การศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วเฉลี่ยด้านเวลากับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางบนถนนสายหลักในเขตกรุงเทพมหานคร

ณัชฌา รวบทองหลาง[1*] และ รัฐพล ภู่บุบผาพันธ์[2]
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เมืองนครราชสีมา 30000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและตัวแปรอื่นๆ บนถนนสายหลักในกรุงเทพมหานครเพื่อนำความสัมพันธ์ที่ได้มาแปลงเป็นความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางเพื่อแสดงสภาพจราจรบนช่วงถนนต่อไป โดยข้อมูลความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาได้จากกล้องอิมเมจโพรเซสซิ่ง ข้อมูลความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางได้จากการเก็บข้อมูลแผ่นป้ายทะเบียนรถและตัวแปรอื่นๆ เช่น จำนวนช่องจราจร จำนวนจุดกลับรถ จำนวนป้ายรถเมล์ ความยาวช่วงถนน ฯลฯ ได้จากการสำรวจภาคสนาม จากนั้นทำการวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์สมการถดถอยเชิงเส้น โดยแบ่งการวิเคราะห์เป็น 4 กรณี คือ วิเคราะห์รวมทุกสภาพจราจร วิเคราะห์แยกรายช่วงถนน วิเคราะห์แยกตามความยาวช่วงถนนและวิเคราะห์แยกตามสภาพจราจร จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและตัวแปรอื่นๆ เมื่อดูจากค่า Adjusted R^2 พบว่า ค่า Adjusted R^2 สำหรับกรณีวิเคราะห์รวมทุกสภาพจราจร วิเคราะห์แยกรายช่วงถนน วิเคราะห์แยกตามความยาวช่วงถนนและวิเคราะห์แยกตามสภาพจราจร มีค่าเท่ากับ 0.304 - 0.459, -0.007 - 0.288, 0.241 - 0.470, 0.247 - 0.502 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันพบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำมาคาดการณ์ความเร็วจราจรแบบความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางสำหรับช่วงถนน คือ สมการที่ได้จากการแบ่งตามสภาพการจราจรโดยมีค่า Adjusted R^2 สูงสุด

คำสำคัญ : ความเร็วเฉลี่ยด้านเวลา / ความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทาง / กล้องอิมเมจโพรเซสซิ่ง

* *Corresponding Author, E-mail: nat__cha__ae@hotmail.com*

1 *นักศึกษาปริญญาโท, สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์*

2 *ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สาขาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิศวกรรมศาสตร์*

Relationship Between Time Mean Speed and Space Mean Speed on Main Streets in Bangkok

Natcha Roubtonglang[1*] and Rattaphol Pueboobpaphan[2]

Suranaree University of Technology, Muang, 30000

Abstract

The aim of this research is to study the relationship between space mean speed and time mean speed along with some other variables on the main streets in Bangkok. This relationship can be used to estimate the space mean speed to determine the real traffic condition on the road section. The time mean speed data were obtained from the image processing camera, the space mean speed data were obtained from license plate, and other variables such as the number of lanes, the number of u-turn, the number of bus stops, the length of road, etc. were collected by field survey. Then the models were developed using linear regression analysis by separating into 4 cases 1) The analysis by the overall traffic 2) Analysis by the section of road 3) Analysis by the length of road and 4) Analysis by the traffic condition. The adjusted R^2 of the developed models for the case of analysis by the overall traffic, analysis by the section of road, analysis by the length of road and analysis by the traffic condition were 0.304 -0.459, -0.007 – 0.288, 0.241 – 0.470, 0.247- 0.502 respective. Moreover, the most accurate case based on adjusted R^2 is the analysis by traffic condition.

Keywords : Image Processing Camera / Space Mean Speed / Time Mean Speed.

* *Corresponding Author, E-mail: nat__cha__ae@hotmail.com*

1 *MSc. Student, Transportation Engineering, Institute of Engineering.*

2 *Lecturer, Transportation Engineering, Institute of Engineering.*

1. บทนำ

ปริมาณรถที่เพิ่มมากขึ้นในกรุงเทพมหานคร ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านจราจร ดังนั้นหน่วยงานต่างๆ จึงได้ดำเนินการแก้ไขปัญหาโดยการพัฒนาระบบรายงานสภาพจราจรในรูปแบบต่างๆ เพื่อสื่อสารสภาพจราจรแบบทันกาล (Real Time) บนโครงข่ายถนนเพื่อช่วยในการวางแผนการเดินทางและลดความเครียดของผู้ขับขี่ยานพาหนะบนท้องถนน นอกจากนี้ยังช่วยบรรเทาสภาพจราจรติดขัดได้บางส่วน ลดการสูญเสียการเผาผลาญน้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช่เหตุ ตลอดจนลดการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศได้อีกด้วย

ปัจจุบันได้มีการติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตรวจนับการจราจรหลายประเภทบนท้องถนนหลายแห่ง โดยอุปกรณ์ดังกล่าวจะทำการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลด้านการจราจร เช่น ปริมาณจราจร ความเร็วจราจร เป็นต้น แต่ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลเฉพาะจุด (จุดใดจุดหนึ่งบนช่วงถนนเท่านั้น) ในขณะที่การแสดงข้อมูลต้องการข้อมูลเป็นช่วงถนนโดยเฉพาะข้อมูลความเร็ว ซึ่งความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์เป็นความเร็วเฉลี่ยด้านเวลา (Time Mean Speed, TMS) ในขณะที่การแสดงข้อมูลด้านการจราจรต้องการความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทาง (Space Mean Speed, SMS) แต่ข้อมูลความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางนั้น ตรวจวัดได้ยากในสภาพความเป็นจริง เพราะมีการรบกวนของกระแสจราจร เช่น ป้ายรถเมล์ จุดกลับรถ ซอยเข้า-ออกบนช่วงถนน จำนวนช่องจราจรและจุดจอดรถแท็กซี่ เป็นต้น

ความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาเป็นข้อมูลความเร็วเฉพาะจุดที่ได้มาจากกล้องอิมเมจโพรเซสซิ่ง ในขณะที่ความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทาง เป็นข้อมูลความเร็วจราจรที่สำรวจตลอดช่วงถนน ซึ่งข้อมูลความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและข้อมูลความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางนั้น มีค่าไม่เท่ากันแต่ใกล้เคียงกันโดยค่าเฉลี่ยด้านระยะทางจะมีค่าน้อยกว่าความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาเสมอ [1] ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านเวลา และ ความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางบนช่วงถนนในเขตกรุงเทพมหานครจะมีความซับซ้อน ซึ่งงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและตัวแปรอื่นๆ เพื่อนำข้อมูลความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาจากกล้องอิมเมจโพรเซสซิ่งมาแปลงเป็นความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทาง โดยข้อมูลความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่ได้นำไปสู่ระบบประมวลผลและแสดงสภาพจราจรบนช่วงถนนต่อไป

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรมากกว่า 2 ตัวแปร

การทดสอบสมการถดถอยเชิงพหุ

การใช้สถิติทดสอบ F - test

การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระทุกตัวพร้อมกัน จากสมการถดถอยเชิงพหุ $Y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \ldots + \beta kX_k + e$ ค่าแปรปรวนของ Y = ค่าแปรปรวนที่เกิดจากอิทธิพลของ $X_1, X_2, \ldots X_k$ + ค่าแปรปรวนอย่างสุ่ม หรือ SST = SSR+SSE โดยที่

SST (Sum Square of Total) คือ ค่าแปรปรวนทั้งหมดของ $Y = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - \bar{y})^2$

SSR (Sum Square of Regression) คือ ค่าแปรปรวนของ Y เนื่องจากอิทธิพลของ $X_1, \ldots, X_k$

SSE (Sum Square of Error) คือ ค่าแปรปรวนของ Y เนื่องจากอิทธิพลอื่นๆ หรือเรียกว่าค่าแปรปรวนอย่างสุ่ม = $\sum (Y_i - \hat{Y}i)^2$

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุจะใช้ในการทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง Y และ X1, X2, ... Xk โดยตั้งสมมติฐานไว้ดังนี้

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 \ldots \beta k = 0$

H_1 : มี β_i อย่างน้อย 1 ค่าที่ $\neq 0$; I = 1, 2, ..., k

สถิติทดสอบ F = MSR/MSE โดยที่

MSR=SSR/k และ MSE = SSE/(n-k-1) ; k คือ องศาอิสระ

เขตปฏิเสธ จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้า $F > F_{k, n-k-1;1-\alpha}$ หรือ P-value ของสถิติทดสอบ $F < \alpha$

การใช้สถิติทดสอบ t - test

เป็นการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระแต่ละตัว โดยตั้งสมมติฐานไว้ดังนี้

$H_0 : \beta_i = 0$

$H_1 : \beta_i \neq 0$; i = 1, 2, ..., k

สถิติทดสอบ $t = \frac{b_i - 0}{S_{b_i}}$
เขตปฏิเสธ จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้า $|t| > t_{1-\alpha/2;n-k-1}$ หรือ P-value ของสถิติทดสอบ $t < \alpha$ [2]

ณัฐพงษ์ [3] ทำการศึกษาการประมาณเวลาการเดินทางโดยใช้ข้อมูลจากเครื่องตรวจนับจราจร โดยได้เปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทาง Han et al, [4] ทำการศึกษาพัฒนาโมเดลเพื่อประมาณค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางจากความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาโดยใช้ข้อมูลจากเครื่องตรวจวัดความเร็วแบบตัวเดียว Dailey [5] ได้ศึกษาพัฒนาโมเดลเพื่อประมาณค่าความเร็วให้มีความถูกต้องจากเครื่องตรวจจับความเร็วแบบตัวเดียว Rakha et al, [6] ได้ทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาจากสมการ ของ Soriguera [7] ได้ทำการศึกษาหาวิธีการประมาณค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางจากความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาของเครื่องตรวจนับความเร็วบนถนนแบบสองตัว Ruimin et al, [8] ได้ทำการศึกษาสมการพื้นฐานเพื่อหาระยะเวลาการเดินทางโดยทำการประเมินค่าความเร็วพื้นฐาน 4 model คือ instantaneous model, time slice model, dynamic time slice model และ linear model

จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้ทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านเวลากับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางส่วนใหญ่เป็นการศึกษาบนถนนประเภท freeway และ highway และข้อมูลที่ได้มาจากเครื่องตรวจนับความเร็วแบบตัวเดียวและสองตัว และหาสมการที่เหมาะสมเพื่อหาค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทาง ซึ่งงานวิจัยในครั้งนี้เป็นงานวิจัยทำการศึกษาบนถนนสายหลักในกรุงเทพมหานคร ซึ่งยังไม่เคยมีใครดำเนินการมาก่อน โดยการศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและตัวแปรอื่นๆ เนื่องจากบนถนนสายหลักในเขตกรุงเทพมหานครมีสภาพจราจรที่แปรผัน มีการรบกวนของกระแสจราจรอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นผู้วิจัยจึงใส่ตัวแปรอิสระเกี่ยวกับกายภาพถนนเข้าไปในสมการถดถอยเชิงเส้นเพื่อวิเคราะห์ เช่น จำนวนเลน จำนวนที่กลับรถ ความยาวช่วงถนน จำนวนป้ายรถเมล์ จุดจอดรถแท็กซี่ การอนุญาตจอดรถข้างถนนและสัดส่วนระหว่างตำแหน่งติดตั้งกล้องต่อระยะช่วงถนน เพื่อให้สมการที่ได้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้จริงบนถนนสายหลักในเขตกรุงเทพมหานครที่มีการติดตั้งกล้องอิมเมจโพรเซสซิ่ง

3. วิธีการดำเนินงาน

การศึกษานี้ได้ดำเนินการสำรวจข้อมูลความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทาง ในภาคสนาม โดยการสำรวจข้อมูลได้มาจากการสำรวจจับคู่เลขทะเบียนรถบนช่วงถนน ซึ่งในแต่ละช่วงถนนได้มีกลุ่มสำรวจข้อมูลจำนวน 2 ชุด ผู้สำรวจชุดแรกจะอยู่บริเวณแยกต้นทางของช่วงถนนและบันทึกเลขทะเบียนพร้อมกับเวลาของยานพาหนะที่วิ่งผ่านจุดสำรวจ ในขณะที่กลุ่มสำรวจชุดที่ 2 สำรวจบริเวณแยกปลายทางของช่วงถนน เพื่อบันทึกเลขทะเบียนรถพร้อมกับเวลาของยานพาหนะที่วิ่งผ่านจุดสำรวจเช่นกัน โดยก่อนสำรวจผู้สำรวจทั้ง 2 ชุด ได้ทำการตั้งเวลาให้ตรงกัน เมื่อทำการสำรวจภาคสนามเสร็จ นำข้อมูลแผ่นป้ายทะเบียนรถของจุดสำรวจทั้ง 2 บนช่วงถนนนั้น มาดำเนินการจับคู่กัน เพื่อประมาณระยะเวลาของยานพาหนะแต่ละคันใช้บนช่วงถนน แล้วข้อมูลระยะเวลาที่ได้มาคำนวณหาค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางต่อไป นอกจากนี้แล้วยังทำการเก็บลักษณะทางกายภาพของแต่ละช่วงถนน เช่น จำนวนจุดกลับรถ จำนวนป้ายรถเมล์ จุดจอดรถแท็กซี่ จำนวนช่องจราจรและความยาวช่วงถนน เป็นต้น เพื่อนำมาวิเคราะห์ว่ามีผลกระทบต่อความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาบนช่วงถนนหรือไม่

ความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาที่ได้มาจากกล้องอิมเมจโพรเซสซิ่งที่ติดตั้งอยู่บนช่วงถนน โดยกล้องดังกล่าวจะทำการเก็บและบันทึกข้อมูลความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาไว้ใน server ทุกๆ 1 นาทีแบบอัตโนมัติ แล้วนำข้อมูลความเร็วเฉลี่ยด้านเวลานี้มาทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทาง โดยใช้ SPSS for window วิเคราะห์ Regression Analysis ส่วนข้อมูลความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางได้มาจากการสำรวจภาคสนามที่นำมาเคราะห์จะใช้ความเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลาประมาณ 10-15 นาที ในแต่ละช่วงถนน ในการศึกษานี้ได้ทำการคัดเลือกช่วงถนนที่ทำการศึกษาจำนวน 6 ช่วงถนน แสดงใน

รูปที่ 1 โดยแบ่งการสำรวจภาคสนามเป็น 2 วัน ได้แก่ วันที่ 21 และ 22 กรกฎาคม 2553 วันละ 3 ช่วงถนน โดยจะทำการสำรวจตั้งแต่เวลา 6.00 น. – 18.00 น. ดังแสดงในตารางที่ 1

รูปที่ 1 แสดงช่วงถนนที่ดำเนินการสำรวจข้อมูลความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทาง

ตารางที่ 1 ช่วงถนนที่ดำเนินการสำรวจข้อมูลความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทาง

ชื่อถนน	ช่วงถนน	ทิศทางสำรวจ	วันสำรวจข้อมูล SMS
พระราม 4	แยกเกษมราษฎร์ - แยกพระรามที่ 4	มุ่งตะวันตก (ขาเข้า)	21 ก.ค. 53
เพชรบุรี (ตัดใหม่)	แยกพร้อมพงษ์ - แยกอโศกเพชร	มุ่งตะวันตก (ขาเข้า)	21 ก.ค. 53
รัชดาภิเษก	แยกรัชโยธิน - แยกรัชดาลาดพร้าว	มุ่งทิศใต้	21 ก.ค. 53
เพชรเกษม	แยกท่าพระ - แยกเพชรเกษม / ราชพฤกษ์	มุ่งทิศตะวันออก	22 ก.ค. 53
วงศ์สว่าง	แยกพิบูลสงคราม - แยกวงศ์สว่าง	มุ่งทิศเหนือ	22 ก.ค. 53
สิรินธร	แยกบรมราชชนนี ตลิ่งชัน - แยกบางพลัด	มุ่งทิศตะวันออก	22 ก.ค. 53

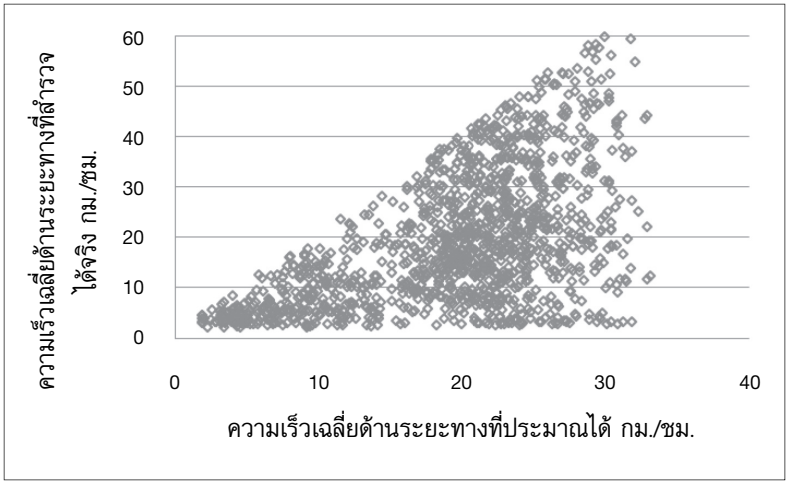
4. ผลการดำเนินงาน

การวิเคราะห์ข้อมูลทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและตัวแปรอื่นๆ โดยแบ่งเป็น 4 กรณี คือ วิเคราะห์รวมทุกสภาพจราจร วิเคราะห์แยกรายช่วงถนน วิเคราะห์แยกตามความยาวช่วงถนนและวิเคราะห์แยกตามสภาพจราจรได้ผลการศึกษา ดังนี้

4.1 วิเคราะห์รวมทุกสภาพจราจร

ในการวิเคราะห์รวมทุกสภาพจราจรได้แบ่งการวิเคราะห์เป็น วิเคราะห์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลา และ วิเคราะห์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและตัวแปรอื่นๆ ดังนี้

4.1.1 วิเคราะห์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลา



รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่ประมาณได้กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่สำรวจได้จริงในสภาพจราจรรวมทุกสภาพจราจร ทุกช่วงถนน

จากรูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านเวลากับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทาง ในสภาพจราจรรวมทุกช่วงถนนเมื่อนำมาสร้างสมการความสัมพันธ์ได้สมการดังนี้

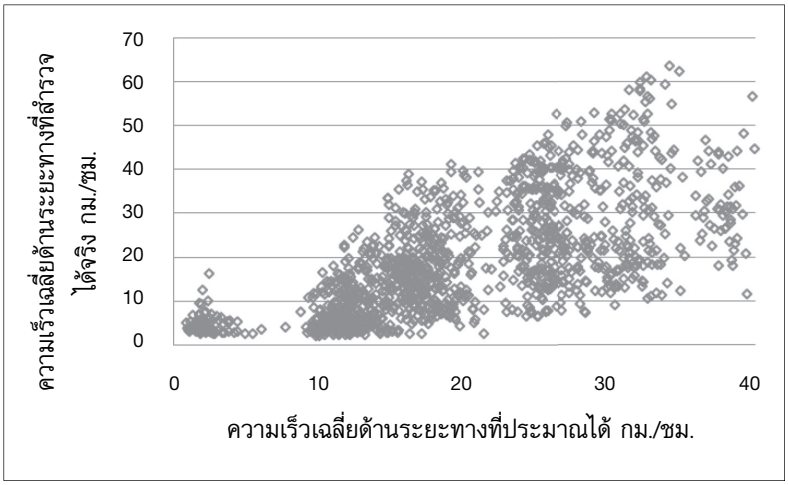
$$SMS=0.634+0.505TMS \quad R^2 = 0.305 \quad \text{Adjusted } R^2 = 0.304 \qquad \textbf{(1)}$$

จากสมการที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านเวลากับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทาง พบว่า ความเร็วเฉลี่ยด้านเวลามีความสัมพันธ์กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงดังตารางที่ 2 โดยที่ค่า R^2 = 0.305 ค่า Adjusted R^2 = 0.304 และเมื่อทำการหาค่า error ของสมการ พบว่า ค่า error ของสมการ = 79.17 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2 แสดงการถดถอยเชิงเส้นเพื่อประมาณค่าความเร็วเฉลี่ยสภาพจราจรรวมทุกสภาพจราจร

Independent Variable	Estimate Parameter	t - statistic	P - value
Constant	-.0634	-0.708	0.000
TMS	0.505	23.784	0.000
SSE = 154176.600, SSR = 67555.055, SST = 221731.600			

4.1.2 วิเคราะห์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและตัวแปรอื่นๆ



รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่ประมาณได้กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่สำรวจได้จริงและตัวแปรอื่นๆ ในสภาพจราจรรวมทุกช่วงถนน

จากรูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าประมาณบนเส้นถดถอยกับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางและตัวแปรอื่นๆ ในสภาพจราจรรวมทุกช่วงถนนเมื่อนำมาสร้างสมการความสัมพันธ์ ได้สมการดังนี้

$$SMS=-2.698+0.257TMS+24.917Dis_r-4.830N_bus -6.085Dc_Dr-5.134Parking-0.003A_Flow_r$$

$$R^2 = 0.461 \quad \text{Adjusted } R^2 = 0.459 \qquad \textbf{(2)}$$

จากสมการที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและตัวแปรอื่นๆ พบว่าตัวแปร ความเร็วเฉลี่ยด้านเวลา ความยาวช่วงถนน จำนวนป้ายรถเมล์บนช่วงถนน สัดส่วนระยะติดตั้งกล้องต่อความยาวช่วงถนน การอนุญาตจอดรถริมถนน และอัตราการไหลเฉลี่ย มีความสัมพันธ์กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงดังตารางที่ 3 โดยที่ค่า R^2 = 0.461 ค่า Adjusted R^2 = 0.459 และเมื่อทำการหาค่า error ของสมการพบว่าค่า error ของสมการ = 63.87 เปอร์เซ็นต์

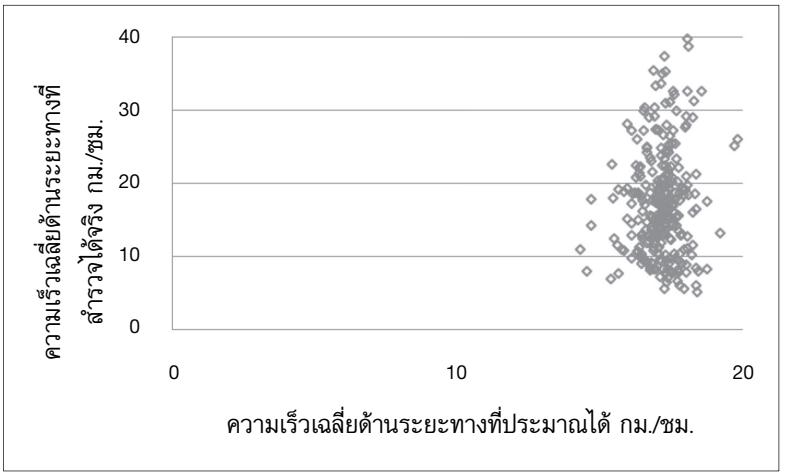
ตารางที่ 3 แสดงการถดถอยเชิงเส้นเพื่อประมาณค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางในสภาพจราจรรวมทุกสภาพจราจร ทุกช่วงถนน

Independent Variable	Estimate Parameter	t - statistic	P - value
Constant	-2.698	-2.247	0.000
TMS	0.257	10.567	0.000
Dis_r	24.917	1.015	0.000
N_bus	-4.830	-11.358	0.000
Dc_Dr	-6.085	-3.712	0.000
Parking	-5.134	-5.471	0.000
A_Flow_r	-0.003	-.3.357	0.000
SSE = 119444.800, SSR = 12286.800, SST = 221731.600			

4.2 วิเคราะห์แยกรายช่วงถนน

การแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลรายช่วงถนน จำนวน 6 ช่วงถนน ได้แก่ ถนนพระราม 4 ถนนเพชรบุรีตัดใหม่ ถนนรัชดาภิเษก ถนนเพชรเกษม ถนนวงศ์สว่าง และถนนสิรินธร ดังนี้

4.2.1 ถนนพระราม 4 (ช่วงแยกเกษมราษฎร์ – แยกคลองเตย)



รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่ประมาณได้กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่สำรวจได้จริงบนถนนพระราม 4

จากรูปที่ 4 แสดงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางบนถนนพระราม 4 เมื่อนำมาสร้างสมการความสัมพันธ์เชิงถดถอย จะได้สมการดังนี้

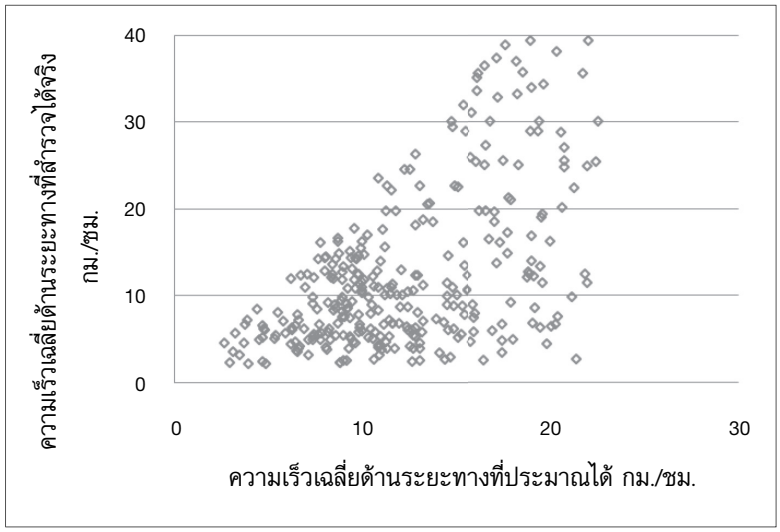
$$SMS=12.389+0.125TMS \quad R^2 = 0.011 \quad \text{Adjusted } R^2 = 0.008 \qquad \textbf{(3)}$$

จากสมการที่ 3 แสดงสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านเวลากับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางบนถนนพระราม 4 พบว่าตัวแปร ความเร็วเฉลี่ยด้านเวลามีความสัมพันธ์กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทาง อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยค่า P-value = 0.78 แสดงดังตารางที่ 4 โดยที่ค่า R^2 = 0.011 ค่า Adjusted R^2 = 0.008 และเมื่อทำการหาค่า error ของสมการ พบว่าค่า error ของสมการ = 40.35 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4 แสดงการถดถอยเชิงเส้นเพื่อประมาณค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางบนถนนพระราม 4

Independent Variable	Estimate Parameter	t - statistic	P – value
Constant	12.389	4.367	0.000
TMS	0.125	1.771	0.780
SSE = 14230.831, SSR = 164.754, SST = 14395.584			

4.2.2 ถนนเพชรบุรีตัดใหม่ (ช่วงแยกพร้อมพงษ์ – แยกอโศกเพชร)



รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่ประมาณได้กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่สำรวจได้จริงบนถนนเพชรบุรี

จากรูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางบนถนนเพชรบุรี เมื่อนำมาสร้างสมการความสัมพันธ์เชิงถดถอย จะได้สมการดังนี้

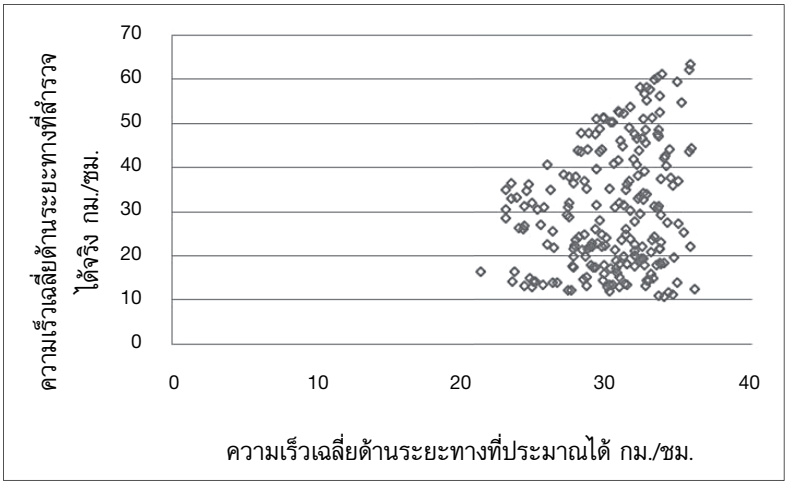
$$SMS=0.467+0.434TMS \quad R^2 = 0.290 \quad \text{Adjusted } R^2 = 0.288 \qquad \textbf{(4)}$$

จากสมการที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านเวลากับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทาง พบว่าความเร็วเฉลี่ยด้านเวลามีความสัมพันธ์กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงดังตารางที่ 5 โดยที่ค่า R^2 = 0.290 ค่า Adjusted R^2 = 0.288 และเมื่อทำการหาค่า error ของสมการ พบว่าค่า error ของสมการ = 68.85 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 5 แสดงการถดถอยเชิงเส้นเพื่อประมาณค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางบนถนนเพชรบุรี

Independent Variable	Estimate Parameter	t - statistic	P - value
Constant	0.467	0.409	0.683
TMS	0.434	11.219	0.000
SSE = 17053.681, SSR = 6968.801, SST = 24022.482			

4.2.3 ถนนรัชดาภิเษก (ช่วงแยกรัชโยธิน – แยกรัชดา ลาดพร้าว)



รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่ประมาณได้กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่สำรวจได้จริงบนถนนรัชดาภิเษก

จากรูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางบนถนนรัชดาภิเษก เมื่อนำมาสร้างสมการความสัมพันธ์เชิงถดถอย จะได้สมการดังนี้

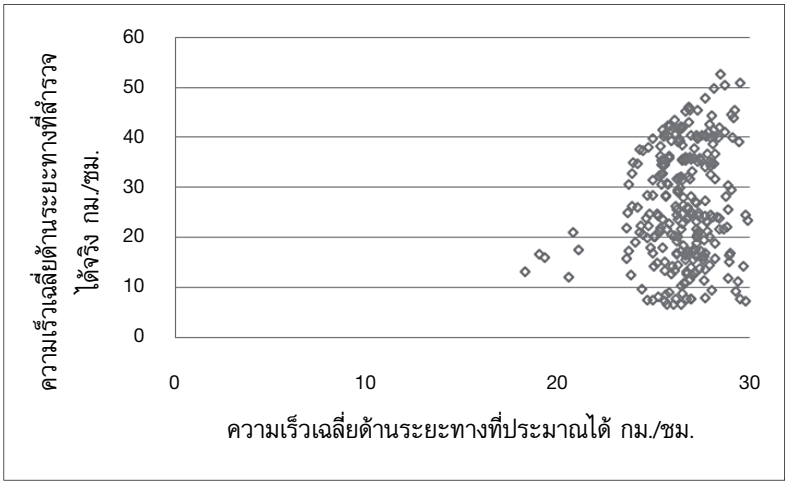
$$SMS=7.250+0.433TMS \quad R^2 = 0.055 \quad \text{Adjusted } R^2 = 0.051 \qquad \textbf{(5)}$$

จากสมการที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านเวลากับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทาง พบว่าความเร็วเฉลี่ยด้านเวลามีความสัมพันธ์กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงดังตารางที่ 6 โดยที่ค่า R^2 = 0.055 ค่า Adjusted R^2 = 0.0051 และเมื่อทำการหาค่า error ของสมการพบว่าค่า error ของสมการ = 47.90 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 6 แสดงการถดถอยเชิงเส้นเพื่อประมาณค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางบนถนนรัชดาภิเษก

Independent Variable	Estimate Parameter	t - statistic	P - value
Constant	7.250	1.086	0.279
TMS	0.433	3.521	0.001
SSE = 38426.557, SSR = 2236.055 , SST = 40662.612			

4.2.4 ถนนเพชรเกษม (ช่วงแยกท่าพระ – แยกเพชรเกษม ราชพฤกษ์)



รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่ประมาณได้กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่สำรวจได้จริงบนถนนเพชรเกษม

จากรูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางบนถนนเพชรเกษม เมื่อนำมาสร้างสมการความสัมพันธ์เชิงถดถอย จะได้สมการดังนี้

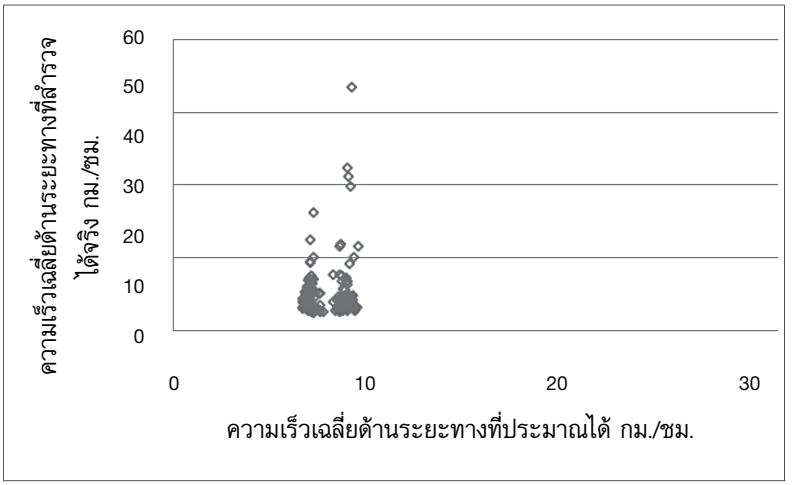
$$SMS=13.701+0.278TMS \quad R^2 = 0.025 \quad \text{Adjusted } R^2 = 0.022 \tag{6}$$

จากสมการที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านเวลากับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทาง พบว่าความเร็วเฉลี่ยด้านเวลามีความสัมพันธ์กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงดังตารางที่ 7 พบว่าค่า R^2 = 0.025 ค่า Adjusted R^2 = 0.022 และเมื่อทำการหาค่า error ของสมการพบว่าค่า error ของสมการ = 52.49 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 7 แสดงการถดถอยเชิงเส้นเพื่อประมาณค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางบนถนนเพชรเกษม

Independent Variable	Estimate Parameter	t - statistic	P - value
Constant	13.701	2.817	0.005
TMS	0.278	2.673	0.008
SSE = 35062.736, SSR = 917.331, SST = 35980.068			

4.2.5 ถนนวงศ์สว่าง (ช่วงแยกพิบูลสงคราม – แยกวงศ์สว่าง)



รูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่ประมาณได้กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่สำรวจได้จริงบนถนนวงศ์สว่าง

จากรูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางบนถนนวงศ์สว่าง เมื่อนำมาสร้างสมการความสัมพันธ์เชิงถดถอย จะได้สมการดังนี้

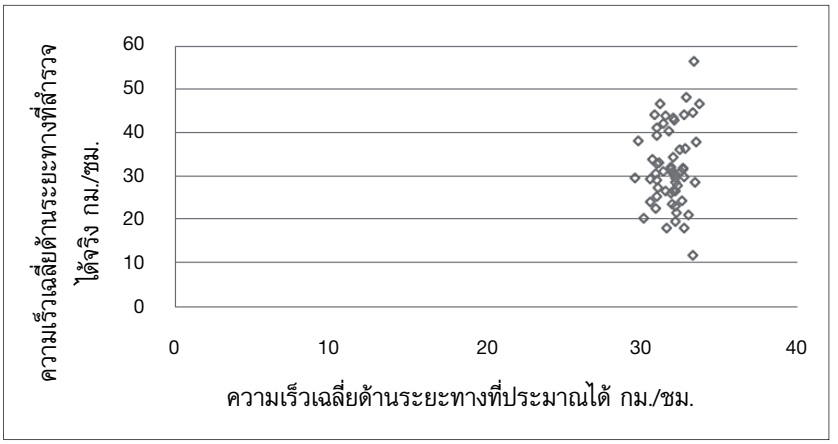
$$SMS=4.125+0.034TMS \quad R^2 = 0.031 \quad \text{Adjusted } R^2 = 0.025 \qquad \textbf{(7)}$$

จากสมการที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านเวลากับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทาง พบว่าความเร็วเฉลี่ยด้านเวลามีความสัมพันธ์กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงดังตารางที่ 8 พบว่าค่า R^2 = 0.031 ค่า Adjusted R^2 = 0.025 และเมื่อทำการหาค่า error ของสมการพบว่าค่า error ของสมการ = 42.14 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 8 แสดงการถดถอยเชิงเส้นเพื่อประมาณค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางบนถนนวงศ์สว่าง

Independent Variable	Estimate Parameter	t - statistic	P - value
Constant	4.125	7.867	0.000
TMS	0.034	2.288	0.023
SSE = 2310.200, SSR = 75.103, SST = 2385.303			

4.2.6 ถนนสิรินธร (ช่วงแยกบรมราชชนนี ตลิ่งชัน – แยกบางพลัด)



รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่ประมาณได้กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่สำรวจได้จริงบนถนนสิรินธร

จากรูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางบนถนนสิรินธร เมื่อนำมาสร้างสมการความสัมพันธ์เชิงถดถอยจะได้สมการดังนี้

$$SMS=21.26+0.21TMS \quad R^2 = 0.011 \quad \text{Adjusted } R^2 = -0.007 \qquad \textbf{(8)}$$

จากสมการที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านเวลากับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทาง พบว่าความเร็วเฉลี่ยด้านเวลามีความสัมพันธ์กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยค่า P-value = 0.43 แสดงดังตารางที่ 9 ค่า R^2 = 0.011 ค่า Adjusted R^2 = - 0.007 และเมื่อทำการหาค่า error ของสมการพบว่าค่า error ของสมการ = 25.20 เปอร์เซ็นต์

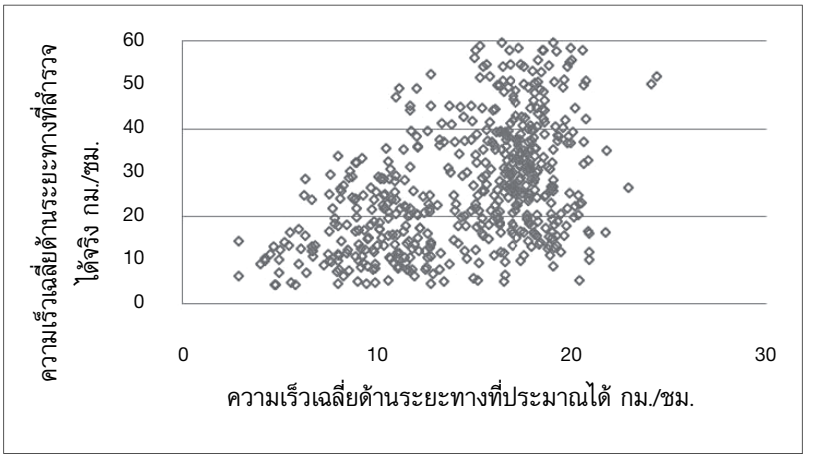
ตารางที่ 9 แสดงการถดถอยเชิงเส้นเพื่อประมาณค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางบนถนนสิรินธร

Independent Variable	Estimate Parameter	t - statistic	P - value
Constant	21.264	1.554	0.126
TMS	0.212	0.788	0.434
SSE = 4508.696, SSR = 50.903, SST = 4559.599			

4.3 วิเคราะห์ตามความยาวช่วงถนน

ในการวิเคราะห์นี้ได้แบ่งช่วงถนนเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีความยาวช่วงถนนระหว่าง 0.85 กิโลเมตร – 1.5 กิโลเมตร ได้แก่ ช่วงถนนพระราม 4 และช่วงถนนเพชรบุรี และกลุ่มที่มีความยาวช่วงถนนระหว่าง 1.5 กิโลเมตร – 2.5 กิโลเมตร ได้แก่ ช่วงถนนรัชดาภิเษก ช่วงถนนเพชรเกษม ช่วงถนนวงศ์สว่าง และช่วงถนนสิรินธร ผลการวิเคราะห์ ดังนี้

4.3.1 ความยาวช่วงถนน 0.85 กิโลเมตร – 1.5 กิโลเมตร



รูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่ประมาณได้กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่สำรวจได้จริงและตัวแปรอื่นๆ บนความยาวช่วงถนน 0.85 กิโลเมตร – 1.5 กิโลเมตร

จากรูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและตัวแปรอื่นๆ บนความยาวช่วงถนน 0.85 กิโลเมตร – 1.5 กิโลเมตร เมื่อนำข้อมูลความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและตัวแปรอื่นๆ มาสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ จะได้สมการดังนี้

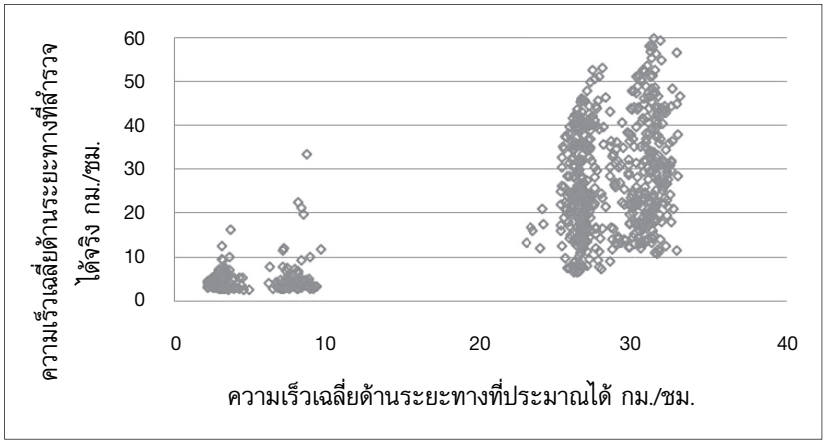
$$SMS=6.411+0.289TMS-0.069A_t_occp \quad R^2 = 0.244 \quad \text{Adjusted } R^2 = 0.241 \qquad \textbf{(9)}$$

จากสมการที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและตัวแปรอื่นๆ บนความยาวช่วงถนน 0.85 กิโลเมตร – 1.5 กิโลเมตร พบว่า ความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและร้อยละของเวลาที่มียานพาหนะอยู่บนจุดสำรวจมีความสัมพันธ์กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงดังตารางที่ 10 โดยที่ค่า R^2 = 0.244 ค่า Adjusted R^2 = 0.241และค่า error ของสมการ = 57.37 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 10 แสดงการถดถอยเชิงเส้นเพื่อประมาณค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางบนความยาวช่วงถนน 0.85 กิโลเมตร – 1.5 กิโลเมตร

Independent Variable	Estimate Parameter	t - statistic	P - value
Constant	6.411	3.013	0.003
TMS	0.289	5.982	0.000
A_t_occp	-0.069	-2.243	0.025
SSE = 31817.975, SSR = 10248.235, SST = 42066.209			

4.3.2 ความยาวช่วงถนน 1.5 กิโลเมตร – 2.5 กิโลเมตร



รูปที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่ประมาณได้กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่สำรวจได้จริงและตัวแปรอื่นๆ บนความยาวช่วงถนน 1.5 กิโลเมตร – 2.5 กิโลเมตร

จากรูปที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและตัวแปรอื่นๆ บนความยาวช่วงถนน 1.5 กิโลเมตร – 2.5 กิโลเมตร เมื่อนำข้อมูลความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและตัวแปรอื่นๆ มาสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ จะได้สมการดังนี้

$$SMS=-13.735+0.120TMS+29.974Dis_r-28.402Parking-4.063N_u_turn$$
$$R^2 = 0.473 \quad \text{Adjusted } R^2 = 0.470 \qquad \textbf{(10)}$$

จากสมการที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและตัวแปรอื่นๆ บนความยาวช่วงถนนที่มีความยาว 1.5 กิโลเมตร – 2.5 กิโลเมตร พบว่า ความเร็วเฉลี่ยด้านเวลา ความยาวช่วงถนน การอนุญาตจอดรถข้างถนนและจำนวนที่กลับรถบนช่วงถนนมีความสัมพันธ์กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงดังตารางที่ 11 โดยที่ค่า R^2 = 0.473 ค่า Adjusted R^2 = 0.470 และค่า error ของสมการ = 51.25 เปอร์เซ็นต์

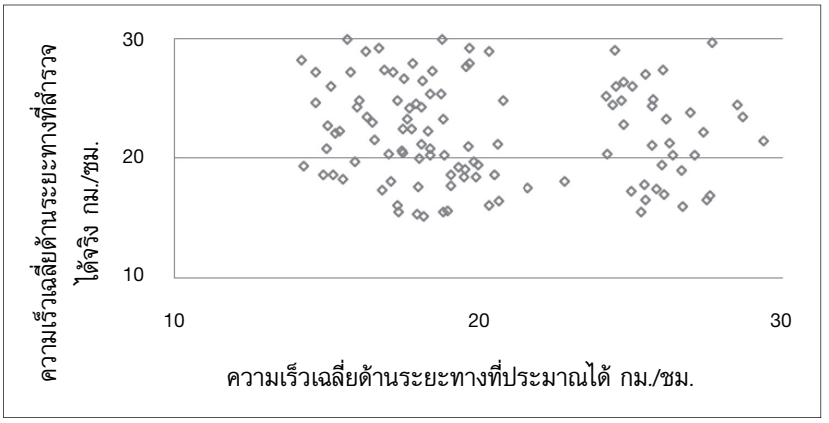
ตารางที่ 11 แสดงการถดถอยเชิงเส้นเพื่อประมาณค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางบนความยาวช่วงถนน 1.5 กิโลเมตร – 2.5 กิโลเมตร

Independent Variable	Estimate Parameter	t - statistic	P - value
Constant	-13.735	-3.285	0.001
TMS	0.120	3.348	0.001
Dis_r	29.975	14.083	0.000
Parking	-28.402	-12.457	0.000
N_u_turn	-4.063	-8.067	0.000
SSE = 82279.611, SSR = 73737.246, SST = 156016.900			

4.4 วิเคราะห์ตามสภาพจราจร

ในการวิเคราะห์ตามสภาพจราจร ได้แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่ สภาพจราจรเบาบาง ปานกลางและหนาแน่น ผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.4.1 สภาพจราจรเบาบาง



รูปที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่ประมาณได้กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่สำรวจได้จริงและตัวแปรอื่นๆ ของสภาพจราจรเบาบาง

จากรูปที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและตัวแปรอื่นๆ ของสภาพจราจรเบาบาง เมื่อสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ จะได้สมการดังนี้

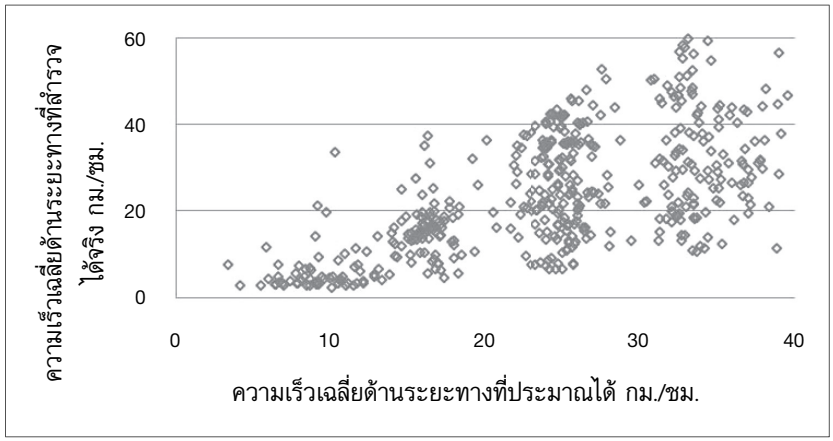
$$SMS = -0.170+0.321TMS+5.575Dis_r-14.099Parking$$
$$R^2 = 0.255 \text{ Adjusted } R^2 = 0.247 \quad \textbf{(11)}$$

จากสมการที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและตัวแปรอื่นๆ ของสภาพจราจรเบาบาง พบว่า ความเร็วเฉลี่ยด้านเวลา ความยาวช่วงถนนและ การอนุญาตจอดรถข้างถนนมีความสัมพันธ์กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงดังตารางที่ 12 โดยที่ค่า R^2 = 0.255 ค่า Adjusted R^2 = 0.247 และค่า error ของสมการ = 27.73 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 12 แสดงการถดถอยเชิงเส้นเพื่อประมาณค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางของสภาพจราจรเบาบาง

Independent Variable	Estimate Parameter	t - statistic	P – value
Constant	-.170	-0.076	0.940
TMS	0.321	5.699	0.000
Dis_r	5.575	3.900	0.000
Parking	-14.099	-2.858	0.005
SSE = 25914.221, SSR = 8878.589, SST = 34792.810			

4.4.2 สภาพจราจรปานกลาง



รูปที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่ประมาณได้กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่สำรวจได้จริงและตัวแปรอื่นๆ ของสภาพจราจรปานกลาง

จากรูปที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและตัวแปรอื่นๆ ในสภาพจราจรปานกลาง เมื่อสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ จะได้สมการดังนี้

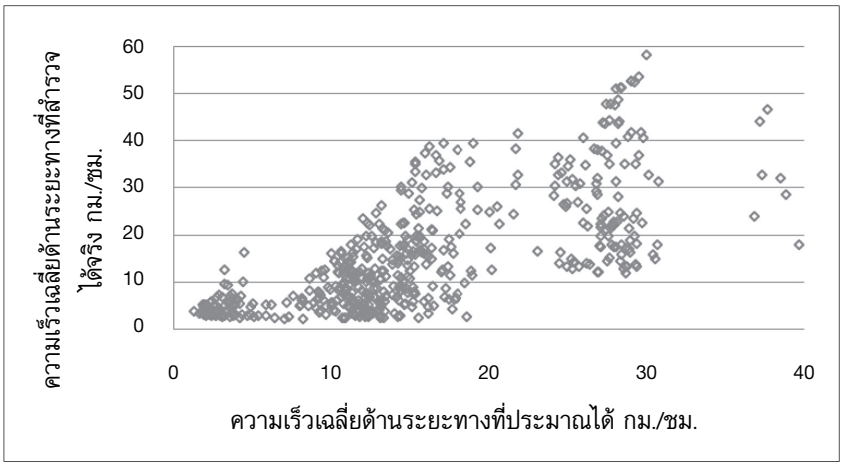
$$SMS = -7.804+0.340TMS+26.264Dis_r-6.169N_bus-6.802Parking$$
$$R^2 = 0.413 \text{ Adjusted R2} = 0.408 \quad \textbf{(12)}$$

จากสมการที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและตัวแปรอื่นๆ ในสภาพจราจรปานกลาง พบว่าความเร็วเฉลี่ยด้านเวลา ความยาวช่วงถนน จำนวนป้ายรถเมล์บนช่วงถนนและการอนุญาตจอดรถข้างถนนมีความสัมพันธ์กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงดังตารางที่ 13 โดยที่ค่า R^2 = 0.413 ค่า Adjusted R^2 = 0.408 และค่า error ของสมการ = 55.11 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 13 แสดงการถดถอยเชิงเส้นเพื่อประมาณค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางของสภาพจราจรปานกลาง

Independent Variable	Estimate Parameter	t - statistic	P - value
Constant	-7.804	-3.148	0.002
TMS	0.340	5.256	0.000
Dis_r	26.264	13.027	0.000
N_bus	-6.169	-9.068	0.000
Parking	-6.802	-5.164	0.000
SSE = 54552.945, SSR = 38379.763, SST = 94932.708			

4.4.3 สภาพจราจรหนาแน่น



รูปที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่ประมาณได้กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางที่สำรวจได้จริงและตัวแปรอื่นๆ ของสภาพจราจรหนาแน่น

จากรูปที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและตัวแปรอื่นๆ ในสภาพจราจรหนาแน่น เมื่อสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ จะได้สมการดังนี้

$$SMS = -32.772+0.272TMS+6.336Dis_r+10.530N_lane-9.112Parking$$
$$R^2 = 0.505 \text{ Adjusted } R^2 = 0.502 \quad \textbf{(13)}$$

จากสมการที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและตัวแปรอื่นๆ ในสภาพจราจรหนาแน่น พบว่าความเร็วเฉลี่ยด้านเวลา ความยาวช่วงถนน จำนวนช่องจราจรและการอนุญาตจอดรถข้างถนนมีความสัมพันธ์กับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงดังตารางที่ 14 โดยที่ค่า R^2 = 0.505 ค่า Adjusted R^2 = 0.502 และค่า error ของสมการ = 54.70 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 14 แสดงการถดถอยเชิงเส้นเพื่อประมาณค่าความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางของสภาพจราจรหนาแน่น

Independent Variable	Estimate Parameter	t - statistic	P - value
Constant	-32.772	-7.350	0.000
TMS	0.272	7.968	0.000
Dis_r	6.336	2.766	0.006
N_lane	10.530	4.831	0.000
Parking	-9.112	-6.281	0.000
SSE = 37069.114, SSR = 37867.078, SST = 74936.191			

5. สรุปผล

จากสมการความสัมพันธ์เมื่อวิเคราะห์รวมทุกสภาพจราจรโดยวิเคราะห์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาค่า Adjusted R^2 = 0.304 และค่า error ของสมการ = 79.17 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อวิเคราะห์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและตัวแปรอื่นๆ ค่า Adjusted R^2 = 0.459 และค่า error ของสมการ = 63.87 เปอร์เซ็นต์ วิเคราะห์โดยแยกรายช่วงถนนค่า Adjusted R^2 อยู่ระหว่าง -0.007 ถึง 0.288 และค่า error ของสมการอยู่ระหว่าง 25.20 ถึง 68.85 เปอร์เซ็นต์ วิเคราะห์โดยแบ่งตามความยาวช่วงถนนค่า Adjusted R^2 อยู่ระหว่าง 0.241 – 0.470 และค่า error ของสมการอยู่ระหว่าง 51.25 ถึง 57.37 เปอร์เซ็นต์และวิเคราะห์โดยแบ่งตามสภาพจราจรค่า Adjusted R^2 อยู่ระหว่าง 0.247 – 0.502 และค่า error ของสมการอยู่ระหว่าง 27.73 - 55.11 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันจะเห็นว่าค่า Adjusted R^2 จากการแบ่งตามสภาพการจราจรมีค่าสูงสุด ดังนั้นสมการที่เหมาะสมที่สุดที่ผู้วิจัยเลือกเพื่อนำมาคาดการณ์ความเร็วจราจรแบบความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางสำหรับช่วงถนน คือ แบ่งตามสภาพจราจร

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจรที่ให้ความร่วมมือในด้านข้อมูลทุติยภูมิซึ่งมีความสำคัญในการวิเคราะห์และ ผศ.ดร.ถิรยุทธ ลิมานนท์ ที่แนะนำให้คำปรึกษา ทำให้การศึกษาในครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

7. สัญลักษณ์และคำย่อ

SMS	ความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทาง (กม./ชม.)
TMS	ความเร็วเฉลี่ยด้านเวลา (กม./ชม.)
Dis_r	ความยาวช่วงถนน (กม.)
N_bus	จำนวนป้ายรถเมล์บนช่วงถนน
Dc_Dr	สัดส่วนระยะติดตั้งกล้องต่อความยาวช่วงถนน
Parking	การอนุญาตจอดรถริมถนน
A_flow_r	อัตราการไหลเฉลี่ย (คัน/ชม.)
N_lane	จำนวนช่องจราจร
A_t_occp	ร้อยละของเวลาที่มียานพาหนะอยู่บนจุดสำรวจ

8. เอกสารอ้างอิง

1. Highway Capacity Manual, 2000, *"Transportation Research Board.500 Fifth St", NW, Washington, D.C. 2001*, Chapter 7.

2. Kanlaya, V., 2550, "statistics for research", Chulalongkorn University Press, Bangkok, chapter 20, pp. 355-356.

3. Nuttapong, W., 2008, "Travel Time Estimation Using Data from Detectors", *Thesis (Msc) Civil Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok*.

4. Jiang, H., John, P., Javier, B. and Rajesh, K., 2010, "On the estimation of space-mean-speed from inductive loop detector data", *Transportation Planning and Technology*, Vol. 33, NO. 1, pp. 91-104.

5. Dailey, D. J., 1999,"A statistical algorithm for estimating speed from single loop volume and occupancy measurements", *Transportation Research Part B*, Vol. 33, NO. 5, pp. 313-322.

6. Hesham, R. and Wang, Z., 2005, "Estimating Traffic stream space mean speed and reliability from dual and single loop detectors", *Transportation Research Board*, pp.38-47.

7. Soriguera, F. and Robust, F., 2010, "Estimation of traffic stream space mean speed from time aggregationsof double loop detector data", *Transportation Research Part C*, pp.1-15.

8. Ruimin, L, Geoffrey, R. and Majid, S., 2006, "Evaluation of Speed-Based Travel Time Estimation Models", *Journal of Transportation Engineering, ASCE*, Vol. 132, Issue 7, pp.523-600.