

การประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคในการประมาณค่าความจุ ของทางหลวง 4 ช่องจราจร นอกเมือง (เกาะกลางถนนแบบยก)

Use of the Traffic Micro-Simulation Model to Estimate the Capacity of Rural 4-Lane Highway (Raised Median)

วุฒิไกร ไชยปัญญา (Wuttikrai Chaipanha)¹* ดร.จรัส พิทักษ์สูงการ (Dr.Jumrus Pitaksringkarn)**

ดร.ลัดดา ตันวานิชกุล (Dr.Ladda Tanwanichkul)***

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอค่าความจุสูงสุดและพัฒนาแบบจำลองในการประมาณค่าความจุของทางหลวง 4 ช่องจราจร นอกเมือง (เกาะแบบยก) ซึ่งได้พิจารณาปัจจัยที่มีผลกระทบประกอบด้วย ทางเชื่อม จุดกลับรถ และขนาดของรถ โดยการใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคซึ่งเป็นวิธีการที่ลดข้อจำกัดในการสำรวจข้อมูล สามารถจำลองสถานการณ์และพฤติกรรมของผู้ขับขี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการศึกษาพบว่า ความจุสูงสุดของสภาพในอุดมคติเท่ากับ 2,160 คัน/ชั่วโมง/ช่องจราจร ในขณะที่ความจุของทางหลวงตัวแทนในสภาพสำรวจเท่ากับ 1,524 คัน/ชั่วโมง/ช่องจราจร ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการคำนวณด้วยวิธี HCM 2010 ร้อยละ 23.5 โดยจุดกลับรถเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบสูงสุดเนื่องจากบริเวณกระแสรถบนทางหลวงทั้งการตัดกระแสรถในทิศทางตรงข้ามและกีดขวางการสัญจรในทิศทางเดียวกันเมื่อมีปริมาณจราจรรถกลับรถเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบจำลองสำหรับประมาณค่าความจุในรูปแบบของสมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้นที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความจุกับปัจจัยที่มีผลกระทบเพื่อเป็นแนวทางในการประมาณค่าความจุของทางหลวงที่มีลักษณะทางกายภาพที่ใกล้เคียงกันสำหรับประเทศไทยในอนาคต

ABSTRACT

This article aims to present the maximum capacity and develop a model for estimating the capacity of rural four-lane highway with raised median. The factors that affect the capacity considered in this study include: (1) Access-point (2) U-turn and (3) Heavy vehicle. In this study, the estimation of highway capacity used a traffic micro-simulation model, which is a method to reduce the limitations of survey data and it can also be simulated the driver behavior effectively. The result indicated that the maximum capacity on base condition is 2,160 pc/hr/ln and prevailing condition is 1,524 veh/hr/ln, that is less than the HCM 2010 calculation about 23.5% due to the unique characteristics of highways in Thailand. The u-turn is the most affected by the interruption of traffic stream on the highway both in the same direction and opposite direction. The multiple linear regression was derived from the relation between capacity and the factors affecting. Result can be used to guide the estimation of the capacity of a four-lane highway with similar cross-section for Thailand in the future.

คำสำคัญ: ความจุ ทางหลวง แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

Keywords: Capacity, Highway, Traffic micro-simulation

¹ Correspondent author: w.chaipanha@gmail.com

* นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

*** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



บทนำ

ความจุของช่วงถนนสามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อปรับปรุงสิ่งอำนวยความสะดวกจราจรที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งนำไปสู่การวิเคราะห์ ออกแบบ และการวางแผนปรับปรุงประสิทธิภาพของสิ่งอำนวยความสะดวกจราจร และโครงข่ายถนนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เช่น การปรับปรุงช่องจราจร การเพิ่มช่องจราจร การปรับปรุงอุปกรณ์ควบคุมการจราจร การจัดช่องจราจรพิเศษ และการจัดการเชิงนโยบายต่างๆ เป็นต้น

แนวทางในการวิเคราะห์ความจุในปัจจุบันมีหลากหลายวิธี โดยที่ U.S. Highway Capacity Manual (HCM) นับเป็นคู่มือฉบับแรกๆ ที่ริเริ่มเสนอแนวคิดเชิงปริมาณในการประมาณค่าความจุและระดับการให้บริการสำหรับสิ่งอำนวยความสะดวกการจราจร จนกระทั่งเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยถูกพัฒนาขึ้นโดย TRB Committee on Highway Capacity and Quality of Service และเผยแพร่ครั้งแรกในปี ค.ศ.1950 และพัฒนาปรับปรุงเรื่อยมาตั้งแต่ปี ค.ศ.1965, 1985, 2000 และ 2010 ซึ่งเป็นฉบับที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน (HCM 2010)

อย่างไรก็ตามเนื่องจาก HCM เป็นคู่มือที่ถูกพัฒนาขึ้นในสหรัฐอเมริกาทำให้ไม่สามารถนำไปประยุกต์โดยตรงในบางพื้นที่โดยเฉพาะหลายๆ ประเทศหลายประเทศที่กำลังพัฒนาในทวีปเอเชียซึ่งมีรูปแบบและลักษณะการจราจรที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวจึงทำให้ผลการประเมินความจุของช่วงถนนที่ได้จาก HCM มีความคลาดเคลื่อนและขาดความสมเหตุสมผล [1] บางประเทศใช้วิธีการดัดแปลงบางส่วนจาก HCM เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการจราจรของแต่ละประเทศ อีกทั้งหลายประเทศได้มีความพยายามในการพัฒนาคู่มือความจุของทางหลวงสำหรับการวิเคราะห์ความจุของทางหลวงในประเทศของตนเพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากสาเหตุข้างต้นและทำให้ผลการวิเคราะห์สามารถสะท้อนถึงพฤติกรรมจราจรที่เกิดขึ้นจริง ตัวอย่างเช่น Indian Highway Capacity Manual (Indo-HCM) Swedish Capacity Manual Indonesian Highway Capacity Manual (I-HCM) Korea Capacity Manual (KHCM) German Highway Capacity Manual (HBS) และ China Highway Capacity (CHCM) [2-6] เป็นต้น

เช่นเดียวกับการประมาณค่าความจุของทางหลวงในประเทศไทยยังคงใช้วิธีการคำนวณโดยอ้างอิงแนวทางจาก HCM เป็นหลักซึ่งผลที่ได้ก็ยังมีความคลาดเคลื่อนสาเหตุหลักเนื่องจากพฤติกรรมในการขับขี่สภาพแวดล้อม และลักษณะทางกายภาพของทางหลวงที่มีความแตกต่างจากเงื่อนไขในการวิเคราะห์ของ HCM [7-8] จากข้อมูลของกรมทางหลวง ปี พ.ศ.2558 กรมทางหลวงมีระยะทางในความรับผิดชอบ 70,077.043 กิโลเมตร โดยมีสัดส่วนเป็นทางหลวงหลายช่องจราจร (Multilane Highway) ประมาณ 1 ใน 3 ของระยะทางทั้งหมด [9] และหากพิจารณาแนวโน้มในการพัฒนาและขยายช่องจราจรที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในอนาคตอีก 20 ปี จะมีทางหลวงหลายช่องจราจรมากกว่า 30,000 กิโลเมตรซึ่งจะทำให้ทางหลวงหลายช่องจราจรเป็นโครงข่ายหลักที่ให้บริการในการผู้ขับขี่ส่วนใหญ่ในอนาคต

งานวิจัยนี้มีความสนใจในการประมาณค่าความจุของทางหลวงหลายช่องจราจรด้วยการประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค (Micro-simulation Model) ซึ่งมีประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางโดยแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคสามารถแสดงการเคลื่อนที่ของยานพาหนะได้อย่างละเอียด สามารถจำลองการเลือกเส้นทางและพฤติกรรมจราจรที่ใกล้เคียงจริง รวมทั้งสามารถจำลองลักษณะสภาพการจราจรภายใต้ปริมาณจราจรที่แตกต่างกันและพฤติกรรมของผู้ขับขี่ที่ไม่สามารถสำรวจได้ในภาคสนาม โดยมีวัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อนำเสนอค่าความจุสูงสุดและพัฒนาแบบจำลองในการประมาณค่าความจุของทางหลวงหลายช่องจราจรที่ได้พิจารณาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อความจุสำหรับเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ความจุของทางหลวงที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยในอนาคตต่อไป

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคในการวิเคราะห์ความจุของช่วงถนน

วิธีการในการประมาณค่าความจุของช่วงถนนในปัจจุบันสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ (1) Direct Empirical Method ซึ่งเป็นวิธีการประมาณค่าความจุของช่วงถนนโดยตรงที่พิจารณาจากข้อมูลการสำรวจในสภาพสำรวจ และ (2) วิธีการประมาณค่าความจุแบบ Indirect Empirical Method ซึ่งเป็นวิธีการประมาณค่าความจุของช่วงถนนโดยทางอ้อมจากการใช้แนวทางตามคู่มือวิเคราะห์ความจุและแบบจำลองสภาพการจราจรในการประมาณค่าความจุ [10]

การประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคเป็นหนึ่งในวิธีการวิเคราะห์ความจุของช่วงถนนแบบ Indirect Empirical ซึ่งนิยมใช้ในการวิเคราะห์ความจุของช่วงถนนอย่างแพร่หลาย เนื่องจากแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคสามารถลดข้อจำกัดในการสำรวจข้อมูล สามารถจำลองสามารถจำลองสถานการณ์ เงื่อนไข และพฤติกรรมของผู้ขับขี่รถยนต์แต่ละคันได้อย่างละเอียดซึ่งทำให้สามารถสะท้อนลักษณะเฉพาะของการจราจรในแต่ละพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การประมาณค่าความจุด้วยแบบจำลองระดับจุลภาคจะดำเนินการ โดยทำการประมวลผลแบบจำลองให้ได้ผลความเร็วสำหรับระดับปริมาณจราจรที่แตกต่างกัน ซึ่งถูกกำหนดสถานการณ์ในการจำลองขึ้นหลายๆ สถานการณ์เพื่อประมาณค่าความจุสูงสุดตามเงื่อนไขต่างๆ เพื่อสร้างเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและปริมาณจราจร ซึ่งการประมาณค่าความจุจากการสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง Speed-Volume ที่ถูกพัฒนาขึ้นตามฟังก์ชันของความเร็วและปริมาณจราจรเป็นวิธีการพื้นฐานและมีความน่าเชื่อถือสูงสุด [11] ในการศึกษาที่ผ่านมา มีการประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคในการประมาณค่าความจุของช่วงถนนร่วมกับการแปรผันค่าปัจจัยที่มีผลต่อความจุทั้งด้านกายภาพและพฤติกรรมจราจรซึ่งมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะเฉพาะของแต่ละพื้นที่ โดยผลการวิเคราะห์ที่ได้จะถูกเปรียบเทียบกับผลการคำนวณด้วยวิธี HCM และแบบจำลองทางทฤษฎีต่างๆ ตัวอย่างการศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคในการประมาณค่าความจุของช่วงถนน ดังแสดงในตารางที่ 1

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความจุของช่วงถนน

เงื่อนไขหรือปัจจัยที่อาจมีผลต่อการดำเนินการด้านการจราจร และกระแสจราจร ซึ่งส่งผลกระทบต่อความจุ การไหลของกระแสจราจร และระดับการให้บริการของถนน ได้แก่ สภาพถนน สภาพแวดล้อม สภาพภูมิประเทศ สภาพจราจร และสภาพการควบคุมการจราจร [12] โดยจากการทบทวนผลการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า มีการศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความจุของช่วงถนนในแต่ละพื้นที่อย่างหลากหลาย เช่น ความถี่ของทางเชื่อมและจุดกลับรถโค้งราบ โค้งตั้ง ขีดจำกัดความเร็ว สัดส่วนของรถบรรทุกความกว้างของถนน และความลาดชัน เป็นต้น (ตารางที่ 2) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงสภาพการจราจรและพฤติกรรมจราจรที่ซับซ้อนทางหลวงในประเทศไทยจะเห็นได้ว่าปัจจัยหรือเงื่อนไขบางประการอาจไม่ได้ปรากฏหรือมีผลกระทบค่อนข้างน้อย ซึ่งในการศึกษานี้ได้ให้ความสำคัญเฉพาะปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความจุของทางหลวงหลายช่องจราจรในประเทศไทย และสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิเคราะห์ความจุตามแนวทางของ HCM 2010 โดยสรุปปัจจัยที่พิจารณาประกอบด้วย ทางเชื่อม จุดกลับรถ และขบวนขนาดใหญ่ ซึ่งการศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์และแสดงผลกระทบของทั้ง 3 ปัจจัยที่มีต่อความจุร่วมกัน โดยจุดกลับรถเป็นหนึ่งในปัจจัยที่เป็นลักษณะเฉพาะตัวของทางหลวงหลายช่องจราจรในประเทศไทยที่ไม่ได้ถูกพิจารณาในวิธีการของ HCM และอาจจะมีผลกระทบกับความจุของทางหลวงในการศึกษานี้ได้



วิธีการวิจัย

คัดเลือกช่วงถนนตัวแทนสำหรับการศึกษา

งานวิจัยนี้จะนำเสนอเฉพาะผลการศึกษาของทางหลวง 4 ช่องจราจร (Four-Lane Highway) แบ่งทิศทางการไหลด้วยเกาะกลางแบบยก (Raised Median) ซึ่งเป็นอีกรูปแบบหนึ่งของทางหลวงหลายช่องจราจร (Multilane Highway) ในประเทศไทยที่มีความแตกต่างจากเงื่อนไขในการวิเคราะห์ของ HCM ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น รวมทั้งมีลักษณะเฉพาะและปัจจัยอื่นๆ ที่อาจมีผลทำให้การคำนวณค่าความจุมีความคลาดเคลื่อนได้ โดยทางหลวงรูปแบบนี้เหมาะกับถนนที่มีเขตทางไม่กว้างทำให้ปรากฏพบว่าการออกแบบ ก่อสร้าง ปรับปรุงและขยายผิวจราจรเพื่อให้บริการสำหรับทางหลวงสายหลักและสายรองที่อาจมีข้อจำกัดข้างต้นในหลายเส้นทางในปัจจุบัน [13] ซึ่งช่วงถนนทางหลวง 4 ช่องจราจร (เกาะกลางถนนแบบยก) ตัวแทนสำหรับการศึกษานี้ผู้วิจัยได้คัดเลือกช่วงถนนทางหลวงที่อยู่ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือก [12-14] ดังนี้

- (1) มีทัศนวิสัยในการมองเห็นที่ชัดเจน ไม่มีผลกระทบจากอุบัติเหตุ/อุบัติเหตุการณ์
- (2) เป็นช่วงถนนที่ตรงความยาวอย่างน้อย 500 เมตร ไม่มีผลกระทบของทางแยกหรือมีระยะห่างระหว่างทางแยกสัญญาณไฟจราจรอย่างน้อย 3.2 กิโลเมตรขึ้นไป
- (3) ช่วงถนนตัวแทนต้องประกอบด้วยปัจจัยด้านกายภาพที่มีผลกระทบต่อความจุ (ทางเชื่อมและจุดกลับรถ) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบพฤติกรรมจราจรในแบบจำลองให้มีความคล้ายคลึงกับสภาพจริง ซึ่งจะทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์สถานการณ์จำลองอื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- (4) ช่วงถนนตัวแทนถูกออกแบบตามมาตรฐานในการออกแบบทางหลวงนอกเมืองของกรมทางหลวง [15]
- (5) เป็นช่วงถนนที่มีปริมาณจราจรหนาแน่นสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงถนนที่มีลักษณะกายภาพหน้าตัดเดียวกัน [16] เพื่อลดโอกาสในการเกิดความคลาดเคลื่อนและความผันผวนในการเปรียบเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่จะถูกประยุกต์ใช้ในการประมาณค่าเมื่อเข้าใกล้ความจุสูงสุด

จากเงื่อนไขข้างต้นได้คัดเลือกทางหลวงหมายเลข 12 ช่วงควบคุม 801 ตอนบ้านฝาง-ขอนแก่น กม.536+000-538+000 เป็นช่วงถนนตัวแทนในการศึกษา ดังภาพที่ 1

สำรวจและเตรียมข้อมูล

การศึกษานี้ได้แบ่งประเภทของข้อมูลสำหรับการสำรวจและรวบรวมข้อมูลเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ (1) ข้อมูลกายภาพ ได้แก่ จำนวนช่องจราจร ความกว้าง ประเภทเกาะกลางถนน และภาพถ่ายทางอากาศ (2) ข้อมูลความต้องการในการเดินทาง ได้แก่ ปริมาณจราจรเข้าพื้นที่ศึกษาและสัดส่วนยานพาหนะ (3) ข้อมูลการควบคุมการจราจร ได้แก่ ลักษณะการควบคุมบริเวณทางเชื่อม และขีดจำกัดความเร็ว และ (4) ข้อมูลสำหรับปรับเทียบแบบจำลอง ได้แก่ ความเร็วเฉพาะจุด ความเร็วในการเดินทาง เวลาในการเดินทาง ปริมาณจราจรบนช่วงถนน และเวลาห่างปลอดภัย

พัฒนาแบบจำลองฐาน

การพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคในการศึกษานี้ใช้โปรแกรม VISSIM โดยแบ่งได้เป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การตั้งค่าข้อมูลพื้นฐานสำหรับแบบจำลอง (2) สร้างโครงข่ายจราจร (3) ตั้งค่าการประเมินผลลัพธ์ของแบบจำลอง (4) ประมวลผลแบบจำลอง และขั้นตอนสุดท้ายคือ (5) การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนเบื้องต้น

การปรับเทียบ (Model Calibration) และการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Validation)

การปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) ในการศึกษานี้ดำเนินการโดยการนำแบบจำลองฐานที่ถูกพัฒนาขึ้นในขั้นตอนที่ผ่านมาประมวลผลและนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลสภาพการจราจรที่สำรวจในสนาม

ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า จากนั้นทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Validation) โดยการประมวลผลแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลสภาพการจราจรที่สำรวจในสนามในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็นและเปรียบเทียบผล โดยทั้งการเปรียบเทียบและการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสำหรับการศึกษาเลือกตัวชี้วัดความสอดคล้องของแบบจำลองกับผลการสำรวจข้อมูล ได้แก่ ปริมาณจราจรบนช่วงถนน ความเร็วในการเดินทาง และเวลาในการเดินทางเฉลี่ย โดยผลของการเปรียบเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองมีค่า GEH อยู่ในช่วง 0.2–0.3 (สำหรับการเปรียบเทียบปริมาณจราจรบนช่วงถนน) และค่าร้อยละความแตกต่างอยู่ในช่วง 0.5–3.5 (สำหรับการเปรียบเทียบความเร็วและเวลาในการเดินทางเฉลี่ย) ซึ่งสอดคล้องตามเกณฑ์สำหรับการเปรียบเทียบแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษานี้อ้างอิงจาก DMRB [28-29]

การกำหนดปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความจุของทางหลวงในแบบจำลอง

จากการทบทวนผลการศึกษาก่อนหน้าที่เกี่ยวข้องและได้กำหนดปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความจุของทางหลวง 4 ช่องจราจร (เกาะกลางถนนแบบยก) ซึ่งได้แก่ จำนวนทางเชื่อม จุดกลับรถ และสัดส่วนขบวนยานขนาดใหญ่ (ภาพที่ 2) โดยแต่ละปัจจัยมีรายละเอียดในการกำหนดค่าตัวแปรสำหรับประยุกต์ใช้ในแบบจำลอง ดังต่อไปนี้

- (1) จำนวนทางเชื่อม (Access Point) จำนวนทางเชื่อมเป็นการพิจารณาความถี่หรือความหนาแน่นของจำนวนทางเชื่อมต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร โดยกำหนดระดับความถี่ทางเชื่อมแบ่งออกได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่ (1) ไม่มีทางเชื่อม (อุดมคติ) (2) ความถี่ต่ำ (ทางเชื่อมไม่เกิน 2 จุด/กิโลเมตร) (3) ความถี่ปานกลาง (ทางเชื่อมไม่เกิน 3-5จุด/กิโลเมตร) และ (4) ความถี่สูง (ทางเชื่อมไม่น้อยกว่า 6จุด/กิโลเมตร) [8]
- (2) สัดส่วนขบวนยานขนาดใหญ่ (Percent Heavy Vehicles) หรือขบวนยานที่มีมากกว่า 4 ล้อ ครอบคลุมทุกประเภทของรถบรรทุก (ยกเว้นรถกระบะบรรทุก 4 ล้อ) [12] ในการศึกษาที่กำหนดช่วงสัดส่วนขบวนยานขนาดใหญ่โดยพิจารณาจากการกระจายของสัดส่วนขบวนยานขนาดใหญ่บนทางหลวงทั่วประเทศตามข้อมูลรายงานปริมาณการจราจรบนทางหลวง 2558 [16] สามารถแบ่งเป็นกรณีที่ไม่มีขบวนยานขนาดใหญ่ (อุดมคติ) มีสัดส่วนขบวนยานขนาดใหญ่ต่ำ ปานกลาง และสูง ซึ่งเท่ากับ 0%, 5%, 15% และ 25%
- (3) จุดกลับรถ (U-Turn) สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง [17] ได้แนะนำระยะห่างระหว่างจุดกลับรถที่เหมาะสมสำหรับทางหลวงน้อยที่สุด 0.8 - 1.5 กิโลเมตร/จุด ดังนั้น ในการศึกษาที่กำหนดจำนวนของจุดกลับรถที่มีความเป็นไปได้ในระยะทาง 1 กิโลเมตร คือ (1) ไม่มีจุดกลับรถในช่วง 1 กิโลเมตร (อุดมคติ) (2) มีจุดกลับรถ 1 จุด/กิโลเมตร และ (3) มีจุดกลับรถ 2 จุด/กิโลเมตร

ในการกำหนดปริมาณขบวนยานที่เข้า-ออกบริเวณทางเชื่อม และจุดกลับรถ ใช้ข้อมูลจากผลการสำรวจปริมาณจราจรบนช่วงถนนตัวแทน โดยกำหนดปริมาณจราจรเลี้ยวออกจากทางเชื่อม ปริมาณจราจรเลี้ยวเข้าทางเชื่อม และปริมาณจราจรกลับรถ เท่ากับ 5%, 4% และ 4% ของปริมาณจราจรบนทางหลวงในสถานการณ์จำลองรวมสองทิศทางตามลำดับ

การประมาณค่าความจุด้วยแบบจำลองระดับจุลภาค

การประมาณค่าความจุด้วยแบบจำลองระดับจุลภาคด้วยการประยุกต์ใช้แบบจำลองที่ได้ทำการเปรียบเทียบและทำการตรวจสอบความถูกต้องเรียบร้อยแล้ว โดยกำหนดสถานการณ์ในการจำลองที่แปรผันค่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความจุ และประมวลผลแบบจำลองด้วยการเพิ่มปริมาณจราจรขึ้นทุกๆ 500 คัน/ชั่วโมง/ทิศทาง จนกระทั่งเกินความจุของทางหลวงที่จะสามารถรับได้ การประมาณค่าความจุของช่วงถนนโดยการประมวลผลแบบจำลองด้วยการเพิ่มปริมาณจราจรนำเข้าจะทำให้ผลจากการวัดค่าปริมาณจราจรขาออกเพิ่มขึ้นเช่นกันในช่วงแรก แต่เมื่อเข้าใกล้ระดับความจุถึงแม้จะเพิ่มปริมาณจราจรนำเข้าแต่จะไม่ได้ผลการวัดค่าปริมาณจราจรขาออกที่เท่ากับปริมาณจราจรนำเข้า ซึ่งการค่อยๆลดลงของปริมาณจราจรขาออกทั้งที่ได้ทำการเพิ่มปริมาณจราจรนำเข้าแสดงว่าปริมาณจราจรได้เต็มความจุของ



ช่วงถนนแล้ว [18] นำผลลัพธ์ที่ได้ในการประมวลผลแบบจำลองหลายๆการเพิ่มปริมาณจราจรสร้างเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและปริมาณจราจรและเนื่องจากแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคสามารถจำลองการดำเนินการของการจราจรในทุกช่วงสภาพการจราจรที่เป็นไปได้เมื่อได้รับอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลกระทบจึงสามารถใช้ผลลัพธ์สุดท้ายที่วัดค่าได้สูงสุดจากแบบจำลองเป็นค่าความจุในแต่ละสถานการณ์จำลอง [19] ทั้งนี้ในการกำหนดสถานการณ์จำลองในแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคที่ได้แปรผันค่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความจุแบ่งเป็น 3 กลุ่มได้แก่

- (1) แบบจำลองสภาพสำรวจ (Prevailing Condition Model) เป็นแบบจำลองประมาณค่าความจุของช่วงถนนตัวแทนตามข้อมูลลักษณะทางกายภาพและผลการสำรวจจริงในภาคสนาม
- (2) แบบจำลองสภาพในอุดมคติ (Base Condition Model) เป็นแบบจำลองประมาณค่าความจุสูงสุดในสภาพอุดมคติ โดยไม่มีผลจากปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความจุ (ไม่มีทางเชื่อม ขวดยานในกระแสจราจรเป็นรถยนต์ส่วนบุคคลทั้งหมด และไม่มีจุดกลับรถ)
- (3) แบบจำลองสภาพสถานการณ์ปัจจัยที่มีผลกระทบ (Scenario Conditions Model) เป็นแบบจำลองประมาณค่าความจุตามแต่ละสถานการณ์จำลองที่มีการแปรผันค่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความจุ

แต่ละสถานการณ์จำลองถูกประมวลผลจำนวน 20 ครั้ง (โดยทั่วไปการประมาณผลแบบจำลอง 11 ครั้ง จะเพียงพอและทำให้ผลการประมวลผลมีความเชื่อมั่นตามหลักการทางสถิติ [20]) ด้วยการสุ่มค่า Seed Value เพื่อเป็นการสุ่มพฤติกรรมรถวิ่งขึ้นที่แตกต่างกันในการประมวลผลของการกำหนดค่าปริมาณจราจรนำเข้าในแต่ละค่า โดยสมมติฐานอื่นๆที่ถูกนำเข้าในแบบจำลองเทียบเคียงจากข้อมูลผลการสำรวจภาคสนามของช่วงถนนตัวแทน ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์จำลองในโปรแกรม VISSIM ดังแสดงในภาพที่ 3

ผลการวิจัย

การประมาณค่าความจุสภาพในอุดมคติ (Base Condition) และสภาพสำรวจ (Prevailing Condition)

ผลจากการประมาณค่าความจุสูงสุดของทางหลวง 4 ช่องจราจร (เกาะกลางแบบยก) ด้วยแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคสำหรับแบบจำลองในสภาพในอุดมคติ (Base Condition) พบว่ามีค่าความจุสูงสุดเท่ากับ 2,161 คัน/ชั่วโมง/ช่องจราจร ซึ่งต่ำกว่าการคำนวณตามวิธีของ HCM 2010 เพียงเล็กน้อย เนื่องจากยังไม่มีผลกระทบจากปัจจัยใดๆมารบกวนกระแสการจราจรบนทางหลวง ในขณะที่การประมาณค่าความจุในสภาพสำรวจ (Prevailing Condition) ด้วยแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคมีค่าเท่ากับ 1,524 คัน/ชั่วโมง/ช่องจราจร ซึ่งน้อยกว่าการคำนวณตามวิธีของ HCM 2010 กว่าร้อยละ 23.5 แสดงให้เห็นว่าค่าความจุของทางหลวงในสภาพสำรวจซึ่งเป็นเสมือนตัวแทนของทางหลวง 4 ช่องจราจร (เกาะกลางแบบยก) ที่ให้บริการโดยทั่วไปมีความแตกต่างจากการคำนวณตามวิธีของ HCM 2010 อย่างชัดเจน เนื่องจากเริ่มมีปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความจุรบกวนการไหลของกระแสการจราจรบนทางหลวง ผลการประมาณค่าความจุและความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและปริมาณจราจร (Speed-Flow Curve) ดังแสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 4

ผลการวิเคราะห์ผลกระทบจากปัจจัยที่มีต่อความจุ

ผลจากการประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคในการวิเคราะห์ผลกระทบจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องและมีอิทธิพลต่อความจุของทางหลวง 4 ช่องจราจร (เกาะกลางแบบยก) ในแต่ละปัจจัยพิจารณาโดยการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและปริมาณจราจรดังนี้

- (1) ผลกระทบของจำนวนทางเชื่อม (Access Point) ประมาณค่าความจุที่ระดับความถี่ทางเชื่อม 4 ระดับ ซึ่งมีผลทำให้ค่าความจุลดลงเท่ากับ 2,140 2,130 และ 2,120 คัน/ชั่วโมง/ช่องจราจร เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพในอุดมคติความจุมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและปริมาณจราจรสำหรับผลกระทบจากปัจจัยทางเชื่อมแต่ละความถี่ ดังแสดงในภาพที่ 5
- (2) ผลกระทบของสัดส่วนขดยานขนาดใหญ่ (Percent Heavy Vehicles) ประมาณค่าความจุตามสัดส่วนขดยานขนาดใหญ่ระหว่าง 0% - 25% ซึ่งมีผลทำให้ค่าความจุลดลงเท่ากับ 1,972 1,819 และ 1,726 คัน/ชั่วโมง/ช่องจราจรเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพในอุดมคติความจุมีค่าลดลงเฉลี่ยร้อยละ 5-9 ในแต่ละระดับของสัดส่วนขดยานขนาดใหญ่ที่เพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและปริมาณจราจรสำหรับผลกระทบจากปัจจัยของสัดส่วนขดยานขนาดใหญ่แต่ละค่า ดังแสดงในภาพที่ 6
- (3) ผลกระทบของจุดกลับรถ (U-Turn) การประมาณค่าความจุที่จำนวนจุดกลับรถ 0-2 จุด/กิโลเมตร ซึ่งมีผลทำให้ค่าความจุลดลงเท่ากับ 1,611 และ 1,523 คัน/ชั่วโมง/ช่องจราจร เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพในอุดมคติความจุมีค่าลดลงมากกว่าร้อยละ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและปริมาณจราจรสำหรับผลกระทบจากปัจจัยของจุดกลับรถ ดังแสดงในภาพที่ 7

แบบจำลองประมาณค่าความจุทางหลวง 4 ช่องจราจร (เกาะกลางถนนแบบยก)

จากผลการประมาณค่าความจุด้วยแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาคที่ได้แปรผันค่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความจุรวมทั้งสิ้น 48 สถานการณ์จำลองสามารถพัฒนาเป็นสมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้น (Multiple Linear Regression) สำหรับใช้ในการประมาณค่าความจุที่ได้จากความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลกระทบกับความจุทั้งทางเชื่อม สัดส่วนขดยานขนาดใหญ่ และจุดกลับรถ ของทางหลวง 4 ช่องจราจร (เกาะกลางถนนแบบยก) สมการที่ 1

$$C = 2002.649 - 13.846A - 7.977H - 262.438U \quad (1)$$

เมื่อ C คือ ความจุของทางหลวง 4 ช่องจราจร (เกาะกลางถนนแบบยก) (คัน/ชั่วโมง/ช่องจราจร) ที่ได้รับผลกระทบของแต่ละปัจจัย A คือ จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร H คือ สัดส่วนขดยานขนาดใหญ่ (%) และ U คือ จำนวนจุดกลับรถต่อกิโลเมตร

ผลการวิเคราะห์มีนัยสำคัญทางสถิติที่ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95%, $R^2=0.875$ และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error of Estimate) = 90.46 (ตารางที่ 4) ซึ่งภาพรวมของสมการและตัวแปรอิสระทั้งหมดมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า Sig < 0.05) สามารถอธิบายอิทธิพลของปัจจัยที่มีต่อความจุได้เป็นอย่างดี โดยปัจจัยหรือตัวแปรอิสระทั้งหมดล้วนมีผลกระทบต่อความจุในเชิงลบ เมื่อปัจจัยมีจำนวนหรือปริมาณเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ความจุทางหลวงลดลง ทั้งนี้ตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลหรือมีผลกระทบต่อความจุสูงสุด คือ จุดกลับรถ เนื่องจากการรบกวนกระแสจราจรบนทางหลวงทั้งในลักษณะการตัดกระแสจราจรในทิศทางตรงข้ามและทิศทางการสัญจรในทิศทางเดียวกันเมื่อมีปริมาณจราจรรถกลับรถเพิ่มสูงขึ้นรองลงมา คือ สัดส่วนขดยานขนาดใหญ่ ซึ่งมีผลทำให้เกิดช่องว่างระหว่างขดยานที่มากกว่าในกระแสจราจร การแซงหรือเปลี่ยนช่องจราจรใช้ระยะทางที่ยาวขึ้นและบ่อยครั้งที่ทำให้เกิดขวางการสัญจรทำให้ขดยานคันอื่นใช้ความเร็วในการขับขึ้นได้ช้าลงจนเกิดแถวคอย ในขณะที่ทางเชื่อมเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลหรือผลกระทบกับความจุน้อยที่สุดเนื่องจากการเลี้ยวเข้า-ออกทางเชื่อมไม่ได้ตัดกับกระแสจราจรโดยตรงแต่ใช้ไหล่ทางซึ่งมีความกว้างเพียงพอในการลดและเพิ่มความเร็วก่อนเข้า-ออกเชื่อมกับทางหลวง



สรุปและอภิปรายผล

การประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคเป็นอีกแนวทางเลือกหนึ่งของการประมาณค่าความจุของช่วงถนนซึ่งมีประสิทธิภาพและความสามารถในการจำลองสถานการณ์ เงื่อนไข และพฤติกรรมของผู้ขับขี่รถยนต์แต่ละคันได้อย่างละเอียด สามารถสะท้อนลักษณะเฉพาะของการจราจรในแต่ละพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและทำให้ผลการวิเคราะห์ค่าความจุของช่วงถนนที่มีความสมเหตุสมผลมากยิ่งขึ้น

ผลการวิเคราะห์และประมาณค่าความจุของทางหลวง 4 ช่องจราจร (เกาะกลางถนนแบบยก) โดยใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคในครั้งนี้ พบว่า การประมาณค่าความจุสูงสุดเท่ากับ 2,160 คัน/ชั่วโมง/ช่องจราจร ในขณะที่ความจุของทางหลวงตัวแทนการศึกษาในสภาพสภาวะมีค่าน้อยกว่าการคำนวณตามวิธีของ HCM 2010 ร้อยละ 23.5 แม้ว่าจะได้ทำการปรับแก้ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง แต่ยังคงมีบางปัจจัยที่เป็นลักษณะเฉพาะของทางหลวงในประเทศไทยซึ่งส่งผลโดยตรงต่อสภาพการจราจรและพฤติกรรมจราจรซึ่งแต่ไม่ได้นำมาพิจารณาในการคำนวณหรือปรับแก้ในวิธีของ HCM 2010 ซึ่งผลการวิเคราะห์สอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวข้องกับการประมาณค่าความจุของทางหลวงด้วยแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคทั้งในประเทศไทย [7 - 8] และต่างประเทศ [21, 26] ที่มีค่าน้อยกว่าการคำนวณตามวิธีของ HCM ประมาณร้อยละ 6 – 30

จากการพัฒนาสมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้นสำหรับการประมาณค่าความจุที่ได้จากความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลกระทบ ซึ่งประกอบด้วย จำนวนทางเชื่อม จุดกลับรถและสัดส่วนขบวนขนาดใหญ่มาก โดยพบว่าปัจจัยทั้งหมดล้วนมีผลกระทบต่อความจุในเชิงลบหรือทำให้ความจุของทางหลวงลดลงโดยจุดกลับรถเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบสูงสุด อย่างไรก็ตามผลการพัฒนาแบบจำลองประมาณค่าความจุทางหลวง 4 ช่องจราจร (เกาะกลางถนนแบบยก) ในการศึกษาขึ้นอยู่กับมาตรฐานของกรมทางหลวงและสมมติฐานการวิเคราะห์ความจุสูงสุดในสภาพภูมิประเทศแบบราบเรียบ (Level Terrain) ซึ่งอาจจะไม่สามารถประยุกต์ใช้กับเงื่อนไขที่ต่างออกไปได้ การศึกษาและวิเคราะห์เพิ่มเติมในเงื่อนไขอื่นๆ จึงอาจจะเป็นแนวทางที่น่าสนใจในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท เอส ทู อาร์ คอนซัลติ้ง จำกัด สำหรับการสนับสนุนโปรแกรมในงานวิจัยทำให้ดำเนินงานวิจัยลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Madhu SV, Velmurugan M. Estimation of Roadway Capacity of Eight-lane Divided Urban Expressways under Heterogeneous Traffic Through Microscopic Simulation Models. International Journal of Science and Technology Education Research. 2011; Vol. 1(6).
2. Central Road Research Institute. Development of Indian Highway Capacity Manual (Indo-HCM). 12th Five Year Plan Project; 2014.
3. Directorate General of Highways Ministry of Public Works. Indonesian Highway Capacity Manual; 1993.
4. Development of Korean Highway Capacity Manual. Highway Capacity and Level of Service. Proceedings of the International Symposium on Highway Capacity; 1991 July 24-27; Karlsruhe, Germany, 1991.



5. Lemke K. The new German Highway Capacity Manual (HBS2015). International Symposium on Enhancing Highway Performance; 2016; Transport Research Procedia, Volume15, 2016: 26-35.
6. Zhou R, Zhong L, Zhao N, Fang J, Chai H, Zhou J, et al. The development and Practice of China Highway Capacity Research. International Symposium on Enhancing Highway Performance; 2016; Transport Research Procedia, Volume15, 2016: 14-25.
7. Thongkrew P. Developing of traffic micro simulation model for determining road capacity and level of service: Amphoe Mueang Khon kaen case study. [MEng thesis]. Khon Kaen: Khon Kaen Universit; 2012. Thai.
8. Tanwanichkul L, Pitaksringkarn J, Thongkrew P. The study of Highway Cross-Section Design Criteria from Traffic Volume Perspective using Traffic Micro-Simulation. KKU engineering journal. 2012; 39(3):241-248. Thai.
9. Department of Highways [Internet]. Summary of pavement characteristics in the responsibility of the Department of Highways. Bureau of Highway Safety, Department of Highways, ministry of transport, Thailand; 2014 [cited 2017]. Available from : [http:// maintenance.doh.go.th/website/download/distance2513-2558.xls](http://maintenance.doh.go.th/website/download/distance2513-2558.xls)
10. Minderhoud MM, Botma H, Bovy PHL. Assessment of Roadway Capacity Estimation Methods. Transportation Research Record. 1997; 1572: pp.59-67.
11. Sinha S, Taneerananon P, Chanda S. Effective Motorcycle Lane Configuration Thailand: A Case Study of Southern Thailand. Engineering Journal. 2016; Volume 20 Issue 3, ISSN 0125-8281.
12. Transport Research Board (TRB). Highway Capacity Manual 2010. 5th Ed., National Research Council, Transportation Research Board, Washington, D.C, U.S.A: BROOKS/COLE.; 2010.
13. Department of Highway. Design guideline of road medians and road widening. Bureau of Surveying and Design, Department of Highways, ministry of transport, Thailand; 2011.
14. Sharma N, Sarkar PK, Velmurugan S. Estimation of Capacity for Multi-Lane Divided Inter-Urban Highways using Videography Technique of Data Collection.; 2013.
15. Department of Highway. Standard Drawings for Highway Design and Construction Revision 2015. Department of Highway, Ministry of Transport, Thailand; 2015.
16. Department of Highways. Annual Average Daily Traffic on Highways 2015. Bureau of Highway Safety, Department of Highways, ministry of transport, Thailand; 2015.
17. Department of Highway. Suggestions to consider opening the median of the highway construction. Bureau of Highway Safety, Department of Highways, ministry of transport, Thailand; 2005.
18. Praveen PS, Arasan VT. Influence of Traffic Mix on PCU Value of Vehicles under Heterogeneous Traffic Conditions. International Journal for Traffic and Transport Engineering, 2013; 3(3): 302 – 330.
19. Hossain M. Capacity Estimation of Traffic Circles Under Mixed Traffic Conditions Using Micro-Simulation Technique. Transportation Research Part A: Policy and Practice. 1999; Volume 33, Issue 1:47-61.
20. Washington State Department of Transportation. Protocol for VISSIM Simulation. Washington State Department of Transportation; 2014.



21. Kim J. Capacity Estimation Method for Two-Lane, Two-Way Highways Using Simulation Modeling. [PhD thesis]. Pennsylvania: The Pennsylvania State University; 2006.
22. Arkatkar SS. Effect of Intercity Road Geometry on Capacity under Heterogeneous Traffic Conditions Using Microscopic Simulation Technique. International Journal of Earth Sciences and Engineering Volume 04, No 06 SPL. 2011; pp. 375-380.
23. Madhu SV, Velmurugan M. Estimation of Roadway Capacity of Eight-lane Divided Urban Expressways under Heterogeneous Traffic Through Microscopic Simulation Models. International Journal of Science and Technology Education Research Vol. 1(6); 2011.
24. Bains MS, Bhardwaj A, Arkatkar S, Velmurugan S. Effect of Speed Limit Compliance on Roadway Capacity of Indian Expressways. Procedia - Social and Behavioral Sciences 104. 2013; 458 – 467.
25. Mehar A, Chandra S, Velmurugan S. Highway Capacity Through VISSIM Calibrated for Mixed Traffic Conditions. KSCE Journal of Civil Engineering. Volume 18, Issue 2. 2014; pp 639–645.
26. Anamika Y, Ashutosh A, Velmurugan S. Roadway Capacity Estimation For Multi-Lane Inter-Urban Highways In India, Colloquium on Transportation Systems Engineering and Management; 2014 May 12-13; CTR, CED, NIT Calicut, India; 2014.
27. Shrey Pahuja. Capacity Estimation of 4-lane divided Inter Urban Hill Road Using Videography Technique. An International Conference on Transportation Planning and Implementation Methodologies for Developing Countries (11th TPMDC); 2014.
28. Barton-Aschman Associates, Inc. and Cambridge Systematics, Inc. Design Manual for Roads and Bridges. U.S.: Department of Transportation; 1997.
29. Zhang M, Ma J. Developing Calibration Tools for Microscopic Traffic Simulation Final Report Part 1: Overview Methods and Guidelines on Project Scoping and Data Collection. California PATH Working Paper UCB-ITS-PWP-2008-3. California path program institute of transportation studies. University of California. California: Berkeley; 2008.
30. Hussain H, Umar RS, Farhan MS, Dadang MM. Key Components of A Motorcycle-Traffic System– A Study Along The Motorcycle Path In Malaysia. IATSS RESEARCH Vol.29 No.1; 2005.
31. Sinha S, Taneerananon P, Chanda S. Effective Motorcycle Lane Configuration Thailand: A Case Study of Southern Thailand. ENGINEERING JOURNAL Volume 20 Issue 3; 2014.

ตารางที่ 1 สรุปตัวอย่างการประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคในการประมาณค่าความจุของช่วงถนน

ผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	ผลการศึกษา
ปิยวัฒน์ ทอง เกรียว [7]	วิเคราะห์หาค่าความจุและระดับการ ให้บริการของถนนขนาด 4 ช่อง จราจร เปรียบเทียบกับ HCM	ความจุของแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคจะมีค่า น้อยกว่าค่าความจุที่ได้จากการคำนวณตามหลักการของ HCM2000 กว่า 15 %
ลัดดา ตันวานิช กุล และคณะ [8]	การวิเคราะห์ความจุของถนน 6, 4 และ 2 ช่องจราจร	ทางเชื่อมเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ความจุของถนนลดลง
Kim [21]	พัฒนาแนวทางในการประมาณค่า ความจุของถนนสองช่องจราจร เปรียบเทียบกับ HCM	ความจุของช่วงถนน 2 ช่องจราจรซึ่งมีค่าสูงกว่า HCM2000 ในทุกๆ ความเร็วในการไหลอิสระเฉลี่ยโดยความจุที่ได้จะ ลดลงเมื่อมีทางเชื่อม 10-30% เมื่ออยู่ในช่วงโค้งแนวราบ ความจุลดลง 3-23% และช่วงที่ลาดชันขึ้น ความจุลดลง 11- 40% และการยกโค้งจะทำให้ความจุลดลง 8 -31%
Arkatkar [22]	วิเคราะห์ความจุของช่องถนนหลาย ช่องจราจร	ความจุของถนน 4 และ 6 ช่องจราจร มีค่าเท่ากับ 4600 PCU/ชั่วโมงและ 7200 PCU/ชั่วโมง ในกรณีที่มีความลาด ชัน 2% - 6% ทำให้ความจุจะมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง
Madhu and Velmurugan [23]	วิเคราะห์ความจุของทางด่วน 8 ช่อง จราจร	ความจุมีค่าประมาณ 11,435 PCU/hour/direction ซึ่งสูงกว่า สภาพการจราจรที่ไม่มีช่องจราจรเสมือนอย่างชัดเจน ประมาณ 15%
Bains et al. [24]	ประเมินความจุของถนนเมื่อเพิ่ม ระดับของการปฏิบัติตามขีดจำกัด ความเร็วบนทางด่วน	ระดับการปฏิบัติตามกฎหมายขีดจำกัดความเร็ว ที่สูงขึ้นทำ ให้ความจุของช่วงถนนเพิ่มสูงขึ้น
Sharma, Sarkar and Velmurugan [14]	ประมาณค่าความจุของทางหลวง หลายช่องจราจรระหว่างเมืองโดยใช้ แบบจำลองดั้งเดิมและแบบจำลอง ระดับจุลภาค	ความจุสำหรับทางหลวง 4 ช่องจราจร ที่ใช้แบบจำลอง สภาพการจราจรระดับจุลภาคมีค่าน้อยกว่าแบบจำลองดั้งเดิม 5-8% ในกรณีของความจุสำหรับทางหลวง 6 ช่องจราจร ที่ ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคมีค่าสูงกว่าความจุ จากแบบจำลองดั้งเดิม 1-2%
Mehar et al. [25]	เปรียบเทียบแบบจำลองสำหรับ ประมาณค่าความจุของทางหลวง หลายช่องจราจร	ค่าความจุเท่ากับ 5,052 pcu/ชั่วโมง ใกล้เคียงกับความจุจาก การสำรวจเท่ากับ 4,980 pcu/ชั่วโมง
Anamika et al. [26]	ประมาณค่าความจุทางหลวงหลาย ช่องจราจรเปรียบเทียบกับ แบบจำลองแบบดั้งเดิม และ HCM	ผลการวิเคราะห์โดยแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคมี ความใกล้เคียงกับแบบจำลองดั้งเดิม โดยได้ค่าความจุ ประมาณ 4,500 PCU/ชั่วโมง/ทิศทาง ต่ำกว่า HCM 6-7%
Pahuja [27]	ประมาณค่าความจุของทางหลวง 4 ช่องจราจรบนสภาพภูมิประเทศ แบบภูเขา	ความจุลดลง 10% เมื่อถนนลาดชันขึ้น ความจุลดลง 15% บนช่วงทางโค้ง และความจุลดลง 20% เมื่อสภาพอากาศไม่ เอื้ออำนวย



ตารางที่ 2 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความจุของทางหลวงหลายช่องจราจร

กลุ่มปัจจัย	ปัจจัยที่มีผล ต่อความจุ	ปัจจัยที่ถูก พิจารณาใน การศึกษา	หมายเหตุ
สภาพถนน	จำนวนทางเชื่อม	✓	
	จุดกลับรถ	✓	
	จำนวนช่องจราจร	-	สมมติฐานตามมาตรฐานของกรมทางหลวง
	ความกว้างของช่องจราจร	-	สมมติฐานตามมาตรฐานของกรมทางหลวง
	ความกว้างของไหล่ทาง	-	สมมติฐานตามมาตรฐานของกรมทางหลวง
	สภาพผิวไหล่ทาง	-	สมมติฐานสภาพผิวจราจรใช้งานได้ปกติ
	สภาพผิวจราจร	-	สมมติฐานสภาพผิวจราจรใช้งานได้ปกติ
สภาพภูมิประเทศ	ความลาดชัน	-	สมมติฐานภูมิประเทศแบบราบเรียบ
	ทางโค้ง	-	สมมติฐานเป็นช่วงถนนตรง
	การยกโค้ง	-	สมมติฐานเป็นช่วงถนนตรง
สภาพจราจร	การกระจายปริมาณจราจรต่อ ทิศทาง	-	ไม่มีผลกระทบกับทางหลวงหลายช่องจราจร
	สัดส่วนขบวนขนาดใหญ่	✓	
	ยานพาหนะที่ซับซ้อน	-	มีผลกระทบน้อยในทางหลวงนอกเมือง
	การจราจรแบบผสม	-	มีผลกระทบน้อยในทางหลวงนอกเมือง
	รถจักรยานยนต์	-	มีผลกระทบน้อยในทางหลวงหลายช่อง จราจรนอกเมือง [30 - 31]
สภาพการควบคุม การจราจร	การจอร์ตรริมถนน	-	มีผลกระทบน้อยในทางหลวงนอกเมือง
	ขีดจำกัดความเร็ว	-	สมมติฐานใช้ผลสำรวจเป็นตัวแทนของการ ขยับขึ้นทางหลวง
สภาพสิ่งแวดล้อม	สภาพอากาศ (พายุฝน)	-	สมมติฐานสภาพอากาศเอื้ออำนวย
	สภาพผิวจราจร (ปกติและมีหิมะ)	-	ไม่ปรากฏในประเทศไทย
พฤติกรรมกร ขับขี่	พฤติกรรมกรขับขี่บนช่องจราจร	-	มีผลกระทบน้อยในทางหลวงนอกเมือง
	เสมือน (Virtual Lane Behavior)		
	พฤติกรรมกรไม่ขับขี่บนช่อง จราจรอย่างเป็นระเบียบ	-	มีผลกระทบน้อยในทางหลวงนอกเมือง
	พฤติกรรมกรปฏิบัติตามขีดจำกัด ความเร็ว	-	สมมติฐานใช้ผลสำรวจเป็นตัวแทนของการ ขยับขึ้นทางหลวง

หมายเหตุ : ✓ ปัจจัยที่ถูกพิจารณาในการศึกษา

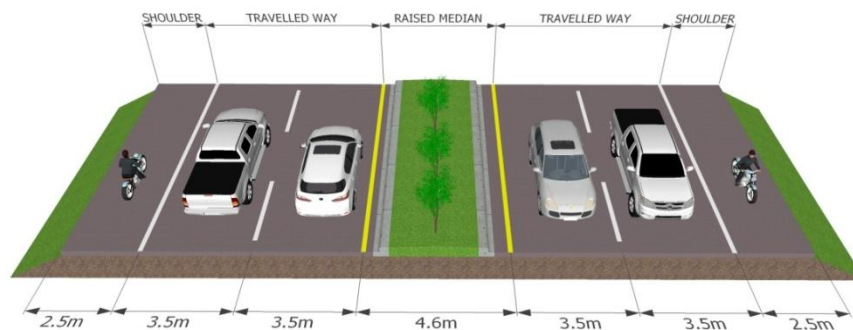
ตารางที่ 3 ผลการประมาณค่าความจุสภาพในอุดมคติ (Base Condition) และสภาพสำรวจ (Prevailing Condition)

แบบจำลองความจุสูงสุด	ค่าความจุ (คัน/ช่องจราจร/ชั่วโมง)		ความแตกต่าง (%)
	Micro-Simulation	HCM 2010	
สภาพในอุดมคติ*	2161	2200	-1.8
สภาพสำรวจ	1524	1992	-23.5

*ค่าความจุสูงสุดที่ความเร็วในการไหลอิสระ (FFS) = 96.6 km/hr

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ ในช่วงระดับความเชื่อมั่น 95%

Model	B	Std. Error	Beta	T	Sig.
(Constant)	2002.649	31.098	-	64.397	0.000
Number of Access-point/km., A	-13.846	5.839	-.126	-2.371	0.022
%Heavy Vehicle, H	-7.977	1.360	-.312	-5.866	0.000
Number of U-Turn/km., U	-262.438	15.991	-.873	-16.411	0.000



ภาพที่ 1 หน้าตัดของช่วงถนนทางหลวง 4 ช่องจราจร (เกาะกลางแบบยก) ตัวแทนการศึกษา



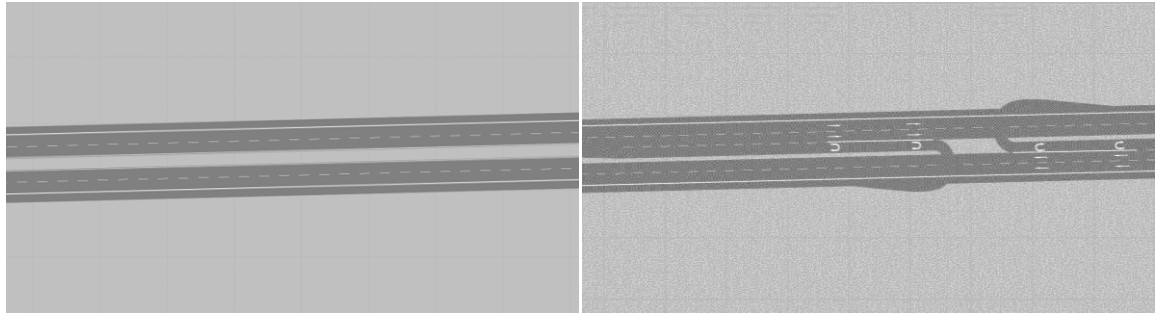
(ก) ผลกระทบจากปัจจัยทางเชื่อม

(ข) ผลกระทบจากปัจจัยจุดกลับรถ



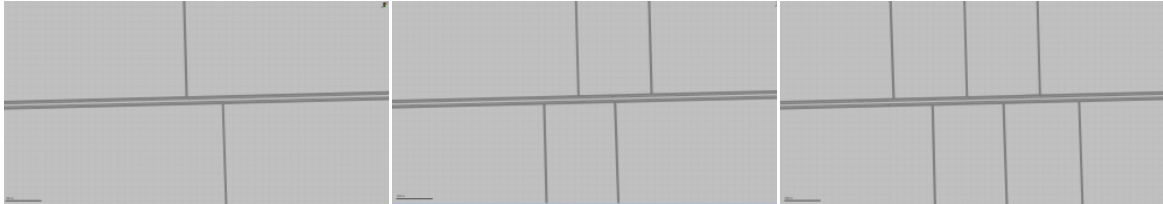
(ค) ผลกระทบจากปัจจัยยานขนาดใหญ่

ภาพที่ 2 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความจุของทางหลวง 4 ช่องจราจร



(ก) สภาพในอุดมคติ (Base Conditions)

(ข) ปัจจัยจุดกลับรถ

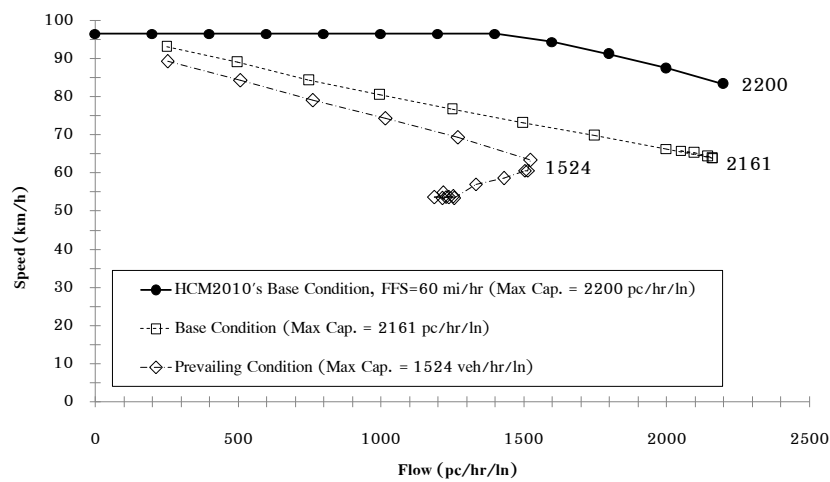


(ค) ปัจจัยทางเชื่อมความถี่ต่ำ

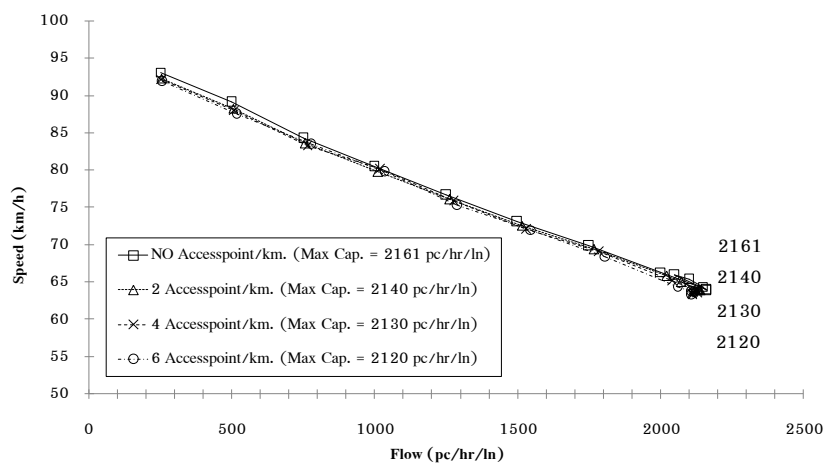
(ง) ปัจจัยทางเชื่อมความถี่ปานกลาง

(จ) ปัจจัยทางเชื่อมความถี่สูง

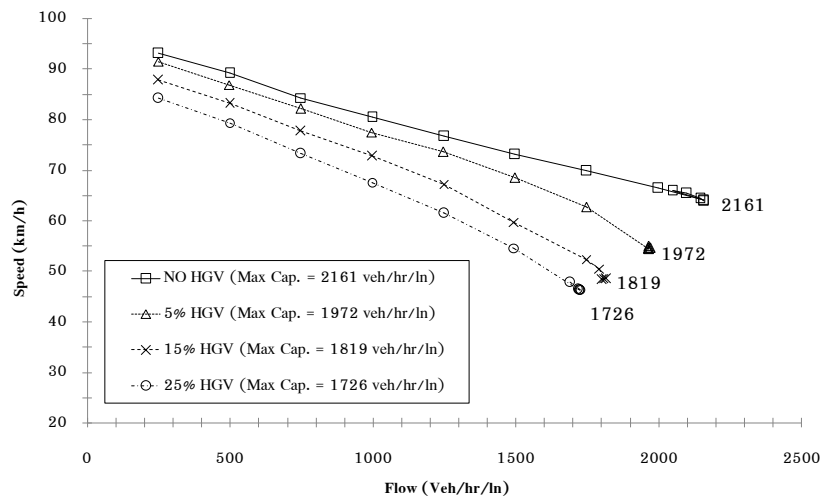
ภาพที่ 3 ตัวอย่างสถานการณ์จำลอง



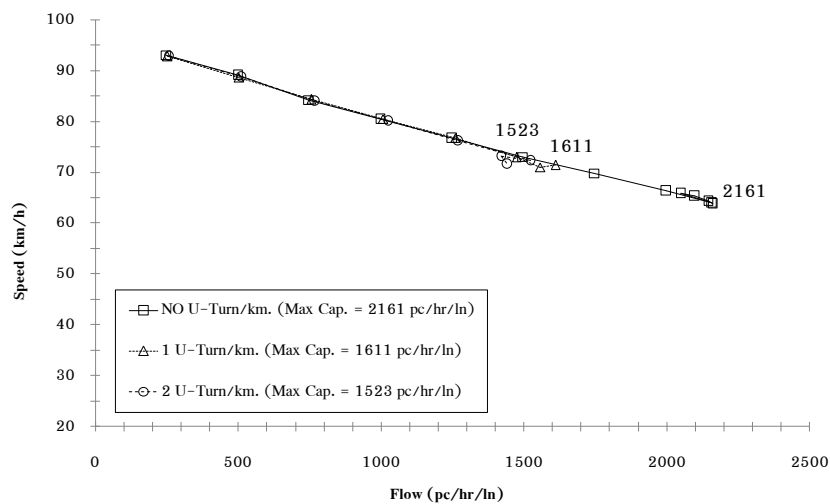
ภาพที่ 4 การประมาณค่าความจุจากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและปริมาณจราจร (Speed-Flow Curve)



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและปริมาณจราจร สำหรับผลกระทบจากปัจจัยทางเชื่อม



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและปริมาณจราจรสำหรับผลกระทบจากปัจจัยสัดส่วนขบวนขนาดใหญ่



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและปริมาณจราจรสำหรับผลกระทบจากปัจจัยจุดกลับรถ