer, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen Campus, Khon Kaen, 40000

* Corresponding author ; Patiphan Kaewwichian, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen Campus, Khon Kaen, 40000, Thailand. patikaew@gmail.com

บทนำ

การประมาณค่าความจุของช่วงถนนหรือทางหลวงนับเป็นข้อมูลที่สำคัญในการประเมินสภาพการจราจรในปัจจุบัน และช่วยในการตัดสินใจเพื่อปรับปรุงโครงข่ายถนนหรือทางหลวงที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เช่น การขยายช่องจราจร การปรับปรุงเครื่องมือและอุปกรณ์ควบคุมการจราจร การจัดช่องทางพิเศษ และการวางแผนเชิงนโยบายอื่นๆ เป็นต้น

โดยวิธีการหลักในการประมาณค่าความจุของทางหลวงสำหรับประเทศไทย คือ การใช้แนวทางจากคู่มือการวิเคราะห์ความจุทางหลวงหรือ Highway Capacity Manual (HCM) แต่เนื่องจากวิธี HCM เป็นคู่มือที่ถูกพัฒนาขึ้นในต่างประเทศ การประยุกต์ใช้งานโดยตรงกับทางหลวงในประเทศไทยที่มีลักษณะการจราจรเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวจะทำให้ผลการประเมินความจุของทางหลวงจากวิธี HCM ขาดความสมเหตุสมผลได้ สาเหตุหลายประการที่ทำให้วิธี HCM ไม่สามารถประยุกต์ใช้งานได้โดยตรง เช่น สัดส่วนของรถจักรยานยนต์และยวดยานที่ขับเคลื่อนโดยไม่ใช้เครื่องยนต์ที่สูง (Tiwari *et al*., 2008) รวมทั้งพฤติกรรมในการขับขี่สภาพแวดล้อม และลักษณะทางกายภาพของทางหลวงที่มีความแตกต่างจากเงื่อนไขในการวิเคราะห์ของวิธี HCM เป็นต้น (ปิยวัฒน์ ทองเกรียว, 2556 ; Tanwanichkul *et al*., 2013)

หนึ่งในประเภทของทางหลวงซึ่งแบ่งตามพระราชบัญญัติทางหลวง พ.ศ. 2535 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติทางหลวง (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2549 คือ ทางหลวงชนบท ซึ่งอยู่ในความรับผิดชอบของกรมทางหลวงชนบท โดยทางหลวงชนบททำหน้าที่เป็นโครงข่ายรองในการสนับสนุนการคมนาคมขนส่งกับโครงข่ายถนนหลักอย่างทางหลวงแผ่นดิน สนับสนุนการท่องเที่ยว การพัฒนาชายแดน การพัฒนาเมืองอย่างบูรณาการและยั่งยืน แก้ไขปัญหาจราจร ทางเลี่ยง ทางลัด รวมทั้งเป็นทางหลวงท้องถิ่นให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (กรมทางหลวงชนบท, 2563) ปัจจุบันทางหลวงชนมีมากว่า 3,200 สายทาง ระยะทางในความรับผิดชอบรวม 48,031.391 กิโลเมตร (สำนักบำรุงทาง กรมทางหลวงชนบท, 2563) ทั้งนี้ทางหลวงชนบทส่วนใหญ่ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นทำหน้าที่เชื่อมโยงการเดินทางระหว่างชุมชนและหมู่บ้าน จึงมีมาตรฐานชั้นทางที่ไม่สูงมากนักหรือเป็นเพียงถนนขนาด 2 ช่องจราจร ไหล่ทางกว้างไม่เกิน 1.0 เมตร

การประเมินประสิทธิภาพในการรองรับการจราจรที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและอนาคตของโครงข่ายทางหลวงชนบทที่กล่าวมาข้างต้นนี้จึงมีความสำคัญอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ในการประกอบการพิจารณาขยายช่องจราจรหรือแม้กระทั่งการออกแบบแนวเส้นทางใหม่เพื่อรองรับปริมาณจราจรที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งนับวันจะมีแนวโน้มโครงการพัฒนาและปรับปรุงโครงข่ายทางหลวงชนบทให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นในลักษณะเช่นนี้เพิ่มจำนวนมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง

อย่างไรก็ตามด้วยพฤติกรรมการขับขี่และลักษณะการจราจรเฉพาะตัวของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งพฤติกรรมการขับขี่ของรถจักรยานยนต์เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลอย่างมากที่ทำให้การประมาณค่าความจุโดยใช้วิธี HCM เกิดความคลาดเคลื่อนไปจากสภาพความเป็นจริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อจักรยานยนต์ต้องขับขี่บนทางสัญจรหลักของถนนหรือทางหลวงร่วมกับยวดยานประเภทอื่นๆ (Figure 1) เมื่อไหล่ทางมีความกว้างไม่เพียงพอให้รถจักรยานยนต์ขับขี่ได้อย่างปลอดภัย (Federal Highway Administration, 2014) ความกว้างของไหล่ทางมีผลกระทบอย่างมากต่อการให้บริการจราจรและความจุของทางหลวง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับช่วงถนนที่ใช้ความเร็วสูงซึ่งปฏิสัมพันธ์ระหว่างความกว้างของไหล่ทางกับองค์ประกอบด้านเรขาคณิต และความกว้างของช่องจราจรหลักล้วนมีผลต่อการให้บริการจราจร (Hussain *et al*., 2005) ความกว้างอย่างน้อยที่ต้องการในการขับขี่บนช่องทางจักรยานยนต์อย่างปลอดภัย (Operating Space) สำหรับความเร็วเฉลี่ย 60 กม./ชม. เท่ากับ 1.3 เมตร

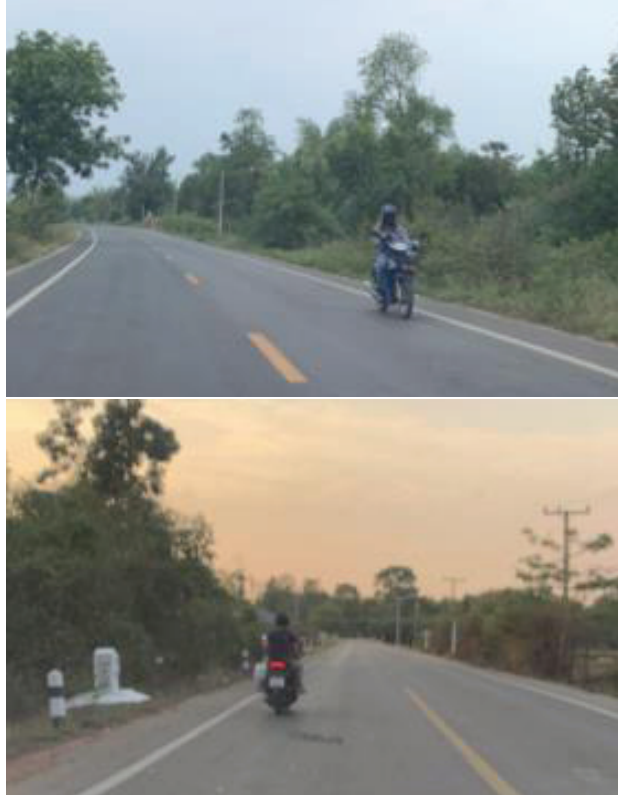


Figure 1 Motorcycle driving behavior on the carriage way

งานวิจัยนี้ได้ทำการประมาณค่าความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจรนอกเมือง ซึ่งมีความกว้างของไหล่ทางไม่เกิน 1.0 เมตร ด้วยวิธีการประมาณค่าความจุแบบทางอ้อม หรือ Indirect-Empirical Method ซึ่งเป็นอีกวิธีการหนึ่งในการประมาณค่าความจุของช่วงถนน โดยเลือกใช้แนวทางในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจร (Traffic Model) ซึ่งมีประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางในการจำลองการเคลื่อนที่ของยวดยานได้อย่างละเอียด สามารถจำลองพฤติกรรมการขับขี่ได้เสมือนจริง รวมทั้งสามารถจำลองลักษณะสภาพการจราจรภายใต้ปริมาณจราจรที่แตกต่างกันและพฤติกรรมของผู้ขับขี่ที่ไม่สามารถสำรวจได้ในภาคสนามทดแทนการประมาณค่าความจุของถนนโดยตรงที่ทำได้ค่อนข้างยากในทางปฏิบัติและแทบไม่มีโอกาสในการให้บริการจราจรในสภาพใกล้เต็มความจุ เพื่อนำเสนอค่าความจุสูงสุดและพัฒนาแบบจำลองสมการในการประมาณค่าความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจรสำหรับเป็นแนวเลือกในการนำไปใช้งานในการประมาณค่าความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจรต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินผลกระทบของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจร และทำการพัฒนาแบบจำลองสมการในการประมาณค่าความจุ ด้วยวิธีการประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจร

วิธีการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

งานวิจัยนี้นำเสนอเฉพาะผลการศึกษาของทางหลวงชนบท 2 ช่องจราจร ความกว้างของช่องจราจร 3.0 เมตร ความกว้างของไหล่ทางทาง ไม่เกิน 1.0 เมตร ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของทางหลวงชนบทที่ให้บริการในประเทศไทยที่มีความแตกต่างจากเงื่อนไขในการวิเคราะห์ของวิธี HCM รวมทั้งมีลักษณะเฉพาะและปัจจัยอื่นๆ ที่อาจมีผลทำให้การคำนวณค่าความจุมีความคลาดเคลื่อนได้ สำหรับการศึกษานี้ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตในการคัดเลือกช่วงถนนทางหลวงชนบทที่อยู่ในเขตอำเภอเมืองขอนแก่นเพื่อความสะดวกในการสำรวจและรวบรวมข้อมูลภายใต้กรอบระยะเวลาและงบประมาณที่จำกัด โดยมีเกณฑ์ในการเลือกพื้นที่ศึกษาเบื้องต้น (Transport Research Board (TRB), 2010 ; Department of Highway, 2011 ; Sharma *et al.*, 2013) ได้แก่ มีทัศนวิสัยในการมองเห็นที่ชัดเจน ไม่มีผลกระทบจากอุบัติเหตุ/อุบัติเหตุการณ์ เป็นช่วงถนนที่ตรงความยาวอย่างน้อย 500 เมตร ไม่มีผลกระทบของทางแยกหรือมีระยะห่างระหว่างทางแยกสัญญาณไฟจราจรอย่างน้อย 3.2 กิโลเมตรขึ้นไป จากเงื่อนไขข้างต้นผู้วิจัยได้เลือกทางหลวงชนบท ขก.2009 เป็นช่วงถนนตัวแทนในการศึกษา ดังแสดงใน Figure 2

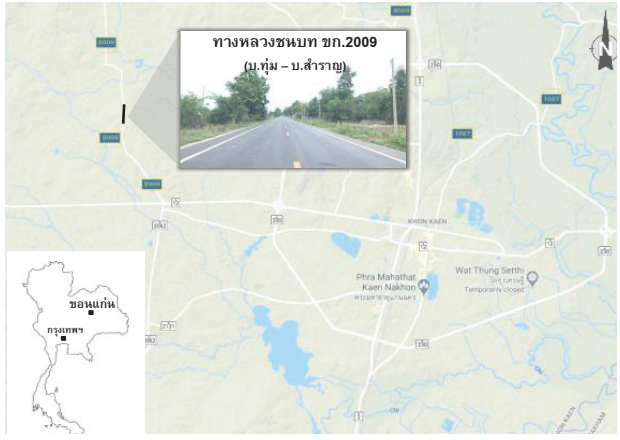
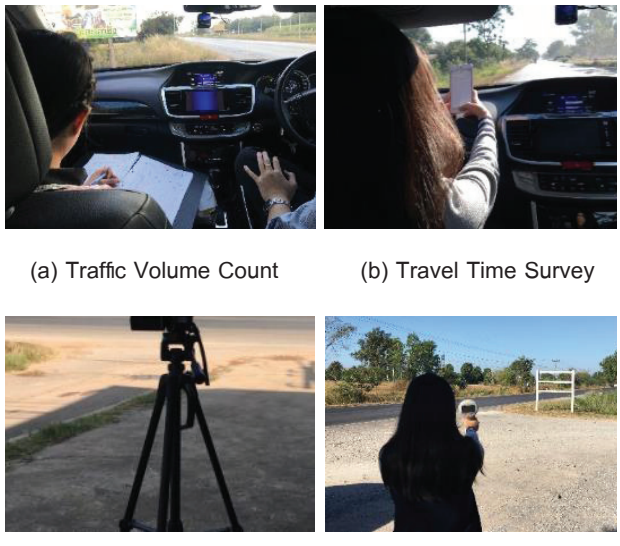


Figure 2 Location of DRR No.KorGor.2009

การสำรวจข้อมูล

การศึกษานี้ได้ทำการสำรวจและรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรเพื่อใช้ในการประมาณค่าความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจร ได้แก่ (1) ข้อมูลกายภาพ ได้แก่ จำนวนช่องจราจร ความกว้าง และภาพถ่ายทางอากาศ (2) ปริมาณจราจรและสัดส่วนยานพาหนะ (รถจักรยานยนต์ รถยนต์ส่วนบุคคล และรถขนาดใหญ่) และ (3) ข้อมูลสำหรับปรับเทียบ ได้แก่ ความเร็วเฉพาะจุด เวลาในการเดินทาง ปริมาณจราจรบนช่วงถนน และเวลาห่าง ตัวอย่างภาพการสำรวจข้อมูล ดังแสดงใน Figure 3



(a) Traffic Volume Count (b) Travel Time Survey

(c) Headway Time Survey (d) Spot Speed Survey

Figure 3 Data Collection

การคัดเลือกแบบจำลอง

การคัดเลือกโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองสภาพการจราจรในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการทบทวนผลการศึกษาทั้งในและต่างประเทศที่เกี่ยวกับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ

ในการทำงานของแต่ละโปรแกรมที่เป็นที่นิยมและใช้ในการจำลองสภาพการจราจรอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ซึ่งพบกว่าโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรเพื่อประมาณค่าความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจรนอกเมืองในครั้งนี้มีหลายโปรแกรม เช่น Aimsun, Paramics และ Vissim เป็นต้น ซึ่งทุกโปรแกรมล้วนมีความสามารถและประสิทธิภาพโดยรวมไม่แตกต่างและสามารถเทียบเคียงกับโปรแกรมอื่นได้ (วุฒิไกร ไชยปัญหา, 2553) อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรม PTV Vissim เนื่องจากมีฟังก์ชั่นที่สำคัญที่สามารถจำลองสภาพการจราจรและพฤติกรรมของผู้ขับขี่ได้อย่างใกล้เคียงกับสภาพจริงที่เกิดขึ้นบนทางหลวงชนบทสองช่องจราจรนอกเมืองในประเทศไทย เช่น พฤติกรรมการขับขี่ไม่ตามช่องจราจรหลัก (Non-Lane Based Behavior) และการแซงบนช่องจราจรในทิศทางตรงข้าม (Has passing lane) (Planung Transport Verkehr, 2020) ซึ่งมีความเหมาะสมอย่างมากในการจำลองพฤติกรรมการขับขี่บนทางหลวงชนบทสองช่องจราจรซึ่งได้รับผลกระทบจากรถจักรยานยนต์และการขับแซงยวดยานที่ขับช้ากว่าได้อย่างเสมือนจริง

การพัฒนาแบบจำลองฐาน

การพัฒนาแบบจำลองฐานโดยใช้โปรแกรม PTV VISSIM ดำเนินการโดยเริ่มต้นจากการตั้งค่าข้อมูลพื้นฐานสำหรับแบบจำลอง (Base Data for Simulation) สำหรับการศึกษานี้ เช่น

- การตั้งค่าโครงข่าย (Network Setting) กำหนด Traffic Regulation เป็น Left-side traffic หน่วยวัดเป็น Metric
- ประเภทของยานพาหนะ (Vehicle Type, Class and Category) กำหนดเป็น 3 ประเภท ได้แก่ รถยนต์ส่วนบุคคล (PC) รถจักรยานยนต์ (MC) และรถขนาดใหญ่ (HV)
- พฤติกรรมการขับขี่ (Driving Behavior) กำหนด Car Following Model เลือกใช้ Wiedemann 99 Model Parameters และ Lane Change Model เลือกใช้ Free Lane Change
- ช่วงเวลา (Time Intervals) กำหนดเป็น 6 ช่วง ๆ ละ 15 นาที (900 วินาที) ครอบคลุมช่วงเวลาที่พิจารณา 1 ชั่วโมง และเพิ่มช่วงของการ Warm-Up Period และ Cool-Down Period รวมช่วงเวลาในการประมวลผล 5,400 วินาที หรือ 90 นาที

หลังจากนั้นทำการสร้างโครงข่ายจราจร (Traffic Network Build) การตั้งค่าตัวแปรในการประมวลผล (Simulation Parameters Setting) ตั้งค่าการประเมินผลลัพธ์ของแบบจำลอง (Evaluations Configuration) ประมวลผลแบบจำลอง (Simulation Run) และการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนเบื้องต้น (Error Checking) ตัวอย่างแบบจำลองฐานที่พัฒนาขึ้นจากโปรแกรม PTV VISSIM ดังแสดงใน Figure 4

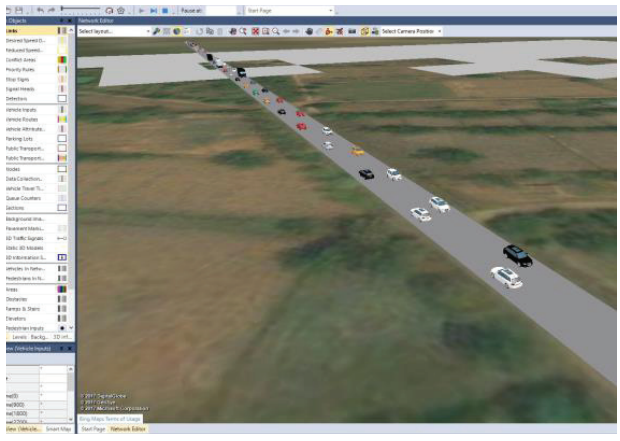


Figure 4 PTV VISSIM Base model of DRR no.ขก.2009

การปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) และการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลอง (Model Validation)

การปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) ดำเนินการโดยนำแบบจำลองฐานที่ถูกพัฒนาขึ้นมาประมวลผลและนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลสภาพการจราจรที่สำรวจในสนามในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า (07.30-08.30 น.) จากนั้นทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Validation) ซ้ำอีกครั้ง โดยใช้ข้อมูลสภาพการจราจรที่สำรวจในสนามในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็น (16.00-17.00 น) โดยทั้งการปรับเทียบและการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองนี้ใช้ตัวชี้วัด คือ ปริมาณจราจรบนช่วงถนน และเวลาในการเดินทาง โดยผลของการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองมีค่า GEH (Geoffrey E. Havers) ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดค่าคลาดเคลื่อนในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามหลักการทางสถิติที่มีหลักการเช่นเดียวกันกับ Chi-Squared อยู่ในช่วง 0.2-0.7 (สำหรับการเปรียบเทียบปริมาณจราจร GEH ไม่เกิน 5) และค่าร้อยละความแตกต่างอยู่ในช่วง 2.7-10.4 (สำหรับการเปรียบเทียบเวลาในการเดินทาง ต้องคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 15) ซึ่งผ่านตามเกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลองที่อ้างอิงจาก DMRB (Barton-Aschman Associates Inc. and Cambridge Systematics Inc., 1997) ผลการปรับเทียบแบบจำลองและการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลอง ดังแสดงใน Table 1 และ Table 2

Table 1 Calibration results of base model

Model Calibrations	Traffic volume (veh/h)		Travelling speed (km/h)	
	Dir. 1	Dir. 2	Dir. 1	Dir. 2
Observe	334	222	74.6	76.2
Model	338	233	69.2	68.2
%Diff.	1.20%	4.95%	-7.15%	-10.41%
GEH	0.22	0.73	-	-

Table 2 Validation results of base model

Model Validations	Traffic volume (veh/h)		Travelling speed (km/h)	
	Dir. 1	Dir. 2	Dir. 1	Dir. 2
Observe	249	305	76.6	69.1
Model	257	301	71.1	67.2
%Diff.	3.21%	-1.31%	-7.18%	-2.72%
GEH	0.50	0.23	-	-

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความจุในแบบจำลอง

จากการทบทวนผลการศึกษาที่เกี่ยวข้อง พบว่าปัจจัยที่อาจจะมีผลกระทบต่อความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจรมีหลากหลาย เช่น จำนวนทางเชื่อม ความกว้างช่องจราจร/ไหล่ทาง สภาพผิวจราจร/ไหล่ทางความลาดชัน/โค้ง การกระจายปริมาณจราจรต่อทิศทาง สัดส่วนยวดยานขนาดใหญ่ สัดส่วนรถจักรยานยนต์ การจอดรถและสภาพอากาศ เป็นต้น (วุฒิไกร ไชยปัญหา และคณะ, 2561) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาสภาพที่เข้าใกล้อุดมคติและกำหนดลักษณะทางกายภาพที่เป็นไปตามมาตรฐานการออกแบบและให้บริการในปัจจุบัน รวมทั้งพิจารณาเกณฑ์ในการเลือกพื้นที่ศึกษา สามารถกำหนดปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจรในการศึกษานี้ได้ดังนี้

1) สัดส่วนรถจักรยานยนต์ (Percent Motorcycle) รถจักรยานยนต์ไม่ได้ถูกรวมเข้าไปในการประมาณค่าความจุหรือในขั้นตอนในการวิเคราะห์ของ HCM ใดๆ ทั้งสิ้น เนื่องจากในสหรัฐอเมริกามีสัดส่วนการจดทะเบียนรถจักรยานยนต์น้อยมาก (Tiwari *et al*., 2008) แต่สำหรับประเทศไทยรถจักรยานยนต์มีสัดส่วนการใช้ทางหลวงชนบทในบางสายทางอาจมากถึงร้อยละ 30 โดยจักรยานยนต์มีผลต่อพฤติกรรมในผู้ขับขี่และการใช้ความเร็วบนทางหลักซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความจุของช่วงถนน สัดส่วนรถจักรยานยนต์สำหรับการศึกษานี้กำหนดช่วงเป็น 0%, 10% 20% และ 30%

2) สัดส่วนยวดยานขนาดใหญ่ (Percent Heavy Vehicles) พิจารณาจากการกระจายของสัดส่วนบนทางหลวงชนบทตามข้อมูลปริมาณการจราจรบนทางหลวงชนบทในความรับผิดชอบของแขวงทางหลวงชนบทขอนแก่น (กรมทางหลวงชนบท, 2562) การศึกษานี้กำหนดช่วงสัดส่วนยวดยานขนาดใหญ่เป็น 0%, 5% และ 10%

3) การกระจายปริมาณจราจรต่อทิศทาง (Directional Split) เมื่อปริมาณจราจรเพิ่มสูงขึ้นความต้องการในการแซงจะเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ในขณะที่โอกาสและความเป็นไปได้ในแซงกลับน้อยลงเนื่องจากปริมาณจราจรในทิศทางตรงข้ามหนาแน่นมากขึ้น ซึ่งอาจจะส่งผลต่อความจุของทางหลวงสองช่องจราจรได้ การศึกษานี้กำหนดช่วงของการกระจายปริมาณจราจรต่อทิศทางที่มีความเป็นไปได้ตามแนวทางของ HCM (Transport Research Board (TRB), 2010) เท่ากับ 50/50, 60/40 และ 70/30

การประมาณค่าความจุด้วยแบบจำลองสภาพการจราจร

การประมาณค่าความจุด้วยแบบจำลองสภาพการจราจร โดยการใช้แบบจำลองที่ได้ทำการปรับเทียบและทำการตรวจสอบความถูกต้องเรียบร้อยแล้ว กำหนดสถานการณ์ในการจำลองปรับเปลี่ยนค่าปัจจัยพร้อมกับเพิ่มปริมาณจราจรขึ้นทุกๆ 200 คัน/ชั่วโมง/ทิศทาง จนกระทั่งเกินความจุที่จะสามารถรับได้ สร้างเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและปริมาณจราจร โดยแต่ละสถานการณ์จำลองถูกประมวลผลจำนวน 11 ครั้ง (Washington State Department of Transportation, 2014) เพื่อเป็นการสุ่มพฤติกรรมการขับขี่ให้แตกต่างกันในการประมวลผลในแต่ละครั้ง สถานการณ์จำลองสำหรับการศึกษานี้ ดังแสดงใน Figure 5

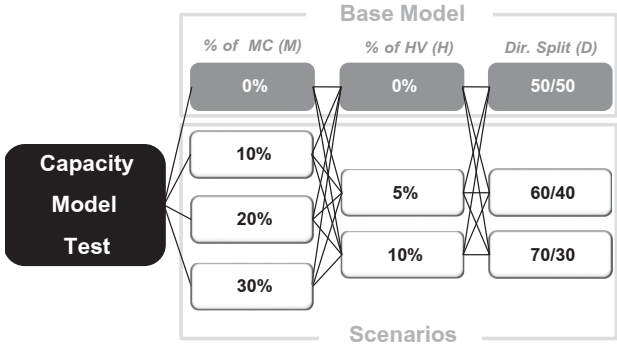


Figure 5 Scenarios test

ผลการวิจัย

การประมาณค่าความจุในสภาพพื้นฐาน (Base Condition)

ผลจากการประมาณค่าความจุสูงสุดของทางชนบทสองช่องจราจร ด้วยแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคสำหรับแบบจำลองในสภาพพื้นฐานหรืออุดมคติ (Base Condition) พบว่า มีค่าความจุสูงสุด (รวมสองทิศทาง) เท่ากับ 3,648 pc/h ซึ่งสูงกว่าค่าความจุสูงสุดตามวิธีของ HCM 2010 ที่ระบุว่า ความจุของทางหลวงสองช่องจราจรภายใต้สภาพในอุดมคติ คือ 1,700 pc/h ในทิศทางเดียว และสูงสุดที่ 3,200 pc/h รวมสองทิศทาง ผลการประมาณค่าความจุและความสัมพันธ์ระว่างความเร็วและปริมาณจราจรในสภาพพื้นฐานดังแสดงใน Figure 6

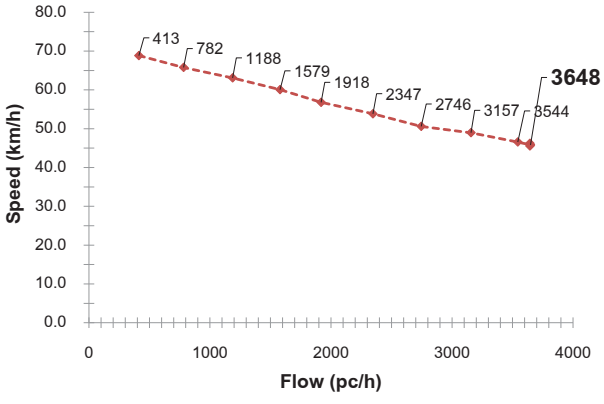


Figure 6 Speed-Flow Curve of base model

ผลการวิเคราะห์ผลกระทบจากปัจจัยที่มีต่อความจุ

ผลจากการประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรในการวิเคราะห์ผลกระทบจากปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจรในแต่ละปัจจัยพิจารณาดังนี้

1) สัดส่วนรถจักรยานยนต์ (Percent Motorcycle) ที่สัดส่วน 10%, 20% และ 30% ให้ค่าความจุรวมสองทิศทาง (ไม่รวมปริมาณรถจักรยานยนต์) เท่ากับ 2,601 2,206 และ 1,750 veh/h เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพพื้นฐานจะเห็นว่าความจุมีค่าลดลงเฉลี่ยร้อยละ 2.87 (ในช่วง 1-10%) 1.52 (ในช่วง 11-20%) และ 2.07 (ในช่วง 21-30%) ในแต่ละระดับของสัดส่วนรถจักรยานยนต์ที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 1% ผลกระทบจากสัดส่วนรถจักรยานยนต์ต่อความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจรดังแสดงใน Figure 7

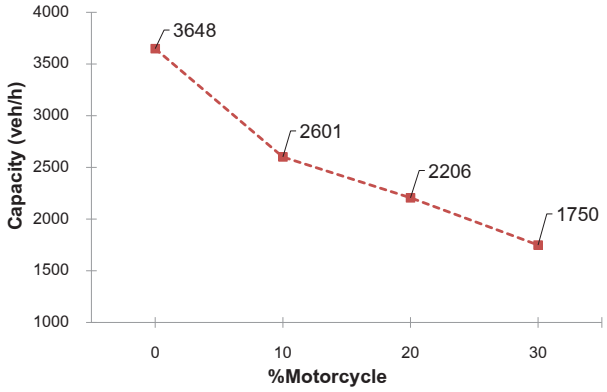


Figure 7 Impact of Motorcycles on capacity for DRR two-lane highway

2) ผลของสัดส่วนยวดยานขนาดใหญ่ (Percent Heavy Vehicles) ที่สัดส่วน 5% และ 10% ให้ค่าความจุรวมสองทิศทางเท่ากับ 3,472 และ 3,362 veh/h เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพพื้นฐานจะเห็นว่าความจุมีค่าลดลงเฉลี่ยร้อยละ 0.96 (ในช่วง 1-5%) และ 0.63 (ในช่วง 6-10%) ในแต่ละระดับของสัดส่วนยวดยานขนาดใหญ่ที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 1% ซึ่งเมื่อเทียบกับการคำนวณด้วยวิธี HCM2010 ผลกระทบจากสัดส่วนยวดยานขนาดใหญ่ต่อความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจรดังแสดงใน Figure 8

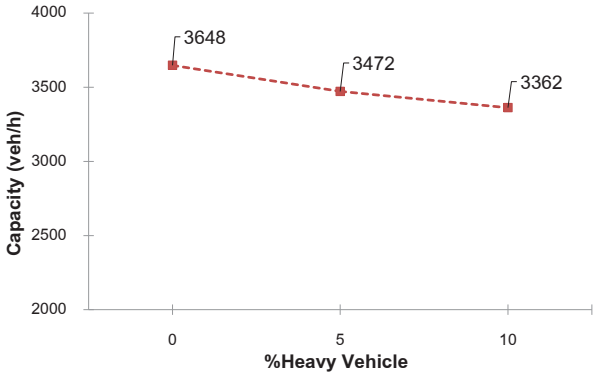


Figure 8 Impact of Heavy Vehicles on capacity for DRR two-lane highway

3) ผลของการกระจายปริมาณจราจรต่อทิศทาง (Directional Split) ที่สัดส่วน 60/40 และ 70/30 ให้ค่าความจุรวมสองทิศทางเท่ากับ 3,645 และ 3,641 veh/h เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพพื้นฐานจะเห็นว่าความจุมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อย ผลกระทบจากการกระจายปริมาณจราจรต่อทิศทางต่อความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจร ดังแสดงใน Figure 9

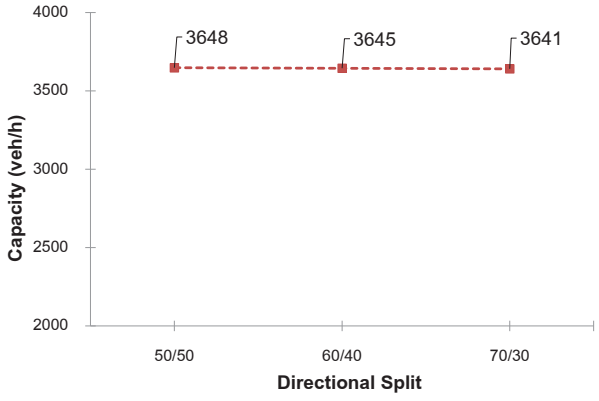


Figure 9 Impact of Directional Split on capacity for DRR two-lane highway

แบบจำลองสมการสำหรับประมาณค่าความจุทางหลวงชนบทสองช่องจราจร

จากผลการประมาณค่าความจุด้วยแบบจำลองสภาพจราจรที่ได้ทำการปรับเปลี่ยนค่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความจุรวมทั้งสิ้น 36 สถานการณ์จำลอง สามารถพัฒนาเป็นสมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้น (Multiple Linear Regression) สำหรับใช้ในการประมาณค่าความจุที่ได้จากความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลกระทบกับความจุ ด้วยการเลือกตัวแปรโดยวิธีนำตัวแปรเข้าทั้งหมด (Enter Regression) ในโปรแกรมทางสถิติ SPSS ดังแสดงในสมการที่ (1) (ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ดังแสดงใน Table 3)

Capacity=3417.075-57.063M-13.525H-0.271D (1)

เมื่อ

Capacity คือ ความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจร(veh/h)

M คือ สัดส่วนรถจักรยานยนต์ (%) (ในช่วง 0-30%)

H คือ สัดส่วนยวดยานขนาดใหญ่ (%) (ในช่วง 0-10%)

D คือ การกระจายปริมาณจราจรต่อทิศทาง (ในช่วงสัดส่วนการกระจายปริมาณจราจรบนทิศทางหลัก 50-70%)

Table 3 95%CI for coefficient estimates of DRR two-lane highway capacity (Enter Regression)

Model	B	Std.Error	Beta	Sig.
(Constant)	3417.075	201.059		.000
M	-57.063	2.355	-.970	.000
H	-13.525	6.450	-.084	.044
D	-0.271	3.225	-.003	.934

อย่างไรก็ตามหากพิจารณาผลการวิเคราะห์เฉพาะตัวแปรที่มีนัยสำคัญทางทางสถิติที่ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95% จะพบว่า ตัวแปรการกระจายปริมาณจราจรต่อทิศทาง (D) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า Sig > 0.05) กล่าวคือ เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลกับความจุน้อยมาก (ค่า Beta = -.003) ซึ่งอาจละทิ้งตัวแปรดังกล่าวนี้ไปได้ โดยทำการวิเคราะห์ใหม่ด้วยการเลือกตัวแปรด้วยการนำตัวแปรเข้าโดยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression) ในโปรแกรมทางสถิติ SPSS แสดงผลลัพธ์เฉพาะตัวแปรที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจะทำให้การประมาณค่าความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจรอาจเลือกใช้สมการที่ (2) แทนได้ (ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ดังแสดงใน Table 4)

Capacity=3400.825-57.063M-13.525H (2)

Table 4 95%CI for coefficient estimates of DRR two-lane highway capacity (Stepwise Regression)

Model	B	Std.Error	Beta	Sig.
(Constant)	3400.825	53.776		.000
M	-57.063	2.320	-.970	.000
H	-13.525	6.352	-.084	.041

ผลการวิเคราะห์โดยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนมีนัยสำคัญทางทางสถิติที่ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95%, R^2 = 0.946 และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error of Estimate) = 155.599 ตัวแปรอิสระทั้งหมดมีผลกระทบต่อความจุในเชิงลบ เมื่อปัจจัยมีสัดส่วนหรือปริมาณเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ความจุทางหลวงชนบทสองช่องจราจรลดลง โดยสัดส่วนรถจักรยานยนต์มีผลต่อความจุมากกว่าสัดส่วนยวดยานขนาดใหญ่

สรุป

พฤติกรรมการขับขี่และลักษณะการจราจรเฉพาะตัวของประเทศไทย เป็นปัจจัยที่มีผลอย่างมากที่ทำให้การประมาณค่าความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจร ซึ่งโดยทั่วไปใช้วิธีการของ HCM เกิดความคลาดเคลื่อนไปจากสภาพความเป็นจริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องขับขี่บนทางสัญจรหลักของถนนหรือทางหลวงร่วมกับยวดยานประเภทอื่นๆ เมื่อไหล่ทางมีความกว้างไม่เพียงพอให้รถจักรยานยนต์ใช้ขับขี่ได้อย่างปลอดภัย

ผลการวิเคราะห์และประมาณค่าความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจร โดยใช้แบบจำลองสภาพการจราจรในครั้งนี้ พบว่า การประมาณค่าความจุสูงสุดเท่ากับ 3,648 pc/h ซึ่งสูงกว่าค่าความจุสูงสุดตามวิธีของ HCM 2010 แต่สอดคล้องกับผลการศึกษาในอดีตของ Kim (2006) ซึ่งผลการประมาณค่าความจุของทางหลวงสองช่องจราจรอยู่ในช่วง 1850-2100 pc/h/dir หรือประมาณ 3700-4200 pc/h

จากการพัฒนาสมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้นสำหรับใช้ในการประมาณค่าความจุที่ได้จากความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลกระทบ ซึ่งประกอบด้วย สัดส่วนรถจักรยานยนต์ สัดส่วนยวดยานขนาดใหญ่ การกระจายปริมาณจราจรต่อทิศทาง พบว่าปัจจัยทั้งหมดล้วนมีผลกระทบต่อความจุในเชิงลบหรือทำให้ความจุของทางหลวงลดลง โดยสัดส่วนรถจักรยานยนต์ปัจจัยที่มีผลกระทบสูงสุด รองลงมาคือสัดส่วนยวดยานขนาดใหญ่ ในขณะที่การกระจายปริมาณจราจรต่อทิศทางไม่มีนัยสำคัญทางสถิติหรือเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลกับความจุน้อยมาก สอดคล้องกับที่ระบุใน HCM2000 (Chandra and Sinha, 2001) ความจุของทางหลวงสองช่องจราจรแทบจะเป็นอิสระกับการกระจายปริมาณจราจรต่อทิศทาง อย่างไรก็ตามการศึกษานี้อยู่บนสมมติฐานการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพและพฤติกรรมเฉพาะพื้นที่ ซึ่งการศึกษาและวิเคราะห์เพิ่มเติมในหลายๆ พื้นที่หรือเงื่อนไขอื่นๆ จะทำให้การประมาณค่าความจุมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมทางหลวงชนบท. (2562). รายงานผลการสำรวจและจัดเก็บข้อมูลด้านการจราจรพร้อมการวิเคราะห์และคาดการณ์ปริมาณจราจร โครงการสำรวจออกแบบถนนสาย ขก.1011 แยก ทล.2-บ.พระยืน อ.เมือง,พระยืน จ.ขอนแก่น. กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม.

กรมทางหลวงชนบท. (2563). ขอบเขตอำนาจหน้าที่. https://drr.go.th/

ปิยวัฒน์ ทองเกรียว. (2556). การพัฒนาแบบจำลองระดับจุลภาคเพื่อหาความจุและระดับการให้บริการของถนน: กรณีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วุฒิไกร ไชยปัญหา. (2553) การวิเคราะห์ทางเลือกของระบบการจัดการจราจร ณ บริเวณห้าแยก (ศาลเจ้าพ่อหลักเมือง) จังหวัดขอนแก่น โดยใช้โปรแกรม PARAMICS. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วุฒิไกร ไชยปัญหา, จำรัส พิทักษ์ศฤงคาร และลัดดา ตันวาณิชกุล. (2561). การประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคในการประมาณค่าความจุของทางหลวงช่องจราจรนอกเมือง (เกาะกลางถนนแบบยก). *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น (ฉบับบัณฑิตศึกษา), 18*(2), 1-15.

สำนักบำรุงทาง กรมทางหลวงชนบท. (2563). โครงข่ายทางกรมทางหลวงชนบท ประจำปีงบประมาณ 2563. https://maintenance.drr.go.th/wp-content/uploads/2019/12/drr-2019-12-23_09-27-51_076997.pdf

Barton-Aschman Associates, Inc. and Cambridge Systematics, Inc. (1997). Design Manual for Roads and Bridges. U.S.Department of Transportation.

Chandra, S. & Sinha, S. (2001). Effect of directional split and slow-moving vehicles on two lane capacity. *Road and Transport Research, 10*(4), 33-41.

Department of Highway. (2011). Design guideline of road medians and road widening. Bureau of Surveying and Design, Department of Highways, ministry of transport, Thailand.

Federal Highway Administration. (2014). Highway Functional Classification: Concepts, Criteria and Procedures. https://www.fhwa.dot.gov /planning/processes/statewide/related/highway_functional_classifications/fcauab.pdf

Hussain, H., Uma, R., Ahmad, R.S., Farhan, M.S. and Dadang M.M. (2005). Key Components of A Motorcycle-Traffic System– A Study Along The Motorcycle Path In Malaysia. *IATSS research, 29*(1), 1327-1339.

Kim, J. (2006). Capacity Estimation Method for Two-Lane, Two-Way Highways Using Simulation Modeling. PhD thesis. The Pennsylvania State University.

Planung Transport Verkehr. (2020). PTV Vissim 2020 User Manual. https://usermanual.wiki/ Document/ Vissim20102020Manual.1098038624.pdf

Sharma, N., Sarkar, P.K., & Velmurugan S. (2013). Estimation of Capacity for Multi-Lane Divided Inter-Urban Highways using Videography Technique of Data Collection. Lecture notes in 6th Urban Mobility India Conference & Expo 2013.

Tanwanichkul, L., Pitaksringkarn, J., & Thongkrew, P. (2013). The study of highway cross-section design criteria from traffic volume perspective using traffic micro-simulation. *Engineering and Applied Science Research, 39*(3), 241-248. Retrieved from https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/easr/article/view/4957

Tiwari, G., Fazio, J., Gaurav, S., & Chatteerjee, N. (2008). Continuity Equation Validation for Nonhomogeneous Traffic. *Journal of transportation engineering © ASCE, 134*(3),118-127.

Transport Research Board (TRB). (2010). Highway Capacity Manual 2010. 5th Ed., National Research Council, Transportation Research Board, Washington, D.C, U.S.A.

Washington State Department of Transportation. (2014). Protocol for VISSIM Simulation. https://wsdot.wa.gov/sites/default/files/2010/05/10/VISSIM-Protocol.pdf