

## การประเมินความจุของทางหลวงจากรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและ อัตราการไหล: กรณีศึกษาถนนหนะรัชต์ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

### Highway Capacity Assessment Based on Relationship between Space Mean Speed and Flow: A Case Study of Thanarat Road, Pak Chong, Nakhon Ratchasima

วิชา รังคะนันท์ ศิรดล ศิริธร

สาขาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถ. มหาวิทยาลัย  
ต. สุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000 เบอร์โทรศัพท์ 0-4422-4238 โทรสาร 0-4422-4608

<sup>1</sup>E-mail: whichaya\_rain@hotmail.com <sup>2</sup>E-mail: siradol74@yahoo.com

#### บทคัดย่อ

ถนนหนะรัชต์เป็นถนนสายท่องเที่ยวและเป็นถนนสายหลักในการเดินทางเข้าสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่โดยแยกจากถนนมิตรภาพสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่เป็นระยะทาง 21 กิโลเมตร อยู่ในเขตการปกครองของตำบลหมูสี อำเภอปากช่อง ในช่วงระยะทาง 8 กิโลเมตรแรกของถนนหนะรัชต์จะเป็นถนนขนาด 4 ช่องจราจร ส่วนถนนช่วงถัดไปเป็นระยะทางอีก 13 กิโลเมตรจนถึงทางเข้าสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่จะเป็นถนนขนาด 2 ช่องจราจร ในช่วงวันหยุดและวันหยุดนักขัตฤกษ์จะมีปริมาณจราจรคับคั่งซึ่งประกอบด้วยยานพาหนะของนักท่องเที่ยวที่ไม่คุ้นเคยกับเส้นทางตลอดจนยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ของประชาชนในพื้นที่ ใช้บริการถนนหนะรัชต์อย่างหนาแน่น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลของกระแสจราจรและประเมินความจุ (Capacity) ของถนนหนะรัชต์จากการเปรียบเทียบกับทฤษฎีการไหลของกระแสจราจร 5 ทฤษฎี ได้แก่ Greenshields, Greenberg, Underwood, Northwestern และ Edie ซึ่งแบ่งเป็น 2 กรณีคือการจราจรเบาบางและการจราจรหนาแน่น การศึกษานี้จะแบ่งถนนหนะรัชต์ออกเป็นช่วง ๆ ระยะทางช่วงละ 4 กิโลเมตรคุณสมบัติพื้นฐานของกระแสจราจรที่จะศึกษาได้แก่ 1) ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว-ความหนาแน่น (Speed and Density) 2) ความสัมพันธ์ระหว่างการไหล-ความหนาแน่น (Flow and Density) 3) ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว-การไหลจราจร (Speed and Flow) เพื่อประเมินอัตราการไหลสูงสุดและสภาพจราจรที่อัตราการไหลต่าง ๆ รวมทั้งความเร็วที่เหมาะสมที่สุด (Optimum Speed) และความหนาแน่นที่เหมาะสมที่สุด (Optimum Density) ของถนนหนะรัชต์ การศึกษาพบว่าถนนที่มีลักษณะทางกายภาพเป็นถนนขนาด 4 ช่องจราจรแบบจำลองของ Northwestern มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด และแบบจำลองของ Underwood กับ Edie-Low มีประสิทธิภาพเท่ากันมีความเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรรองลงมา ส่วนถนนที่มีลักษณะทางกายภาพเป็นถนนขนาด 2 ช่องจราจรแบบจำลองของ Greenberg กับ Edie-Jam มีประสิทธิภาพเท่ากันมีความเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด รองลงมาคือแบบจำลองของ Northwestern และ Underwood กับ Edie-Low ตามลำดับ ที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจร และพบว่าแบบจำลองของ Greenshields ไม่มีประสิทธิภาพและไม่เหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรทั้งบนถนน 2 และ 4 ช่องจราจร จากผลการศึกษานี้สามารถนำไปสร้างระบบข้อมูลการใช้ถนนเพื่อวางแผนและกำหนดมาตรการเพื่อจัดการการจราจรบนถนนหนะรัชต์ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

**คำสำคัญ:** ความเร็ว อัตราการไหล แบบจำลองกระแสจราจร

**ABSTRACT**

Thanarat Road is a tourist highway and a main corridor to Khao Yai National Park. Located in Mu Si district, Pak Chong District, the 21-km highway connects Mittraphap Road (Highway 2) to Khao Yai National Park. The first 8 kilometers of Thanarat Road is a four-lane undivided section. The remaining 13 kilometers of the highway before Khao Yai National Park Gate is a two-lane undivided highway. Traffic jam usually occurs during weekends and long holidays in which traffic mix is made up from vacationers who are unfamiliar with the area, along with various types of local vehicles. This study research aims to study traffic flow characteristics and to estimate capacity of Thanarat Road with respect to five traffic flow theories which are Greenshield, Greenberg, Underwood, Northwestern and Edie. This study divided Thanarat Road into 4-km sections. Fundamental traffic characteristics of interests are relationships between 1) speed-density, 2) flow-density, and 3) speed-flow. The ultimate goal is to estimate the maximum flow rate and traffic conditions at different flow ranges, including optimum speed and optimum density of Thanarat Road. The study showed that Northwestern Model best described traffic characteristics on the 4-lane section. Underwood and Edie-Jam Models could also be applied with a reasonable precision. Meanwhile Greenberg and Edie-Jam models were most effective models for the 2-lane section. Northwestern, Underwood and Edie-Low models could be equally applied with fair results. Greenshields model was found ineffective to describe traffic characteristics in any of these scenarios. The results would be used to create a road user information system, and eventually lead to effective traffic management measures for Thanarat Road.

**Keyword:** Speed, Flow rate, traffic flow theories

**1. บทนำ**

อำเภอปากช่องมีอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวเป็นรายได้หลักที่สำคัญ ที่ช่วยขับเคลื่อนเศรษฐกิจในพื้นที่ เนื่องจากเป็นอำเภอที่มีทรัพยากรธรรมชาติเป็นปัจจัยและต้นทุน อำเภอปากช่องเป็นอำเภอที่มีสถานที่ท่องเที่ยวหลากหลาย รวมถึงสถานที่ท่องเที่ยวเชิงเกษตร สถานที่ท่องเที่ยวสำหรับผู้ชื่นชอบการผจญภัยในรูปแบบต่าง ๆ มีธุรกิจร้านอาหาร ที่พัก และรีสอร์ทเกิดขึ้นอย่างมากมาย เพื่อให้บริการแก่นักท่องเที่ยวตลอดเส้นทางเข้าสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ซึ่งได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นมรดกโลกโดยองค์การยูเนสโก ธุรกิจด้านการท่องเที่ยวส่วนใหญ่ จะตั้งอยู่บนสองฟากถนนที่สามารถเดินทางเข้าสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ประกอบไปด้วย 1) ทางหลวงชนบทสาย นม. 1016

และ 2) ทางหลวงหมายเลข 2090 หรือถนนพระราชวัง ซึ่งเป็นถนนสายท่องเที่ยวและเป็นถนนสายหลักในการเดินทางเข้าสู่อุทยานแห่งชาติ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว (Speed) และอัตราการไหล (Flow) แล้วเปรียบเทียบกับแบบจำลองทางวิศวกรรมเพื่อคำนวณความสามารถรองรับอัตราการไหลสูงสุด (Maximum flow) ของกระแสน้ำของถนนพระราชวังในแต่ละช่วงของถนนที่ทำการศึกษาได้

2. ศึกษารูปแบบความต้องการเดินทางเดินทาง (Demand Pattern) บนถนนพระราชวัง เพื่อเสนอแนวทางการกำหนดมาตรการในการจัดการถนนพระราชวัง

ให้สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพสูงสุด ณ ปัจจุบัน

## 2. วิธีดำเนินการ

ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นศึกษาเพื่อประเมินความจุหรือความสามารถในการรองรับอัตราการไหลสูงสุด และศึกษารูปแบบความต้องการบนถนนในพื้นที่ศึกษาในวันธรรมดาและวันหยุดเพื่อเสนอแนวทางการกำหนดมาตรการในการจัดการถนนในพื้นที่ศึกษาให้สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพสูงสุด ณ ปัจจุบัน โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

2.1 ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาความสามารถในการรองรับอัตราการไหลสูงสุด ตลอดจนการใช้แบบจำลองกระแสจราจรรูปแบบต่าง ๆ ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการศึกษารูปแบบความต้องการเดินทางบนถนน

Heydecker และ Addison [ 5 ] ได้ศึกษาการวิเคราะห์และจำลองการไหลของกระแสจราจรภายใต้ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจราจรกับความหนาแน่นจราจร เพื่อวิเคราะห์การไหลของกระแสจราจรของการจราจรภายใต้ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบและทำการวิเคราะห์สถิติของข้อมูลจราจรจากโครงข่ายทางหลวงของประเทศอังกฤษ โดยศึกษาในช่วงที่การจราจรไม่หนาแน่นซึ่งจะทำให้ความเร็วการจราจรไม่เป็นศูนย์และอนุมานว่าความเร็วการจราจรจะเป็นศูนย์เมื่อเกิดความหนาแน่นการจราจรติดขัด ในทางกลับกันความเร็วการจราจรจะเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นการจราจรลดลง จึงใช้ทฤษฎีนี้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์การจัดการจราจรโดยการวัดและการควบคุมความเร็วการจราจร รวมถึงแสดงวิธีการที่จะสามารถใช้ประมาณการผลกระทบของการจัดการการควบคุมความเร็วการจราจรที่จะส่งผลต่อความจุของถนน โดยอ้างอิงทฤษฎีของ Greenshields Greenberg Underwood และ Edie

G.C.K. Wong และ S.C. Wong [ 6 ] ได้ทำการศึกษารูปแบบการไหลของกระแสจราจรลักษณะต่างๆ ที่แปรผันตามลักษณะของผู้ขับขี่ที่แตกต่างกันโดยคำนึงถึงความแตกต่างกันในการตัดสินใจเลือก

ทางเลือกของผู้ขับขี่แต่ละคน ที่จะตัดสินใจเพิ่มความเร็วในการขับขี่เพื่อแซงรถยนต์คันหน้า หรือตัดสินใจลดความเร็วเพื่อชะลอรถยนต์ให้ช้าลงในสภาพการจราจรที่มีลักษณะแตกต่างกันทั้งสภาพการจราจรเบาบางและสภาพการจราจรติดขัด แล้วทำการสร้างแบบจำลองที่สามารถคาดการณ์ลักษณะปัญหาต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นกับการไหลของกระแสจราจรได้ โดยอ้างอิงทฤษฎีของ Greenshields Greenberg Underwood และ Edie

Zhang และ Kim [ 7 ] จากมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียและมหาวิทยาลัยเกาหลี่ ได้ทำการศึกษการไหลของกระแสจราจรในกรณีมีรถยนต์เข้ามาในกระแสจราจร โดยเสนอทฤษฎีที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความจุของถนนและปริมาณจราจรในลักษณะต่างๆ โดยสนใจตัวแปรต่างๆ เช่น ช่องว่างของเวลา (Gap-Time) ระยะห่างระหว่างรถยนต์ในกระแสจราจร (Gap-Distance) และเฟสการจราจร (Traffic Phase) โดยกำหนดรูปแบบที่แตกต่างกันของระยะเวลาช่วงห่างของรถยนต์ในกระแสจราจรที่ได้รับไม่เพียงพอในทฤษฎีใหม่ แต่ยังคงกล่าวถึงทฤษฎีการวิเคราะห์การไหลของกระแสจราจรแบบเดิมอยู่ด้วย โดยอ้างอิงทฤษฎีของ Greenshields Greenberg และ Edie

Max-Olivier Hongler และ Roger Filliger [ 8 ] ได้ทำการพัฒนาสมการความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นการจราจรกับการไหลการจราจรสำหรับการศึกษาพื้นฐานของการจราจรหนึ่งช่องทางซึ่งสมการความสัมพันธ์ที่ได้รับการพัฒนามานี้ใช้วิเคราะห์การจราจรในสภาพไม่เสถียรได้มีประสิทธิภาพมากกว่าสมการของแบบจำลองอย่างง่ายที่กล่าวถึงในทฤษฎีการจราจร โดยอ้างอิงจากทฤษฎีของ Greenshields

R. JAYAKRISHNAN, WEI K. TSAI, และ ANTHONY CHEN [ 9 ] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองการเดินทางที่มีความสัมพันธ์กับการไหลของกระแสจราจร โดยการสมมติจุดเริ่มต้นการเดินทางและจุดปลายทางของความต้องการเดินทางแล้วให้รูปแบบการจราจรมีการกระจายสม่ำเสมอตลอดเวลา ซึ่งสมมติฐานนี้ไม่ได้ใช้สำหรับสร้าง

แบบจำลองการเดินทาง ในช่วงที่มีความต้องการเดินทางสูงสุด แต่ใช้ศึกษาแบบจำลองการเดินทางที่มีความสัมพันธ์กับการไหลของกระแสจราจรในสภาพการจราจรปกติ โดยมีตัวแปรคือจำนวนยานพาหนะ ณ ปัจจุบันที่อยู่บนเส้นทางในช่วงเวลาที่ทำการศึกษารวมถึงการไหลของกระแสจราจรที่เหมาะสมและคงที่ แล้วสร้างแบบจำลองโดยอ้างอิงทฤษฎีของ Greenshields

Werner BRILON และ Jan LOHOFF [ 10 ] ได้ทำการศึกษาแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับการไหลของกระแสจราจรบนทางหลวง (Freeway) โดยนำมาตราฐาน HCM 2010 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับการไหลของกระแสจราจรที่ไม่ติดขัดบนทางหลวงที่กำหนดให้ใช้ความเร็วสูงมากกว่าความเร็วเฉลี่ยของกระแสจราจร มาพิจารณารวมกับความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับการไหลของกระแสจราจรในสภาพการจราจรที่ติดขัด โดยเพิ่มข้อจำกัดของการไหลของกระแสจราจรที่ไม่มีกำหนดในมาตรฐานเข้ามาพิจารณาด้วย จากนั้นนำเสนอในรูปแบบของแบบจำลองที่วิเคราะห์แถวคอยของการไหลของกระแสจราจรที่ไม่ติดขัดและนำมาเปรียบเทียบกัน นอกจากนี้ยังมีอีกหลายโมเดลที่สามารถแสดงลักษณะการไหลของกระแสจราจรลักษณะต่างๆ ที่แตกต่างกัน จากนั้นลองเปรียบเทียบข้อมูลจริง ซึ่งเป็นข้อมูลจากประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศเยอรมนี ใช้เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์ โดยแบบจำลองนี้สามารถคาดการณ์ลักษณะการไหลของกระแสจราจรซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการเสนอแนะแนวทางการบริหารจัดการการจราจรบนทางหลวง อีกทั้งแบบจำลองนี้ยังสามารถดัดแปลงให้สามารถใช้วิเคราะห์และแสดงผลกระทบคือการลดลงของความเร็วของถนนได้ โดยอ้างอิงทฤษฎีของ Greenshields และ Underwood

YAO Jun, TENG Hualiang, WEI Heng และ HU Siji [ 11 ] ได้ทำการศึกษาการประมาณความเร็วของถนนโดยใช้แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นโค้ง โดยความจุสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างการไหลและความเร็ว หรือระหว่างการไหลและการคอบ

ครองพื้นที่ของยานพาหนะบนถนน โดยปกติในการประมาณความจุจากตัวแปรจราจรที่มีความสัมพันธ์กันนี้ จะได้ค่าความจุที่แตกต่างจากค่าจริง ซึ่งอาจจะเกิดจากตัวแปรจราจรตัวใดตัวหนึ่งในสมการความสัมพันธ์ที่คลาดเคลื่อน เนื่องจากลักษณะที่แตกต่างกันของสภาพการจราจรลักษณะต่างๆ กัน ทั้งสภาพการจราจรที่เบาบาง สภาพการจราจรในช่วงเวลาปกติของวัน ตลอดจนสภาพการจราจรติดขัดในช่วงเวลาเร่งด่วน ซึ่งส่งผลต่อข้อมูลตัวแปรจราจรที่นำมาวิเคราะห์ ดังนั้นเมื่อพัฒนาแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นโค้ง แล้วนำแบบจำลองนี้มาวิเคราะห์ตัวแปรจราจรที่มีความสัมพันธ์กัน พบว่าค่าความจุที่ประมาณได้มีค่าใกล้เคียงและมีความสอดคล้องกันกับความจุของถนน

2.2 สืบค้นและคัดเลือกถนนสายท่องเที่ยวที่ต้องการศึกษาวิจัย โดยเลือกถนนสายท่องเที่ยวที่มีสภาพการจราจรที่มีปริมาณความหนาแน่นของกระแสจราจรสูงทั้งในวันธรรมดาและวันหยุด และเป็นถนนที่มีลักษณะทางกายภาพแตกต่างกันในแต่ละช่วงเพื่อเปรียบเทียบการใช้แบบจำลองกระแสจราจรรูปแบบต่างๆ กับลักษณะทางกายภาพของถนนในช่วงนั้น ๆ

2.3 ดำเนินการเก็บสำรวจข้อมูลภาคสนามโดยใช้วิธีการสำรวจโดยวิธีรถสำรวจ (Probe vehicles) ในการเก็บข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์เพื่อคำนวณอัตราการไหลสูงสุด ที่สามารถรองรับได้ในแต่ละช่วงของถนนที่ทำการศึกษา เนื่องจากถนนในแต่ละช่วงมีความแตกต่างทางลักษณะทางกายภาพ โดยถนนช่วงที่ 1 ส่วนใหญ่เป็นทางตรงขนาด 4 ช่องจราจร ถนนช่วงที่ 2 ส่วนใหญ่เป็นโค้งตั้งและโค้งราบขนาด 4 ช่องจราจร ถนนช่วงที่ 3 ส่วนใหญ่เป็นทางตรงขนาด 2 ช่องจราจร ถนนช่วงที่ 4 ส่วนใหญ่เป็นโค้งตั้งและโค้งราบขนาด 2 ช่องจราจร และถนนช่วงที่ 5 เป็นถนนที่มีชุมชนตั้งอยู่ 2 ข้างถนนหนาแน่น จึงแบ่งถนนออกเป็น 5 ช่วงดังนี้

ถนนช่วงที่ 1: กิโลเมตรที่ 0-4

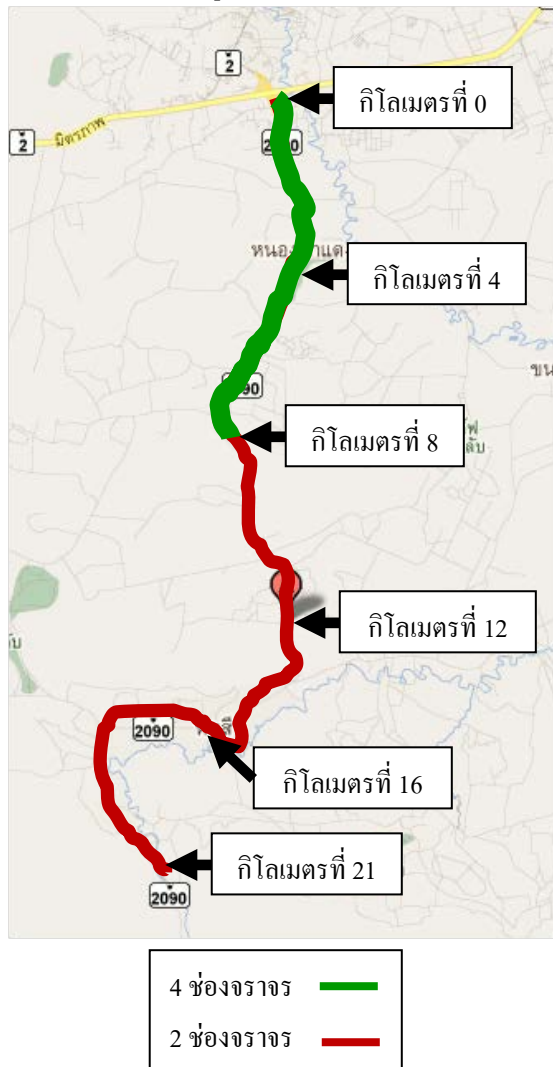
ถนนช่วงที่ 2: กิโลเมตรที่ 4-8

ถนนช่วงที่ 3: กิโลเมตรที่ 8-12

ถนนช่วงที่ 4: กิโลเมตรที่ 12-16

ถนนช่วงที่ 5: กิโลเมตรที่ 16-21

โดยหลักกิโลเมตรวัดจากทางแยกต่างระดับบน  
ถนนมิตรภาพ ในทิศทางมุ่งหน้าอุทยานแห่งชาติ  
เขาใหญ่ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 จุดแบ่งถนนแต่ละช่วง

การสำรวจข้อมูลดังกล่าวโดยใช้เทคนิค รถสำรวจ  
เคลื่อนที่ (Moving Vehicles Method) ซึ่งตัวแปรด้าน  
วิศวกรรมจราจรที่สำรวจ ได้แก่ ปริมาณจราจรบนถนน  
ช่วงที่ 1-5 และความเร็วแบบ Space mean speed ใน  
ขณะเดียวกันยังสามารถได้อัตราการไหล ซึ่งเป็นตัว  
แปรที่สามารถเก็บข้อมูลได้สะดวกในพื้นที่ศึกษา  
ขณะที่ความหนาแน่น เป็นปริมาณที่วิเคราะห์ภายหลัง  
จากตัวแปรดังกล่าว

นอกจากนั้นมีการตรวจสอบปริมาณจราจรที่  
คำนวณได้จากข้อมูลที่ใช้คนนับ (Manual Counts)  
ตามจุดต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ 4 จุด ได้แก่ กิโลเมตรที่ 4,  
8, 12, 16 การสำรวจโดยใช้คนนับ นอกจากเป็นการ  
ตรวจสอบความถูกต้องของปริมาณจราจร ณ เวลาที่  
ทำการสำรวจด้วยเทคนิครถสำรวจเคลื่อนที่แล้ว ยัง  
เป็นการศึกษารูปแบบความต้องการเดินทางบนถนนที่  
ทำการศึกษาด้วย

โดยลักษณะทางกายภาพของบริเวณที่ทำการ  
เก็บข้อมูลทั้ง 4 จุด มีลักษณะดังนี้

บริเวณที่ทำการเก็บข้อมูลจุดที่ 1 ที่กิโลเมตรที่ 4  
ลักษณะทางกายภาพของบริเวณจุดที่ 1 อยู่บริเวณ  
ด้านหน้าบริษัทโซลาร์ตรอนจำกัด (มหาชน) โดยถนน  
บริเวณดังกล่าวเป็นถนนทางตรงขนาด 4 ช่อง  
จราจร และบริเวณใกล้เคียงมีร้านอาหาร สถานที่  
ท่องเที่ยว และสถานที่ราชการ ดังแสดงในรูปที่ 2

บริเวณที่ทำการเก็บข้อมูลจุดที่ 2 ที่กิโลเมตรที่ 8  
ลักษณะทางกายภาพของบริเวณจุดที่ 2 อยู่บริเวณคอ  
ขวดของถนนขนาด 4 ช่องจราจร ที่ลดขนาดเป็นถนน  
ขนาด 2 ช่องจราจร และบริเวณบริเวณดังกล่าวเป็น  
ทางตรงโดยมีทางโค้งห่างจากจุดสำรวจไม่มากนักจาก  
ทั้งสองทิศทาง ดังแสดงในรูปที่ 3

บริเวณที่ทำการเก็บข้อมูลจุดที่ 3 ที่กิโลเมตรที่  
12 ลักษณะทางกายภาพของบริเวณจุดที่ 3 อยู่บริเวณ  
ด้านหน้าป้อมตำรวจ สภ.หมูสี ตรงทางแยกเข้าสถานี  
ตำรวจ สภ.หมูสี โดยถนน บริเวณดังกล่าวเป็นถนน  
ทางตรงขึ้นเนินขนาด 2 ช่องจราจร และบริเวณ  
ใกล้เคียงมีร้านอาหาร ร้านค้า สถานที่ท่องเที่ยว และ  
สถานที่ราชการ ดังแสดงในรูปที่ 4

บริเวณที่ทำการเก็บข้อมูลจุดที่ 4 ที่กิโลเมตรที่  
16 ลักษณะทางกายภาพของบริเวณจุดที่ 4 เป็นถนน  
ทางตรงขนาด 2 ช่องจราจร และบริเวณใกล้เคียงมี  
ชุมชน บ้านพักอาศัย รีสอร์ทต่าง ๆ ร้านอาหาร ร้านค้า  
สถานที่ท่องเที่ยว วัดและสถานที่ราชการ ดังแสดงใน  
รูปที่ 5



รูปที่ 2 จุดที่ 1 ที่สำรวจและเก็บข้อมูลปริมาณจราจรด้วยวิธีการสำรวจโดยใช้คนนับ



รูปที่ 3 จุดที่ 2 ที่สำรวจและเก็บข้อมูลปริมาณจราจรด้วยวิธีการสำรวจโดยใช้คนนับ



รูปที่ 4 จุดที่ 3 ที่สำรวจและเก็บข้อมูลปริมาณจราจรด้วยวิธีการสำรวจโดยใช้คนนับ



รูปที่ 5 จุดที่ 4 ที่สำรวจและเก็บข้อมูลปริมาณจราจรด้วยวิธีการสำรวจโดยใช้คนนับ

2.4 ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่สำรวจมาจากนั้นป้อนข้อมูลลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการคำนวณผลจากข้อมูลและนำไปวิเคราะห์ผลในลำดับต่อไป

2.5 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้เพื่อหาอัตราการไหลสูงสุดของถนนแต่ละช่วง และความเหมาะสมของแบบจำลองกระแสจราจรรูปแบบต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ถนนที่มีลักษณะทางกายภาพแตกต่างกัน รวมถึงรูปแบบความต้องการเดินทางในวันธรรมดาและวันหยุด

2.6 สร้างแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหล ของแบบจำลองกระแสจราจรรูปแบบต่าง ๆ บนถนนในวันธรรมดาและ

วันหยุด และสร้างแผนภาพรูปแบบความต้องการเดินทางบนถนนในวันหยุด

2.7 สรุปผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

### 3. ผลการการศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหลแล้วเปรียบเทียบกับแบบจำลองทางวิศวกรรม สามารถแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลโดยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ และการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลโดยวิธีการสำรวจโดยใช้คนนับ

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลโดยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ

สำหรับข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามโดยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ จะได้ข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ดังนี้ คือ

1. จำนวนรถที่แล่นสวนทางกับรถผู้สำรวจ
2. จำนวนรถที่แล่นแซงรถผู้สำรวจ
3. จำนวนรถที่ถูกรถผู้สำรวจแซง
4. ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากตำแหน่งเริ่มต้นถึงจุดปลายทาง

เริ่มต้นถึงจุดปลายทาง

แล้วนำข้อมูลที่เก็บได้จากภาคสนามมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

3.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคำนวณหาอัตราการไหล [4]

ปริมาณรถหรืออัตราการไหลใน 1 ชั่วโมงสามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$V_n = \frac{60(M_s + O_n - P_n)}{T_n + T_s} \quad (1)$$

และนำค่าอัตราการไหลซึ่งคำนวณได้ กับข้อมูลความเร็วแบบ Space mean speed มาคำนวณหาความหนาแน่น ซึ่งมีค่าเท่ากับอัตราการไหลหารด้วยความเร็ว

3.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคำนวณหาระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ย [4]

ระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ยของปริมาณ  
การจราจรทั้งหมด สามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$\overline{T}_n = T_n - \frac{60(O_n - P_n)}{V_n} \quad (2)$$

และนำค่าระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ยมา  
คำนวณหาความเร็วเฉลี่ยในการเดินทาง

เมื่อ

$V_n$  คือ ปริมาณรถใน 1 ชั่วโมง (เมื่อรถทดสอบ  
เดินทางมุ่งทิศเหนือ)

$M_s$  คือ จำนวนรถที่แล่นสวนทางขณะเดินสู่อีกฝั่ง  
(รถที่เดินทางสู่อีกฝั่ง)

$O_n$  คือ จำนวนรถที่แซงรถผู้สำรวจ (เมื่อรถ  
ทดสอบเดินทางมุ่งทิศเหนือ)

$P_n$  คือ จำนวนรถที่ถูกรถผู้สำรวจแซง (เมื่อรถ  
ทดสอบเดินทางมุ่งทิศเหนือ)

$\overline{T}_n$  คือ ระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ยของปริมาณ  
การจราจรทั้งหมด จากตำแหน่งเริ่มต้นถึงจุดปลายทาง  
(เมื่อรถทดสอบเดินทางมุ่งทิศเหนือ)

$T_n$  คือ ระยะเวลาการเดินทางจากตำแหน่งเริ่มต้น  
ถึงจุดปลายทาง (เมื่อรถทดสอบเดินทางมุ่งทิศเหนือ)

สำหรับ  $V_s$  และ  $T_s$  การคำนวณเช่นเดียวกับ  $V_n$   
และ  $T_n$  แต่จะเปลี่ยนทิศทางเหนือเป็นใต้แทน

### 3.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคำนวณหา ความเร็ว [1]

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคำนวณหาความเร็ว  
จากแบบจำลองกระแสจราจรในทฤษฎีต่าง ๆ สามารถ  
ทำการวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression  
Analysis) เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของทฤษฎี  
Greenshields Greenberg Underwood Edie และ  
สมการของ Northwestern และใช้ค่าพารามิเตอร์ของ  
แบบจำลองต่าง ๆ คำนวณหาความเร็ว

โดยรูปสมการของแบบจำลองต่าง ๆ มีรูปสมการ  
ดังนี้

Greenshields

$$u = u_f - \left( \frac{u_f}{k_j} \right) k \quad (3)$$

จากการวิเคราะห์สภาพการจราจรจากภาพถ่าย  
ทางอากาศ Greenshields ได้สรุปว่าความเร็วและ  
ความหนาแน่นจราจรมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง ใน  
การประยุกต์ใช้แบบจำลองดังกล่าว จำเป็นจะต้อง  
ทราบค่าพารามิเตอร์สองตัว นั่นคือความเร็วการไหล  
อิสระและความหนาแน่นในสภาพติดขัด เพื่อนำไป  
แทนค่าในสมการ ค่าความเร็วการไหลอิสระ

Greenberg

$$u = u_{,0} \ln \left( \frac{k_j}{k} \right) \quad (4)$$

จากการสำรวจสภาพการจราจรในอุโมงค์รถยนต์  
แห่งหนึ่ง ได้ข้อสรุปว่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว  
และความหนาแน่นไม่น่าจะเป็นแบบเส้นตรง  
Greenberg จึงได้ลองเสนอแบบจำลองที่ประยุกต์ใช้  
หลักการ Hydrodynamic ขึ้นมา โดยการประยุกต์ใช้  
แบบจำลองของ Greenberg จำเป็นจะต้องทราบ  
ค่าพารามิเตอร์ 2 ตัว นั่นคือ ความเร็วที่เหมาะสม ( $u_0$ )  
และความหนาแน่นในสภาพติดขัด ( $k_j$ )

Underwood

$$u = u_f e^{\left( \frac{-k}{k_0} \right)} \quad (5)$$

การประยุกต์ใช้แบบจำลองของ Underwood  
จำเป็นจะต้องทราบค่าพารามิเตอร์ 2 ตัว คือ ความเร็ว  
การไหลอิสระ ( $u_f$ ) และความหนาแน่นที่เหมาะสมที่สุด  
( $k_0$ ) ซึ่งดำเนินการตรวจวัดได้ค่อนข้างยาก ส่วนค่า  
ความเร็วการไหลอิสระนั้นสามารถตรวจวัดได้ค่อนข้าง  
ง่าย ปัญหาของแบบจำลอง Underwood นี้คือเมื่อ  
นำมาวิเคราะห์แล้ว ค่าความเร็วจราจรจะไม่มีโอกาสที่  
จะเป็นศูนย์ ยกเว้นเมื่อความหนาแน่นในสภาพติดขัด  
จะมีค่าเป็นอนันต์

Edie

$$u = 54.9e^{-k/163.9} \quad (6)$$

$$u = 26.8 \ln\left(\frac{162.5}{k}\right) \quad (7)$$

ได้เห็นข้อจำกัดของแบบจำลอง Underwood นี้ จึงได้นำไปพัฒนาพร้อมกับแบบจำลอง Greenberg จึงกลายเป็นแบบจำลองประเภท multiregime โดยใช้แบบจำลองของ Greenberg อธิบายและใช้แบบจำลองของ Underwood ในการอธิบายคุณลักษณะกระแสน้ำในสภาพคลองตัว

Northwestern

$$u = u_f e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{k}{k_0}\right)^2} \quad (8)$$

การประยุกต์ใช้แบบจำลองของ Northwestern นี้ จำเป็นจะต้องทราบข้อมูล ความเร็วการไหลอิสระและความหนาแน่นที่เหมาะสมที่สุด

ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถเปรียบเทียบความเร็วที่คำนวณได้ของแบบจำลองต่างๆ กับความเร็วที่คำนวณจากข้อมูลที่เก็บจากภาคสนาม

### 3.1.4 การวิเคราะห์ Goodness of Fit

หากการวิเคราะห์คำนวณหาค่า  $R^2$  จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว (u) กับความหนาแน่น (k) ของแบบจำลอง Greenshields Greenberg Underwood Northwestern และ Edie เพื่อให้ทราบความเหมาะสมและประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลของแบบจำลองต่างๆ โดยการแปลงความสัมพันธ์ให้อยู่ในรูปสมการเชิงเส้น ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ค่า  $R^2$  ของแบบจำลองต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่า  $R^2$  ของแบบจำลองต่างๆ

ความเร็ว (u)	ถนนช่วงที่ 1 และ 2 เป็นถนนขนาด 4 ช่องจราจร					
	GS	GB	Un	North	EL	EJ
61-86	0.275	0.239	0.274	<b>0.313</b>	0.274	0.239
62-78	0.8	0.755	0.812	<b>0.838</b>	0.812	0.755
62-84	0.912	0.832	0.888	<b>0.946</b>	0.888	0.832
66-110	0.7	0.712	<b>0.766</b>	0.748	<b>0.766</b>	0.712
72-76	0.256	0.252	0.257	<b>0.26</b>	0.257	0.252
76-98	0.766	0.772	<b>0.79</b>	0.783	<b>0.79</b>	0.772
77-114	0.567	0.568	<b>0.593</b>	0.583	<b>0.593</b>	0.568
78-125	0.255	0.234	0.287	<b>0.306</b>	0.287	0.234

ความเร็ว (u)	ถนนช่วงที่ 3, 4 และ 5 เป็นถนนขนาด 2 ช่องจราจร					
	GS	GB	Un	North	EL	EJ
40-61	0.584	0.457	0.619	<b>0.71</b>	0.619	0.457
41-62	0.495	<b>0.512</b>	0.505	0.485	0.505	<b>0.512</b>
50-70	0.921	<b>0.99</b>	0.943	0.836	0.943	<b>0.99</b>
52-98	0.674	<b>0.877</b>	0.712	0.525	0.712	<b>0.877</b>
57-110	0.693	0.659	0.7	<b>0.734</b>	0.7	0.659
59-78	0.632	0.553	0.644	<b>0.661</b>	0.644	0.553
59-85	0.827	<b>0.915</b>	0.838	0.723	0.838	<b>0.915</b>
64-92	0.25	0.231	0.26	<b>0.272</b>	0.26	0.231
67-97	0.587	0.612	<b>0.617</b>	0.551	<b>0.617</b>	0.612
67-129	0.68	<b>0.731</b>	0.672	0.634	0.672	<b>0.731</b>
70-99	0.424	<b>0.429</b>	0.404	0.404	0.404	<b>0.429</b>
74-120	0.567	0.568	<b>0.607</b>	0.598	<b>0.607</b>	0.568

GS = Greenshields

GB = Greenberg

Un = Underwood

North = Northwestern

EL = Edie-Low

EJ = Edie-Jam

ซึ่งพบว่าค่า  $R^2$  ของแบบจำลอง Northwestern มีเหมาะสมในการใช้วิเคราะห์ข้อมูลมากที่สุดสำหรับถนน 4 ช่องจราจรในหลายช่วงความเร็ว แต่ยังคงมีค่า  $R^2$  ต่ำในช่วงต่ำในบางช่วงความเร็วเนื่องจากอาจจะมีจำนวนตัวอย่างน้อย

แบบจำลองของ Underwood กับ Edie-Low มีค่าเท่ากันและแบบจำลอง Greenberg กับ Edie-Jam มีค่าเท่ากัน เนื่องจากสมการแบบจำลองของ Edie-Low และ Edie-Jam เป็นสมการที่มีค่าคงที่กำหนดมาแล้ว แต่ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการหาค่าพารามิเตอร์ใหม่และรูปสมการของแบบจำลอง Edie-Low เหมือนกับรูปสมการของแบบจำลอง Underwood ส่วนรูปสมการของแบบจำลอง Edie-Jam เหมือนกับรูปสมการของแบบจำลอง Greenberg จึงได้ค่า  $R^2$  เท่ากัน

### 3.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคำนวณหาอัตราการไหลสูงสุด [1]

อัตราการไหลสูงสุดสามารถคำนวณหาได้จากการแทนค่าความหนาแน่นที่เหมาะสม ( $k_0$ ) ในสมการของ Greenshields Greenberg Underwood Northwestern และสมการของ Edie ที่ทราบค่าพารามิเตอร์จากการทำ Regression จะทำให้ทราบค่าความเร็วที่เหมาะสม ( $u_0$ ) ของแบบจำลองต่างๆ จึงสามารถคำนวณหาอัตราการไหลสูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 2



ตารางที่ 2 ค่าอัตราการไหลสูงสุด (Maximum flow) ที่  
คำนวณได้ของแบบจำลองต่าง ๆ

ถนนช่วงที่ 1 และ 2 เป็นถนนขนาด 4 ช่องจราจร						
ความเร็ว (u)	อัตราการไหลสูงสุด ( $q_{max}$ )					
	GS	GB	Un	North	EL	EJ
61-86	887	764	2475	<b>1203</b>	2475	764
62-78	535	458	1399	<b>853</b>	1399	458
62-84	747	565	1954	<b>1201</b>	1954	565
66-110	249	261	<b>649</b>	437	<b>649</b>	261
72-76	1810	1510	5403	<b>1824</b>	5403	1510
76-98	391	401	<b>1064</b>	657	<b>1064</b>	401
77-114	339	340	<b>900</b>	603	<b>900</b>	340
78-125	372	379	1001	<b>647</b>	1001	379
ถนนช่วงที่ 3, 4 และ 5 เป็นถนนขนาด 2 ช่องจราจร						
ความเร็ว (u)	อัตราการไหลสูงสุด ( $q_{max}$ )					
	GS	GB	Un	North	EL	EJ
40-61	1234	582	2924	<b>1795</b>	2924	582
41-62	845	<b>497</b>	2057	1243	2057	<b>497</b>
50-70	553	<b>448</b>	1440	863	1440	<b>448</b>
52-98	707	<b>465</b>	1861	1259	1861	<b>465</b>
57-110	329	354	849	<b>554</b>	849	354
59-78	1299	691	3394	<b>2019</b>	3394	691
59-85	1034	<b>597</b>	2762	1710	2762	<b>597</b>
64-92	387	393	1024	<b>633</b>	1024	393
67-97	445	444	<b>1208</b>	762	<b>1208</b>	444
67-129	292	<b>320</b>	786	516	786	<b>320</b>
70-99	594	<b>501</b>	1587	1005	1587	<b>501</b>
74-120	512	457	<b>1372</b>	900	<b>1372</b>	457

GS = Greenshields

GB = Greenberg

Un = Underwood

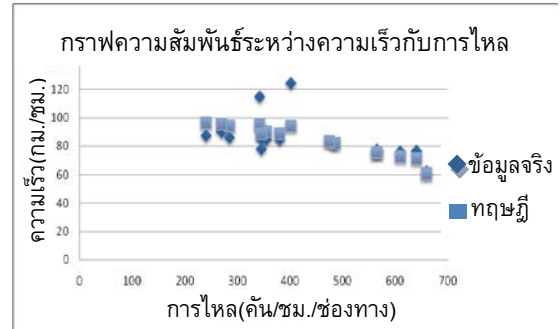
North = Northwestern

EL = Edie-Low

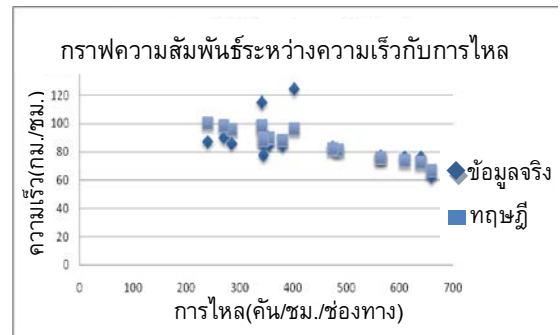
EJ = Edie-Jam

ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับอัตราการไหลของถนนช่วงที่ 1 ของทฤษฎีต่าง ๆ ในสภาพกระแสรายทางเบาบาง ดังนี้

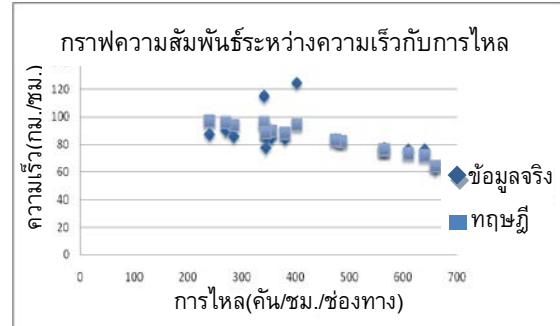
### ทฤษฎี Greenshields



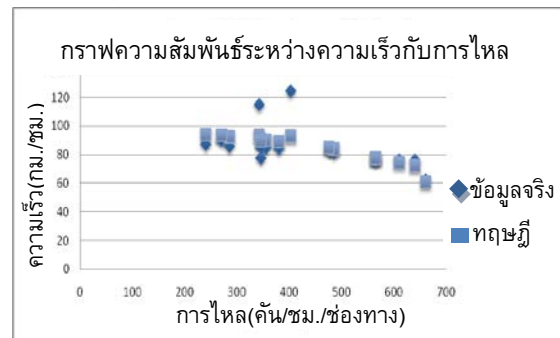
### ทฤษฎี Greenberg



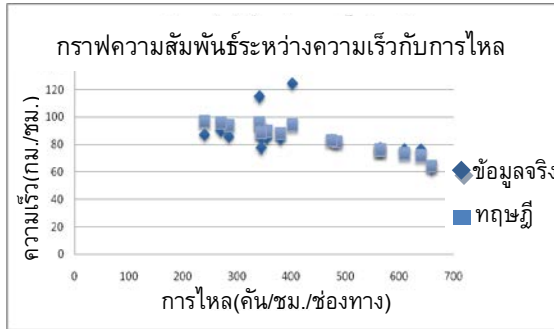
### ทฤษฎี Underwood



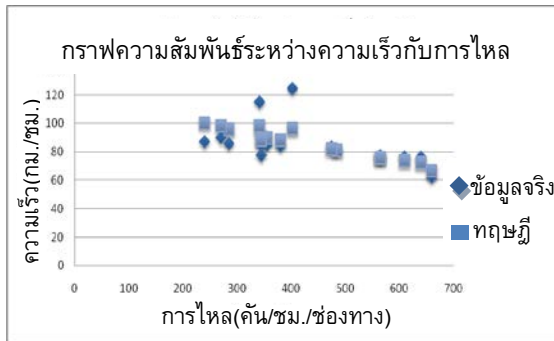
### ทฤษฎี Northwestern



ทฤษฎี Edie-Low

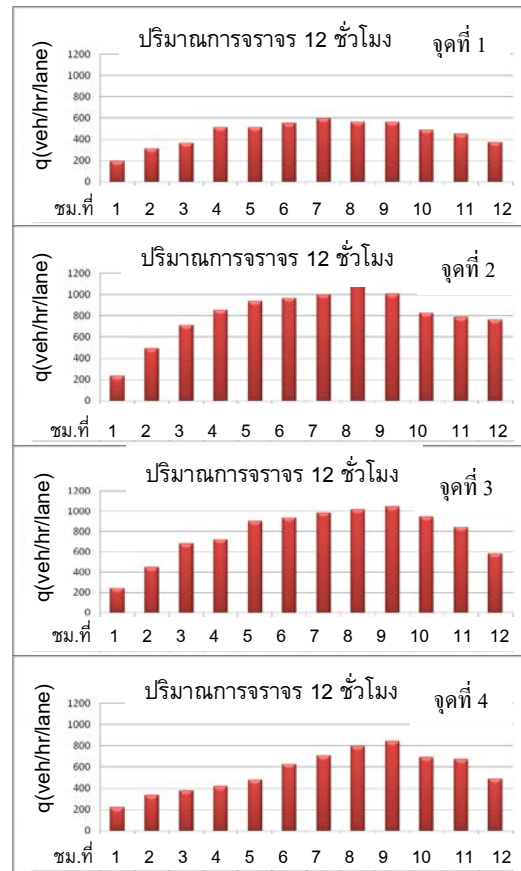


ทฤษฎี Edie-Jam

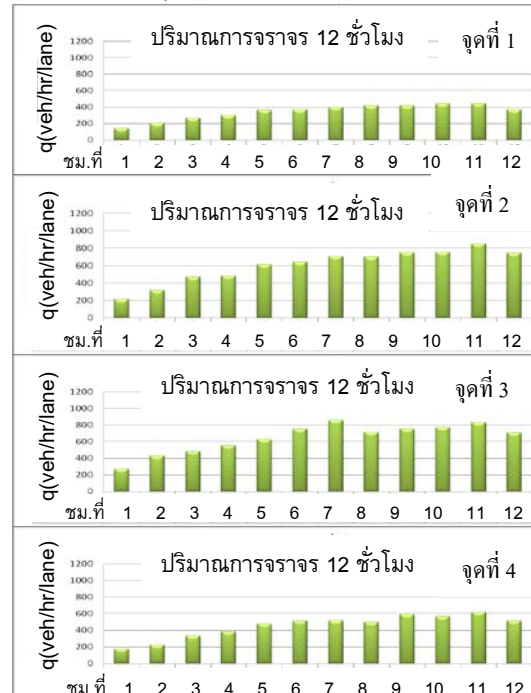


3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล  
โดยวิธีการสำรวจโดยใช้คนนับ

สำหรับข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลโดยวิธีการสำรวจโดยใช้คนนับในวันเสาร์ จะได้ข้อมูลอัตราการไหลของปริมาณจราจรตลอด 12 ชั่วโมงใน 1 วัน โดยทำการเก็บข้อมูลเวลา 07.00 – 19.00 น. และทราบรูปแบบความต้องการเดินทางบนถนนที่ทำการศึกษามีความต้องการสูงในช่วงเวลาใด ดังแสดงในรูปที่ 6 และ 7 โดยแกน X เป็นช่วงเวลาชั่วโมงที่ทำการสำรวจ (ชั่วโมงที่ 1 ถึงชั่วโมงที่ 12) และแกน Y เป็นการไหลหน่วยคันต่อชั่วโมงต่อช่องทาง ในช่วง 0-1200 คัน/ชั่วโมง/ช่องทาง



รูปที่ 6 ความต้องการเดินทางในทิศถนนมิตรภาพมุ่ง  
อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่



รูปที่ 7 ความต้องการเดินทางในทิศอุทยานแห่งชาติ  
เขาใหญ่มุ่งถนนมิตรภาพ

โดยมีส่วนส่วนของรถประเภทต่าง ๆ ดังนี้

รถยนต์	83-89 %
รถจักรยานยนต์	7-14 %
รถบรรทุก	3-5 %

#### 4. วิจัยผลลัพธ์การศึกษา

จากรูปที่ 6 และ 7 จะแสดงให้เห็นว่าในวันหยุดมีความต้องการเดินทางบนถนนระดับสูงในช่วงชั่วโมงที่ 7 - 11 คือในช่วงเวลา 13.00 – 18.00 น.

รูปแบบความต้องการเดินทางที่ได้จากข้อมูลอัตราการไหลของปริมาณจราจรตลอด 12 ชั่วโมงใน 1 วัน โดยทำการเก็บข้อมูลเวลา 07.00 – 19.00 น. พบว่าทิศถนนมิตรภาพมุ่งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่และทิศอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่มุ่งถนนมิตรภาพมีความต้องการเดินทางคล้ายคลึงกัน โดยในช่วงเวลา 10.00 - 16.00 น. มีความต้องการเดินทางผ่านบริเวณจุดสำรวจที่ 2 และ จุดสำรวจที่ 3 สูงถึง 719 – 1129 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร เนื่องจากช่วงถนนที่เชื่อมระหว่างจุดสำรวจที่ 2 ถึงจุดสำรวจที่ 3 มีรีสอร์ต ร้านอาหารและสถานที่ท่องเที่ยวตั้งอยู่หลายแห่ง จึงทำให้มีปริมาณจราจรที่ต้องการเดินทางผ่านบริเวณจุดสำรวจทั้ง 2 ในช่วงเวลาดังกล่าวสูงกว่าจุดสำรวจที่ 1 และจุดสำรวจที่ 4 ในขณะที่จุดสำรวจที่ 1 มีปริมาณจราจรที่ต้องการเดินทางผ่านบริเวณจุดสำรวจทุกช่วงเวลาใกล้เคียงกัน เนื่องช่วงถนนก่อนและหลังจุดสำรวจที่ 1 นั้นมีรีสอร์ต ร้านอาหาร และ สถานที่ท่องเที่ยวตั้งอยู่ค่อนข้างเบาบางกว่าถนนช่วงอื่นๆ จึงทำให้มีปริมาณจราจรที่ต้องการเดินทางผ่านบริเวณดังกล่าวไม่สูงมากนัก แต่สำหรับจุดสำรวจที่ 4 มีความต้องการเดินทางผ่านบริเวณจุดสำรวจที่ 4 สูงในช่วงเวลา 12.00 – 18.00 น. สูง 627 – 837 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร เนื่องจากถนนช่วงก่อนและหลังจุดสำรวจที่ 4 มีโรงแรมและรีสอร์ตที่ได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยวตั้งอยู่หลายแห่ง ซึ่งคาดว่าเป็นช่วงเวลาที่นักท่องเที่ยวมาจนถึงจุดหมาย

#### 5. สรุป

##### 5.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพและความ

เหมาะสมของแบบจำลอง

ในการศึกษานี้จึงใช้ความเร็วเป็นตัวชี้วัดที่ใช้ในการแบ่งระดับการให้บริการของถนน (Level of Service) เนื่องจากถนนที่ศึกษามีลักษณะทางกายภาพโดยรวมเป็นถนนขนาด 2 ช่องจราจรเป็นระยะทางมากกว่าช่วงถนนที่เป็น 4 ช่องจราจร ประกอบกับตลอดเส้นทางเป็นที่ตั้งของชุมชนและย่านธุรกิจท่องเที่ยวมากมาย รวมถึงเป็นที่ตั้งของวัดและหน่วยงานราชการต่าง ๆ

##### 5.1.1 ถนนขนาด 4 ช่องจราจร

จากตารางที่ 1 สำหรับถนนที่มีลักษณะทางกายภาพเป็นถนนขนาด 4 ช่องจราจรจะพบว่าในช่วงความเร็ว 61-66 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และในช่วงความเร็ว 114-125 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบบจำลองของ Northwestern มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า  $R^2$  ระหว่าง 0.306 - 0.313 ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำเนื่องจากมีความห่างของช่วงความเร็วนี้ และจำนวนตัวอย่างอาจน้อยเกินไป

ในช่วงความเร็ว 66-75 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และในช่วงความเร็ว 98-114 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบบจำลองของ Northwestern Underwood และ Edie-Low มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า  $R^2$  ระหว่าง 0.593 - 0.790

และในช่วงความเร็ว 75-98 กิโลเมตรต่อชั่วโมง Underwood และ Edie-Low มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า  $R^2 = 0.766$

ในภาพรวมของถนนที่มีลักษณะทางกายภาพเป็นถนนขนาด 4 ช่องจราจรแบบจำลองของ Northwestern มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด และแบบจำลองของ Underwood กับ Edie-Low มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรรองลงมา แต่

แบบจำลองของ Greenshields Greenberg และ Edie-Jam ไม่เหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรบนถนนที่มีลักษณะทางกายภาพดังกล่าว

#### 5.1.2 ถนนขนาด 2 ช่องจราจร

จากตารางที่ 2 สำหรับถนนที่มีลักษณะทางกายภาพเป็นถนนขนาด 2 ช่องจราจรจะพบว่าในช่วงความเร็ว 40-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง Northwestern มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า  $R^2$  ระหว่าง 0.661 - 0.734

ในช่วงความเร็ว 50-92 กิโลเมตรต่อชั่วโมง Northwestern Greenberg และ Edie-Jam เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า  $R^2$  ระหว่าง 0.272 - 0.990

ในช่วงความเร็ว 92-98 กิโลเมตรต่อชั่วโมง Greenberg และ Edie-Jam มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า  $R^2$  ระหว่าง 0.429 - 0.990

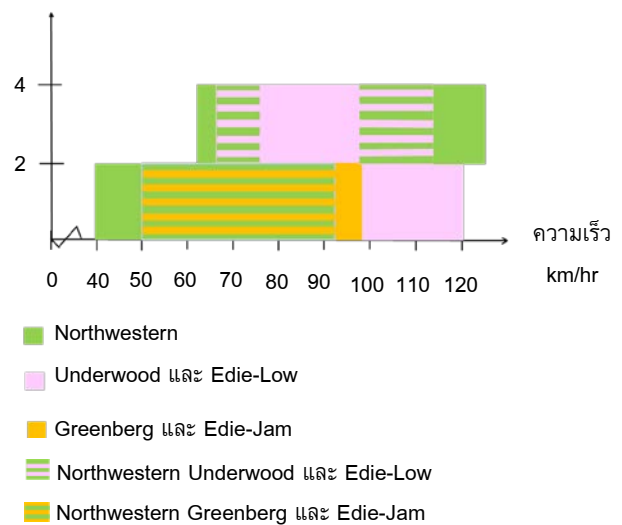
และในช่วงความเร็ว 98-120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง Underwood และ Edie-Low มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า  $R^2$  ระหว่าง 0.607 - 0.617

ในภาพรวมของถนนที่มีลักษณะทางกายภาพเป็นถนนขนาด 2 ช่องจราจรแบบจำลองของ Greenberg กับ Edie-Jam มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด รองลงมาคือแบบจำลองของ Northwestern และ Underwood กับ Edie-Low ตามลำดับ ที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจร และพบว่าแบบจำลองของ Greenshields ไม่มีประสิทธิภาพและไม่เหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรทั้งบนถนน 2 และ 4 ช่องจราจร

จากรูปที่ 8 สามารถเลือกใช้แบบจำลองที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับลักษณะทางกายภาพของถนนได้ จากการเก็บข้อมูลความเร็วของถนนที่ต้องการศึกษาจากนั้นนำค่าความเร็วที่ได้มาพิจารณาเลือกใช้แบบจำลองจากแผนภูมิในรูปที่ 8 ได้ โดยแกน X เป็นความเร็ว ในช่วง 40-120 กิโลเมตร แกน Y เป็นจำนวนช่องจราจร 2 และ 4 ช่องจราจร สีเขียวแทน

แบบจำลองของ Northwestern สีชมพูแทนแบบจำลองของ Underwood และ Edie-Low สีส้มแทนแบบจำลองของ Greenberg และ Edie-Jam สำหรับส่วนที่เป็นสีชมพูสลับเขียวแทนแบบจำลองของ Northwestern Underwood และ Edie-Low และสำหรับส่วนที่เป็นสีส้มสลับเขียวแทนแบบจำลองของ Northwestern Greenberg และ Edie-Jam

จำนวนช่องจราจร



รูปที่ 8 แผนภูมิสำหรับใช้เลือกแบบจำลองที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

จากนั้นใช้แบบจำลองที่เหมาะสมมาใช้วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทราบค่าอัตราการไหลสูงสุดเกินความจุสูงสุดของถนนแล้วหรือไม่ เพื่อกำหนดมาตรการและนโยบายต่าง ๆ ในการบริหารจัดการต่อไป

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าทุกแบบจำลองจะวิเคราะห์ค่าอัตราการไหลสูงสุด ได้ต่ำกว่าค่าที่สำรวจได้จริงจากภาคสนาม ซึ่งแบบจำลองที่สามารถวิเคราะห์และคำนวณค่าอัตราการไหลสูงสุดได้ใกล้เคียงที่สุดสำหรับถนนที่มีลักษณะทางกายภาพเป็นถนนขนาด 4 ช่องจราจรคือแบบจำลองของ Northwestern ส่วนถนนที่มีลักษณะทางกายภาพเป็นถนนขนาด 2 ช่องจราจรคือแบบจำลองของ Greenberg กับ Edie-Jam

และจากการวิเคราะห์และคำนวณหาค่าอัตราการไหลสูงสุดพบว่าถนนช่วงที่ 3 มีค่าอัตราการไหลสูงสุดมากที่สุด รองลงมาเป็นถนนช่วงที่ 1, 4, 5 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งแปรผันตรงกับจำนวนสถานที่ต่าง ๆ ที่ตั้งอยู่บนช่วงถนนนั้น ๆ มีความดึงดูดให้นักท่องเที่ยวเข้าไปใช้บริการแตกต่างกัน จะเห็นได้ชัดเจนจากถนนช่วงที่ 3 เป็นช่วงที่มีสถานที่ท่องเที่ยวและที่พักตั้งอยู่หนาแน่น ขณะที่ถนนช่วงที่ 2 มีสถานที่ต่าง ๆ ตั้งอยู่เบาบาง

### 5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาครั้งนี้ผู้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อเสนอแนะข้อคิดเห็นต่าง ๆ ดังนี้

5.2.1 ควรใช้อุปกรณ์วัดความเร็ว เช่น ปืนเลเซอร์วัดความเร็วของกระแสจราจร เพื่อนำค่าความเร็วที่วัดได้มาทำการแปลง Time mean speed ให้เป็น Space mean speed ก่อนนำไปใช้ในการเลือกใช้แบบจำลองที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจร ณ ช่วงถนนที่ต้องการ

5.2.2 ควรมีการติดตั้งป้ายบอกสภาพจราจรแบบ Real Time โดยใช้การแปลง Space mean speed เป็นความหนาแน่น (k) เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัด เพื่อให้ผู้ขับขี่สามารถตัดสินใจเลือกที่จะหลีกเลี่ยงพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่นได้

5.2.3 ในบริเวณสถานที่ท่องเที่ยวที่ได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยว ควรมีการจัดช่องทางเข้า – ออกให้เหมาะสมกับลักษณะทางกายภาพของถนนในบริเวณนั้น เช่น ไม่ควรจัดทางเข้า – ออกใกล้ทางโค้งหรือทางแยกมากเกินไป และควรมีป้ายเตือนติดตั้งก่อนถึงทางเข้า – ออก เป็นเวลา VMS (Variable Message Sign) เพื่อความปลอดภัย

5.2.4 ในอนาคตอันใกล้ควรมีการศึกษากระแสจราจรบริเวณทางแยกทางหลวงชนบทหน.1016 (ผ่านศึก-กุดคล้า) ที่แยกจากถนนธนรัชต์ เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นทางโค้งและมีทางแยกเชื่อมต่อบริเวณทางโค้งนั้น ในวันหยุดบริเวณทางแยกนี้จะมีปริมาณจราจรสัญจรผ่านทางแยกนี้มาก ประกอบกับรถบนถนนธนรัชต์ใช้ความเร็วค่อนข้างสูง จึงควรตรวจสอบว่า

สามารถปรับสภาพทางกายภาพหรือสมควรติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแล้วหรือไม่ เพื่อความปลอดภัย ณ บริเวณทางแยกดังกล่าว

5.2.5 ในการศึกษาครั้งต่อไปเพื่อให้การเลือกแบบจำลองมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ควรทำการศึกษาผลกระทบจากลักษณะทางกายภาพของถนน เช่น ทางโค้งแนวราบ โค้งแนวตั้ง ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการรองรับปริมาณจราจรด้วย

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ภิรุต ลิมานนท์ (2553). เอกสารประกอบการเรียนวิชาวิศวกรรมจราจร. สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- [2] วิสุทธิ์ กิจชัยนุกูล (2552). การไหลสูงสุดของการจราจรที่ความจุของถนนขึ้นอยู่กับขนาดของการไหล. สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [3] สุขุม จรูญธรรม (2546). การศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรกระแสจราจรบนถนนสายหลักในเขตกรุงเทพมหานครโดยใช้เครื่องออกโตะสโคป. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [4] สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. เอกสารประกอบการเรียนวิชาวิศวกรรมจราจร. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. <http://www.surames.com>
- [5] B.G. Heydecker, J.D. Addison. (2011). Analysis and modelling of traffic flow under variable speed limits. Transportation Research Part C. (pp. 206-217)
- [6] G.C.K. Wong, S.C. Wong. (2002). A multi-class traffic flow model – an extension of LWR model with heterogeneous drivers. Transportation Research Part A. (pp. 827-841)

- [7] H.M. Zhang, T. Kim. (2005). A car-following theory for multiphase vehicular traffic flow. *Transportation Research Part B*. (pp. 385-399)
- [8] Max-Olivier Hongler, Roger Filliger. (2002). Mesoscopic derivation of a fundamental diagram of one-lane traffic. *Physics Letters A*. (pp. 408-412)
- [9] R. Jayakrishnan, Wei K. Tsai, Anthony Chen. (1995). A Dynamic Traffic Assignment Model With Traffic-Flow Relationships. *Transpn. Res. – C*. (pp. 51-72)
- [10] Werner BRILON, Jan LOHOFF. (2011). Speed-flow Models for Freeways. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 16. (pp. 26-36)
- [11] YAO Jun, TENG Hualiang, WEI Heng, HU Siji. (2009). Estimating Roadway Capacity Using the Simultaneous Spline Regression Model. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*. (pp. 87-98)