

การพัฒนาค่าปรับแก้ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความจุของทางหลวงชนบท

สองช่องจราจรด้วยวิธีการแบบทางอ้อม

Development of Adjustment Factors affecting The Capacity of DRR

Two-Lane Highways with Indirect Empirical Method

ปฐิภาณ แก้ววิเชียร วุฒิไกร ไชยปัญญา*

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

วิทยาเขตขอนแก่น ขอนแก่น 40000

Patiphan Kaewwichian Wuttikrai Chaipanha*

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology

Isan Khon Kaen Campus, Khon Kaen, 40000

*Corresponding author Email: w.chaipanha@gmail.com

(Received: May 23, 2020; Accepted: December 28, 2020)

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์พัฒนาค่าปรับแก้ปัจจัยสำหรับใช้ในประมาณค่าความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจรนอกเมือง โดยใช้การพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคแทนการประมาณค่าความจุของทางหลวงโดยตรง พร้อมทั้งนำเสนอผลกระทบของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจร ผลการศึกษาพบว่า การประมาณค่าความจุสูงสุดเฉลี่ยทั้ง 3 สายทาง เท่ากับ 3,671 pc/h โดยสัดส่วนรถจักรยานยนต์เป็นปัจจัยที่มีผลให้ค่าความจุลดลงสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพในอุดมคติเนื่องมาจากพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ที่ขับขี่ร่วมกับยานพาหนะประเภทอื่นบนช่องจราจรหลัก ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการสรุปเป็นตารางค่าปรับแก้ปัจจัยสัดส่วนรถจักรยานยนต์ สัดส่วนรถขนาดใหญ่ และการกระจายปริมาณจราจรต่อทิศทาง สำหรับเป็นอีกแนวทางเลือกในการนำไปใช้งานในการประมาณค่าความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจร

คำสำคัญ: ค่าปรับแก้ปัจจัย ความจุ ทางหลวงชนบทสองช่องจราจร

ABSTRACT

The objective of this study is to develop the adjustment factor for use in estimating capacity of DRR two-lane highways by using the development of traffic micro-simulation model instead of directly observed, as well as presenting the impact of factors affecting the capacity of the DRR two-lane highway. The results show that the estimation of the average maximum capacity of all 3 site is 3,671 pc/h, with the proportion of motorcycles being the factor that causes the maximum capacity to be reduced compared to the base condition due to the driving behavior with other vehicles on the carriageway. In this regard, the researcher has summarized the adjustment table of the proportion of

motorcycle, proportion of heavy vehicle and directional split, as an alternative way to use the capacity estimation of DRR two-lane highways.

Keyword: Adjustment factor, Capacity, DRR two-lane highway.

1. บทนำ

ทางหลวงชนบทสองช่องจราจรเป็นหนึ่งในประเภทของทางหลวงตามพระราชบัญญัติทางหลวง พ.ศ. 2535 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติทางหลวง (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2549 ซึ่งอยู่ในความรับผิดชอบของกรมทางหลวงชนบท [1] ซึ่งโครงข่ายทางหลวงชนบทสองช่องจราจรโดยส่วนใหญ่ทำหน้าที่เป็นโครงข่ายรองในการสนับสนุนการคมนาคมขนส่งกับโครงข่ายถนนหลักหรือให้บริการในลักษณะการเป็นทางหลวงท้องถิ่นให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ทำหน้าที่หลักในการเชื่อมโยงการเดินทางระหว่างชุมชนและหมู่บ้าน จึงทำให้ทางหลวงชนบทโดยทั่วไปมีมาตรฐานชั้นทางที่ไม่สูงมากนัก

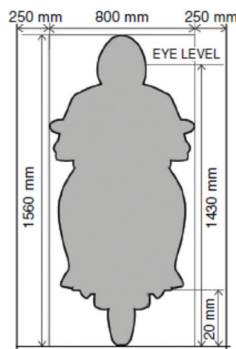
ด้วยทิศทางและนโยบายในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการคมนาคมขนส่งทางบกหรือทางถนนในปัจจุบันที่โครงการพัฒนาส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการด้วยการขยายช่องจราจร (จากสองช่องจราจรเป็นสี่หรือหกช่องจราจร) หรือการพัฒนาเส้นทางสายใหม่เป็นหลัก ซึ่งทั้งหมดล้วนต้องผ่านกระบวนการในการประเมินประสิทธิภาพในการรองรับการจราจรที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและอนาคต เพื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมหรือความเป็นไปได้ในการดำเนินการโครงการ ทำให้ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพในการรองรับปริมาณจราจรจึงมีความสำคัญอย่างมากในการช่วยประเมินความเหมาะสมของโครงการข้างต้น

ถึงแม้ว่าใน HCM2010 จะระบุวิธีการในการประเมินประสิทธิภาพในการให้บริการของทางหลวงสองช่องจราจรโดยใช้ตัวชี้วัดต่างๆ ได้แก่ ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (Average Travel Speed, ATS) ร้อยละของเวลาที่ใช้ในการขับตาม (Percent Time-Spent Following, PTSF) และร้อยละของความเร็วในการไหลอิสระ

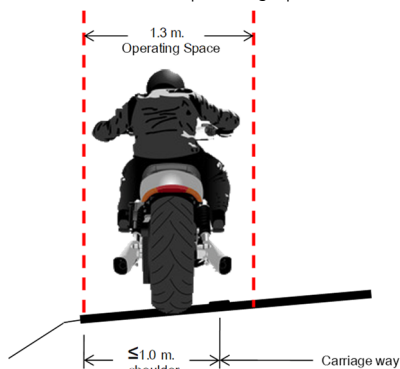
(Percent of Free-Flow Speed, PFFS) แต่ในทางปฏิบัติสำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการรองรับปริมาณจราจรหรือการให้บริการของทางหลวงชนบทในประเทศไทยส่วนใหญ่ ยังคงใช้ปริมาณจราจรต่อความจุ (volume to capacity ratio, v/c) เป็นดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการจราจรอยู่ เนื่องจากสามารถวิเคราะห์ได้อย่างสะดวกเข้าใจง่าย และสามารถอธิบายให้เห็นภาพชัดเจนมากกว่า

แต่อย่างไรก็ตามการประเมินประสิทธิภาพการรองรับปริมาณจราจรโดยพิจารณาจากความจุ (Capacity) นั้นหากอ้างอิงแนวทางจากคู่มือการวิเคราะห์ความจุทางหลวงหรือ Highway Capacity Manual (HCM) ซึ่งเป็นคู่มือที่ถูกพัฒนาขึ้นในต่างประเทศ จะส่งผลให้การประยุกต์ใช้งานโดยตรงกับทางหลวงสองช่องจราจรในประเทศไทยที่มีลักษณะการจราจรเฉพาะตัวขาดความสมเหตุสมผลได้

สาเหตุสำคัญประการหนึ่งคือ การมีปริมาณรถจักรยานยนต์ในสัดส่วนที่สูงมีผลอย่างมากที่ทำให้การประมาณค่าความจุโดยใช้วิธี HCM เกิดความคลาดเคลื่อนไปจากสภาพความเป็นจริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับทางหลวงสองช่องจราจรที่มีมาตรฐานชั้นทางที่ต่ำ ไหล่ทางมีความกว้างไม่เพียงพอให้รถจักรยานยนต์ขับชิดได้อย่างปลอดภัยและต้องขับขึ้นทางหลวงร่วมกับยวดยานประเภทอื่นๆ Federal Highway Administration [2] ความกว้างของไหล่ทางมีผลกระทบอย่างมากต่อการให้บริการจราจรและความจุของทางหลวง Hussain et.al., [3] ความกว้างอย่างน้อยที่ต้องการในการขับขึ้นช่องทางจักรยานยนต์อย่างปลอดภัย (Operating Space) สำหรับความเร็วเฉลี่ย 60 กม./ชม. เท่ากับ 1.3 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 1



(ก) ความกว้างอย่างน้อยที่ต้องการในการขับขี่จักรยานยนต์อย่างปลอดภัย (Operating Space) [3]



(ข) การขับขี่รถจักรยานยนต์บนไหล่ทางกว้างไม่เกิน 1.0 เมตร [4]
รูปที่ 1 ระยะความกว้างอย่างน้อยที่ต้องการในการขับขี่บนช่องทางจักรยานยนต์อย่างปลอดภัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาค่าปรับแก้ปัจจัย (Adjustment factor) สำหรับใช้ในประมาณค่าความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจรนอกเมือง ด้วยวิธีการประมาณค่าความจุแบบทางอ้อม (Indirect-Empirical Method) โดยใช้แนวทางในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค (Traffic Micro-simulation Model) แทนการประมาณค่าความจุของทางหลวงโดยตรงที่ทำได้ค่อนข้างยากในทางปฏิบัติ นอกจากนี้ได้ทำการนำเสนอผลกระทบของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจร เพื่อเป็นแนวเลือกในการนำไปใช้งานในการประมาณค่าความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจร

2. วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาค่าปรับแก้ปัจจัย (Adjustment factor) สำหรับใช้ในประมาณค่าความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจรนอกเมือง ด้วยวิธีการประมาณค่าความจุแบบทางอ้อม (Indirect Empirical Method) จากแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค (Traffic micro-simulation model)

3. เนื้อหาของบทความ

วิธีการดำเนินการวิจัยในการศึกษานี้ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษาและกรณีศึกษา

การศึกษานี้ทำการเลือกทางหลวงชนบทขนาดสองช่องจราจรนอกเมือง ซึ่งมีความกว้างของช่องจราจร 3.0 – 3.2 เมตร ความกว้างของไหล่ทางทางไม่เกิน 1.20 เมตร ซึ่งรถจักรยานยนต์จะมีผลกระทบอย่างมากต่อการให้บริการจราจรและความจุของทางหลวง โดยผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตในการคัดเลือกช่วงถนนทางหลวงชนบทที่อยู่ในเขตอำเภอเมืองขอนแก่น และอ้างอิงเกณฑ์ในการเลือกพื้นที่ศึกษาเบื้องต้น ตามแนวทางของการวิเคราะห์ความจุในสภาพอุดมคติ [5-7] ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกทางหลวงชนบทสองช่องจราจร จำนวน 3 สายทาง (ดังแสดงในรูปที่ 2) ได้แก่ ทางหลวงชนบท ขก.2009 ทางหลวงชนบท ขก. 1011 และทางหลวงชนบท ขก.1027 เป็นกรณีศึกษา

3.2 การสำรวจข้อมูลด้านการจราจร

การสำรวจและรวบรวมข้อมูลที่เป็นในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจร เพื่อใช้ในการประมาณค่าความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจร ได้แก่

(1) ข้อมูลปริมาณจราจรและสัดส่วนยานพาหนะแยกตามประเภทยวดยาน 3 ประเภท ได้แก่ รถยนต์ส่วนบุคคล (PC) รถขนาดใหญ่ (HV) (ยวดยานที่มีมากกว่า 4 ล้อ สำหรับรถบรรทุกและรถบัสโดยสาร ซึ่งจะครอบคลุมทุกประเภทของรถบรรทุก ยกเว้นรถกระบะบรรทุกซึ่งมี 4 ล้อ [5]) และรถจักรยานยนต์ (MC)

(2) ข้อมูลสำหรับปรับเทียบแบบจำลอง ได้แก่ ความเร็วเฉพาะจุด เวลาในการเดินทาง และเวลาห่าง



(ก) ทางหลวงชนบท ขก.2009



(ข) ทางหลวงชนบท ขก.1011



(ค) ทางหลวงชนบท ขก.1027

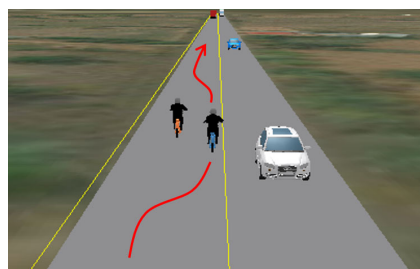
รูปที่ 2 กรณีศึกษา

3.3 การพัฒนาแบบจำลองกรณีฐาน

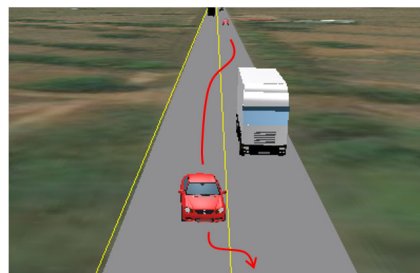
ในการศึกษานี้ใช้โปรแกรม PTV VISSIM ในการพัฒนาแบบจำลองฐาน เนื่องจากโปรแกรมที่มีความสามารถและประสิทธิภาพในการจำลองสภาพการจราจรและพฤติกรรมของผู้ขับขี่ได้อย่างใกล้เคียงกับสภาพจริงที่เกิดขึ้นบนทางหลวงชนบทสองช่องจราจร เช่น พฤติกรรมการขับที่ไม่อยู่ตรงกลางช่องจราจร (Non-Lane Based Behavior) และการแซงบนช่องจราจรในทิศทางตรงข้าม (Has passing lane) ดังแสดงในรูปที่ 3

โดยการพัฒนาแบบจำลองกรณีฐานมีขั้นตอน ดังนี้

(1) Base Data for Simulation เป็นการตั้งค่าเบื้องต้นของโครงข่ายและแบบจำลองยานยนต์ เช่น Distributions, Functions และ Behavior Parameters ตัวอย่างการตั้งค่า Desired Speed Distributions ซึ่งเป็นการกำหนดการกระจายตัวของความเร็วในการขับขี่ของยานยนต์แต่ละประเภทในแบบจำลอง ดังรูปที่ 4



(ก) Non-Lane Based Behavior



(ข) Has passing lane

รูปที่ 3 แบบจำลอง Non-Lane Based Behavior และ Has passing lane ในโปรแกรม PTV VISSIM

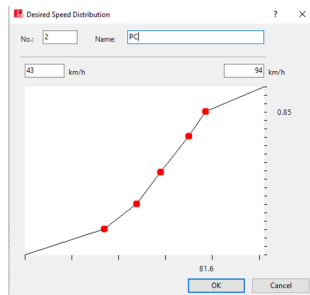
(2) Traffic Network Build เป็นการสร้างโครงข่ายถนนในแบบจำลอง โดยการศึกษาที่กำหนดความยาวของช่วงทางหลวงชนบทที่ทำการวิเคราะห์เท่ากับ 1 กิโลเมตร

(3) Simulation Parameters Setting เป็นการตั้งค่าตัวแปรในการประมวลผล ได้แก่ ช่วงเวลาในการประมวลผล ความละเอียดในการประมวลผล และ Random Seed

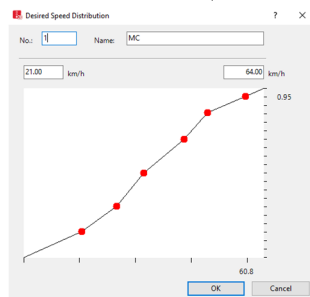
(4) Evaluations Configuration เป็นการตั้งค่าการประมวลผลผลลัพธ์ของแบบจำลอง เช่น การตั้งค่าการส่งออกผลลัพธ์ และการกำหนดตำแหน่งวัดค่าผลลัพธ์ต่างๆ เป็นต้น

ปีที่ 15 ฉบับที่ 3 เดือน กันยายน – ธันวาคม พ.ศ. 2563

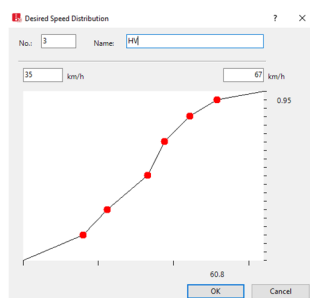
(5) Simulation Run and Error Checking เป็นขั้นตอนในการประมวลผล และค้นหาข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในขั้นตอนการสร้างโครงข่ายและการป้อนข้อมูลเข้าสู่แบบจำลอง



(ก) รถยนต์ส่วนบุคคล



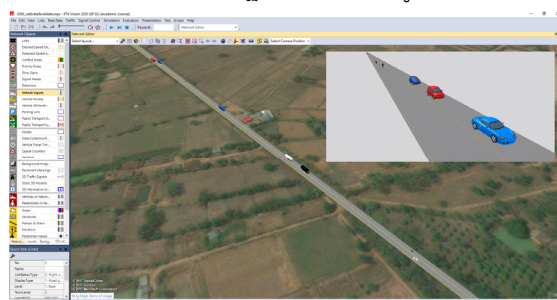
(ข) รถจักรยานยนต์



(ค) รถขนาดใหญ่

รูปที่ 4 Desired speed Distributions

ตัวอย่างแบบจำลองฐาน ดังแสดงในรูปที่ 5

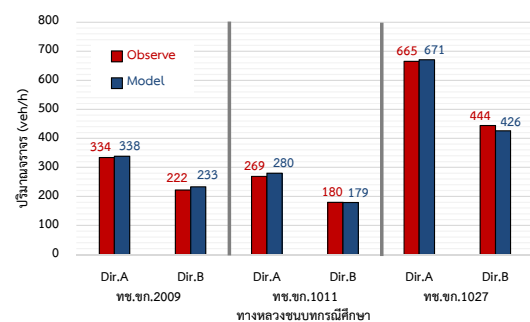


รูปที่ 5 แบบจำลองฐานที่พัฒนาขึ้นจากโปรแกรม VISSIM

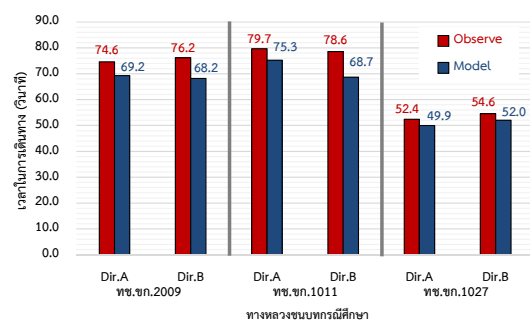
3.4 การปรับเทียบแบบจำลอง

การปรับเทียบแบบจำลองนี้ใช้ปริมาณจราจรบนช่วงถนน และเวลาในการเดินทาง เป็นดัชนีชี้วัดความ

สอดคล้อง โดยผลของการปรับเทียบปริมาณจราจรมีค่า GEH อยู่ในช่วง 0.07 – 0.86 (GEH ไม่เกิน 5) และค่าร้อยละความแตกต่างของการปรับเทียบเวลาในการเดินทาง อยู่ในช่วง 5.54 – 12.56 (คลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 15) ซึ่งผ่านตามเกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลอง [8] ผลการปรับเทียบแบบจำลอง ดังแสดงในรูปที่ 6



(ก) เปรียบเทียบปริมาณจราจร



(ข) เปรียบเทียบเวลาในการเดินทาง

รูปที่ 6 ผลการปรับเทียบแบบจำลอง

3.5 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความจุในแบบจำลอง

ตัวอย่างปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจร ดังตารางที่ 1 ทั้งนี้เมื่อทำการวิเคราะห์ความจุโดยพิจารณาสภาพที่เข้าใกล้อุดมคติ (เช่น ไม่มีจำนวนทางเชื่อม สภาพผิวไหล่ทาง และสภาพผิวจราจรปกติ สภาพอากาศและทัศนวิสัยดี เป็นต้น) เกณฑ์ในการเลือกพื้นที่ศึกษา (เช่น สภาพภูมิประเทศเป็นแบบราบเรียบมีความลาดชันน้อยกว่า 3% เป็นทางตรงไม่มีทางโค้งและการยกโค้ง) และสมมติฐานลักษณะทางกายภาพ

ของทางหลวงชนบท 2 ช่องจราจร ที่เป็นไปตามรูปแบบที่ให้บริการในปัจจุบัน (เช่น จำนวน 2 ช่องจราจร ความกว้างของช่องจราจร 3.0 -3.2 เมตร ความกว้างของไหล่ทาง 1.0-1.2 เมตร) จึงไม่นำบางปัจจัยเข้าร่วมพิจารณาในการศึกษา โดยได้พิจารณากำหนดปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจรสำหรับกรณีศึกษาและกำหนดช่วงในการแปรผันค่าปัจจัยในการศึกษานี้ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจร [4]

กลุ่มปัจจัย	ปัจจัยที่มีผลต่อความจุ
สภาพถนน	- จำนวนทางเชื่อม - จำนวนช่องจราจร - ความกว้างของช่องจราจร - ความกว้างของไหล่ทาง - สภาพผิวไหล่ทาง (ปกติ-ชำรุด) - สภาพผิวจราจร (ปกติ-ชำรุด)
สภาพภูมิประเทศ	- ความลาดชัน - ทางโค้ง - การยกโค้ง
สภาพการจราจร	- การกระจายปริมาณจราจรต่อทิศทาง - รถขนาดใหญ่ - รถจักรยานยนต์
สภาพการควบคุมการจราจร	การจอดรถริมถนน
สภาพสิ่งแวดล้อม	สภาพอากาศ (พายุฝน)
พฤติกรรมรถขับขี่	พฤติกรรมรถปฏิบัติตามขีดจำกัดความเร็ว

ตารางที่ 2 กำหนดปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจรสำหรับกรณีศึกษา

ปัจจัย	ช่วงการแปรผันค่า
สัดส่วนรถจักรยานยนต์	0%, 10%, 20%, 30%
สัดส่วนรถขนาดใหญ่	0%, 5%, 10%
การกระจายปริมาณจราจรต่อทิศทาง	50/50, 60/40, 70/30

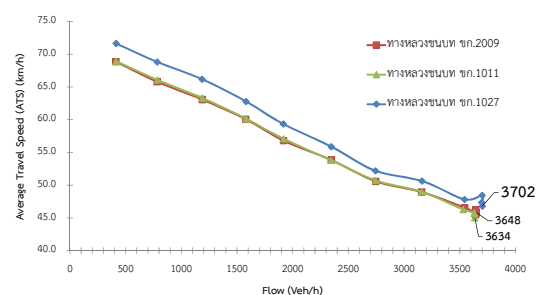
3.6 ประมาณค่าความจุจากแบบจำลองสภาพจราจร

การประมาณค่าความจุจากการประมวลผลด้วยแบบจำลองสภาพการจราจร โดยการกำหนดสถานการณ์ในการจำลองที่มีการปรับเปลี่ยนค่าปัจจัย และเพิ่มปริมาณจราจรตั้งแต่ 200, 400, 600, 800, 1,000, 1,200, 1,400, 1,600, 1,800, 2,000, 2,200, 2,400 คัน/ชั่วโมง/ทิศทาง หรือเพิ่มปริมาณจราจรขึ้นจนกระทั่งเกินความจุที่จะสามารถรับได้ สร้างเป็น Speed-Flow curve โดยใช้ค่าเฉลี่ยจากการประมวลผลแบบจำลอง 11 ครั้ง โดยแต่ละครั้งจะทำการเปลี่ยนค่า Random seed เพื่อเป็นการสุ่มพฤติกรรมรถขับขี่ให้แตกต่างกัน

4. ผลการวิจัย

4.1 ความจุในสภาพอุดมคติ

ผลจากการประมาณค่าความจุสูงสุดของทางชนบทสองช่องจราจรในสภาพอุดมคติด้วยแบบจำลองสภาพการจราจร เมื่อไม่มีรถจักรยานยนต์ ไม่มีรถขนาดใหญ่ และการกระจายปริมาณจราจรต่อทิศทางในสองทิศทางเท่ากัน พบว่า กรณีศึกษาทางหลวงชนบท ขก.1027 มีความจุสูงสุด (รวมสองทิศทาง) เท่ากับ 3,702 pc/h และค่าเฉลี่ยทั้ง 3 สายทาง เท่ากับ 3,671 pc/h ซึ่งสูงกว่าค่าความจุของทางหลวงสองช่องจราจรสูงสุดใน HCM2010 ซึ่งเท่ากับ 1,700 pc/h ในทิศทางเดียว และสูงสุดที่ 3,200 pc/h รวมสองทิศทาง [5] ค่าความจุสูงสุดและ Speed-Flow curve ของแบบจำลองทางชนบทสองช่องจราจรในสภาพอุดมคติของแต่ละสายทาง ดังแสดงในรูปที่ 7

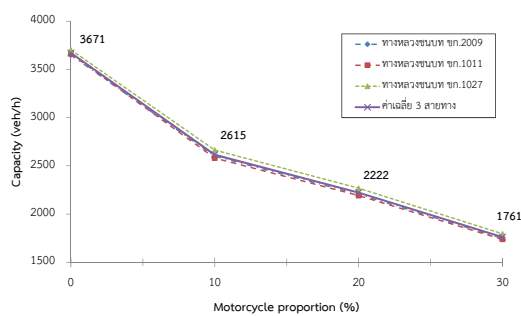


รูปที่ 7 ค่าความจุสูงสุดและ Speed-Flow curve ของแบบจำลองทางชนบทสองช่องจราจรในสภาพอุดมคติ

4.2 ผลกระทบจากปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความจุ

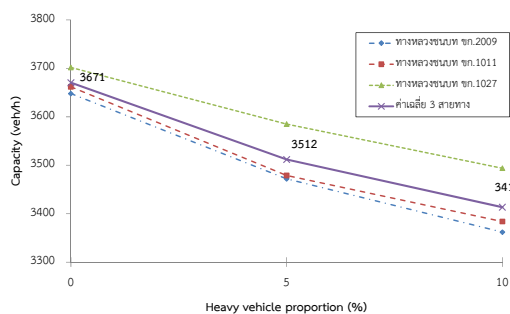
การวิเคราะห์ผลกระทบจากปัจจัยที่มีต่อความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจร ดังนี้

(1) สัดส่วนรถจักรยานยนต์ มีผลให้ค่าความจุรวมสองทิศทาง (ไม่รวมปริมาณรถจักรยานยนต์) ค่าเฉลี่ยทั้ง 3 สายทาง เท่ากับ 2,615, 2,222 และ 1,761 veh/h สำหรับสัดส่วน 10%, 20% และ 30% เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพในอุดมคติจะเห็นว่าความจุมีค่าลดลงเฉลี่ยร้อยละ 28.8, 55.4 และ 85.9 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 ผลกระทบจากสัดส่วนรถจักรยานยนต์ต่อความจุ

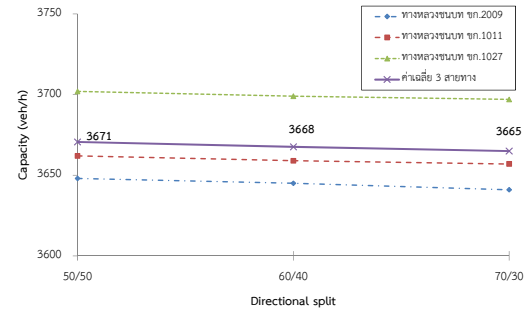
(2) สัดส่วนรถขนาดใหญ่ มีผลให้ค่าความจุรวมสองทิศทาง เฉลี่ยทั้ง 3 สายทาง เท่ากับ 3,512 และ 3,413 veh/h สำหรับสัดส่วนรถขนาดใหญ่ 5% และ 10% ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพในอุดมคติจะเห็นว่าความจุมีค่าลดลงเฉลี่ยร้อยละ 4.32 และ 7.01 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 ผลกระทบจากสัดส่วนรถขนาดใหญ่ต่อความจุ

(3) การกระจายปริมาณจราจรต่อทิศทาง มีผลให้ค่าความจุรวมสองทิศทาง เฉลี่ยทั้ง 3 สายทาง เท่ากับ 3,668 และ 3,665 veh/h สำหรับสัดส่วนการกระจายปริมาณ

จราจรต่อทิศทาง 60/40 และ 70/30 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพในอุดมคติจะเห็นว่าความจุมีค่าลดลงเฉลี่ยร้อยละ 0.08 และ 0.15 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 ผลกระทบจากการกระจายปริมาณจราจรต่อทิศทางต่อความจุ

4.3 ค่าปรับแก้ปัจจัย (Adjustment factor)

จากการวิเคราะห์และประมาณค่าความจุซึ่งได้รับผลกระทบจากปัจจัยที่พิจารณา สามารถระบุค่าความจุสูงสุดรวมสองทิศทางเป็นค่าคงที่เท่ากับ 3,671 pcu/h ซึ่งได้จากการเฉลี่ยค่าความจุภายใต้เงื่อนไขสภาพอุดมคติทั้ง 3 สายทาง สำหรับเป็นกรณีศึกษาหรือตัวแทนของทางหลวงชนบทสองช่องจราจรที่มีความกว้างช่องจราจร 3.0-3.2 เมตร ไหล่ทางกว้างไม่เกิน 1.2 เมตร โดยสามารถประมาณค่าความจุสำหรับทางหลวงชนบทสองช่องจราจรในการศึกษานี้ ดังสมการที่ (1)

$$C = 3,671 \times f_M \times f_H \times f_D \quad (1)$$

เมื่อ

C คือ ค่าความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจร (veh/h)

f_M คือ ค่าปรับแก้สัดส่วนรถจักรยานยนต์

f_H คือ ค่าปรับแก้สัดส่วนรถขนาดใหญ่

f_D คือ ค่าปรับแก้การกระจายปริมาณจราจรต่อทิศทาง

(1) ค่าปรับแก้สัดส่วนรถจักรยานยนต์ (f_M) ความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจรมีแนวโน้มลดลงเฉลี่ยร้อยละ 21.5 เมื่อสัดส่วนสัดส่วนรถจักรยานยนต์เพิ่มขึ้น 10% โดยได้ทำการประมาณค่าปรับแก้กันนอกช่วง

(Extrapolate) เพิ่มเติมจากผลการวิเคราะห์ความจุด้วยแบบจำลองการจราจรเพื่อให้ครอบคลุมช่วงของค่าปัจจัยที่อาจเป็นไปได้ ด้วยสมการเอ็กซีโพเนนเชียล $y = 3530.3e^{-0.024x}$ ($R^2 = 0.9794$) สำหรับสัดส่วนรถจักรยานยนต์ 40% และ 50% ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าปรับแก้สัดส่วนรถจักรยานยนต์ (Adjustment factor of motorcycle proportion, f_M)

สัดส่วนรถจักรยานยนต์	0%	10%	20%	30%	40%	50%
ค่าปรับแก้	1.000	0.712	0.605	0.480	0.368	0.290

(2) ค่าปรับแก้สัดส่วนรถขนาดใหญ่ (f_H) ความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจรมีแนวโน้มลดลงเฉลี่ยร้อยละ 3.6 เมื่อสัดส่วนสัดส่วนรถขนาดใหญ่เพิ่มขึ้น 5% และประมาณค่าปรับแก้ในช่วงเพิ่มเติมด้วยสมการ $y = 3661.1e^{-0.007x}$ ($R^2 = 0.9847$) สำหรับสัดส่วนรถขนาดใหญ่ 15% และ 20% ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าปรับแก้สัดส่วนรถขนาดใหญ่ (Adjustment factor of heavy vehicle proportion, f_H)

สัดส่วนรถขนาดใหญ่	0%	5%	10%	15%	20%
ค่าปรับแก้	1.000	0.957	0.930	0.898	0.867

ผลค่าปรับแก้สัดส่วนรถขนาดใหญ่ข้างต้นมีความสอดคล้องกับวิธีการที่เสนอโดย TRB [9] ซึ่งสามารถคำนวณค่าปรับแก้ f_{HV} สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบราบเรียบ (Level terrain) เท่ากับ 0.957, 0.930, 0.898 และ 0.867 สำหรับสัดส่วนยวดยานขนาดใหญ่ 0%, 5%, 10%, 15% และ 20% ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างเล็กน้อยเฉลี่ยร้อยละ 2.45

(3) ค่าปรับแก้การกระจายปริมาณจราจรต่อทิศทาง (f_D) ความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจรมีแนวโน้มลดลงเฉลี่ยร้อยละ 0.1 เมื่อการกระจายปริมาณจราจรในทิศทางหลักมีสัดส่วนเพิ่มขึ้น 10% และประมาณค่าปรับแก้ในช่วงเพิ่มเติมด้วยสมการ $y = 3684.8e^{-0.000005x}$

($R^2 = 0.9989$) สำหรับการกระจายปริมาณจราจรต่อทิศทาง 80/20 และ 90/10 ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าปรับแก้การกระจายปริมาณจราจรต่อทิศทาง (Adjustment factor of directional split, f_D)

การกระจายปริมาณจราจรต่อทิศทาง	50/50	60/40	70/30	80/20	90/10
ค่าปรับแก้	1.000	0.999	0.998	0.997	0.996

4.4 เปรียบเทียบการประมาณค่าความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจรด้วยสมการและค่าปรับแก้ปัจจัย กับวิธี HCM2010

ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบผลการประมาณค่าความจุด้วยสมการและค่าปรับแก้ปัจจัยในการศึกษานี้ กับวิธีการ HCM2010 โดยใช้ตัวอย่างกรณีศึกษา 3 สายทาง โดยรวมพบว่า ค่าความจุด้วยสมการและค่าปรับแก้ปัจจัยจากการศึกษา มีค่าต่ำกว่าการประมาณค่าความจุด้วยวิธีการ HCM2010 ในช่วงประมาณร้อยละ 29.5 - 40.3 ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบการประมาณค่าความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจรด้วยสมการและค่าปรับแก้ปัจจัย กับวิธี HCM2010

กรณีศึกษา	ทช.ชก. 2009	ทช.ชก. 1011	ทช.ชก. 1027
ปริมาณจราจรรวมสองทิศทาง (veh/h)	556	449	1109
สัดส่วนรถจักรยานยนต์	32.99%	22.07%	24.54%
สัดส่วนรถขนาดใหญ่	3.24%	4.68%	2.89%
การกระจายปริมาณจราจร	62.95%/37.05%	55.90%/44.10%	60.96%/39.04%
ความเร็ว (km/h)	50.4	50.1	52.5
ความจุ (veh/h)	สมการและค่าปรับแก้ปัจจัย	1,591	2,039
	HCM2010	2,666	2,972
ร้อยละความแตกต่าง		-40.3	-31.4

ตัวอย่างการคำนวณความจุ ($C_{i,ATS}$) ด้วยวิธี HCM2010 ทช.ชก.2009 (Class III) ดังสมการที่ (2)

$$C_{i,ATS} = 1,700 \times f_{g,ATS} \times f_{HV,ATS} \quad (2)$$

เมื่อ

$C_{i,ATS}$ = ความจุในทิศทางที่ทำการวิเคราะห์ภายใต้เงื่อนไขที่ขึ้นอยู่กับความเร็วเฉลี่ย (ATS)

i = “d” ทิศทางที่ทำการวิเคราะห์ หรือ “o” ทิศทางตรงข้าม

$$f_{g,ATS} = 1.00 \text{ (Level terrain)}$$

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{(1 + P_T(E_T - 1))} \quad (3)$$

$$f_{HV,ATS}(\text{Dir.1}) = 0.987$$

$$f_{HV,ATS}(\text{Dir.2}) = 0.984$$

$$C_{d,ATS}(\text{Dir.1}) = 1,700 \times 0.987 = 1678 \text{ veh/h}$$

$$C_{o,ATS}(\text{Dir.2}) = 1,700 \times 0.984 = 1673 \text{ veh/h}$$

อย่างไรก็ตามความจุของทางหลวงสองช่องจราจรภายใต้สภาพในอุดมคติ คือ 1,700 pc/hr ในทิศทางเดียวและสูงสุดที่ 3,200 pc/hr รวมสองทิศทาง [5] ทั้งนี้ความจุของทางหลวงสองช่องจราจรหรือปริมาณจราจรรวมสองทิศทางยังขึ้นอยู่กับ การกระจายตัวของปริมาณจราจรในแต่ละทิศทาง โดยถูกควบคุมด้วยสัดส่วนการกระจายตัวของปริมาณจราจรต่อทิศทางบนทางหลัก (ปริมาณจราจรมากกว่า) ดังสมการที่ (4) [10]

$$Capacity = \min \left\{ \frac{1700}{P_d}, 3200 \right\} \quad (4)$$

เมื่อ

P_d คือ สัดส่วนของปริมาณจราจรบนทิศทางหลัก

ดังนั้น ความจุด้วยวิธี HCM2010 ของ ทข.ชก.2009 รวมสองทิศทางเท่ากับ $1678/0.6295 = 2,666 \text{ veh/h}$

5. สรุป

แม้ว่าการใช้วิธีการ HCM ในการประมาณค่าความจุของทางหลวงจะเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย แต่สำหรับทางหลวงชนบทสองช่องจราจรในประเทศไทยยังมีข้อจำกัดและปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้การประมาณค่าความจุมีความคลาดเคลื่อนไปจากสภาพความเป็นจริง การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการพัฒนาค่าปรับแก้ปัจจัยสำหรับใช้ในการประมาณค่าความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจรนอกเมือง โดยใช้การพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคแทนการประมาณค่าความจุของทางหลวงโดยตรง พร้อมทั้งนำเสนอผลกระทบของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจร ผลการศึกษาสรุป ได้ดังนี้

(1) ผลการวิเคราะห์และประมาณค่าความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจร โดยใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคในการศึกษานี้ พบว่า การประมาณค่าความจุสูงสุดเฉลี่ยทั้ง 3 สายทาง เท่ากับ 3,671 pc/h ซึ่งสูงกว่าค่าความจุสูงสุดตามวิธีของ HCM 2010 แต่ใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Kim [11] ซึ่งค่าความจุ 3700 pc/h ที่ความเร็วในการไหลอิสระ 64.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

(2) ปัจจัยที่มีผลให้ค่าความจุลดลงสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพในอุดมคติ คือ สัดส่วนรถจักรยานยนต์ เนื่องมาจากพฤติกรรมการขับขี่ของรถจักรยานยนต์ที่เลยเข้ามาบนช่องจราจรหลักก็คขวางการสัญจรรถยนต์ประเภทอื่นๆ (PC และ HV) ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ความเร็วในการขับขี่สูงกว่ารถจักรยานยนต์แต่ไม่สามารถขับแซงผ่านไปได้เมื่อมีปริมาณจราจรทิศทางตรงข้ามหนาแน่น รองลงมาคือสัดส่วนรถขนาดใหญ่ และการกระจายปริมาณจราจรต่อทิศทางแทบไม่มีผลต่อความจุสอดคล้องกับที่ระบุใน HCM2000 ที่ระบุว่ากระจายปริมาณจราจรต่อทิศทางเกือบจะเป็นอิสระกับความจุของทางหลวงสองช่องจราจร [12] โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อปริมาณจราจรในทิศทางตรงข้ามมีปริมาณจราจรเพิ่มสูงขึ้น

(3) การศึกษานี้ได้ทำการสรุปเป็นตารางค่าปรับแก้ปัจจัยพร้อมทั้งทำการประมาณค่านอกช่วงเพิ่มเติมจากผลการวิเคราะห์ความจุด้วยแบบจำลองการจราจรเพื่อให้ครอบคลุมช่วงของค่าปัจจัยที่อาจเป็นไปได้ ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความจุที่ได้จากสมการและค่าปรับแก้ปัจจัยจากการศึกษากัวิธี HCM2010 พบว่ามีความแตกต่างเฉลี่ยร้อยละ 33.7

อย่างไรก็ตามการศึกษานี้เป็นเพียงอีกแนวทางเลือกในการนำไปใช้งานในการประมาณค่าความจุของทางหลวงชนบทสองช่องจราจร ซึ่งการศึกษาในอนาคตอาจจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยหรือเงื่อนไขอื่นๆ รวมทั้งการประมาณค่าความจุร่วมกับภาระการวิเคราะห์ระดับการให้บริการ (Level of service, LOS) เพิ่มเติม

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Department of Rural Road. (2020, May 17). Highway laws and regulations [Online]. Available: https://drr.go.th/?page_id=14600
- [2] Federal Highway Administration, “ Highway Functional Classification: Concepts, Criteria and Procedures, ” U. S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 2014.
- [3] Hussain, H., Uma, R., Ahmad, R.S., Farhan, M.S. and Dadang M.M., “Key Components of A Motorcycle-Traffic System– A Study Along The Motorcycle Path In Malaysia,” *IATSS research*, 29(1), 1327-1339, 2005.
- [4] Wuttikrai Chaipanha, “ Development of Highway Capacity Analysis Guideline using Traffic Micro- Simulation Model, ” Ph. D. dissertation in Civil Engineering, Graduate School, Khon Kaen University., 2018.
- [5] Transport Research Board (TRB), “Highway Capacity Manual 2010,” 5th Ed., National Research Council, Transportation Research Board, Washington, D.C,USA: BROOKS/COLE., 2010.
- [6] Design guideline of road medians and road widening, Bureau of Surveying and Design, Department of Highways, ministry of transport, 2011.
- [7] Sharma N, Sarkar PK, Velmurugan S, “Estimation of Capacity for Multi-Lane Divided Inter-Urban Highways using Videography Technique of Data Collection,” in *6th Urban Mobility India Conference & Expo 2013*, 2004.
- [8] Design Manual for Roads and Bridges, Barton-Aschman Associates, Inc. and Cambridge Systematics, Inc, U.S. Department of Transportation, 1997.
- [9] Transport Research Board (TRB), “Planning Techniques to Estimate speed and service volumes for planning applications,” Report 387. National Research Council, Transportation Research Board, Washington, D.C, U.S.A., 1997.
- [10] Luttinen, R.T, “Percent Time Spent Following as Performance Measure for Two-Lane Highways,” *Journal of the Transportation Research Board*, 2, 52-59, 2001.
- [11] Kim J., “Capacity Estimation Method for Two-Lane, Two-Way Highways Using Simulation Modeling,” Ph.D. Thesis, The Pennsylvania State University, 2006.
- [12] Satish Chandra et. al, “Capacity estimation procedure for two-lane roads under mixed traffic conditions,” in *Indian Road Congress Paper No.498*, 2004.