



การศึกษาจุดคอขวดบนเส้นทางสายหลักในช่วงเทศกาลวันหยุดยาว: กรณีศึกษาถนนมิตรภาพช่วงนครราชสีมา-ขอนแก่น

ปกรณ ตั้งจตุรโสภณ และ รัฐพล ภูบุบผาพันธ์*

สาขาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08-6994-7479 อีเมล: rattaphol@sut.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2017.06.001

รับเมื่อ 11 มกราคม 2559 ตอรับเมื่อ 28 กรกฎาคม 2559 เผยแพร่ออนไลน์ 7 มิถุนายน 2560

© 2017 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

ในช่วงเทศกาลหรือวันหยุดยาวผู้คนมักจะเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลเพื่อไปท่องเที่ยวหรือกลับภูมิลำเนา ส่งผลให้เกิดการติดขัดบนท้องถนน แต่หากสังเกตเพิ่มเติมจะพบว่า การติดขัดของกระแสจราจรนั้นจะเกิดขึ้นเป็นระยะๆ สลับกับเคลื่อนตัวได้อย่างรวดเร็ว นั้นเป็นเพราะว่ามีคอขวดเกิดขึ้น การศึกษานี้มีขึ้นเพื่อหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการเกิดคอขวดบนท้องถนน การเก็บข้อมูลดำเนินการโดยการขับรถสำรวจไปตามกระแสจราจรจากจังหวัดนครราชสีมาไปยังจังหวัดขอนแก่นเป็นจำนวน 16 รอบในช่วงต้นของเทศกาลปีใหม่ คือระหว่างวันที่ 27 ถึง 29 ธันวาคม 2556 โดยที่แต่ละรอบออกเดินทางห่างกัน 3 ชั่วโมง รถแต่ละคันประกอบไปด้วยคนขับรถและผู้โดยสารเพื่อทำหน้าที่บันทึกตำแหน่งที่เกิดคอขวดพร้อมระบุปัจจัยของสภาพแวดล้อมลงในแบบฟอร์ม จากนั้นนำข้อมูลที่ได้อาประมวลผลและคัดกรองจนในที่สุดสามารถสรุปได้ว่ามีปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 12 ปัจจัย และได้ตำแหน่งคอขวดจำนวน 97 ตำแหน่ง จากนั้นนำไปสร้างแบบจำลองโดยใช้วิธีที่เรียกว่า Binary Logistic Regression ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่าแบบจำลองรูปแบบที่ใช้ข้อมูลสถานีบริการน้ำมันแยกประเภทเป็นของ ปตท. และยี่ห้ออื่นๆ กับไม่จำแนกรูปแบบของสะพานยกระดับมีประสิทธิภาพดีที่สุด

คำสำคัญ: คอขวด, ทางหลวงสายหลัก, แบบจำลองการถดถอยไปนารีโลจิสติกส์

การอ้างอิงบทความ: ปกรณ ตั้งจตุรโสภณ และ รัฐพล ภูบุบผาพันธ์, “การศึกษาจุดคอขวดบนเส้นทางสายหลักในช่วงเทศกาลวันหยุดยาว: กรณีศึกษาถนนมิตรภาพช่วงนครราชสีมา-ขอนแก่น,” วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 27, ฉบับที่ 3, หน้า 407-416, ก.ค.-ก.ย. 2560

The Analysis of Highway Bottleneck during Long Weekend: A Case Study of Mittraphap Road, Nakhon Ratchasima–Khon Kaen Section

Pakorn Tangjaturason and Rattaphol Pueboobpaphan*

School of Transportation Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 08–6994–7479, E-mail: rattaphol@sut.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2017.06.001

Received 11 January 2016; Accepted 28 July 2016; Published online: 7 June 2017

© 2017 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

During long weekends, there are a high number of vehicles in a highway especially private cars resulting in traffic congestion. It is observed that the traffic flow on these highways is under stop-and-go driving condition due to the bottlenecks. This study aimed to explore factors related to the causes of the bottlenecks on highways. Data were collected by driving along Mittraphap Road from Nakhon Ratchasima to Khon Kaen during the beginning of New Year weekends (December 27–29, 2013) totally 16 trips with 3 hour interval. A designated survey form was used to record the locations of the bottlenecks as well as factors contributing to their occurrences. The data were processed and analyzed to screen the results. The findings revealed 97 locations of the bottlenecks and 12 factors. Binary logistic regression model was utilized to analyze and develop forecasting models, which differed primarily in such factors as types of gas stations and overpasses. It was found that the most efficient model was the model using PTT gas stations and unclassified overpasses.

Keywords: Bottleneck, Highway, Binary Logistic Regression Model

1. บทนำ

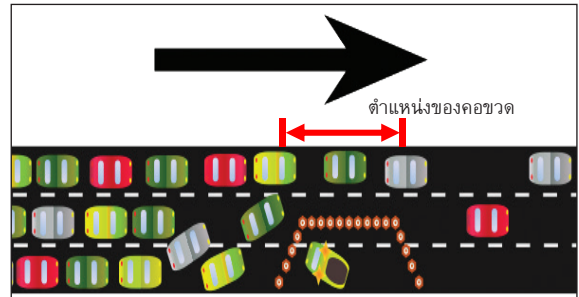
ในช่วงเทศกาลหรือช่วงวันหยุดยาวจะมีปริมาณความต้องการในการเดินทางสูงมาก เช่น ในช่วงเทศกาลปีใหม่และผู้คนต่างเดินทางออกจากกรุงเทพฯ ไปยังต่างจังหวัดเพื่อการพักผ่อน เยี่ยมเยียนญาติพี่น้องหรือเดินทางกลับภูมิลำเนา ซึ่งสามารถพบเห็นการรายงานสภาพจราจรบนถนนสายหลักกว่ามีการติดขัดของการจราจรมากเพียงใด และผลเสียทางอ้อมที่ตามมาคือความอ่อนล้าจากการเดินทางเป็นเวลานานก่อให้เกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนได้

อย่างไรก็ตามหากสังเกตการเคลื่อนตัวของสภาพการจราจรจะพบว่าบางช่วงที่มีการเคลื่อนตัวช้ามากจนถึงหยุดนิ่งและเมื่อผ่านจุดๆ หนึ่งไปการจราจรก็จะคล่องตัวและจากนั้นก็พบกับอาการจราจรที่ติดขัดสลับกันไปเป็นระยะๆ ลักษณะดังกล่าวบ่งบอกถึงการมีคอขวดเกิดขึ้นบริเวณช่วงถนนนั้นๆ ดังแสดงในรูปที่ 1

การศึกษานี้มีขึ้นเพื่อศึกษาถึงปัจจัยด้านกายภาพและสิ่งแวดล้อมของถนนที่อาจจะส่งผลต่อการเกิดคอขวดบนช่วงถนนนั้นๆ ซึ่งหากทราบถึงตำแหน่งและสาเหตุที่ทำให้เกิดคอขวดแล้วจะช่วยทำให้สามารถหามาตรการในการเตรียมรับมือหรือจัดระบบการจราจรให้การไหลของกระแสจราจรคล่องตัวขึ้นได้

2. วิธีการวิจัย

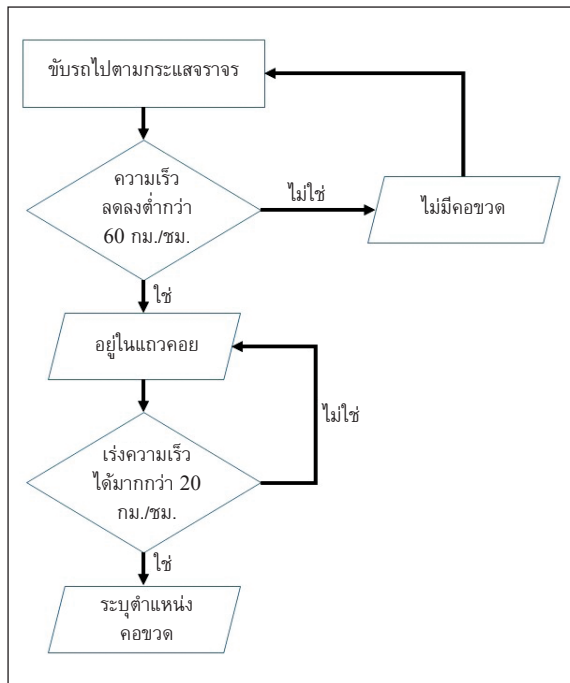
การศึกษาจะทำการแบ่งถนนที่จะทำศึกษาออกเป็นช่วงๆ โดยทำการแบ่งช่วงถนนออกเป็นช่วงละ 100 เมตร จากนั้นทำการสำรวจข้อมูลที่จำเป็นต่อการศึกษาโดยรวบรวมข้อมูลที่อาจจะเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดคอขวดในช่วงเทศกาล การเก็บข้อมูลในภาคสนามจะมีอยู่สองส่วน ส่วนแรกจะดำเนินการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อมโดยทั่วไปของแต่ละช่วงถนนทุกๆ 100 เมตร ซึ่งได้แก่ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของถนน การใช้ประโยชน์ที่ดินของสองข้างทาง และระบบการจัดการจราจรในช่วงเทศกาลที่มักจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการจัดการจราจรไปจากช่วงปรกติที่ไม่ใช่ช่วง



รูปที่ 1 อธิบายลักษณะของคอขวด

เทศกาล เช่น การปิดจุดกลับรถบางจุดหรือการเปิดช่องทางพิเศษ เป็นต้น ซึ่งการสำรวจในส่วนแรกนี้จะเป็นการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่อาจจะส่งผลต่อการเกิดคอขวด ส่วนที่สองเป็นการสำรวจตำแหน่งของการเกิดคอขวดดำเนินการโดยใช้วิธีขั้วรถยนต์สำรวจไปตามกระแสจราจร ในรถยนต์แต่ละคันประกอบไปด้วยคนขับรถและผู้โดยสารซึ่งทำหน้าที่บันทึกข้อมูลช่วงถนนที่มีคอขวดเกิดขึ้นลงในแบบฟอร์มที่กำหนด โดยทำการเก็บข้อมูลในช่วงต้นของเทศกาลปีใหม่ ระหว่างวันที่ 27 ถึง 29 ธันวาคม 2556 ข้อมูลที่ได้ในส่วนที่สองจะทำให้ทราบว่าแต่ละช่วงถนนทุกๆ 100 เมตรนั้นมีคอขวดเกิดขึ้นหรือไม่

สำหรับการพิจารณาตำแหน่งของคอขวดนั้นแต่เดิมจะใช้เกณฑ์ในการพิจารณาจากกราฟปริมาณสะสมของยานพาหนะ (Cumulative Count Curve) [1] จนพัฒนามาเป็นกราฟสะสมเชิงเอียง (Oblique Cumulative Count Curve) [2]-[4] แต่เนื่องจากวิธีนี้จะไม่สามารถวิเคราะห์ตำแหน่งแบบ Real-time ได้ [5], [6] จึงได้มีการพัฒนารูปแบบการพิจารณาตำแหน่งคอขวดใหม่โดยใช้ความเร็วของรถยนต์ในการพิจารณาแทน [7]-[9] ซึ่งการศึกษานี้จะประยุกต์เอาหลักการพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการเคลื่อนที่มาใช้ระบุตำแหน่งของคอขวดบนถนน อย่างไรก็ตามเนื่องจากถนนที่ทำการศึกษามีได้มีการฝังเครื่องตรวจจับปริมาณจราจร (Detector) ไว้ทำให้ไม่สามารถใช้แนวคิดดังกล่าวได้โดยตรง ดังนั้นจึงได้มีการประยุกต์แนวคิดโดยการขั้วรถยนต์ไปตามกระแสจราจรในช่วงเวลาที่สนใจศึกษาเพื่อทำการเก็บข้อมูลความเร็ว



รูปที่ 2 แผนผังขั้นตอนการตัดสินใจ

ของกระแสนจราจร แล้วทำการระบุตำแหน่งคอขวดโดยใช้วิธีที่สามารถสรุปได้ดังรูปที่ 2 และมีรายละเอียดดังนี้

1. เมื่อรถเคลื่อนตัวด้วยความเร็วต่ำกว่า 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (กม./ชม.) ให้ผู้บันทึกข้อมูลสังเกตสภาพแวดล้อมว่ามีปัจจัยใดที่ทำให้รถเคลื่อนตัวช้าลงได้บ้าง
2. หากความเร็วในการเคลื่อนที่ลดลงอย่างต่อเนื่องหรือรถหยุดนิ่ง ให้ผู้บันทึกข้อมูลสันนิษฐานได้ว่ากำลังอยู่ในแถวคอยและมีจุดคอขวดอยู่ข้างหน้าพร้อมทั้งสังเกตปัจจัยที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดคอขวดอย่างระมัดระวังยิ่งขึ้น
3. เมื่อผ่านจุดๆ หนึ่งที่ทำให้สามารถเร่งความเร็วเพิ่มขึ้นได้อย่างน้อย 20 กม./ชม. ให้ระบุว่าตำแหน่งนั้นคือจุดคอขวดและมีสาเหตุมาจากอะไร พร้อมทั้งระบุหลักกิโลเมตรด้วยว่าอยู่ที่ระยะใด

จากนั้นนำข้อมูลลักษณะกายภาพและสิ่งแวดล้อมของแต่ละช่วงถนน (ซึ่งจะพิจารณาเป็นตัวแปรอิสระ) และข้อมูลที่ระบุว่าแต่ละช่วงถนนมีคอขวดเกิดขึ้นหรือไม่ (ซึ่งจะพิจารณาเป็นตัวแปรตาม) นำมาสร้างแบบจำลอง

เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ซึ่งในการศึกษานี้เลือกใช้แบบจำลองประเภท Binary Logistic Regression เนื่องจากลักษณะของตัวแปรตามเป็นตัวแปรเชิงกลุ่มซึ่งระบุว่ามีหรือไม่มีคอขวดเกิดขึ้นในช่วงถนนนั้นๆ โดยในการศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม R [10], [11]

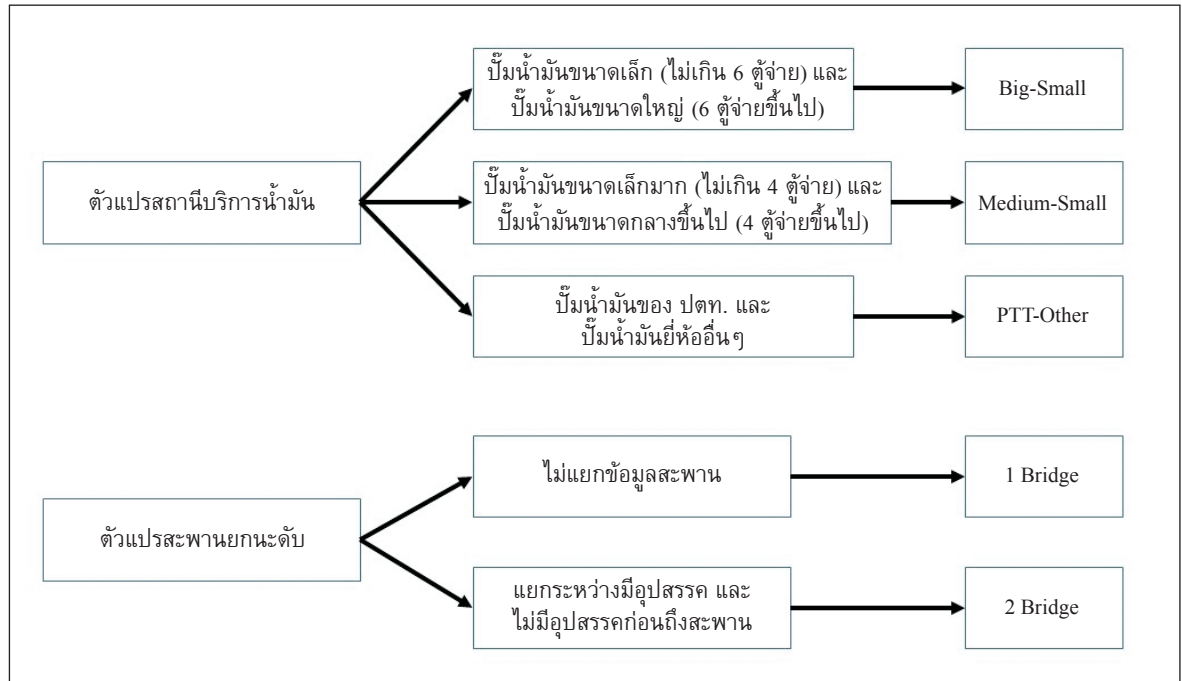
3. ผลการวิจัย

จากการขับรถไปตามกระแสนจราจรทั้งหมด 16 รอบ ข้อมูลที่ได้จากแบบฟอร์มบันทึกข้อมูล ได้ผลออกมาดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลสรุปจำนวนคอขวดที่สำรวจพบ

รอบที่	วันที่	เวลาออกเดินทาง	เวลาที่ถึงจุดหมาย	จำนวนคอขวดที่สำรวจพบ
1	27/12/2013	6:00	8:30	4
2		9:00	11:30	37
3		12:00	14:45	12
4		15:00	17:43	18
5		18:00	21:35	13
6		21:00	0:52	7
7	28/12/2013	0:00	4:00	39
8		3:00	7:20	16
9		6:00	11:25	9
10		9:00	14:22	18
11		12:00	17:45	25
12		15:00	20:50	26
13	29/12/2013	18:00	23:40	14
14		21:00	2:04	22
15		0:00	3:55	24
16		3:00	6:30	10
รวม				294

เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดนำมาคัดกรอง เปรียบเทียบตำแหน่งที่ระบุซ้ำกันของแต่ละรอบ และตำแหน่งที่ถูกระบุว่าเกิดจากอุบัติเหตุและรถที่ขับช้ากว่ากระแสนจราจรจะเหลือจำนวนจุดคอขวดที่ไม่ซ้ำกันทั้งสิ้น 97 ตำแหน่ง ซึ่งจำนวนที่เหลือนี้สามารถจำแนกสาเหตุหรือปัจจัยแวดล้อมที่ทำให้เกิดคอขวดได้ดังแสดงในตารางที่ 2



รูปที่ 3 การแยกพิจารณาตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์

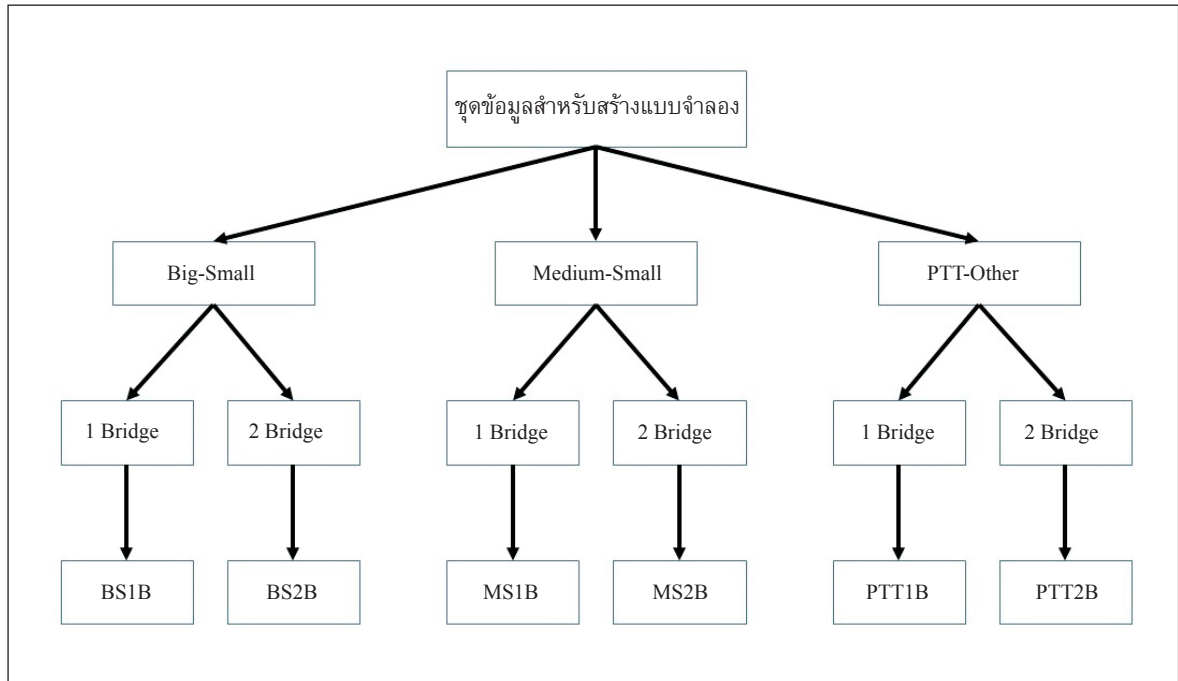
ตารางที่ 2 การจำแนกสาเหตุ/ปัจจัยที่ทำให้เกิดคอขวดในแต่ละช่วงถนน

สาเหตุ/ปัจจัย	จำนวน
ทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจร	10
ทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร	19
ทางเชื่อม (เข้า-ออกหมู่บ้าน)	8
ทางร่วม/ทางเบี่ยง	13
สะพานยกระดับ	2
จุดกัลบรถ	23
สถานีบริการน้ำมัน/ก๊าซ	16
ร้านค้าข้างทาง/ร้านขายของฝาก	10
จุดตรวจ	4
จุดบริการประชาชน	12
เขตชุมชน/เมือง	20
ตำแหน่งที่เป็นจุดคอขวดทั้งหมด	97*

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง บางตำแหน่งมีปัจจัยมากกว่า 1 ปัจจัยร่วมกัน

จากสาเหตุ/ปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดคอขวดในตารางที่ 2 มีปัจจัยจำนวน 2 ปัจจัยที่สามารถแยกย่อยรายละเอียดลงไปได้อีกคือ ปัจจัยของสถานีบริการน้ำมันและสะพานยกระดับ โดยกรณีของสถานีบริการน้ำมันได้ทำการแยกพิจารณาออกเป็น 3 กรณีโดยมีสมมติฐานว่า ขนาดของสถานีบริการน้ำมันหรือยี่ห้อของผู้ให้บริการที่แตกต่างกันอาจจะส่งผลที่แตกต่างต่อการเกิดคอขวดบนช่วงถนนที่มีสถานีบริการน้ำมันนั้นตั้งอยู่โดยแยกพิจารณาได้ดังนี้ (ดูรูปที่ 3 ประกอบ)

1. แยกระหว่างสถานีบริการน้ำมันขนาดเล็กและขนาดใหญ่ โดยในที่นี้กำหนดให้สถานีบริการน้ำมันขนาดเล็กจะมีตู้จ่ายเชื้อเพลิงไม่เกิน 6 ตู้จ่าย และสถานีบริการน้ำมันขนาดใหญ่คือมีตู้จ่ายเชื้อเพลิงตั้งแต่ 6 ตู้จ่ายขึ้นไป
2. แยกระหว่างสถานีบริการน้ำมันขนาดเล็กมากและขนาดกลางขึ้นไป โดยในที่นี้กำหนดให้สถานีบริการน้ำมันขนาดเล็กมากจะมีตู้จ่ายเชื้อเพลิงไม่เกิน 4 ตู้จ่าย



รูปที่ 4 แบบจำลองที่ทำการวิเคราะห์ทั้งหมด

และสถานีบริการน้ำมันขนาดกลางขึ้นไปคือมีตู้จ่ายเชื้อเพลิงตั้งแต่ 4 ตู้จ่ายขึ้นไป

3. แยกระหว่างสถานีบริการน้ำมันของ ปตท. และยี่ห้ออื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากสถานีบริการน้ำมันของ ปตท. เป็นที่นิยมอย่างมากในปัจจุบัน ดังนั้นจึงจะทำการทดสอบดูว่าจะมีผลต่อการเกิดคอขวดหรือไม่

สำหรับสะพานยกระดับจะแยกพิจารณาออกเป็นสองกรณีว่ามีหรือไม่มีอุปสรรคขัดขวางก่อนถึงบริเวณคอสะพาน ทั้งนี้เนื่องจากอุปสรรคก่อนหน้าสะพานจะทำให้หน้าที่เป็นตัวกรองปริมาณจราจรที่จะเข้าสู่สะพาน ซึ่งอาจจะทำให้ไม่สามารถมองเห็นได้ว่าสะพานนั้นเป็นคอขวดแบบซ่อนเร้น (Hidden Bottleneck) หรือไม่ ดังนั้นจึงแบ่งลักษณะสะพานยกระดับออกเป็นสองกรณี ได้แก่

1. ไม่พิจารณาว่าสะพานจะมีอุปสรรคอยู่ก่อนหน้าสะพานหรือไม่ และ
2. แยกเป็นสะพานที่มีอุปสรรคอยู่ก่อนหน้าในระยะ 500 เมตร และสะพานที่ไม่มีอุปสรรคอยู่ก่อนหน้าในระยะ

500 เมตร

เมื่อพิจารณากรณีทั้งหมดรวมกันจะทำให้มีแบบจำลองทั้งหมด 6 แบบจำลองที่จะต้องทำการวิเคราะห์ดังนี้ (ดูรูปที่ 4 ประกอบ)

1. การวิเคราะห์โดยพิจารณาตัวแปรแบบแยกสถานีบริการน้ำมันออกเป็นขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ (Big-Small) และไม่แยกข้อมูลสะพาน (1 Bridge)
2. การวิเคราะห์โดยพิจารณาตัวแปรแบบแยกสถานีบริการน้ำมันออกเป็นขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ และแยกข้อมูลสะพาน (2 Bridges)
3. การวิเคราะห์โดยพิจารณาตัวแปรแบบแยกสถานีบริการน้ำมันออกเป็นขนาดเล็กมากหรือขนาดกลางขึ้นไป (Medium-Small) และไม่แยกข้อมูลสะพาน
4. การวิเคราะห์โดยพิจารณาตัวแปรแบบแยกสถานีบริการน้ำมันออกเป็นขนาดเล็กมากหรือขนาดกลางขึ้นไป และแยกข้อมูลสะพาน
5. การวิเคราะห์โดยพิจารณาตัวแปรแบบแยกสถานี

บริการน้ำมันออกเป็นของ ปตท. หรือยี่ห้ออื่นๆ (PTT-Other) และไม่แยกข้อมูลสะพาน

6. การวิเคราะห์โดยพิจารณาตัวแปรแบบแยกสถานะ บริการน้ำมันออกเป็นของ ปตท. หรือยี่ห้ออื่นๆ และแยกข้อมูลสะพาน

จากนั้นทำการวิเคราะห์และสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม R ซึ่งกำหนดตัวแปรไว้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ของตัวแปรที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง

ตัวแปรสำหรับสะพานแบบไม่มีอุปสรรค		ตัวแปรสำหรับสะพานแบบมีอุปสรรค	
Y	ตำแหน่งที่เป็นคอขวด	Y	ตำแหน่งที่เป็นคอขวด
X ₁	ทางแยกที่มีสัญญาณไฟควบคุม	X ₁	ทางแยกที่มีสัญญาณไฟควบคุม
X ₂	ทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟควบคุม	X ₂	ทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟควบคุม
X ₃	ทางเชื่อมต่อเข้าหมู่บ้าน	X ₃	ทางเชื่อมต่อเข้าหมู่บ้าน
X ₄	ทางร่วม ทางเบี่ยง	X ₄	ทางร่วม ทางเบี่ยง
X ₅	สะพานยกระดับ	X _{5,1}	สะพานยกระดับที่ไม่มีอุปสรรค
		X _{5,2}	สะพานยกระดับที่มีอุปสรรค
X ₆	จุดกลับรถ	X ₆	จุดกลับรถ
X _{7,1}	ปั้มน้ำมันขนาดเล็ก	X _{7,1}	ปั้มน้ำมันขนาดเล็ก
X _{7,2}	ปั้มน้ำมันขนาดเล็กมาก	X _{7,2}	ปั้มน้ำมันขนาดเล็กมาก
X _{7,3}	ปั้มน้ำมัน ปตท.	X _{7,3}	ปั้มน้ำมัน ปตท.
X _{8,1}	ปั้มน้ำมันขนาดใหญ่	X _{8,1}	ปั้มน้ำมันขนาดใหญ่
X _{8,2}	ปั้มน้ำมันขนาดกลางขึ้นไป	X _{8,2}	ปั้มน้ำมันขนาดกลางขึ้นไป
X _{8,3}	ปั้มน้ำมันยี่ห้ออื่นๆ	X _{8,3}	ปั้มน้ำมันยี่ห้ออื่นๆ
X ₉	ร้านค้าข้างทาง	X ₉	ร้านค้าข้างทาง
X ₁₀	ด่านตรวจ	X ₁₀	ด่านตรวจ
X ₁₁	จุดบริการประชาชน	X ₁₁	จุดบริการประชาชน
X ₁₂	เขตชุมชน	X ₁₂	เขตชุมชน
X ₁₃	ปริมาณจราจร AADT	X ₁₃	ปริมาณจราจร AADT

หลังจากทำการวิเคราะห์และสร้างแบบจำลองครบทั้ง 6 รูปแบบแล้ว เพื่อให้ทราบถึงผลลัพธ์สุดท้ายว่าแบบจำลองรูปแบบใดมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการนำไปใช้งาน จึงทำการเปรียบเทียบผลของแบบจำลองต่างๆ ด้วยตัวชี้วัด 3 ตัวคือ

1. ค่า LogLikelihood
2. ค่า Pseudo-R²
3. ค่า AIC

โดยหากค่า LogLikelihood และค่า Pseudo-R² นั้นยิ่งมีค่ามากจะหมายความว่าแบบจำลองนั้นยิ่งมีประสิทธิภาพดี แต่สำหรับค่า AIC นั้นจะตรงกันข้ามคือยิ่งมีค่าน้อยยิ่งมีประสิทธิภาพดี และผลลัพธ์ที่ได้จากทั้ง 6 แบบจำลอง สามารถสรุปแบบจำลองที่ดีที่สุดได้ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบค่าตัววัดประสิทธิภาพของแต่ละแบบจำลองที่ได้จากการวิเคราะห์

ลำดับที่	Model	-Log Likelihood	Pseudo-R ²	AIC
1	BS1B	-170.1754	0.5564	366.35
2	BS2B	-172.1392	0.5513	368.28
3	MS1B	-172.3230	0.5501	370.65
4	MS2B	-174.3387	0.5455	372.68
5	PTT1B	-169.2847	0.5587	364.57
6	PTT2B	-171.3009	0.5535	366.60

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่แยกสถานะบริการน้ำมันตามยี่ห้อแต่ไม่แยกรูปแบบสะพานยกระดับ (PTT1B) มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการนำไปพยากรณ์ ซึ่งรูปแบบสมการแบบจำลองก็คือ

$$Z = -6.046 + 7.509X_1 + 2.792X_2 + 2.991X_3 + 3.747X_4 + 2.804X_5 + 3.573X_6 + 6.855X_{7,3} + 3.905X_{8,3} + 5.927X_9 + 4.988X_{10} + 4.403X_{11} + 6.090 \times 10^{-5}X_{13}$$

และจะสามารถพยากรณ์ความน่าจะเป็นที่ช่วงถนนตำแหน่งใดๆ จะเป็นคอขวดได้จาก

$$P(X) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

หากค่า $P(X)$ ที่ได้ออกมามีค่าเข้าใกล้หรือเท่ากับ 1 ก็หมายความว่า ณ ตำแหน่งนั้นมีความน่าจะเป็นที่จะมีคอขวดเกิดขึ้นสูงมาก ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้เกณฑ์ที่หากค่า $P(X)$ มีค่ามากกว่า 0.50 ก็จะทำให้ถือว่ามีความเสี่ยงที่จะเกิดคอขวดขึ้นสูงมาก อย่างไรก็ตามเกณฑ์ดังกล่าวเป็นเพียงข้อแนะนำเบื้องต้น การพิจารณาเลือกเกณฑ์ที่เหมาะสมอาจจะต้องคำนึงถึงทั้งสัดส่วนที่ทำนายได้ถูกต้องและสัดส่วนที่ทำนายผิดพลาดควบคู่กันไปในการศึกษานี้จึงได้ทำการพิจารณาเปรียบเทียบเกณฑ์ในการตัดสินใจหลาย ๆ ค่าเพื่อหาเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาต่อไป ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ของสมการที่ คาระดับเกณฑ์การตัดสินใจ $P(X)$ แตกต่างกัน

		ข้อมูลสำรวจ (จำนวน)		
		เป็น	ไม่เป็น	รวม
แบบจำลอง $P(X) > 50\%$	เป็น	47	23	70
	ไม่เป็น	50	1,791	1,841
แบบจำลอง $P(X) > 40\%$	เป็น	48	24	72
	ไม่เป็น	49	1,790	1,839
แบบจำลอง $P(X) > 35\%$	เป็น	52	29	81
	ไม่เป็น	45	1,785	1,830
แบบจำลอง $P(X) > 30\%$	เป็น	61	36	97
	ไม่เป็น	36	1,778	1,814
แบบจำลอง $P(X) > 25\%$	เป็น	64	47	111
	ไม่เป็น	33	1,767	1,800
แบบจำลอง $P(X) > 20\%$	เป็น	67	55	122
	ไม่เป็น	30	1,759	1,789
รวม		97	1,814	1,911

จากตารางที่ 5 จะพบว่าถ้าลดระดับการตัดสินใจลงไปเรื่อยๆ จำนวนตำแหน่งที่แบบจำลองทำนายว่าเป็นคอขวดและสอดคล้องกับข้อมูลสำรวจก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

แต่ในขณะเดียวกันจำนวนตำแหน่งที่สำรวจไม่พบว่าเป็นคอขวดแต่แบบจำลองกลับระบุว่าเป็นคอขวดนั้นก็ยังมีจำนวนเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตามหากพิจารณาโดยรวมถึงตำแหน่งที่ทำนายถูกต้องและตำแหน่งที่ทำนายผิดพลาดดังแสดงในตารางที่ 6 จะพบว่าที่ค่า $P(X) > 30\%$ จะเป็นจุดเปลี่ยนของแนวโน้มโดยมีสัดส่วนของการทำนายถูกมากที่สุดและมีสัดส่วนของการทำนายผิดน้อยที่สุด ดังนั้นจึงควรเลือกใช้เกณฑ์ในการพิจารณาการเกิดคอขวดที่ $P(X) > 30\%$

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ ตำแหน่งจุดคอขวดที่ค่าสัดส่วนความน่าจะเป็นที่ระดับต่างๆ

$P(X)$	ตำแหน่งที่ทำนายถูก	คิดเป็น %	ตำแหน่งที่ทำนายผิด	คิดเป็น %
>50%	1,838	96.18	73	3.82
>40%	1,838	96.18	73	3.82
>35%	1,837	96.13	74	3.87
>30%	1,839	96.23	72	3.77
>25%	1,831	95.81	80	4.19
>20%	1,826	95.55	85	4.45

4. อภิปรายผลและสรุป

จากการศึกษาการเกิดคอขวดระยะทาง 191 กิโลเมตรของถนนมิตรภาพจากจังหวัดนครราชสีมาถึงจังหวัดขอนแก่น โดยแบ่งออกเป็นช่วงละ 100 เมตร ได้ทั้งสิ้น 1,911 ช่วง พบว่ามีคอขวดเกิดขึ้นเนื่องจากปัจจัยด้านกายภาพและสิ่งแวดล้อมจำนวน 97 ช่วง หรือคิดเฉลี่ยเป็นทุกๆ 2 กิโลเมตรจะมีคอขวดเกิดขึ้น 1 ตำแหน่ง เป็นเหตุทำให้การไหลของกระแสจราจรไม่คล่องตัว และจากการศึกษารังนี้ทำให้สามารถสร้างแบบจำลองสำหรับใช้ระบุตำแหน่งการเกิดคอขวดได้ และเมื่อทราบตำแหน่งที่อาจจะเกิดคอขวดขึ้นรวมถึงสาเหตุของการเกิดคอขวดก็จะสามารถหามาตรการในป้องกันหรือรับมือกับการจราจรที่จะติดขัดให้สามารถเคลื่อนที่ได้คล่องตัว ซึ่งจะส่งผลให้ช่วยลดเวลาในการเดินทางของผู้ขับขี่เกิด

การประหยัดพลังงานและลดการเกิดอุบัติเหตุจากความอ่อนล้าเนื่องจากการขับซึ่งเป็นระยะเวลาสั้นได้ เป็นต้น ทั้งนี้โดยปกติแล้วเกณฑ์การตัดสินใจที่ใช้ระบุว่า จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจหรือไม่ของสมการแบบจำลอง Logistics Regression คือที่ระดับ $P(X) > 50\%$ แต่เมื่อพิจารณาองค์ประกอบอื่นๆ ร่วมด้วยแล้วพบว่าการใช้เกณฑ์ที่ระดับ $P(X) > 30\%$ ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าซึ่งเป็นเกณฑ์ที่แนะนำสำหรับแบบจำลองนี้ และถึงแม้ว่าการเลือกใช้เกณฑ์ที่ต่ำกว่าหลักปฏิบัติทั่วไปจะทำให้มีจุดที่ถูกระบุว่าเป็นคอขวดมีมากขึ้น มีจุดที่ต้องเตรียมรับมือกับปัญหาคอขวดมากขึ้น แต่ในทางกลับกันการที่ได้เตรียมรับมือกับปัญหาย่อมดีกว่าไม่มีมาตรการใดรองรับได้เลย

สุดท้ายแบบจำลองนี้พัฒนามาขึ้นจากข้อมูลของถนนมิตรภาพช่วงนครราชสีมา-ขอนแก่น ซึ่งเป็นถนนที่มีขนาดช่องจราจรฝั่งละ 2 ช่องจราจร และมีเกาะกลางถาวรแบ่งทิศทางการเดินรถอย่างชัดเจนตลอดเส้นทาง อีกทั้งไม่มีทางโค้งหักศอกหรือทางขึ้น-ลงเนินลาดชัน ดังนั้นการนำแบบจำลองนี้ไปประยุกต์ใช้ทำนายจุดคอขวดในเส้นทางอื่นๆ ที่มีลักษณะทางกายภาพแตกต่างเป็นอย่างมากจากเส้นทางที่ทำการศึกษานี้ เช่น เส้นทางในเขตภูเขาที่คดเคี้ยวและลาดชันก็อาจจะไม่เหมาะสมนัก

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] M. J. Cassidy and J. R. Windover, "Methodology for Assessing Dynamics of Freeway Traffic Flow," *Transportation Research Record*, no. 1484, pp. 73–79, 1995.
- [2] M. J. Cassidy and R. L. Bertini, "Some traffic features at freeway bottlenecks," *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 33, no. 1, pp. 25–42, 1999.
- [3] R. L. Bertini and A. M. Myton, "Use of performance measurement system data to diagnose freeway bottleneck location empirically in Orange country, California," *Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1925, 2005.
- [4] Z. Horowitz and R. L. Bertini, "Using PORTAL data to empirically diagnose freeway bottlenecks located on Oregon Highway 217," presented at Institute of Transportation Engineering District 6 Annual Meeting, July 15–18, 2007.
- [5] J. Wiczorek, H. Li, R. J. Fernandez-Moctezuma, and R. L. Bertini, "Integration an automated bottleneck detection tool into an online freeway data archive," presented at 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board, January 11–15, 2009.
- [6] J. Wiczorek, H. Li, R. J. Fernandez-Moctezuma, and R. L. Bertini, "Techniques for validating an automatic bottleneck detection tool using archived freeway sensor data," presented at 89th Annual Meeting of the Transportation Research Board, January 10–14, 2010.
- [7] C. Chen, A. Skabardonis, and P. Varaiya, "Systematic identification of freeway bottlenecks," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1867, pp. 46–52, 2004.
- [8] R. L. Bertini, R. J. Fernandez-Moctezuma, J. Wiczorek, and H. Li, "Using archived its data to automatically identify freeway bottleneck in Portland, Oregon," presented at the 15th World Congress on Intelligent Transport Systems and ITS America's 2008 Annual Meeting, Washington, DC, 2008.
- [9] P. Jin, S. Parker, J. Fang, B. Ran, and C. M. Walton, "Freeway recurrent bottleneck identification algorithms considering detector data quality issues," *Journal of Transportation Engineering*, vol. 138, no. 10, pp. 1205–1214, 2012.

[10] J. M. Hibe, *Logistic regression models*. Chapman & Hall/CRC. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2009. [11] D. G. Kleinbaum and M. Klein, *Logistic regression A Self-learning text*, 3rd Edition. New York: Springer, 2010.

6. ภาคผนวก

ตารางสรุปผลการวิเคราะห์หรือบสุดท้าย

Model	BS1B	MS1B	PTT1B	BS2B	MS2B	PTT2B
Intercept	-6.058***	-5.982***	-6.046***	-5.967***	-5.964***	-6.027***
X1	7.520**	7.499***	7.509***	7.484***	7.470***	7.480***
X2	2.790***	2.771***	2.792***	2.763***	2.760***	2.781***
X3	3.017***	2.974***	2.991***	3.000***	2.944***	2.962***
X4	3.762***	3.773***	3.747***	3.966***	3.949***	3.925***
X5	2.809*	2.817*	2.804*			
X5_1				-	-	-
X5_2				-	-	-
X6	3.588***	3.580	3.573***	3.567***	3.555***	3.547***
X7_1	2.454***			3.249***		
X8_1	5.430***			5.300***		
X7_2		3.179**			5.152**	
X8_2		4.790***			4.756***	
X7_3			6.855***			6.823***
X8_3			3.905***			3.874***
X9	5.939***	5.917***	5.927***	5.902***	5.888***	5.898***
X10	4.999***	4.972***	4.988***	4.959***	4.947***	4.963***
X11	4.413***	4.408***	4.403***	4.391***	4.375***	4.370***
X12	-	-	-	-	-	-
X13	6.089E-05**	5.682E-05**	6.090 E-05**	5.68E-05*	5.762E-05**	6.165E-05**
Significant Code	“ *** ” = 0.001 , “ ** ” = 0.01 , “ * ” = 0.5 , “ + ” = 0.1					
AIC	366.35	370.65	364.57	368.28	372.68	366.60
Log Likelihood	-170.1754	-172.323	-169.2847	-172.1392	-174.3387	-171.3009
Pseudo-R2	0.5564	0.5501	0.5587	0.5513	0.5455	0.5535