

การศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรกระแสจราจรบนถนนในเขตเมือง

A Study of Relationship between Traffic Flow Variables of a Roadway in Urban Area

วรพล วัฒนจิงโรจน์ * ปณตดา กสิกิจวิวัฒน์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

Woraphon Wathanachingrot * Panatda Kasikitwiwat

Faculty of Engineering at KamphaengSaen, Kasetsart University, KamphaengSaen, Nakhon Pathom 73140

Tel : 08-7793-8893 E-mail: bell_woraphon@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษา 1) ความสัมพันธ์ของตัวแปรกระแสจราจร ระหว่างความเร็วและอัตราการไหล ความเร็วและความหนาแน่น และอัตราการไหลและความหนาแน่น 2) เพื่อสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ของตัวแปรกระแสจราจรบนถนนที่ทำการศึกษา การเก็บรวบรวมข้อมูลกระทำที่ถนนแจ้งวัฒนะตำบลบางตลาด อำเภอลำลูกเกด จังหวัดนนทบุรี ทางหลวงหมายเลข 304 ตอนควนคูม 0101 ชื่อสายทาง ปากเกร็ด-กม. 5+099 (ต่อเขตแขวงกรุงเทพ) บริเวณ กม.7+700 ซึ่งเป็นถนน 4 ช่องจราจรต่อทิศทาง โดยใช้เครื่องมือ SmartSensor HD ในการเก็บบันทึกข้อมูล ความสัมพันธ์ของกระแสจราจรที่ทำการศึกษ แบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงอัตราการไหลปกติ และ ช่วงอัตราการไหลที่สภาพการจราจรติดขัด โดยอัตราการไหลสูงสุดที่ทำการศึกษามีค่า 5,841 คันต่อชั่วโมง ที่ความเร็ว 32.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนการจัดการจราจรเพื่อลดผลกระทบด้านความแออัดบนถนนในเขตเมือง

คำหลัก แบบจำลอง ความเร็ว อัตราการไหลของการจราจร ความหนาแน่น

Abstract

The primary objective of this study is to investigate the relationship of traffic flow variables between speed and flow rate, speed and density, and flow rate and density. The second objective is to

create the model of relationship of traffic flow variables on the road studied. Traffic counts were conducted at CHANGWATTANA RD. BANGTARAD PAKKRED NONTHABURI on the highway road number 304 on PAKKRED-KM 5+099 Connecting to Bangkok highway road at KM 7+700 which has 4 lanes by Smart Sensor HD. From this study, the relationship of traffic flow variables can be divided into 2 parts are normal flow and flow of traffic jam. The most of flow rates is 5,841 cars per hours at speed 32.5 kilometers per hours. Results from this study can be useful for planning in traffic management for alleviating traffic congestion on the roads in urban areas.

Keywords: Model, speed, traffic flow, density

1. บทนำ

การคมนาคมทางถนนปัจจุบันนี้พบว่ามีความจำเป็นอย่างมากสำหรับการพัฒนาประเทศ ทั้งด้านการค้าและเศรษฐกิจ ดังนั้นเมื่อประเทศมีการพัฒนามากขึ้น การวางแผนและจัดการระบบการขนส่งต้องมีการพัฒนาควบคู่กันไปด้วย

แต่ปัจจุบันพบว่าในเมืองหลวงหรือกรุงเทพมหานครนั้นมีปริมาณการจราจรเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วอันมีสาเหตุเนื่องมาจากความเจริญทางด้านเศรษฐกิจและสังคม จึงก่อให้เกิดปัญหาด้านการจราจรและขนส่งขึ้น การพัฒนาการออกแบบและการจัดการทางด้านวิศวกรรม

จราจรเป็นวิธีการแก้ไขปัญหาการจราจร ซึ่งในการออกแบบส่วนใหญ่ขาดข้อมูลพฤติกรรมของกระแสดจราจร จึงจำเป็นต้องใช้การประมาณค่าโดยใช้ข้อมูลจากการศึกษาในต่างประเทศ ซึ่งมีผลต่อระดับความคลาดเคลื่อน ทำให้การวางแผน การออกแบบ และการจัดการจราจรไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร

งานวิจัยเรื่องนี้มุ่งพัฒนาแนวทางการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรกระแสดจราจรบนถนนในเขตเมือง เพื่อให้ทราบพฤติกรรมของกระแสดจราจร และสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายพฤติกรรมกระแสดจราจรได้ดียิ่งขึ้น รวมถึงสามารถนำไปใช้ประกอบการวางแผนและออกแบบทางด้านวิศวกรรมจราจรต่อไป

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเภทของถนนตามหลักวิชาวิศวกรรมจราจร

ระบบทางด่วน (expressway or freeway system) เป็นถนนที่สร้างขึ้นโดยมีจุดประสงค์ที่จะบรรเทาการแออัดของการจราจรในเขตเมือง โดยมีเส้นทางไม่ผ่านเข้าไปในบริเวณที่มีการจราจรคับคั่ง คือทำให้เกิดลักษณะการจราจรผ่าน (through traffic) ถนนประเภทนี้มักจะมีลักษณะพิเศษดังนี้

- อนุญาตให้ยานพาหนะแล่นด้วยความเร็วสูง
- มีการควบคุมการเข้าถึงอย่างเข้มงวด
- สามารถรับปริมาณการจราจรได้สูง
- ไม่อนุญาตให้คนหรือสัตว์เดินบนถนนหรือข้ามถนน

- ไม่มีทางแยกตัดขวาง ถ้าจำเป็นต้องมีจะเป็นทางแยกต่างระดับ

ถนนสายประธาน (major or arterial street) เป็นถนนที่ถือว่าสำคัญมาก มีคุณภาพสูง สร้างขึ้นมาเพื่อรองรับการสัญจรไปมาของการจราจรที่มีความสำคัญสูงระหว่างพื้นที่ระหว่างเมือง และจุดต่างๆของเมืองและอาจจะมีการควบคุมการเข้าสู่ในบางกรณี

ถนนสายรอง (collector road) เป็นถนนที่ทำหน้าที่ระบายการจราจรจากถนนสายประธาน โดยเป็นตัวเชื่อมระหว่างถนนสายประธานและถนนท้องถิ่น (local road) จากถนนสายรองนี้ผู้ขับขี่ยานพาหนะสามารถเดินทางไปได้ทุกจุดของพื้นที่ ขนาดและคุณภาพของถนนประเภทนี้จะด้อยกว่าถนน 2 ประเภทแรก

ถนนท้องถิ่น (local road) หรือ ตรอก ซอย ต่างๆ

ถนนประเภทนี้ทำให้สามารถเข้าถึงพื้นที่ได้โดยทั่ว และให้ความสะดวกแก่การสัญจรในเขตท้องถิ่น หรือบริเวณชุมชนที่อยู่อาศัยได้อย่างดี

2.2 ลักษณะปริมาณการจราจร

ปริมาณการจราจรสามารถคำนวณได้จาก จำนวนยานพาหนะทั้งหมดที่เคลื่อนที่ผ่านจุดที่กำหนดไว้จุดหนึ่งภายในช่วงเวลาหนึ่ง รูปแบบการกระจายปริมาณการจราจรหรือการเปลี่ยนแปลงปริมาณการจราจรมี 2 ลักษณะคือ

การกระจายตามพื้นที่ (spatial distribution) เกิดขึ้นเนื่องจากความต้องการของมนุษย์มีความแตกต่างกัน ในส่วนที่จะทำให้เกิดการเดินทางระหว่าง จุดต้นทาง (origin) และจุดปลายทาง (destination) ที่ได้เลือกเอาไว้ โดยที่จุดปลายทางใดๆ จะขึ้นอยู่กับลักษณะและประเภทของกิจกรรมที่มนุษย์คิดว่าจะทำในพื้นที่นั้นๆ การกระจายปริมาณการจราจรตามพื้นที่สามารถแบ่งได้เป็น

- การกระจายปริมาณการจราจรในชนบท และในเมือง (rural-urban distribution) เนื่องจากว่าสิ่งอำนวยความสะดวกด้านการจราจรตลอดจนสิ่งจูงใจต่างๆในบริเวณเมืองมีมากกว่าบริเวณชนบทอย่างเห็นได้ชัด ทำให้การใช้ถนนในชนบทมีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับในเมือง

- การกระจายปริมาณการจราจรตามทิศทาง (distributions by direction) ความแตกต่างของปริมาณการจราจรตามทิศทางนั้นจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น ในชั่วโมงเร่งด่วน การกระจายปริมาณการจราจรลักษณะนี้เป็นผลมาจากการตัดสินใจกระทำการเดินทางของมนุษย์ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยการกระทำดังกล่าวนั้นขึ้นอยู่กับ ลักษณะ และพฤติกรรมโดยส่วนตัวของมนุษย์ ตลอดจนข้อบังคับและข้อจำกัดต่างๆ

- การกระจายปริมาณการจราจรตามช่องจราจร (lane distributions) ขึ้นอยู่กับตัวประกอบหลายชนิด เช่น ตำแหน่งของช่องจราจร ปริมาณการจราจร อัตราการไหลของการจราจร จำนวนยานพาหนะที่แล่นช้า และทางร่วมทางแยกต่างๆที่ผู้ขับขี่ประสบในช่องจราจรนั้นๆ ปกติแล้วช่องจราจรที่อยู่ติดกับไหล่ทางจะรับปริมาณการจราจรน้อยกว่าช่องอื่นๆ

การกระจายตามเวลา (temporal distributions) ดังได้กล่าวไปแล้วว่าการเดินทางของมนุษย์ขึ้นอยู่กับ

ลักษณะ และพฤติกรรมของมนุษย์ในการตัดสินใจกระทำกิจกรรมเพื่อที่จะสนองความต้องการและความต้องการกระทำกิจกรรมที่ต่างกันของแต่ละบุคคล รวมทั้งข้อจำกัดส่วนบุคคล ซึ่งอาจจะมียปัจจัยทางครอบครัวเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงทำให้เกิดการเดินทางของมนุษย์มีความแตกต่างกันตามเวลาด้วย การกระจายปริมาณการจราจรตามเวลาสามารถแบ่งได้เป็น

- การกระจายเป็นรายชั่วโมง (hourly distributions) มักพบว่าปริมาณการจราจรจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 06:00-07:00 น. และจะลดลง จนกระทั่งถึงช่วง 16:00-17:00 น. จะเริ่มเพิ่มขึ้นใหม่ สำหรับวันธรรมดา สำหรับในวันหยุดโดยเฉพาะในวันเสาร์ปริมาณการจราจรรายชั่วโมงมักไม่แน่นอน แต่พอจะสรุปได้ว่ามีมากขึ้นเรื่อยๆ กระทั่งสูงสุดในช่วงกลางวัน 12:00-13:00 น. ในลักษณะขึ้นๆ ลงๆ ไปตลอดช่วงบ่ายจนเย็น และเริ่มลดลงอีกตอนดึก

- การกระจายเป็นรายวัน (daily distributions) ถนนที่เป็นเส้นทางเพื่อเดินทางไปพักผ่อนจะมีปริมาณการจราจรสูงมากในช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์ และจะค่อยๆ ลดลงกระทั่งถึงระดับหนึ่งที่ค่อนข้างจะคงที่ในช่วงวันธรรมดา ซึ่งจะตรงข้ามกับถนนในเมืองที่จะไม่ค่อยหนาแน่นในช่วงวันหยุดเสาร์-อาทิตย์ หรือวันหยุดราชการ

- การกระจายเป็นฤดูกาลหรือเป็นรายเดือนของปี (season or monthly distribution) หากเดือนใดที่เป็นฤดูกาลท่องเที่ยวหรือมีเทศกาลพิเศษ จะพบว่าการกระจายปริมาณการจราจรไปบนถนนสายต่างจังหวัดที่นำไปสู่สถานที่ท่องเที่ยว หรือบริเวณที่มีเทศกาลจะสูงขึ้นเป็นอันมาก

2.3 การไหลของกระแสจราจรเบื้องต้น

บนท้องถนนทั่วไปจะมีสภาพการจราจรแตกต่างกันไปในแต่ละชั่วโมงโดยทั่วไปจะมีความต้องการเดินทางปริมาณสูงในช่วงเช้าจนถึงหัวค่ำ ในขณะที่ความต้องการการเดินทางลดลงในช่วงกลางคืนจนถึงเช้ามืด ดังนั้นในแต่ละวันบนถนนแต่ละเส้นจะมีสภาพการจราจรที่ต่างกัน สำหรับสภาพการจราจรหนึ่งๆ นั้นสามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรทางด้านจราจรแบบมหภาค 3 ตัวคือ อัตราการไหล ความเร็วจราจร และความหนาแน่นจราจร ซึ่งทั้งสามตัวแปรมีความเกี่ยวเนื่องซึ่งกันและกัน

2.4 ตัวแปรที่เกี่ยวกับการไหล

อัตราการไหล (flow rate, q) หมายถึง จำนวนยานพาหนะทั้งหมดที่แล่นผ่านจุดใดๆ ที่กำหนดบนถนนในหนึ่งชั่วโมง มีหน่วยเป็น คัน/ชั่วโมง

ปริมาณการจราจร (volume, Q) หมายถึง จำนวนยานพาหนะทั้งหมดที่สามารถนับได้ในช่วงเวลาที่กำหนด มีหน่วยเป็น คัน/ช่วงเวลา หากต้องการทราบปริมาณการจราจรทั้งชั่วโมงจะต้องมีข้อมูลการบันทึกปริมาณจราจรทั้งชั่วโมง

2.5 ตัวแปรที่เกี่ยวกับความเร็ว

ความเร็วเฉลี่ยตามเวลา (time mean speed, u) หมายถึง ความเร็วของยานพาหนะบนท้องถนน ที่แล่นผ่านจุดที่กำหนด มีหน่วยเป็น ไมล์/ชั่วโมง หรือ กิโลเมตร/ชั่วโมง

ความเร็วเฉลี่ยตามระยะทาง (space mean speed, u_s) หมายถึง ความเร็วของยานพาหนะบนท้องถนน ที่แล่นผ่านระยะทางช่วงที่กำหนดบนถนน มีหน่วยเป็น ไมล์/ชั่วโมง หรือ กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยในช่วงการจราจรปกติความเร็วเฉลี่ยตามเวลาจะมีค่าใกล้เคียงกับความเร็วเฉลี่ยตามระยะทาง แต่จะมีความแตกต่างกันมากขึ้นในช่วงการจราจรติดขัด

ระยะเวลาเดินทาง (travel time, T) หมายถึง ระยะเวลาทั้งหมดที่ยานพาหนะคันหนึ่งสามารถแล่นผ่านระยะทางช่วงหนึ่งที่กำหนดไว้บนถนน

2.6 ตัวแปรที่เกี่ยวกับความหนาแน่น

ความหนาแน่น (density or concentration, k) หมายถึง ความแน่นของยานพาหนะทั้งหมดบนถนน มีหน่วยเป็น คัน/ไมล์, คัน/กิโลเมตร หรืออาจจะใช้หน่วยของระยะทางอื่นที่สั้นกว่า อาจจะคิดสำหรับทุกช่องจราจรหรือช่องจราจรเดียวก็ได้ ความหนาแน่นจะต้องคำนวณจากระยะทางช่วงหนึ่งที่กำหนดเสมอ [1]

2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของกระแสจราจร

การศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของกระแสจราจร อันได้แก่อัตราการไหล ความหนาแน่น และความเร็ว ในที่นี้จะใช้วิธีดีเทอร์มินิสติก (Deterministic Approach) ซึ่งหมายถึง ความสัมพันธ์ (functional relationships) ระหว่างตัวแปรต่างๆ ที่วัดประสิทธิภาพและตัวแปรอิสระ (input variables) จะคงที่เสมอไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือ อาจจะกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าสำหรับ

กลุ่มของค่าใดๆ ก็ตามของตัวแปรอิสระที่กำหนดไว้ จะให้ค่าของการวัดประสิทธิภาพเพียงค่าหนึ่งค่าเดียวเท่านั้น

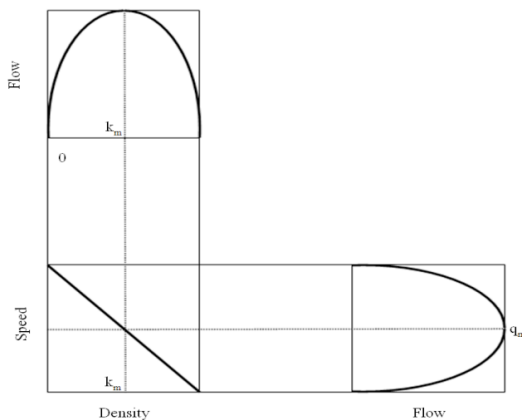
สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของกระจาจร มักเขียนอยู่ในรูปของ

$$q = ku \quad (1)$$

โดยที่ q คืออัตราการไหล, คัน/ชั่วโมง k คือความหนาแน่น, คัน/กิโลเมตร u คือความเร็ว, กิโลเมตร/ชั่วโมง

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้ง 3 สามารถแสดงแสดงดังรูปที่ 1

แบบจำลองกระจาจรของ Greenshields



รูปที่ 1 แบบจำลองกระจาจรของ Greenshields

จากรูปที่ 1 แสดงสภาพการไหลของกระจาจรบนถนน ตั้งแต่สภาพการจราจรเบาบางจนถึงติดขัดหยุดนิ่ง แสดงโดยกราฟ 3 ตัวประกอบด้วย กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความหนาแน่น กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหล กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและความหนาแน่น [2]

2.8 สัมประสิทธิ์เปรียบเทียบรถยนต์หนึ่ง (passenger car equivalent)

ตารางที่ 1 สัมประสิทธิ์เปรียบเทียบรถยนต์หนึ่ง (passenger car equivalent)

ประเภท	สัมประสิทธิ์
จักรยานยนต์	0.25
รถยนต์ส่วนบุคคล	1.00
รถประจำทางขนาดเล็ก	1.50
รถประจำทางขนาดใหญ่	2.00
รถบรรทุกขนาดเล็ก	1.75
รถบรรทุกขนาดกลาง	2.00
รถบรรทุกขนาดใหญ่	2.50

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.)

จากตารางที่ 1 เป็นค่าสภาพความคล่องตัวของรถแต่ละประเภทเทียบกับรถยนต์หนึ่ง ซึ่งค่า PCU จะมีค่าแตกต่างกันไปตามสภาพถนนและสภาพภูมิประเทศซึ่งในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ค่า PCU ที่ใช้งานวางแผนจราจรของสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) [3]

2.9 สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficient of determination: R^2)

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ หมายถึง สัดส่วนที่ตัวแปร X สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร Y ได้ ดังนั้นถ้า R^2 มีค่ามาก Y และ X มีความสัมพันธ์กันมาก หรือ X สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของค่า Y ได้มาก โดยที่ค่า R^2 เป็นค่าสถิติที่ไม่มีหน่วย และมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 โดยถ้า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าร้อยละที่ตัวแปรอิสระสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามมีค่ามาก แต่ถ้า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าร้อยละที่ตัวแปรอิสระสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามมีค่าน้อย โดย R^2 คำนวณได้จากสมการ

$$R^2 = SSR / SST = 1 - (SSE / SST) \quad (2)$$

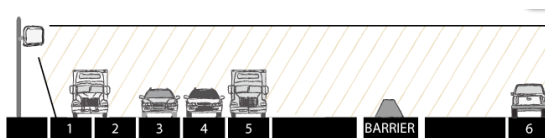
โดยที่ R^2 คือสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ SSR คือค่าความแปรปรวนของ y เนื่องจากอิทธิพลของ x SSE คือค่าความแปรปรวนของ y เนื่องจากอิทธิพลของปัจจัยอื่นๆ SST คือ ค่าความแปรปรวนของ y ทั้งหมด [4]

2.10 เครื่อง SmartSensor HD

เครื่อง SmartSensor HD เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล SmartSensor HD ผลิตโดยบริษัท Wavetronic LLC ดังแสดงในรูปที่ 2 เป็นเครื่องมือตรวจวัดโดยการส่งสัญญาณสะท้อนกลับของคลื่น Microwave ออกมาเพื่อตรวจจับยานพาหนะที่วิ่งผ่านแนวสัญญาณ เครื่องสามารถตรวจวัดและประมวลผลออกมาเป็นข้อมูลได้แก่ ปริมาณการจราจร ความเร็วรถ การมีรถบริเวณนั้น ระยะเวลาครอบครอง ระยะห่างของรถแต่ละคัน ประเภทของรถ (แยกตามความยาว) โดยจะติดตั้งเครื่องมือไว้ที่ข้างทางตั้งฉากกับแนวจราจร [5]



รูปที่ 2 เครื่อง SmartSensor HD [6]



รูปที่ 3 ลักษณะการส่งสัญญาณของเครื่อง SmartSensor HD [7]

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Heydecker และ Addison [8] ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์และจำลองการไหลของกระแสจราจรภายใต้ความเร็วที่ใช้ออกแบบ โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจราจรกับความหนาแน่นจราจร เพื่อวิเคราะห์การไหลของกระแสจราจร จากโครงข่ายทางหลวงประเทศอังกฤษ โดยศึกษาในช่วงจราจรไม่หนาแน่นซึ่งจะทำให้ความเร็วไม่เป็นศูนย์และอนุมานว่าความเร็วจราจรจะเป็นศูนย์เมื่อเกิดความหนาแน่นการจราจรติดขัดในทางกลับกันความเร็วการจราจรจะเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นจราจรลดลง จึงใช้ทฤษฎีนี้ในการสร้างแบบจำลองโดยอ้างอิงทฤษฎีของ Greenshields, Greenberg, Underwood และ Edie

Werner BRILON และ Jan LOHOFF [9] ได้

ทำการศึกษาแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหลของกระแสจราจรบนทางหลวง โดยนำมาตรฐาน HCM 2010 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับการไหลของกระแสจราจรที่ไม่ติดขัด มาพิจารณาร่วมกับสภาพการจราจรที่ติดขัด โดยอ้างอิงทฤษฎีของ Greenshields, Greenberg, Underwood

สุขุม จรูญธรรม [10] ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรกระแสจราจรบนถนนสายหลักในกรุงเทพมหานครโดยใช้เครื่องออสโคป โดยทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรกระแสจราจรเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในการออกแบบถนนและอธิบายถึงความสามารถในการบริการของถนนสายต่างๆ ที่ทำการศึกษา เนื่องจากถนนแต่ละสายมีพฤติกรรมไม่เหมือนกัน ดังนั้นส่งผลต่อแบบจำลองที่ต่างกัน ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลการจราจรที่ได้อยู่ในช่วงรถไม่ติด โดยแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและความหนาแน่นมีค่า R^2 เฉลี่ยทั้งสามจุดเท่ากับ 0.88 แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความหนาแน่นมีค่า R^2 เท่ากับ 0.44 และแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างอัตราไหลและความเร็วมีค่า R^2 เท่ากับ 0.39 จะเห็นได้ว่าค่า R^2 ไม่สูงมากนักเนื่องจากช่วงที่มีปริมาณจราจรเบาบาง การเลือกใช้ความเร็วของกระแสจราจรเป็นไปได้อย่างอิสระ

3. วิธีการศึกษา

3.1 การเลือกเส้นทางเพื่อศึกษา

เส้นทางที่ต้องการศึกษาคือ ถนนแจ้งวัฒนะตำบลบางตลาด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี ทางหลวงหมายเลข 304 ตอนควบคุม 0101 ซอยสายทาง ปากเกร็ด-กม.5+099 (ต่อเขต แขวงฯ กรุงเทพฯ) บริเวณ กม.7+700 เป็นถนน 4 ช่องจราจรต่อทิศทาง ผิวทางคอนกรีตเสริมเหล็ก มีเส้นแบ่งช่องจราจรอย่างชัดเจนดังแสดงในรูปที่ 4 และรูปที่ 5



รูปที่ 4 จุดที่ทำการติดตั้งเครื่องมือ



รูปที่ 5 การจราจรบริเวณถนนแจ้งวัฒนะ

3.2 ขั้นตอนการศึกษา

3.2.1 บันทึกข้อมูลการจราจร

โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์ในจุดที่เหมาะสมในการบันทึกค่า ตามคุณสมบัติของเครื่องมือ จากนั้นทำการเก็บข้อมูลการจราจรได้แก่ จำนวนของรถที่พบในเลนระหว่างช่วงเวลาพร้อมแยกกลุ่มตามความยาว ความเร็วของรถที่ผ่านจุด (time mean speed) โดยทำการเก็บข้อมูลชุดละ 1 นาที จนครบ 1 สัปดาห์ (ประมาณ 10,000 ชุด) เริ่มทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 15 ตุลาคม 2555 จนถึง 14 มีนาคม 2556

3.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลการจราจรที่ได้จากเครื่อง SmartSensor HD ซึ่งเป็นข้อมูลการจราจรแบบ 1 นาที มาทำการรวมข้อมูลเป็นแบบ 5 นาที เพื่อลดความแปรปรวนของข้อมูล

จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าเนื่องจากชนิดของยานพาหนะและคัดกรองข้อมูลที่มีความผิดปกติจากการเก็บข้อมูล จากการศึกษาพบว่าความผิดปกติของข้อมูลเกิดจากการที่สิ่งของหรือคนเคลื่อนไหวผ่านแนวสัญญาณของเครื่อง ผู้ศึกษาตรวจพบข้อมูลที่ผิดปกติและทำการลบข้อมูลออกจำนวน 32 ชุด ซึ่งน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณข้อมูลทั้งหมด

3.2.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรการจราจร

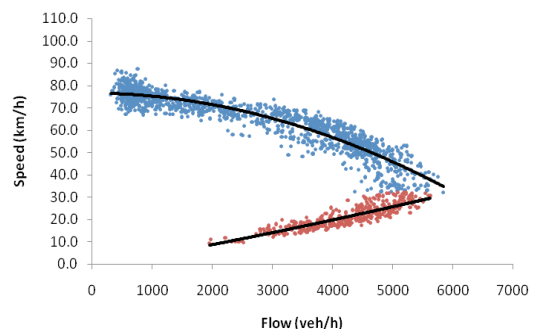
ทำการแบ่งข้อมูลเป็นสองส่วนด้วยความเร็วที่อัตราการไหลสูงสุดจากข้อมูลคือ 32.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมงที่อัตราการไหล 5,841 คันต่อชั่วโมง ชุดข้อมูลที่ใช้ความเร็วได้มากกว่า 32.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมงแสดงสภาพการจราจรปกติ ส่วนชุดข้อมูลที่ใช้ความเร็วได้น้อยกว่ามีแสดงสภาพการจราจรติดขัด จากนั้นวิเคราะห์ความสัมพันธ์และตรวจสอบทางสถิติ

4. ผลการศึกษา

การเก็บข้อมูลการจราจรช่วงแรกมีความคลาดเคลื่อนสูงเนื่องจากการติดตั้งเครื่องมือยังไม่สมบูรณ์ จึงทำการปรับตั้งเครื่องมือจนได้ชุดข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยเลือกใช้ข้อมูล วันที่ 8 – 14 มีนาคม 2556 มาทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ดังนี้

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหลมีความสัมพันธ์กันดังรูปที่ 6



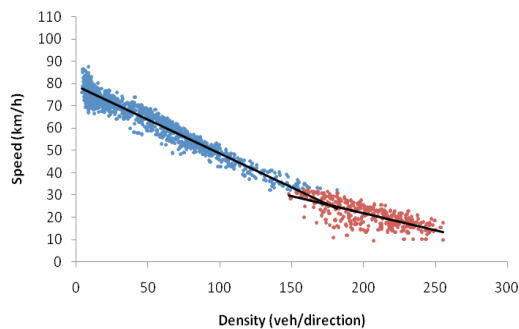
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหล

สภาพการจราจรปกติ (สีน้ำเงิน) มีสมการความสัมพันธ์แบบ Polynomial คือ $Speed = -0.000001Flow^2 - 0.000235Flow + 76.56$ และสมการความสัมพันธ์แบบ Exponential ในช่วงสภาพการจราจร

ติดขัด (สีแดง) คือ $Speed = 5.70e^{0.000304Flow}$ มีค่า R^2 เท่ากับ 0.87 และ 0.79 ตามลำดับ

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความหนาแน่น

ค่าความหนาแน่นในที่นี้ใช้วิธีทีเฮอร์มินิสติก (Deterministic Approach) ตามสมการ $k=q/u$ จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความหนาแน่นมีความสัมพันธ์กันดังรูปที่ 7

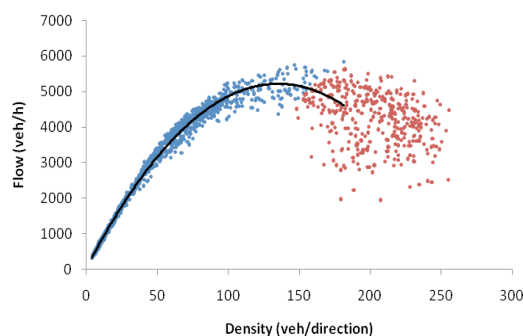


รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความหนาแน่น

สมการความสัมพันธ์ทั้งสองช่วงมีสมการความสัมพันธ์แบบ Linear สภาพการจราจรปกติมีสมการความสัมพันธ์คือ $Speed = -0.30Density + 79.01$ และสมการความสัมพันธ์ในช่วงสภาพการจราจรติดขัดมีสมการคือ $Speed = -0.15Density + 52.04$ มีค่า R^2 เท่ากับ 0.94 และ 0.52 ตามลำดับ

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและความหนาแน่น

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหลมีความสัมพันธ์กันดังรูปที่ 8

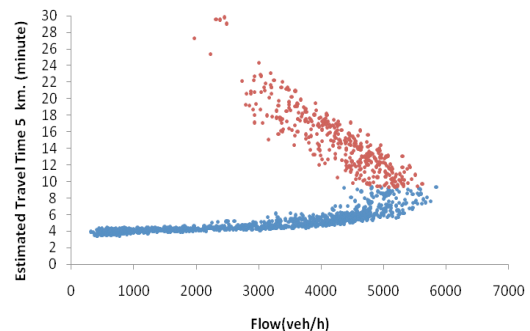


รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและความหนาแน่น

สภาพการจราจรปกติมีสมการความสัมพันธ์แบบ Polynomial คือ $Flow = -0.28Density^2 + 76.65Density + 37.39$ มีค่า R^2 เท่ากับ 0.99 ส่วนช่วงสภาพการจราจรติดขัดข้อมูลมีการกระจายตัวสูงไม่แสดงความสัมพันธ์กัน

4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาเดินทางและอัตราการไหล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาเดินทางและอัตราการไหลมีลักษณะดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาเดินทางและอัตราการไหล

ระยะเวลาที่ยานพาหนะคันหนึ่งจะสามารถแล่นผ่านระยะทาง 5 กิโลเมตร บนเส้นทางที่ทำการศึกษานี้ใช้เวลาตั้งแต่ 9 นาที จนถึง 25 นาที

5. การอภิปรายผล

การศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรกระแสจราจรในครั้งนี้ สามารถแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรกระแสจราจรทั้งในช่วงสภาพการจราจรปกติและช่วงสภาพการจราจรติดขัด อันเนื่องมาจากการเลือกสถานที่ในการเก็บข้อมูล การเลือกสถานที่ในการเก็บข้อมูลเป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญ เพราะจุดที่ทำการเก็บข้อมูลต้องเป็นจุดที่สามารถให้ข้อมูลที่มีคุณภาพซึ่งจะต้องประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักคือ ส่วนแรกลักษณะทางกายภาพของเส้นทาง โดยลักษณะทางกายภาพของเส้นทาง ต้องอยู่ห่างจากสะพาน จุดกลับรถ จุดพักรถ ทางแยก ทางร่วม ทางลาดชันและคุณภาพผิวถนน เป็นต้น เนื่องจากลักษณะทางการภาพของเส้นทางจะส่งผลต่อพฤติกรรมกระแสจราจร ส่วนที่สองคือปริมาณการจราจร การสร้างแบบจำลองจำเป็นต้องการข้อมูลสภาพจราจรที่หลากหลายตั้งแต่ช่วงปริมาณการจราจรที่เบาบางไปจนถึงช่วงที่มีปริมาณการจราจรสูงเกินความจุของถนน

เพื่อความสมบูรณ์ของแบบจำลอง

จากการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ของตัวแปร กระแสจราจรได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและ อัตราการไหล ความเร็วและความหนาแน่น อัตราการไหล และความหนาแน่นมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับทฤษฎี ของ Greenshields โดยมีพฤติกรรมกระแสจราจรดังนี้

5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหล

จากการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว และอัตราการไหลมีลักษณะคล้ายเส้นโค้งพาราโบลาแบบ ต่ำเต่ง ในช่วงการจราจรปกติเมื่ออัตราการไหลเพิ่มมากขึ้น ความเร็วของกระแสจราจรก็จะลดลง และช่วง การจราจรติดขัดอัตราการไหลลดลงความเร็วก็จะลดลง ด้วย

5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความหนาแน่น

จากการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว และความหนาแน่น จะมีลักษณะเป็นเส้นตรงโดยความชัน ของกราฟมีค่าติดลบ นั่นคือ ความเร็วจะแปรผกผันกับ ความหนาแน่น โดยเมื่อความหนาแน่นมีค่าเพิ่มมากขึ้น ค่าความเร็วก็จะมีค่าลดลงตามลำดับ

5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและความหนาแน่น

จากการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการ ไหลและความหนาแน่น มีลักษณะเป็นเส้นโค้งคว่ำ จะเห็น ได้ว่าเมื่ออัตราการไหลมีค่าเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นก็จะมี ค่าเพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นว่าถนนยังรองรับการจราจรได้อีก แต่เมื่ออัตราการไหลมีค่าลดลงที่ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าสภาพการจราจรเริ่มติดขัด

5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาเดินทางและ อัตราการไหล

จากการศึกษาพบว่าระยะเวลาในการเดินทางบน ช่วงถนนที่ทำการศึกษาในช่วงอัตราการไหลปกติเมื่อ อัตราการไหลเพิ่มขึ้นระยะเวลาเดินทางก็จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อปริมาณรถในเส้นทางเพิ่มขึ้น ความเร็วเฉลี่ย จะลดลงส่งผลโดยตรงต่อระยะเวลาเดินทาง และในสภาพ การจราจรติดขัดอัตราการไหลลดลง ความเร็วเฉลี่ยก็จะ ลดลง ส่งผลให้ระยะเวลาเดินทางเพิ่มมากขึ้น

6. ข้อเสนอแนะ

หากมีผู้ต้องการจะทำการศึกษาต่อไปที่เกี่ยวข้อง ทางด้านนี้ ควรจะศึกษาในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้เพื่อเป็น แนวทางในการพัฒนาและลดข้อผิดพลาดในงานวิจัย

1. ทำการศึกษาลักษณะความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วและอัตราการไหลบนถนนเส้นอื่นๆ ที่มีลักษณะ ทางกายภาพคล้ายคลึงกัน

2. การศึกษาในครั้งนี้ใช้ข้อมูลความเร็วของ ยานพาหนะจากการเก็บตัวอย่างเป็นแบบ Time Mean Speed อันเนื่องมาจากข้อจำกัดด้านเครื่องมือ ในช่วง การจราจรปกติค่าความเร็วแบบ Time Mean Speed และ Space Mean Speed มีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อสภาพ การจราจรติดขัดค่าความเร็วแบบ Time Mean Speed อาจมีความคลาดเคลื่อน การศึกษาต่อไปอาจหาค่า ความเร็วแบบ Space Mean Speed มาเปรียบเทียบ

3. เมื่อปริมาณการจราจรน้อย การเลือกใช้ความเร็ว ของผู้ขับที่เข้าเกินไปส่งผลต่อค่าความสัมพันธ์ของ ความเร็วและอัตราการไหล ทำการแก้ไขความ คลาดเคลื่อนด้วยช่วงเวลาในการวิเคราะห์กลุ่มข้อมูล

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษางานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วย ความ อนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่าน ขอกราบขอบพระคุณ ดร.อภิรตชนันท์ โชติสังกาศ ที่เอื้อเฟื้อและอำนวยความสะดวก การเก็บ ข้อมูล การทำวิจัย และ ขอขอบพระคุณ ดร.กิตติ ทรัพย์ประสม ที่กรุณาสละเวลา ให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาในทุกๆ ด้าน รวมทั้งกลุ่ม สํารวจข้อมูลการจราจรและขนส่ง สํานักอํานวยความ ปลอดภัย กรมทางหลวง ที่ให้ความอนุเคราะห์ตลอด การศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] พงษ์ศักดิ์ สุริยวนากุล. 2542. คู่มือการศึกษา การจราจร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- [2] วิโรจน์ ฐโงปการ. 2532. การวิเคราะห์จราจร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- [3] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและการจราจร. การพัฒนาค่าเทียบเท่ารถยนต์ส่วนบุคคลทั้งในเขต เมืองและนอกเมืองใช้เป็นมาตรฐาน. [ออนไลน์]. 2549

[อ้างอิง; 20 ต.ค.2555]. เข้าถึงได้จาก :

<http://greentransport.otp.go.th/GreenTransport/default.aspx>.

- [4] ทรงศิริ แด่สมบัติ. 2548. การวิเคราะห์การถดถอย (พิมพ์ครั้งที่ 3). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- [5] Wavetronix LLC. การใช้งานเบื้องต้น SmartSensor HD. [ออนไลน์]. 2555. [อ้างอิง; 22 ต.ค.2555].
เข้าถึงได้จาก : http://www.wavetronix.com/en/support/product_lines/1/products/122.
- [6] รูปเครื่อง SmartSensor HD. [ออนไลน์]. 2557.
[อ้างอิง; 22 ต.ค.2557]].เข้าถึงได้จาก :
<http://www.ukmts.com/products/data-collection>.
- [7] ลักษณะการส่งสัญญาณของเครื่อง SmartSensor HD. [ออนไลน์]. 2557. [อ้างอิง; 7 มี.ค.2557].เข้าถึงได้จาก : <http://www.wavetronix.com/en/products/smartsensor/hd/features>.
- [8] B.G. Heydecker, J.D. Addison. 2011. Analysis and modeling of traffic flow under variable speed limits. Transportation Research Part C: 206-217.
- [9] Werner BRILON, Jan LOHOFF . 2011. Speed-flow Model for Freeways. Procedia Social and Behavioral Sciences 16: 26-36.
- [10] สุขุม จรูญธรรม. 2546. การศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรกระแสจราจรบนถนนสายหลักในเขตกรุงเทพมหานครโดยใช้เครื่องอัตโนมัติ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.