การศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสจราจรบนถนนสายหลักในชุมชน

THE STUDY ON TRAFFIC CHARACTERISTICS ON URBAN ARTERIAL STREET

ชิษณุ อัมพรายน์ [1]

[1]*อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยศรีปทุม กรุงเทพมหานคร*

บทคัดย่อ : งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการจราจร อัตราเร็ว และความหนาแน่นบนถนนสายหลักภายในชุมชนเพื่อนำไปสู่การหาค่าความอัตราการไหลสูงสุดที่สอดคล้องกับสภาพทางการจราจรและการประกอบกิจกรรมข้างทางในประเทศไทย โดยจำแนกพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 พื้นที่ คือ กรุงเทพมหานคร เทศบาลนครสมุทรปราการ และ เทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา แต่ละพื้นที่เลือกตัวอย่างจำนวน 3 ตัวอย่าง ประกอบด้วย ถนนในแนวรัศมี ถนนแนวผ่าเมือง และ ถนนแนววงแหวน การสำรวจทำแบบแยกทิศทาง มีกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 9 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 2 ทิศทาง โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล-อัตราเร็ว-ความหนาแน่นที่มีความเหมาะสมจะพิจารณาจาก 2 ปัจจัย คือ ค่า R^2 ระหว่างอัตราเร็วกับความหนาแน่นที่มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงมากกว่า 0.6 และ ค่าอัตราการไหลสูงสุดที่คำนวณได้มีความใกล้เคียงกับอัตราการไหลบริการของ Highway Capacity Manual 2000 ซึ่งมีเพียงถนนลาดพร้าวเพียงสายเดียวที่เข้าเกณฑ์

ABSTRACT : The primary goal of this research is to identify the relationship between traffic volume speed and density on urban arterial roads. Consequently, the maximum flow rate can be found more correctly. Road samples were located in 3 areas as Bangkok Metropolitan, City municipal of Samutprakan, and Town municipal of Chachaengsao. Three road patterns were selected in each area as radial road, cross town road and ring road. Traffic survey on every road patterns were collected in each direction so the number of overall road samples is equal 9 with 2 directions per sample. To find out the relationship between flow-speed-density more precisely, two important factors are considered. First is R^2 from linear curve between speed and density is more than 0.6 and second is maximum flow rate from the study is close to service flow rate from Highway Capacity Manual 2000. Finally, Ladprao road is only one sample which reaches these two important factors

KEYWORDS : Urban arterial street, Traffic volume, Travel speed, Interrupted flow, Uninterrupted flow

1. บทนำ

การศึกษาด้านวิศวกรรมจราจรโดยทั่วไปที่พื้นที่ศึกษามีขนาดใหญ่มากกว่า 100 ตารางกิโลเมตร มีถนนโครงข่ายหลายเส้นทาง เช่น การวางและจัดทำผังเมืองรวม จำเป็นต้องมีการสำรวจลักษณะทางการจราจรทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ คาดการณ์ และ เสนอแนะผลการศึกษาอย่างเหมาะสม การสำรวจลักษณะทางการจราจรส่วนใหญ่จะให้ความสำคัญกับการสำรวจปริมาณการจราจร (Traffic volume) เป็นหลักเนื่องจากเป็นปริมาณที่ประชาชนหรือองค์กรที่เกี่ยวข้องเห็นแล้วเกิดความเข้าใจ การสำรวจปริมาณการจราจรเพียงประการเดียวไม่สามารถนำไปสู่การวิเคราะห์สภาพการจราจรที่ถูกต้องได้ การสำรวจอัตราเร็วในการเดินทาง (Travel speed) บนถนนโครงข่ายก็เป็นอีกดัชนีหนึ่งที่สำคัญ แต่การสำรวจต้องใช้งบประมาณสูงและใช้เทคนิคที่ยุ่งยากกว่าการสำรวจปริมาณการจราจร ทำให้ผู้ศึกษาส่วนใหญ่มักจะละเว้นไป

ถนนสายหลักที่ผ่านชุมชน (Urban arterial street) จัดเป็นถนนโครงข่ายสายสำคัญในพื้นที่ชุมชน ซึ่งส่วนใหญ่ถนนสายหลักจะอยู่ในแนววงแหวน (Ring road) แนวรัศมี (Radial road) และ แนวผ่าเมือง (Cross town) การสำรวจปริมาณการจราจรบนถนนสายหลักที่ผ่านชุมชนเพียงประการเดียวอาจทำให้ผลการศึกษาคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสจราจรอาจเป็นช่วงพฤติกรรมที่เคลื่อนที่อย่างสะดวก (Uninterrupted flow) หรือเคลื่อนที่ติดขัด (Interrupted flow) ก็ได้ ดังนั้นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการจราจร อัตราเร็ว และ ความหนาแน่น บนถนนสายหลักในชุมชนจำแนกตามรูปแบบโครงข่ายถนน (Road network) จะช่วยให้การวิเคราะห์ด้านการจราจรมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นถึงแม้จะมีการสำรวจปริมาณการจราจรเพียงดัชนีเดียวก็ตาม

2. ขั้นตอนการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- การกำหนดกลุ่มตัวอย่างถนนสายหลักในชุมชน โดยจำแนกแนวถนนออกเป็น 3 แนว คือ ถนนแนววงแหวน ถนนแนวรัศมี และ ถนนแนวผ่าเมือง และ จำแนกพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 พื้นที่ คือ กรุงเทพมหานคร เทศบาลนครสมุทรปราการ และ เทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา รวม 9 ตัวอย่างเพื่อให้ครอบคลุมพฤติกรรมการเคลื่อนที่บนถนนสายหลักที่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของประชากรให้มากที่สุด กลุ่มตัวอย่างถนนที่คัดเลือกแสดงดังตารางที่1

ตารางที่ 1 กลุ่มตัวอย่างถนนที่ใช้ในการศึกษา

ลำดับที่	จังหวัด	ชื่อถนน/ทางหลวง	แนวของถนน
1	กรุงเทพฯ	พหลโยธิน	แนวรัศมี
2	กรุงเทพฯ	ลาดพร้าว	แนวผ่าเมือง
3	กรุงเทพฯ	จรัญสนิทวงศ์	แนววงแหวน
4	สมุทรปราการ	สุขุมวิท	แนวรัศมี
5	สมุทรปราการ	สายลวด	แนวผ่าเมือง
6	สมุทรปราการ	สุขุมวิท(เลี่ยงเมือง)	แนววงแหวน
7	ฉะเชิงเทรา	มหาจักรพรรดิ์	แนวผ่าเมือง
8	ฉะเชิงเทรา	ทางหลวงแผ่นดิน304	แนวรัศมี
9	ฉะเชิงเทรา	ทางหลวงแผ่นดิน314	แนววงแหวน

- สำรวจลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างถนน และรวบรวมข้อมูลด้านความหนาแน่นประชากรในพื้นที่ศึกษา
- สำรวจปริมาณการจราจร (Traffic volume) และอัตราเร็วในการเดินทาง (Travel speed) บนถนนตัวอย่างที่แสดงในตารางที่1 ทุกเส้นทาง โดยสำรวจวันละ 12 ชั่วโมง แบ่งออกเป็นช่วงย่อยละ 15 นาที เพื่อให้ครอบคลุมพฤติกรรมในช่วง Interrupted flow และ Uninterrupted flow
- สร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหล-อัตราเร็ว-ความหนาแน่น บนถนนตัวอย่างทุกเส้นและวิเคราะห์หาค่าดัชนีที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการไหลของกระแสจราจรพื้นฐาน ประกอบด้วย ความหนาแน่นสูงสุด (Jam density, K_j) อัตราเร็วอิสระ (Free flow speed, μ_f) อัตราการไหลสูงสุด (Maximum flow, q_m) ความหนาแน่นที่ทำให้เกิดการไหลสูงสุด (Optimum density, K_O) และอัตราเร็วที่ทำให้เกิดอัตราการไหลสูงสุด (Optimum speed)

- การเปรียบเทียบผลการศึกษากับค่า Service flow rate บนถนนสายหลักในชุมชน (Urban arterial street) ของ Highway Capacity Manual 2000
- การอภิปรายผลการศึกษาและสรุปผลการศึกษา

3. ผลการศึกษา

3.1 ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างถนน

ลักษณะทางกายภาพของถนนตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 1 ถึง ภาพที่ 5 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- ลำดับที่1 ถนนพหลโยธิน ช่วงระหว่างซอยพหลโยธิน 45 ถึง คลองบางบัว ระยะทางประมาณ 1.24 กิโลเมตร ขนาด 6 ช่องจราจร
- ลำดับที่2 ถนนลาดพร้าว ช่วงระหว่างสามแยกภาวนา (ซอยลาดพร้าว41) ถึง สามแยกโชคชัยสี่ (ถนนโชคชัย) ระยะทางประมาณ 1.27 กิโลเมตร ขนาด 6 ช่องจราจร
- ลำดับที่3 ถนนจรัญสนิทวงศ์ ช่วงระหว่าง ถนนสิรินทร ถึง ถนนบรมราชชนนี ระยะทางรวมประมาณ 1.89 กิโลเมตร ขนาด 6 ช่องจราจร
- ลำดับที่4 ถนนสุขุมวิท ช่วงระหว่าง สามแยกที่ตัดกับถนนทางรถไฟสายเก่า ถึง สามแยกที่ตัดกับถนนเลี่ยงเมือง ขนาด 6 ช่องจราจร
- ลำดับที่5 ถนนสายลวด ช่วงระหว่าง สามแยกถนนจักรพาก และ วงเวียนหอนาฬิกา ขนาด 6 ช่องจราจร
- ลำดับที่6 ถนนสุขุมวิท (เลี่ยงเมือง) ช่วงระหว่าง สามแยกถนนแพรกษา กับ ถนนสามแยกถนนสายลวด ขนาด 6 ช่องจราจร
- ลำดับที่7 ถนนมหาจักรพรรดิ ช่วงระหว่าง ถนนศรีโสธร กับ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข3200 ขนาด 6 ช่องจราจร
- ลำดับที่8 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข304 ช่วงระหว่าง ซอยสุขประยูร9 ถึงหน้าร้านซีเมนต์ไทยโฮมมาร์ท ขนาด 6 ช่องจราจร
- ลำดับที่9 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข314 ช่วงระหว่าง ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข3315 ถึงบริเวณหน้าสถานีบริการน้ำมัน มีขนาด 4 ช่องจราจร

ภาพที่ 1 ถนนลำดับที่1 และ ลำดับที่2 ตามลำดับ

ภาพที่ 2 ถนนลำดับที่3 และ ลำดับที่4 ตามลำดับ

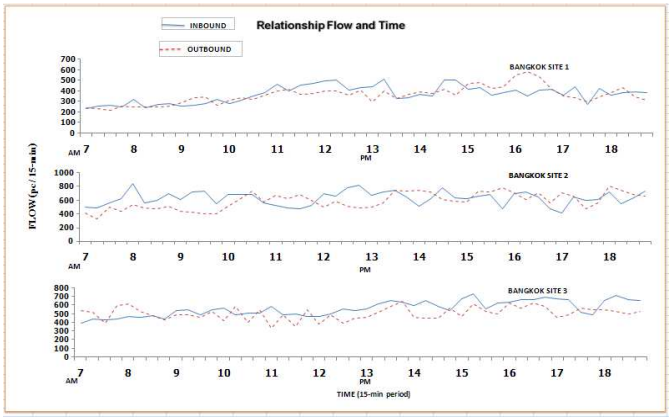
ภาพที่ 3 ถนนลำดับที่5 และ ลำดับที่6 ตามลำดับ

ภาพที่ 4 ถนนลำดับที่7 และ ลำดับที่8 ตามลำดับ

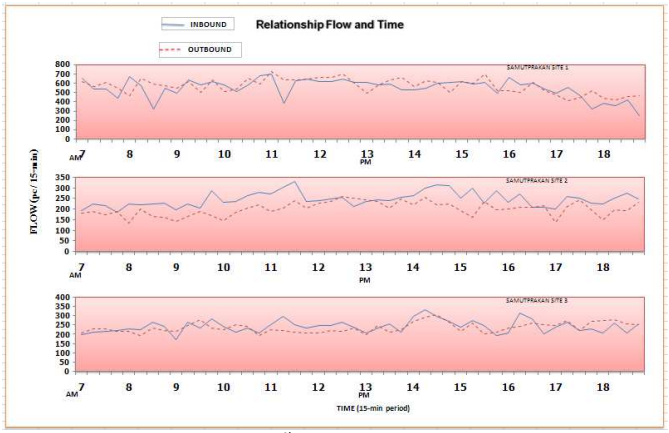
ภาพที่ 5 ถนนลำดับที่9

3.2 ผลการสำรวจปริมาณจราจรและอัตราเร็วในการเดินทาง

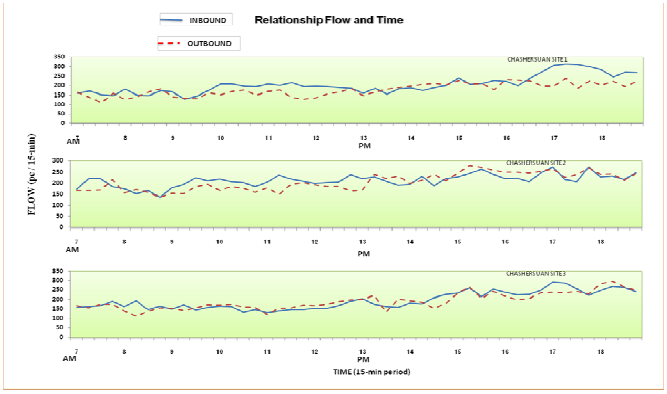
ผลการสำรวจปริมาณการจราจรบนตัวอย่างถนนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร เทศบาลนครสมุทรปราการ และ เทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา แสดงดังภาพที่ 6 ถึงภาพที่ 8 และผลสรุปปริมาณการจราจรในชั่งโมงเร่งด่วนแยกขาเข้าและขาออกแสดงดังตารางที่ 2



ภาพที่ 6 ปริมาณการจราจรในพื้นที่กรุงเทพมหานคร



ภาพที่ 7 ปริมาณการจราจรในพื้นที่เทศบาลนครสมุทรปราการ



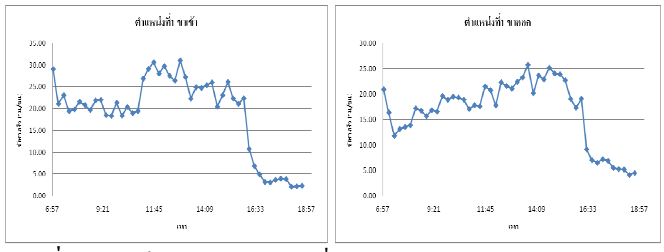
ภาพที่ 8 ปริมมาณการจราจรในพื้นที่เทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา

ปริมาณการจราจรในเขตกรุงเทพมหานครมีปริมาณมากที่สุด และแต่ละถนนตัวอย่างก็มีปริมาณมากใกล้เคียงกัน ส่วนเขตเทศบาลนครสมุทรปราการ จะมีปริมาณการจราจรบนถนนสุขุมวิท ซึ่งเป็นแนวรัศมีมากกว่าถนนสายอื่นอย่างชัดเจน และเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา จะมีปริมาณการจราจรปานกลางใกล้เคียงกันทุกตัวอย่างถนน

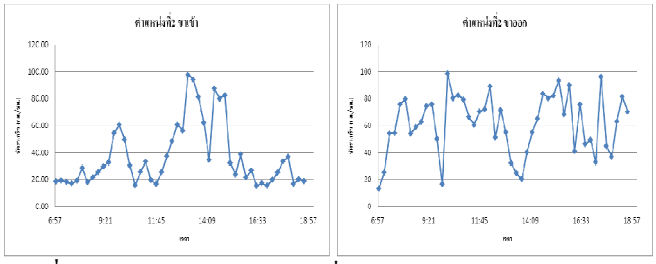
ผลการสำรวจอัตราเร็วในการเดินทางแสดงดังภาพที่ 9 ถึง ภาพที่ 17

ตารางที่ 2 ปริมาณการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนบนตัวอย่างถนน

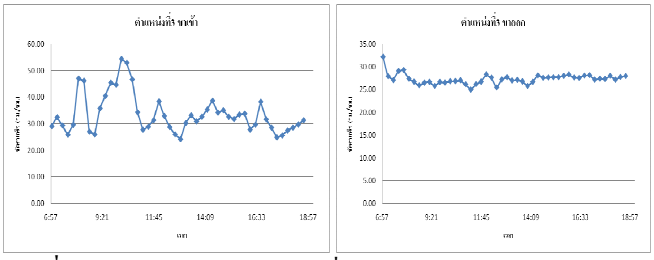
ลำดับที่	PHV ขาเข้า (pcu/hr)	PHV ขาออก (pcu/hr)
1	1,841	2,085
2	2,945	2,880
3	2,670	2,411
4	2,481	2,640
5	1,187	983
6	1,211	1,134
7	1,238	877
8	969	1,053
9	1,052	1,087



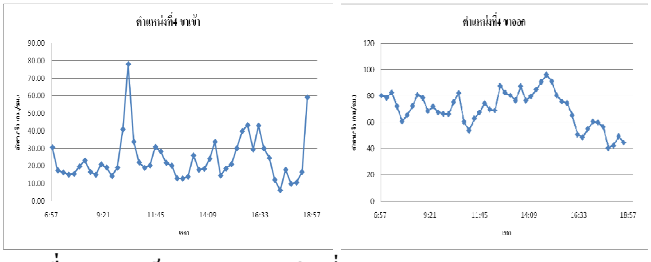
ภาพที่ 9 อัตราเร็วบนถนนตัวอย่างที่1



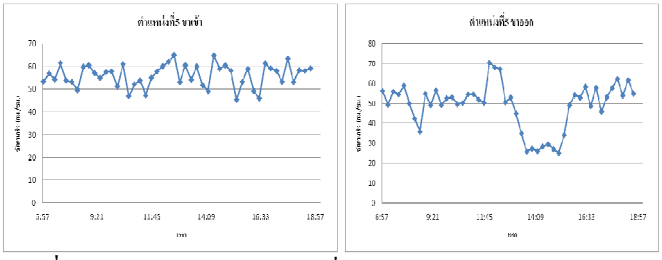
ภาพที่ 10 อัตราเร็วบนถนนตัวอย่างที่2



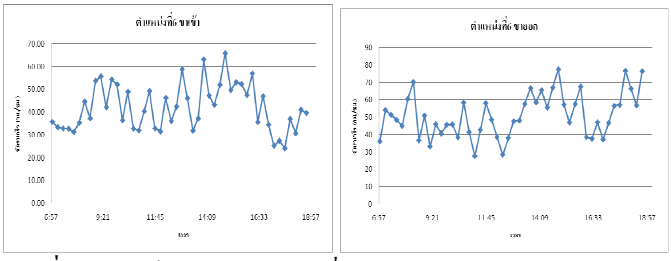
ภาพที่ 11 อัตราเร็วบนถนนตัวอย่างที่3



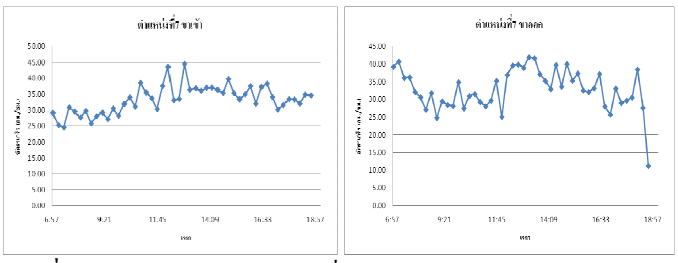
ภาพที่ 12 อัตราเร็วบนถนนตัวอย่างที่4



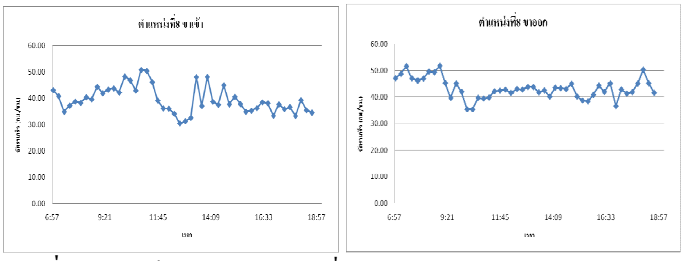
ภาพที่ 13 อัตราเร็วบนถนนตัวอย่างที่5



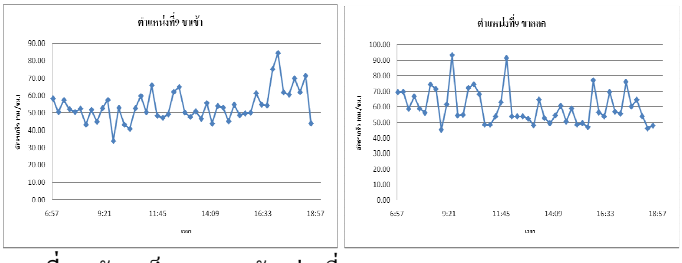
ภาพที่ 14 อัตราเร็วบนถนนตัวอย่างที่6



ภาพที่ 15 อัตราเร็วบนถนนตัวอย่างที่7



ภาพที่ 16 อัตราเร็วบนถนนตัวอย่างที่8



ภาพที่ 17 อัตราเร็วบนถนนตัวอย่างที่9

4. การหาความสัมพันธ์ของทฤษฎีการไหล

ภายหลังจากการสำรวจลักษณะทางกายภาพ ปริมาณการจราจร และ อัตราเร็วในการเดินทางแล้ว ก็นำผลทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหล-อัตราเร็ว-ความหนาแน่น โดยค่าความหนาแน่นสูงสุด (Jam density, K_j) มีหน่วย คัน-รถยนต์นั่งต่อกิโลเมตรต่อทิศทาง อัตราเร็วอิสระ (Free flow speed, μ_f) มีหน่วย กิโลเมตรต่อชั่วโมง อัตราการไหลสูงสุด (Maximum flow, q_m) มีหน่วย คัน-รถยนต์นั่งต่อ 15 นาที ความหนาแน่นที่ทำให้เกิดการไหลสูงสุด (Optimum density, K_O) มีหน่วย คัน-รถยนต์นั่งต่อกิโลเมตรต่อทิศทาง และอัตราเร็วที่ทำให้เกิดอัตราการไหลสูงสุด (Optimum speed) มีหน่วย กิโลเมตรต่อชั่วโมง ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์หาดัชนีที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการไหล

ลำดับที่	ทิศทาง	ค่า R^2	u_f	k_j	u_o	k_o	q_m
1	ขาเข้า	0.473	69.38	26.65	34.69	13.32	462.22
	ขาออก*	0.214	57.59	41.06	28.80	20.53	591.17
2	ขาเข้า	0.730	81.52	40.70	40.76	20.35	829.36
	ขาออก	0.689	90.77	36.10	45.39	18.05	819.20
3	ขาเข้า	0.601	26.00	109.44	13.00	54.72	711.39
	ขาออก*	0.019	10.91	213.11	5.46	106.55	581.30
4	ขาเข้า	0.441	45.88	58.24	22.94	29.12	667.96
	ขาออก	0.410	106.80	23.93	53.40	11.97	639.05
5	ขาเข้า	0.388	72.94	19.13	36.47	9.56	348.74
	ขาออก	0.759	74.54	13.19	37.27	6.59	245.71
6	ขาเข้า	0.693	75.05	14.01	37.53	7.00	262.79
	ขาออก	0.771	94.03	10.77	47.01	5.38	253.10
7	ขาเข้า*	0.070	38.34	48.03	19.17	24.01	460.32
	ขาออก	0.489	42.46	24.95	21.23	12.48	264.84
8	ขาเข้า	0.576	57.65	17.41	28.82	8.71	250.94
	ขาออก	0.368	53.20	25.64	26.60	12.82	341.07
9	ขาเข้า*	0.066	65.41	20.65	32.71	10.33	337.70
	ขาออก	0.439	83.52	11.68	41.76	5.84	243.81

การคิดค่า R^2 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น-อัตราเร็ว

* หมายถึงค่า R^2 น้อยกว่า 0.3

5. การเปรียบเทียบกับมาตรฐานและสรุปผลการศึกษา

การเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลสูงสุดที่คำนวณได้โดยปรับเป็นหน่วยคัน-รถยนต์นั่งต่อชั่วโมง กับ ค่าอัตราการไหลบริการของ Highway Capacity Manual 2000 (SF HCM) [1] และค่าความจุถนนสายหลักในชุมชนจากกรมโยธาธิการและผังเมือง 2544 [2] (มาตรฐานของกรมโยธาธิการและผังเมือง พ.ศ. 2549 [3] ที่ปรับปรุงใหม่ไม่มีการกำหนดค่าความจุของถนนเอาไว้ ดังนั้น

ผู้วิจัยจะอ้างอิงค่าความจุจากมาตรฐานปี พ.ศ. 2544 แทน) ผลการเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบ maximum flow rate กับมาตรฐาน

ลำดับที่	ชื่อถนน	ทิศทาง	q_m (1)	SF(2)	Capacity (3)
1	พหลโยธิน	ขาเข้า	1,848.87	3,040	3,300
		ขาออก*	2,364.69	2,370	3,300
2	ลาดพร้าว	ขาเข้า	3,317.45	3,040	3,300
		ขาออก	3,276.80	3,040	3,300
3	จรัญสนิทวงศ์	ขาเข้า	2,845.56	2,180	3,300
		ขาออก*	2,325.19	2,180	3,300
4	สุขุมวิท	ขาเข้า	2,671.84	2,180	3,300
		ขาออก	2,556.19	3,040	3,300
5	สายลวด	ขาเข้า	1,394.96	3,040	3,300
		ขาออก	982.84	3,040	3,300
6	สุขุมวิท (เลี่ยงเมือง)	ขาเข้า	1,051.17	3,040	3,300
		ขาออก	1,012.40	3,040	3,300
7	มหาจักรพรรดิ์	ขาเข้า*	1,841.30	2,180	3,300
		ขาออก	1,059.38	2,180	3,300
8	ทางหลวงแผ่นดิน304	ขาเข้า	1,003.74	2,370	3,300
		ขาออก	1,364.27	2,310	3,300
9	ทางหลวงแผ่นดิน314	ขาเข้า*	1,350.78	1,650	2,400
		ขาออก	975.25	2,120	2,400

(1) คืออัตราการไหลสูงสุดจากการคำนวณ คัน-รถยนต์นั่งต่อชั่วโมง

(2) Service Flow Rate บน Urban Arterial Street ของ HCM 2000

(3) ความจุถนนในเมืองจากมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง 2544

ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานในการคัดเลือกความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล-อัตราเร็ว-ความหนาแน่นที่เหมาะสมไว้ 2 ปัจจัย คือ ค่า R^2 ระหว่างอัตราเร็วกับความหนาแน่นที่มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงมากกว่า 0.6 และ ค่าอัตราการไหลสูงสุดที่คำนวณได้มีความใกล้เคียงกับอัตราการไหลบริการของ Highway Capacity Manual 2000 ซึ่งมีเพียงถนนลาดพร้าวเพียงสายเดียวที่เข้าเกณฑ์ ดังความสัมพันธ์แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล-อัตราเร็ว-ความหนาแน่นบนถนนลาดพร้าว

ตัวแปรที่สัมพันธ์	ทิศทาง	ความสัมพันธ์
μ–k	ขาเข้า	$\mu = -2.003\ k + 81.516$
	ขาออก	$\mu = -2.5144\ k + 90.77$
q-k	ขาเข้า	$q = 81.520\ k - 2.003\ k^2$
	ขาออก	$q = 90.770\ k - 2.514\ k^2$
q–μ	ขาเข้า	$q = 40.697 - 0.499\ \mu^2$
	ขาออก	$q = 36.100 - 0.398\ \mu^2$

การสร้างความสัมพันธ์นี้เป็นเพียงตัวอย่างขั้นแรกเท่านั้น ซึ่งการเก็บข้อมูลยังมีไม่มากพอ แต่อย่างไรก็ตามผลที่พบบนถนนลาดพร้าวสามารถนำไปใช้ได้ในระดับนึง ซึ่งตัวอย่างถนนอื่นที่ความสัมพันธ์ไม่เป็นไปตามทฤษฎีอัตราการไหลอาจเกิดจากเหตุผลหลายประการ อาทิ

- ถนนสายหลักในชุมชนไม่สามารถรักษาความสามารถในการเคลื่อนที่ไว้ได้ เนื่องจากหลายสายทางมีการประกอบกิจกรรมข้างทางที่มากเกินไป โดยเฉพาะภายในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (ลำดับที่1 และ 3) และสมุทรปราการแนวรัศมี (ลำดับที่ 4) ซึ่งตัวอย่างประเภทนี้ไม่น่าจะใช้ความสัมพันธ์ดังตารางที่ 5 ได้
- ปริมาณจราจรบนถนนบางสาย โดยเฉพาะถนนตัวอย่างในพื้นที่เทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา (ลำดับที่ 7 8 9) และถนนสายลวด (ลำดับที่ 5) มีปริมาณการจราจรน้อยเกินไปทำให้เกิดการเคลื่อนที่เฉพาะแบบ Uninterrupted flow เท่านั้น ผลการวิเคราะห์จึงคลาดเคลื่อน แต่กลุ่มตัวอย่างนี้น่าจะใช้ความสัมพันธ์ดังตารางที่ 5 ได้ เพราะยังรักษาความสามารถในการเคลื่อนที่ได้ดีอยู่

6. บรรณานุกรม

[1] National Research Council, 2000. Highway Capacity Manual, Transportation Research Board.

[2] เกณฑ์และมาตรฐานการวางและจัดทำผังเมืองรวม (2544), กรมการผังเมือง กระทรวงมหาดไทย

[3] เกณฑ์และมาตรฐานการวางและจัดทำผังเมืองรวม (2549), กรมโยธาธิการและผังเมืองกระทรวงมหาดไทย