บทที่ 8
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมทรานซิท

8.1 การวิเคราะห์ sensitivity ของตัวแปรที่ให้กับโปรแกรมทรานซิท

ข้อมูลที่เป็นตัวแปรสำคัญที่ให้กับโปรแกรมทรานซิท และมีผลกระทบอย่างมากต่อการจัดประสานสัมพันธ์สัญญาณไฟ ได้แก่ ปริมาณการจราจร ความเร็วของยวดยาน การไหลของการจราจรอิ่มตัว และรอบเวลาสัญญาณไฟดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 7 ในการวิเคราะห์นี้จะทดสอบหาค่า sensitivity ของตัวแปรทั้ง 4 ตัว ที่มีผลต่อการจัดประสานสัมพันธ์สัญญาณไฟทั้งโครงข่าย 14 ทางแยกที่ศึกษานี้

8.1.1 Indicator

ในขบวนการ optimization ของโปรแกรมทรานซิท จะพยายามจัดการควบคุมสัญญาณไฟทั้งโครงข่าย ที่ให้ค่าความล่าช้าทั้งพื้นที่น้อยที่สุด ซึ่งแสดงด้วยค่า performance index(P.I) ในตัวโปรแกรมจังหวะเวลาสัญญาณไฟที่ให้ค่า P.I ต่ำที่สุด จะเป็นจังหวะเวลาสัญญาณไฟประสานสัมพันธ์ที่ดีที่สุดที่โปรแกรมทรานซิทเลือกไว้ นอกจากค่า P.I แล้ว ค่าความเร็วเฉลี่ยของการเดินทางในโครงข่ายยังเป็นตัวชี้บอก (indicator) ที่เห็นการจัดประสานสัมพันธ์ที่ชัดเจนอันหนึ่งด้วย ดังนั้นในการทดสอบ sensitivity ของตัวแปร ของโครงข่ายสัญญาณไฟ 14 ทางแยกนี้ จะใช้ค่า P.I และความเร็วการเดินทางเฉลี่ยเป็นตัวชี้บอก (indicator) และเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรต่าง ๆ

ในการทดสอบ sensitivity ของตัวแปรจะเลือกเอาลักษณะการจราจร 2 แบบ มาใช้เปรียบเทียบ คือ การจราจรในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า (AM peak) และการจราจรในช่วงชั่วโมงธุรกิจกลางวัน (business hour หรือ Noon peak)

8.1.2 การทดสอบ sensitivity ของรอบเวลาสัญญาณไฟ

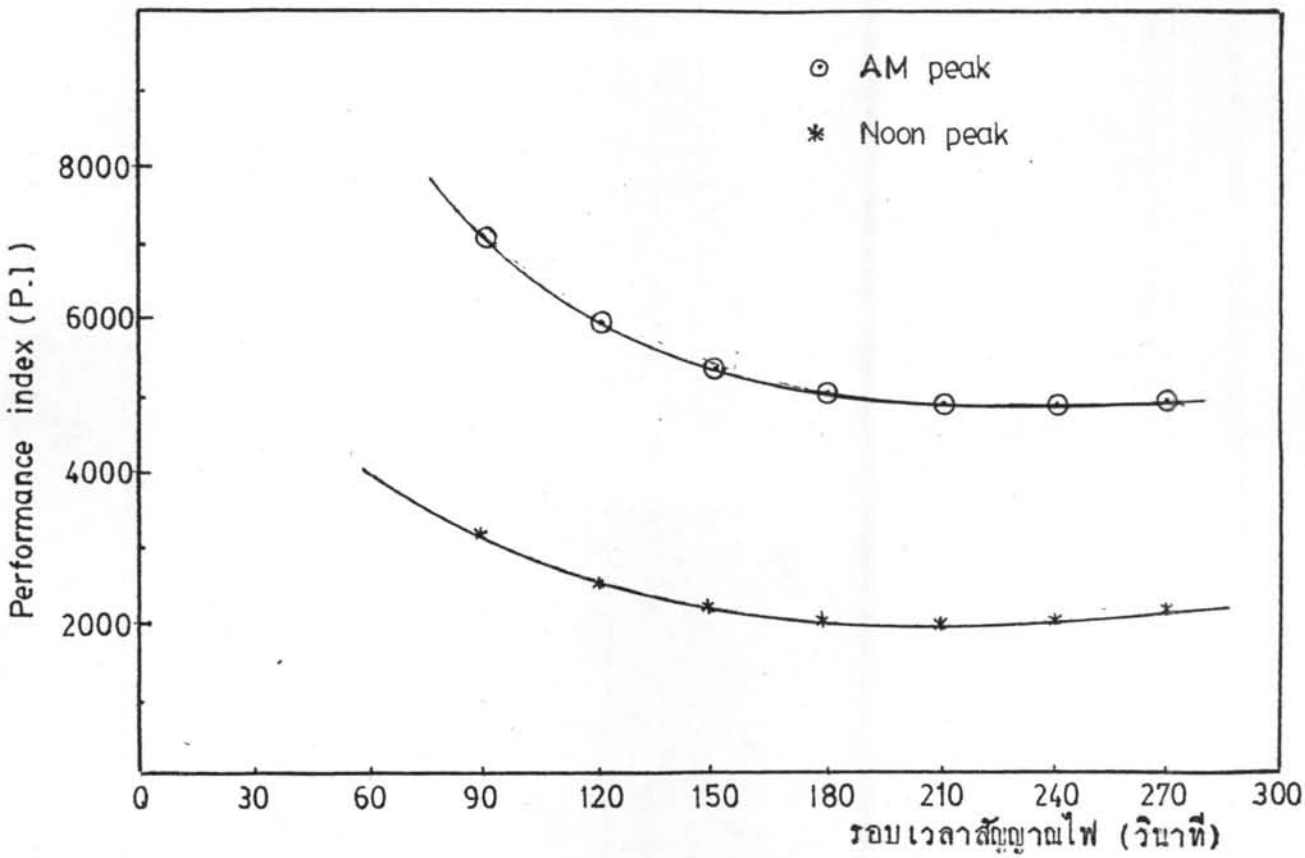
สำหรับปริมาณการจราจรขนาดหนึ่ง รอบเวลาสัญญาณไฟที่แตกต่างกันที่ให้กับโปรแกรมทรานซิท ในการคำนวณก็จะให้ค่า P.I และความเร็วเฉลี่ยที่แตกต่างกันด้วย รอบเวลาสัญญาณไฟที่ให้ค่า P.I ต่ำสุดจะเป็นรอบเวลาฯ ที่เหมาะสมที่สุด (optimum cycle time) สำหรับโครงข่ายนี้ในการทดสอบ sensitivity ของรอบเวลาสัญญาณไฟ จะเปลี่ยนแปลงค่าตั้งแต่รอบเวลา 90 วินาทีขึ้นไป โดยเพิ่มทีละ 30 วินาที คือ 90, 120, 150, 180, 210, 240 และ 270 วินาที ทั้งนี้เพราะในทางปฏิบัติรอบเวลาสัญญาณไฟที่ใช้ในการควบคุม ถ้าใช้ตัวเลขที่ลงตัวเป็นนาทีหรือครึ่งนาทีจะให้ความสะดวกในการกำหนดเวลาการเปลี่ยนแปลงแผนการควบคุม (plan change time)

ค่า P.I และความเร็วเฉลี่ย สำหรับรอบเวลาที่ต่าง ๆ กัน ของโครงข่ายสัญญาณไฟที่ศึกษานี้ แสดงไว้ในตารางที่ 8.1 จากผลที่ได้นำมาเขียนกราฟ ความสัมพันธ์ของค่า P.I กับรอบเวลาและความเร็วเฉลี่ยกับรอบเวลา ดังแสดงไว้ในรูป 8.1 ก และ 8.1 ข จะเห็นว่าสำหรับปริมาณการจราจรที่ต่างกัน เช่นในช่วงเร่งด่วนเช้า และช่วงกลางวัน ก็ให้ค่าและความเร็วเฉลี่ยที่แตกต่างกัน แต่ลักษณะความสัมพันธ์ยังเป็นรูปแบบเดิม

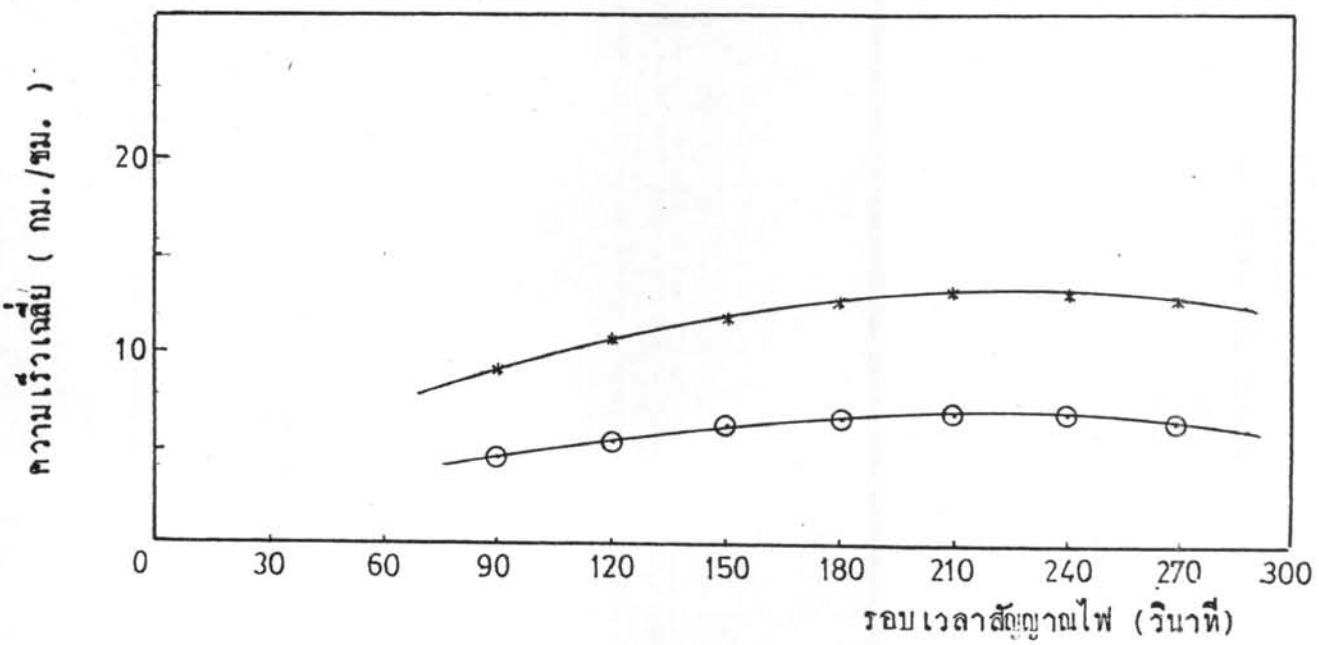
แต่อย่างไรก็ตามการเลือกรอบเวลาที่ดีที่สุด optimum cycletime สามารถพิจารณาได้จากทั้งค่า P.I และความเร็วเฉลี่ย ซึ่งให้ผลแบบเดียวกัน สำหรับโครงข่ายที่มีปริมาณการจราจรสูงอย่างเช่นโครงข่าย 14 ทางแยกนี้ รอบเวลาสั้นจะก่อความล่าช้าสูงไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งาน จากกราฟรอบเวลาฯ ที่ดีที่สุดของแผนการควบคุมกลางวัน (Noon peak) และแผนการควบคุมฯ เช้า (Am peak) จะเป็น 210 และ 270 วินาที ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามการพิจารณารอบเวลาสัญญาณไฟเพื่อนำไปใช้งาน ยังต้องพิจารณาร่วมกับตัวประกอบอื่น ๆ อีกหลายอย่าง เช่น ลักษณะของโครงข่าย การควบคุม และช่วงเวลาการไหลการจราจรอิ่มตัว เป็นต้น

ตารางที่ 8.1 ค่า P.I และความเร็วเฉลี่ย สำหรับรอบเวลาสัญญาณไฟขนาดต่างๆ

รอบเวลาสัญญาณไฟ (วินาที)	แผนการควบคุมฯเช้า (AM peak)		แผนการควบคุมฯกลางวัน (Noon peak)	
	performance index (P.I)	ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.)	performance index (P.I)	ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.)
90	7054.13	4.84	3056.11	9.24
120	5802.26	5.78	2422.78	11.21
150	5274.75	6.30	2232.00	11.98
180	5014.07	6.59	2093.41	12.60
210	4909.81	6.71	1959.86	13.27
240	4793.40	6.86	2010.89	13.00
270	4791.40	6.86	2013.50	13.00



รูปที่ 8.1.ก ความสัมพันธ์ของ P.I และรอบเวลาสัญญาณไฟของโครงข่ายศึกษา



รูปที่ 8.1.ข ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับรอบเวลาสัญญาณไฟของโครงข่ายศึกษา

8.1.3 การทดสอบ sensitivity ของความเร็วของยวดยาน

ความเร็วของยวดยานซึ่งเป็นตัวกำหนดการเคลื่อนที่ของจราจรในแต่ละช่วงของทางแยก จากการทดสอบ sensitivity ของความเร็วพบว่า ค่าความเร็วที่แตกต่างกันไปมีผลกระทบต่อการจัดประสานสัมพันธ์เพียงเล็กน้อย ดังที่แสดงในตารางที่ 8.2 ซึ่งแสดงว่า การเปลี่ยนแปลงความเร็วของโครงข่ายของแผนการควบคุมฯ เช้า (AM peak) โดยค่าความเร็วที่ให้กับทุก Link ในโครงข่ายแตกต่างกันถึง 50% คือ จากความเร็ว 40 กม./ชม. และ 45 กม./ชม. เปลี่ยนเป็นความเร็ว 20 กม./ชม. และ 25 กม./ชม. ตามลำดับ แต่ผลที่ได้ของการเปลี่ยนแปลงค่า P.I แตกต่างกันเพียงร้อยละ 0.4 ซึ่งกล่าวได้ว่าไม่มีนัยสำคัญของการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นการกำหนดข้อมูลของความเร็วจึงไม่จำเป็นต้องหาค่าที่ละเอียดมากนัก สามารถประมาณได้จากการสำรวจเพียงเล็กน้อย

8.1.4 การทดสอบ sensitivity ของปริมาณการจราจร

ปริมาณการจราจรนับเป็นตัวแปรที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดในแต่ละช่วงเวลาต่าง ๆ ของวันจะมีขนาดและรูปแบบของการจราจรที่แตกต่างกันออกไป เนื่องจากในการคำนวณหาจังหวะเวลาสัญญาณไฟ ปริมาณการจราจรจะเป็นตัวสำคัญในการกำหนดจังหวะเวลาสัญญาณไฟของแต่ละทางแยก ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงปริมาณการจราจรย่อมส่งผลกระทบโดยตรงต่อการจัดทำแผนการควบคุมการจราจร

จากการทดสอบ sensitivity ของปริมาณการจราจรในโครงข่าย 14 ทางแยก โดยการเปลี่ยนแปลงทั้ง เพิ่ม และลด ปริมาณการจราจรทั้งโครงข่าย รูปลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น แสดงไว้ในรูปที่ 8.2 และตารางที่ 8.3 จากกราฟจะเห็นว่า ปริมาณการจราจรเป็นค่าที่ sensitive ค่าหนึ่ง เนื่องจากเมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณการจราจรเพียง

ตารางที่ 8.2 การตรวจสอบ sensitivity ของการเปลี่ยนแปลงความเร็วของยวดยาน

แผนการควบคุมการจราจร	รอบเวลาสัญญาณไฟ (วินาที)	scale flow	P.I			ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.)		
			ก่อน	หลัง	แตกต่าง	ก่อน	หลัง	แตกต่าง
AM peak	150	1.00	5,274.75	5,299.57	-0.47	6.30	5.64	10.5
	150	0.80	1,365.47	1,371.00	-0.40	15.93	12.37	22.0

หมายเหตุ

ก่อน – ความเร็วในlink = 40-45 กม./ชม.

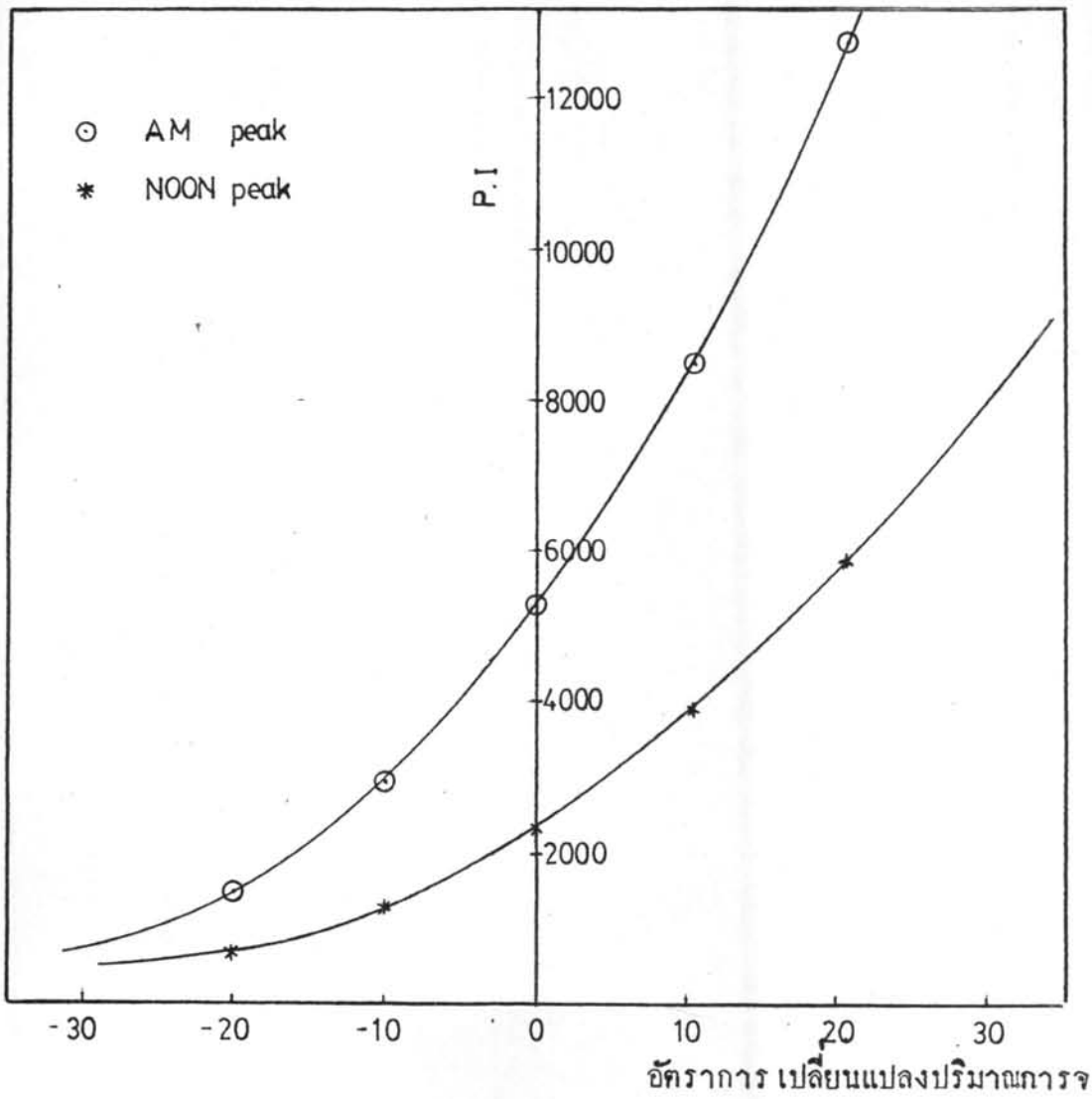
หลัง – ความเร็วใน link = 20-25 กม./ชม.

ตารางที่ 8.3 ค่า P.I และความเร็วเฉลี่ย สำหรับปริมาณการจราจรขนาดต่างๆ

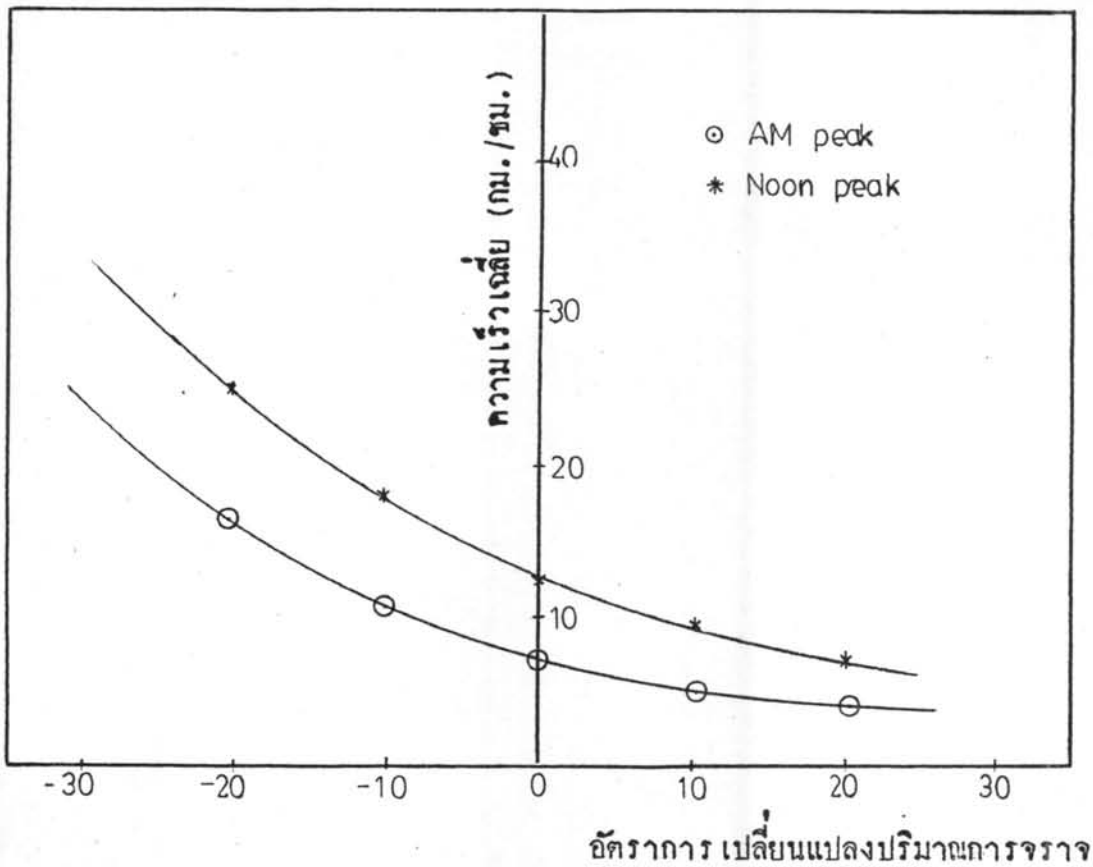
อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการจราจร (%)	แผนการควบคุมฯเช้า (AM)**		แผนการควบคุมฯกลางวัน (Noon)**	
	performance index (P.I)	ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.)	performance index (P.I)	ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.)
20	12,694.42	3.32	5,866.64	6.11
10	8,448.68	4.47	3,663.31	8.58
0 *	5,274.75	6.30	2,232.00	11.98
-10	2,841.73	9.82	1,194.12	17.78
-20	1,365.47	15.93	649.18	24.53

** ที่รอบเวลาสัญญาณไฟ 150 วินาที

* ค่าเริ่มต้น

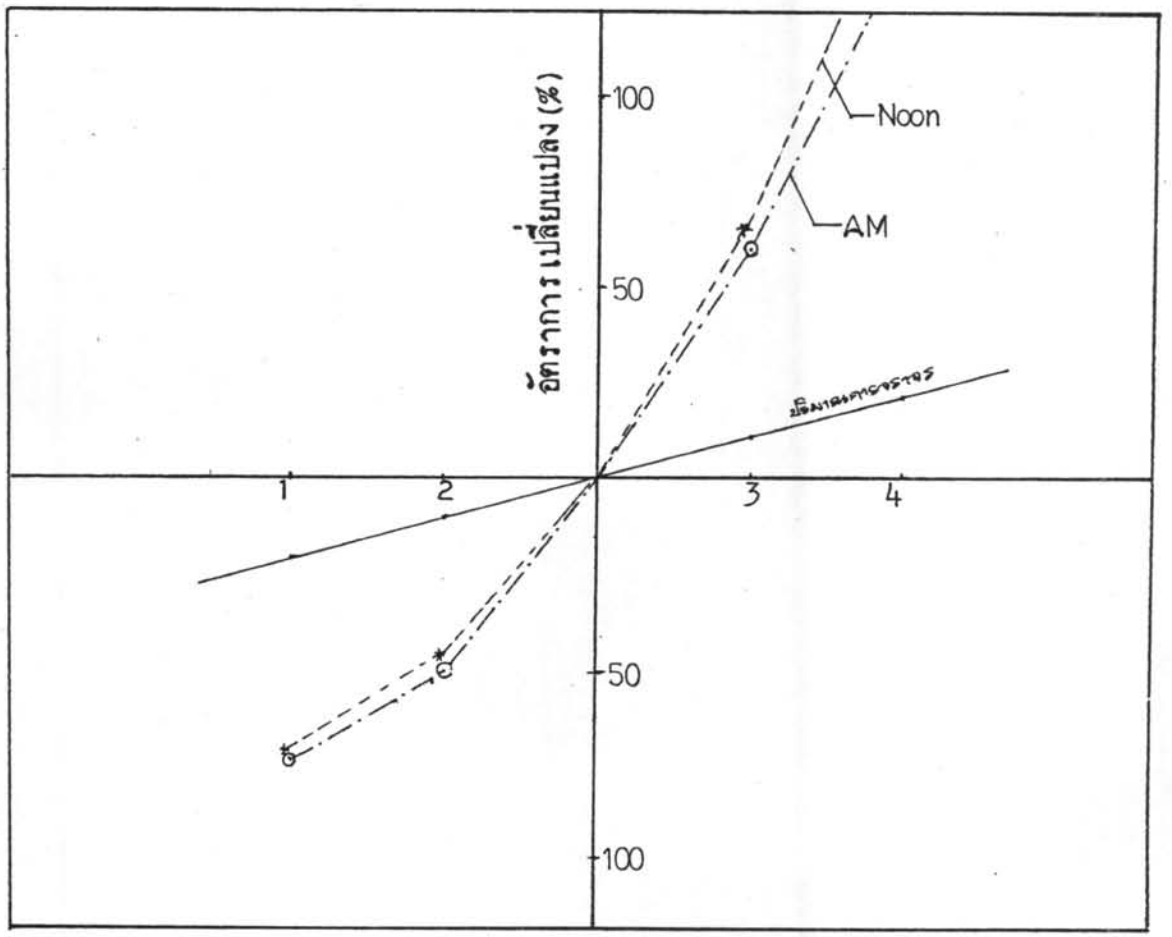


รูปที่ 8.2ก ความสัมพันธ์ของค่า P.I และปริมาณการจราจรของโครงข่ายศึกษา



รูปที่ 8.2ข ความสัมพันธ์ของความเร็ว เฉลี่ยและปริมาณการจราจรของโครงข่ายศึกษา

	1	2	3	4
อัตราการ เปลี่ยนแปลงปริมาณการจราจร (%)	-20	-10	10	20
อัตราการ เปลี่ยนแปลงค่า P.I (AM peak) (%)	-74	-46	60	140
อัตราการ เปลี่ยนแปลงค่า P.I (Noon peak) (%)	-71	-46	64	163



รูปที่ 8.3 การ เปลี่ยน เทียบอัตราการ เปลี่ยนแปลงของปริมาณการจราจรกับอัตราการ เปลี่ยนแปลงค่า

เล็กน้อย จะมีผลให้ค่าความล่าช้ารวมของโครงข่ายแปรเปลี่ยนไปอย่างมาก หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการจราจรจะต่ำกว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของความล่าช้า (หรือ P.I) ของโครงข่าย ดังแสดงในรูปที่ 8.3

8.1.5 <u>การทดสอบ sensitivity ของการไหลของการจราจรอิ่มตัว (saturation flow)</u>

ปกติแล้วค่าการไหลของการจราจรอิ่มตัวจะเป็นค่าคงที่สำหรับโครงข่าย แต่เนื่องจากเป็นค่าที่สำคัญและเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับค่าปริมาณการจราจรอยู่ ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงค่าการไหลของการจราจรอิ่มตัว ย่อมส่งผลกระทบโดยตรงต่อการจัดจังหวะเวลาสัญญาณไฟ

เนื่องด้วยโปรแกรมทรานซิท ไม่มีอุปกรณ์ (facilities) ในการทดสอบหา sensitivity ของค่าการไหลของการจราจรอิ่มตัว โดยตรงเหมือนเช่นกับค่าปริมาณการจราจร อีกทั้ง ค่าการไหลของการจราจรอิ่มตัว ในแต่ละ link ก็มีขนาดที่แตกต่างกันมาก การที่จะตรวจสอบ sensitivity ของทั้งโครงข่ายเพื่อหาเป็นรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่แน่นอนนั้นกระทำได้ลำบาก แต่ด้วยค่าการไหลของการจราจรอิ่มตัวและค่าปริมาณการจราจรมีความสัมพันธ์กันอยู่ และทั้ง 2 ค่าต่างเป็นตัวใช้กำหนดจังหวะสัญญาณไฟของแต่ละทางแยก ดังกล่าวไว้ในภาคผนวก ข. ดังนั้นพอสรุปได้ว่า sensitivity ของการไหลของการจราจรจะมีรูปแบบเกี่ยวกับ sensitivity ของปริมาณการจราจร

8.2. การวิเคราะห์ final output

จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรมทรานซิท และการสำรวจข้อมูลเพิ่มเติมจากสภาพจริงในสนาม จะช่วยในการพิจารณาตัดสินใจเลือกแผนการควบคุมการจราจรที่เหมาะสมกับสภาพการในปัจจุบัน ในการวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ตัวประกอบที่สำคัญซึ่งเป็นตัวกำหนดลักษณะการควบคุมการจราจรในโครงข่าย เพื่อประกอบการพิจารณาเลือกแผนการควบคุมการจราจรที่เหมาะสม ตัวประกอบที่สำคัญดังกล่าวได้แก่

8.2.1 ทางแยกวิกฤต (critical intersection)

เป็นตัวประกอบที่สำคัญที่จะต้องคำนึงถึงและนำมาพิจารณา เริ่มตั้งแต่การกำหนดข้อมูลให้กับโปรแกรมทรานซิท (input data) ทั้งนี้เพราะทางแยกวิกฤตเป็นตัวที่เกี่ยวข้องในการกำหนดค่าของ parameter สำคัญ ๆ บางตัว เช่น รอบเวลาสัญญาณไฟ ความจุของโครงข่าย และการประสานสัมพันธ์สัญญาณไฟ เป็นต้น ดังนั้นการวิเคราะห์หาทางแยกวิกฤตจึงเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงอย่างยิ่ง

จากการศึกษาในสนามจากสภาพจริง และการวิเคราะห์โดยโปรแกรมทรานซิท ได้ชี้ให้เห็นความสำคัญของทางแยกวิกฤตต่อโครงข่ายสัญญาณไฟไว้อย่างชัดเจน ทางแยกวิกฤตของโครงข่ายที่ศึกษานี้ คือ ทางแยกราชประสงค์ เป็นทางแยกที่วิกฤตที่สุด รองลงมาเป็นทางแยกปทุมวัน เพลินจิต ราชเทวี และพญาไท ตามลำดับ ทุกทางแยกที่กล่าวมาเป็นทางแยกที่มีปัญหาการจราจรติดขัด และสภาพการควบคุมทางแยกอยู่ในสภาวะ oversaturation หรือ saturation ในการวิเคราะห์โดยโปรแกรมทรานซิทจะบ่งบอกความเป็นทางแยกวิกฤต โดยดูจากค่าองศาของความอิ่มตัว (degree of saturation) ของด้านวิกฤต (critical approach) ของทางแยกนั้น ๆ ซึ่งจะมีค่ามากกว่า 100% ขึ้นไป แสดงการเกิดสภาวะ oversaturation

การวิเคราะห์ทางแยกวิกฤตสำหรับการจัดประสานสัมพันธ์สัญญาณไฟของโครงข่ายที่ศึกษานี้มีหลักในการพิจารณาคือ

ก. ปริมาณการจราจรและความจุของทางแยก

จากปริมาณการจราจรและความจุของทางแยก สามารถหาสภาวะการควบคุมที่เป็นอยู่ของทางแยกนั้น ว่าอยู่ในสภาวะไหนคือ normal flow saturation และ oversaturation ค่าผลรวมของค่าอัตราส่วนของปริมาณการจราจรต่อค่า saturation (ค่า $\leq$ Y factor) จะเป็นตัวช่วยประกอบการพิจารณาด้วย ในโครงข่ายสัญญาณไฟที่ศึกษานี้ทางแยกวิกฤตจะอยู่ในสภาวะ oversaturation ทั้งสิ้น

ข. การประสานสัมพันธ์สัญญาณไฟ

ทางแยกบางทางแยกในโครงข่าย ที่มีผลกระทบอย่างมากต่อการจัดประสานสัมพันธ์สัญญาณไฟ จะนำมาพิจารณาประกอบด้วย

ค. ลักษณะโครงข่ายถนน

การพิจารณาหาทางแยกวิกฤตเบื้องต้น สามารถดูได้จากระบบถนนในโครงข่าย ทางแยกที่ถนนสายหลักตัดกันมักจะเป็นจุดปัญหาของโครงข่าย

ง. การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทรานซิท

พิจารณาจากค่าองศาของความอิ่มตัว (degree of saturation) ของทางแยก

8.2.2 ความจุของโครงข่ายสัญญาณไฟ

ความจุของโครงข่ายสัญญาณไฟในที่นี้หมายถึง ความสามารถที่จะรับปริมาณการจราจรของโครงข่ายสัญญาณไฟ การที่โครงข่ายจะมีประสิทธิภาพในการควบคุมการจราจรที่ดีนั้น จะต้องมีการจัดการจราจรให้พอเหมาะพอดีกับความจุของโครงข่ายสัญญาณไฟนั้น ๆ

ตัวประกอบที่มีผลต่อการกำหนดค่าความจุของโครงข่ายสัญญาณไฟได้แก่

ก. สภาพทางกายภาพของถนน

ข. ลักษณะการควบคุมการจราจร

ค. ตัวประกอบที่มีผลกระทบต่อการไหลของการจราจร เช่น การจอดรถ การใช้ที่ดิน คนข้ามถนน และคนขับรถ เป็นต้น

ง. ทางแยกวิกฤต

ตัวประกอบในข้อ ก, ข และ ค สามารถกำหนดไว้ได้แน่นอนสำหรับโครงข่ายหนึ่ง ๆ ส่วนทางแยกวิกฤตนั้นจะแปรเปลี่ยนไปได้ ขึ้นอยู่กับปริมาณการจราจร ดังนั้นความสามารถในการรับปริมาณการจราจรของทางแยกวิกฤตจะเป็นตัวกำหนดความจุของโครงข่ายสัญญาณไฟด้วย

โครงข่ายสัญญาณไฟที่ศึกษานี้ มีปริมาณการจราจรที่ต้องการผ่านโครงข่ายมากกว่าความจุของโครงข่ายที่จะรับได้ ลักษณะเช่นนี้ ก่อปัญหาการจราจรติดขัดมากมาย queue ของรถที่หยุดรอที่ทางแยกจะส่งผลกระทบต่อทางแยกข้างเคียง เนื่องจากไม่สามารถปล่อยรถให้ไปได้หมดตามความต้องการได้ ลักษณะดังกล่าวทำให้ประสิทธิภาพของการประสานสัมพันธ์ (linking) สัญญาณไฟลดลงอย่างมาก (19) ดังนั้นการจัดประสานสัมพันธ์สัญญาณไฟที่จะให้ประสิทธิภาพการไหลของการจราจรในโครงข่ายที่ดีที่สุด (optimum) จะต้องคำนึงให้ปริมาณการจราจร และความจุของโครงข่ายสัญญาณไฟเป็นไปได้พอเหมาะพอดีกัน

สำหรับโครงข่ายที่ศึกษานี้ ประมาณการจราจรที่เหมาะสมกับความจุของโครงข่าย คือ ปริมาณการจราจร ประมาณ 85 % ของปริมาณการจราจรที่มีอยู่ในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า (AM peak) และประมาณ 90 % ของปริมาณการจราจรที่มีอยู่ในชั่วโมงธุระกิจกลางวัน (Noon peak) ตามลำดับ ค่าดังกล่าวใช้ค่าความเร็วเฉลี่ยในโครงข่ายเป็นตัวกำหนด โดยการพิจารณาจากกราฟรูปที่ 8.2ข

8.2.3 <u>รอบเวลาสัญญาณไฟ</u> (cycle time)

การกำหนดรอบเวลาสำหรับโครงข่ายสัญญาณไฟ ต้องมีการพิจารณาให้ละเอียด และรอบเวลาสัญญาณไฟของแต่ละทางแยกก็เป็นข้อมูลที่จะต้องกำหนดไว้ก่อนสำหรับการวิเคราะห์โดยโปรแกรมทรานซิท การนำไปใช้งานทางปฏิบัติในสนาม รอบเวลาสัญญาณไฟที่ใช้ควรมีการพิจารณาให้ละเอียดมากขึ้น โดยจะต้องคำนึงถึงสภาพจริงในสนาม ทั้งทฤษฎี และการปฏิบัติควบคู่กันไป สำหรับการวิจัยนี้ ตัวประกอบที่นำมาพิจารณาในการเลือกรอบเวลาสัญญาณไฟของโครงข่าย คือ

ทางทฤษฎี

8.2.3.1 <u>การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทรานซิท</u>

การหาค่ารอบเวลาสัญญาณไฟที่ดีที่สุดของโครงข่ายโดยการพิจารณารวมทุกทางแยกทั้งโครงข่าย ด้วยการคำนวณของโปรแกรมทรานซิท รอบเวลาสัญญาณไฟที่ให้ความล่าช้าเฉลี่ยในโครงข่ายน้อยที่สุดจะเป็นรอบเวลาสัญญาณไฟที่ดีที่สุด ซึ่งกล่าวละเอียดไว้ในเรื่องการทดสอบ sensitivity ของรอบเวลาสัญญาณไฟ และแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ไว้ในรูปที่ 8.1ก–8.1ข

สำหรับโครงข่ายที่ศึกษานี้ จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทรานซิท รอบเวลาสัญญาณไฟที่ดีที่สุดสำหรับโครงข่าย คือ รอบเวลาสัญญาณไฟขนาด 270 วินาที และ 210 วินาที สำหรับแผนการ

ควบคุมเช้า (AM peak) และแผนการควบคุมกลางวัน (Noon peak) ตามลำดับ

8.2.3.2 <u>การวิเคราะห์รอบเวลาแต่ละทางแยกด้วยสูตรการคำนวณทางทฤษฎี</u>

ก. ความจุของรอบเวลาแต่ละขนาดของทางแยกวิกฤต

สำหรับโครงข่ายที่มีปริมาณการจราจรสูงมาก เช่น โครงข่ายที่ศึกษานี้ เวลาแต่ละวินาทีของจังหวะสัญญาณไฟของทางแยกวิกฤตจะมีความหมายต่อการไหลของการจราจรในโครงข่ายนั้นอย่างมาก ขนาดของรอบเวลาสัญญาณไฟที่แตกต่างกันออกไป ก็จะให้ค่า effective green time ที่แตกต่างกันไป รอบเวลาฯ นาน ๆ จะให้ค่า effective green time ที่สูงกว่า ดังแสดงไว้ในรูปที่ 8.4 รอบเวลาสัญญาณไฟขนาด 240 วินาที จะให้ความจุในการรับปริมาณการจราจรมากกว่ารอบเวลาขนาด 120 วินาที ถึง 10 %

ข. รอบเวลาที่เหมาะสมของแต่ละทางแยก

การพิจารณารอบเวลาสัญญาณไฟที่เหมาะสม ได้มีสูตรการคำนวณเกี่ยวกับรอบเวลาฯ ต่ำสุด ดังนี้

$$C_m = \frac{L}{1-Y}$$

เมื่อ

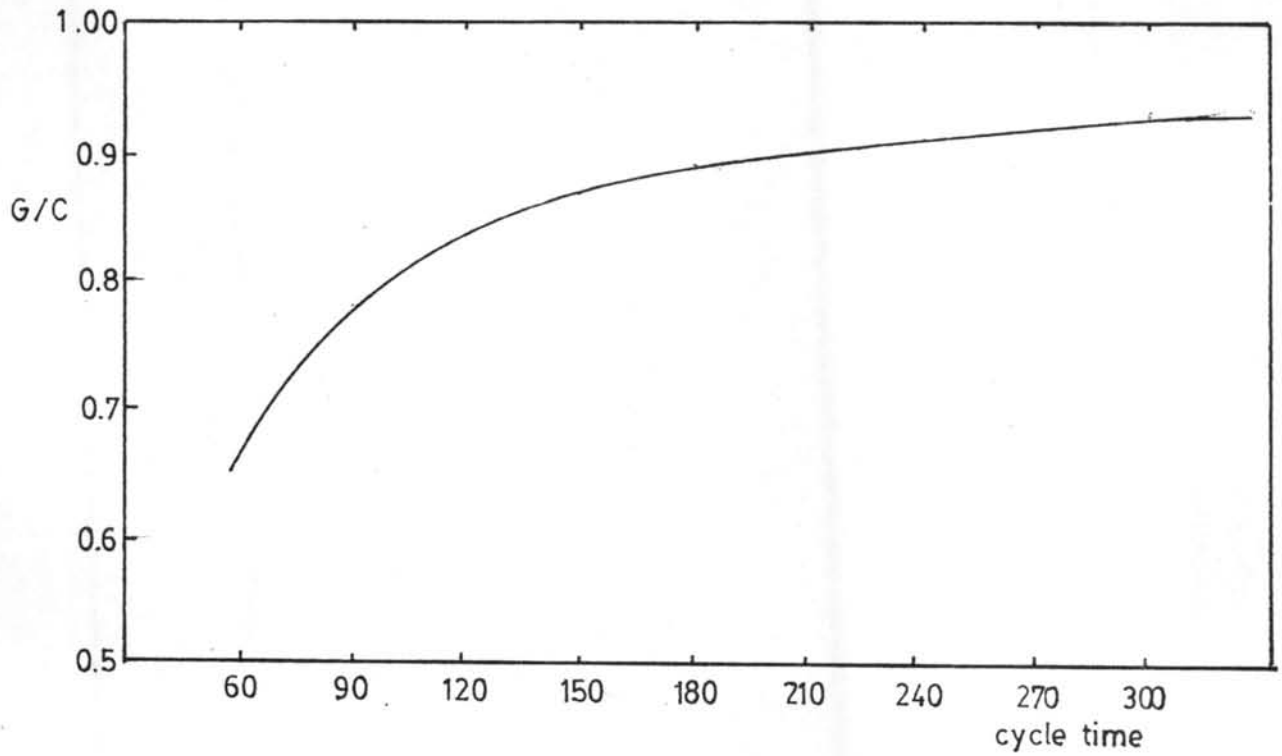
C_m = minimum cycle time

L = total lost time

Y = factor = $\frac{\text{desgn flow}}{\text{saturation flow}}$

การพิจารณารอบเวลาสัญญาณไฟของโครงข่าย จะนำค่า C_m มาประกอบการพิจารณาด้วย

FOR 4 stage junction				G = effective green time = C - L L = total lost time = 20 sec./cycle					
cycle time(C) (sec.)	60	90	120	150	180	210	240	270	300
G/C	0.666	0.777	0.833	0.866	0.888	0.905	0.917	0.926	0.933



รูปที่ 8.4 แสดง G/C ของรอบเวลาขนาดต่างๆ

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทางปฏิบัติ

8.2.3.3 ลักษณะการควบคุมรอบเวลาสัญญาณไฟในปัจจุบัน

สำหรับโครงข่ายที่ศึกษานี้ การควบคุมสัญญาณไฟจราจรในปัจจุบันเป็นแบบ hand control เจ้าหน้าที่ตำรวจ จากการสำรวจพบว่า รอบเวลาสัญญาณไฟที่ควบคุมด้วยเจ้าหน้าที่ตำรวจมีขนาดตั้งแต่ 3–6 นาที หรือเฉลี่ยแล้วประมาณ 4.5 นาที ดังแสดงไว้ในตารางที่ 8.4 เป็นรอบเวลาสัญญาณไฟที่ตำรวจจราจรประจำทางแยกเห็นว่าเหมาะสมและใช้กันมาโดยตลอด

8.2.3.4 ลักษณะการไหลของการจราจร

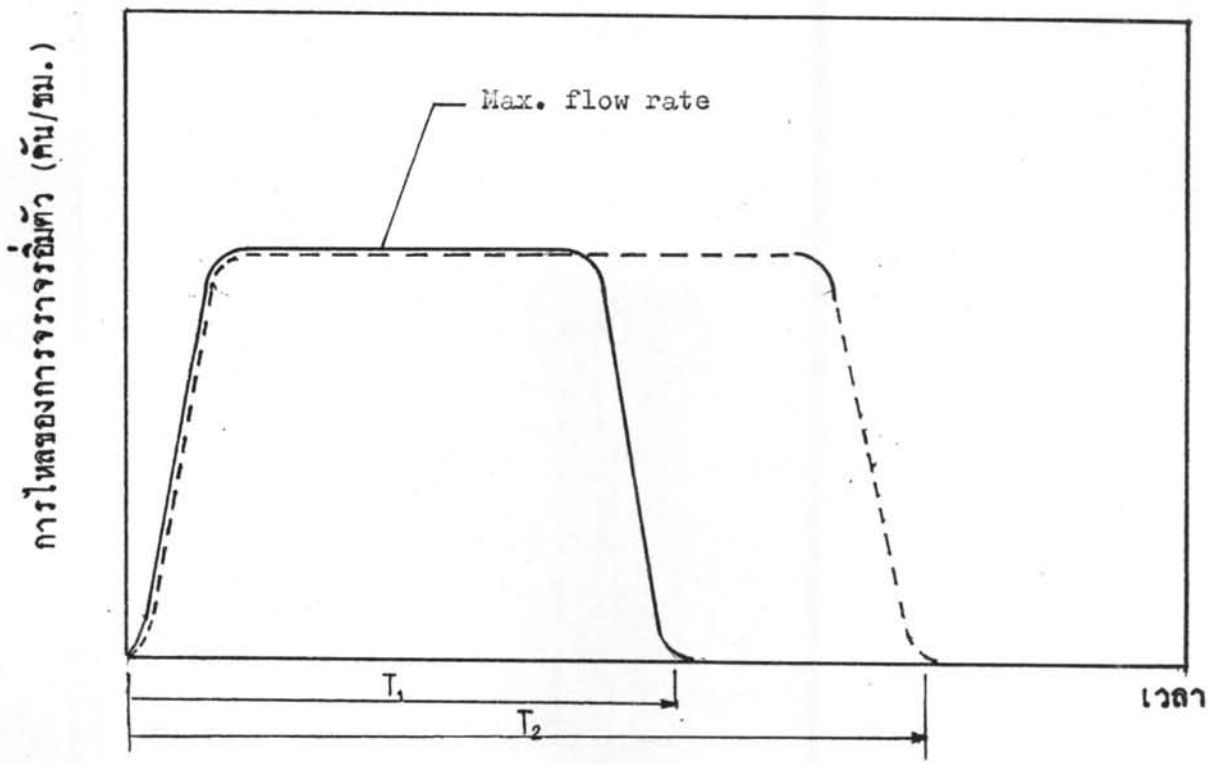
การควบคุมสัญญาณไฟจราจร โดยเจ้าหน้าที่ตำรวจซึ่งมีการเร่งให้การเคลื่อนตัวของยวดยานที่ผ่านทางแยกให้มีอัตราการเคลื่อนตัวเร็วยิ่งขึ้น (ใช้สัญญาณมือโบก หรือ นกหวีด) ลักษณะเช่นนี้จากการสำรวจพบว่าสามารถเพิ่มช่วงระยะเวลาของการไหลของการจราจรอิ่มตัว ให้มีระยะเวลายาวนานกว่าสภาพปกติ ดังอธิบายไว้ในรูปที่ 8.5 ซึ่งเป็นเหตุผลอันหนึ่งในการพิจารณาใช้รอบเวลาสัญญาณไฟที่ยาวนานได้ (long cycle time) ในการสำรวจพบว่า อัตราการไหลของการจราจรอิ่มตัว จะคงที่ตลอดในช่วงเวลามากกว่า 60 วินาที (19)

8.2.3.5 ผลกระทบต่อการประสานสัมพันธ์

สำหรับทางแยกที่มีระยะใกล้กันมาก การใช้รอบเวลาฯ ยาวนานอาจจะทำให้ queue ที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบกระเทือนต่อทางแยกข้างเคียง ลักษณะของทางแยกเช่นนี้หรือทางแยกที่ไม่วิกฤตในโครงข่าย รอบเวลาสัญญาณไฟแบบ double cycle (เป็นครึ่งหนึ่งของรอบเวลาฯ ของโครงข่าย) จะถูกนำมาพิจารณาในเลือกรอบเวลาของแต่ละทางแยกในโครงข่าย

ตารางที่ 8.4 รอบเวลาสัญญาณไฟจราจร เฉลี่ยที่ใช้ควบคุมการจราจรโดยเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรประจำทางแยก

หมายเลขทางแยก	รอบเวลาสัญญาณไฟจราจร (นาที : วินาที)	จังหวะสัญญาณไฟ (จังหวะ)	ค่าเฉลี่ย (นาที : วินาที)
96	3:46		
20	6:41		
3	5:34	4 จังหวะ	5:52
18	6:54		
110	6:24		
19	4:36		
143	3:33		
99	2:56		
106	3:52	3 จังหวะ	3:55
105	3:50		
42	4:41		
41	2:58		
22	3:05	2 จังหวะ	3:31
43	4:32		



เมื่อ T_1 = ช่วงเวลาของการไหลของการจราจรสูงสุด ในชั่วโมงปกติ หรือการควบคุมสัญญาณไฟอัตโนมัติ

T_2 = ช่วงเวลาของการไหลของการจราจรสูงสุด ในชั่วโมงเร่งด่วน เมื่อมีการควบคุมสัญญาณไฟด้วยตำรวจและมีการเร่งระบายรถจากตำรวจจราจร

รูปที่ 8.5 การเปรียบเทียบช่วงเวลาการไหลของการจราจรสูงสุด ของการควบคุมสัญญาณไฟในชั่วโมงปกติกับชั่วโมงเร่งด่วน

นอกจากที่กล่าวมาแล้ว ลักษณะของการใช้ถนนของผู้ขับขี่ยวดยานที่คุ้นเคยกับรอบเวลาสัญญาณไฟที่ยาวนาน ก็ควรนำมาพิจารณาประกอบด้วย

จากข้อพิจารณาต่าง ๆ ที่ได้นำมาพิจารณาประกอบการเลือกรอบเวลาสัญญาณไฟของโครงข่ายที่ศึกษา ได้เลือกรอบเวลาสัญญาณไฟที่เหมาะสมสำหรับโครงข่ายนี้ ดังนี้.-

ก. แผนการควบคุมการจราจรเช้า (AM peak) 240 วินาที

ข. แผนการควบคุมการจราจรกลางวัน (Noon peak) 150 วินาที

รายละเอียดรอบเวลาสัญญาณไฟของแต่ละทางแยกในโครงข่ายแสดงไว้ในภาคผนวก ฉ.

8.3 การเปรียบกับแผนควบคุมการจราจรในปัจจุบัน

แผนการควบคุมการจราจรครั้งแรกได้จัดทำพร้อมกับการติดตั้งระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรประสานสัมพันธ์ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า แผนการควบคุมการจราจรที่จัดทำขึ้นนี้ยังไม่ได้นำไปใช้งานกันอย่างจริงจัง เนื่องจากมีปัญหาเกิดขึ้นในทางปฏิบัติมากมาย ในการวิจัยนี้ได้จัดทำแผนการควบคุมการจราจรขึ้นใหม่ โดยใช้โปรแกรม TRANSYT/7 เช่นกัน ดังนั้นในการวิเคราะห์จะเปรียบเทียบแผนการควบคุมการจราจรที่จัดทำขึ้นใหม่กับแผนการควบคุมการจราจรเดิม เพื่อชี้ให้เห็นถึงความเหมาะสมของการนำไปใช้งานต่อไป

ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 8.1 คือ ในการจัดประสานสัมพันธ์สัญญาณไฟด้วยโปรแกรมทรานซิท สำหรับโครงข่ายที่ศึกษานี้ ตัวแปรสำคัญที่จะต้องพิจารณาได้แก่ ปริมาณการจราจร รอบเวลาสัญญาณไฟ และการไหลของการจราจรอิ่มตัว เป็นต้น ในการวิเคราะห์จะเน้นเปรียบเทียบค่าตัวแปรเหล่านี้ ดังนี้

8.3.1 ปริมาณการจราจร

แผนการควบคุมฯ เดิม (โดย OCMRT) จัดทำขึ้นตามข้อมูลปริมาณการจราจรของปี 2521 ส่วนแผนการควบคุมฯ ที่วิจัยนี้จัดทำตามข้อมูลปริมาณการจราจรปี 2522 ปริมาณการจราจรรวมในแต่ละทางแยกของข้อมูลทั้ง 2 ปี แสดงไว้ในตารางที่ 8.5 จากตารางจะเห็นว่า ปริมาณการจราจรในรวมทุกทางแยกในโครงข่าย 14 ทางแยก ของปี 2521 และปี 2522 จะแตกต่างกันไม่ถึง 5 % แต่ถ้าพิจารณาเฉพาะแต่ละทางแยกแล้วจะมีความแตกต่างกันตั้งแต่ 1–15 % ความแตกต่างที่มากกว่า 10 % ถือได้ว่ามีนัยสำคัญของการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการจัดจังหวะเวลาสัญญาณไฟของทางแยกนั้น ๆ

OCMRT = สำนักงานคณะกรรมการจัดระบบการจราจรทางบก

ตารางที่ 8.5 การเปรียบเทียบปริมาณการจราจรของข้อมูลปี 2521 กับปี 2522

หมายเลขทางแยก	ชั่วโมงเร่งด่วนเช้า			ชั่วโมงธุระกิจกลางวัน		
	ปริมาณการจราจร (คัน/ชม.)			ปริมาณการจราจร (คัน/ชม.)		
	ปี 2521	ปี 2522	ความแตกต่าง (%)	ปี 2521	ปี 2522	ความแตกต่าง (%)
96	9950	9,548	-4.04	8,884	9,445	6.31
41	6,139	6,907	12.51	5,531	5,265	-4.81
3	7,772	8,166	5.07	6,517	6,586	1.05
42	6,010	6,025	0.25	6,090	5,218	-14.32
20	6,774	7,094	4.72	6,757	6,515	-3.58
43	5,916	5,688	-3.85	5,928	5,556	-6.28
105	7,089	6,500	-8.31	6,491	6,391	-1.54
106	6,513	7,503	15.20	5,713	6,091	6.62
99	4,620	4,995	8.12	4,402	4,478	1.73
22	5,864	6,369	8.61	5,536	6,074	9.72
143	11,950	11,501	-3.76	10,176	8,987	-11.68
19	7,241	7,795	7.65	6,765	6,371	-5.82
110	9,845	9,660	1.88	8,446	8,028	-4.95
18	8,220	8,803	7.09	7.546	7,801	3.38
รวม	103,903	106,554	2.55	94,782	92,806	-4.95

8.3.2 การไหลของการจราจรอิ่มตัว

แผนการควบคุม ฯ เดิม (จาก OCMRT)

ข้อมูลค่าการไหลของการจราจรอิ่มตัว (saturation flow) ได้จากการประมาณจากค่าความกว้างของช่องจราจร โดยการคำนวณในสูตร

$$S = 600\ w$$

เมื่อ S = การไหลของการจราจรอิ่มตัว (คัน/ชม.)

w = ความกว้างของช่องจราจร (เมตร)

แผนการควบคุมฯ ใหม่ (จากการวิจัยนี้)

ข้อมูลบางส่วนได้เก็บเพิ่มเติมในสนามจากสภาพจริงจากการเก็บรวบรวมข้อมูลในหลาย ๆ link สามารถปรับปรุงเป็นสูตรการคำนวณโดยประมาณขึ้นใหม่ เพื่อใช้ประมาณหาค่าการไหลของการจราจรอิ่มตัวในบางทางแยกที่เหลือ สูตร การคำนวณที่ใช้ คือ

สำหรับรถตรง $S = 665\ w$

สำหรับรถเลี้ยว $S = 615\ w$

สำหรับช่องทางตรงกับเลี้ยวใช้ร่วมกัน ประมาณได้จากค่าเฉลี่ยจากสูตรทั้ง 2

แต่อย่างไรก็ตามสูตรนี้ได้กล่าวนี้ ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าสามารถใช้ทั่วไปได้สำหรับทางแยกใน กทม. ทั้งหมด ทั้งนี้เพราะการหาสูตรการคำนวณหาค่า การไหลของการจราจรอิ่มตัวโดยประมาณแบบนี้จำเป็นต้องมีการศึกษาให้ละเอียดและมีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มากกว่านี้ ซึ่งเป็นเรื่องที่น่าจะมีผู้วิจัยทำการศึกษาเรื่องนี้ต่อไป แต่สำหรับทางแยกในโครงข่ายที่ศึกษาอยู่นี้ สูตรการคำนวณดังกล่าวข้างต้นสามารถที่จะนำไปใช้ประมาณหาค่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงได้

ตารางที่ 8.6 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลการไหลของการจราจรอิ่มตัวของข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์โดย OCMRT กับ จากการวิจัยนี้

หมายเลขทางแยก	การไหลของการจราจรอิ่มตัว (คัน/ชม.)		
	ปี 2521 (เดิม)	ปี 2522 (ใหม่)	ความแตกต่าง (%)
96	32,760	36,360	10.9
41	16,740	14,490	−13.4
3	24,960	26,410	5.8
20	22,140	19,950	−10.0
43	12,840	14,410	12.2
105	16,560	17,300	4.4
106	22,060	22,060	0.0
99	14,040	16,320	16.2
22	14,520	13,890	−4.3
143	20,760	16,550	−20.3
19	27,000	25,550	−5.4
110	32,340	41,700	28.9
18	24,000	24,820	2.7
42	19,920	15,300	−23.2
รวม	300,940	305,110	1.4

เดิม – ข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์โดย OCMRT
ใหม่ – ข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ในการวิจัยนี้

การเปรียบเทียบ

การเปรียบเทียบข้อมูล การไหลของการจราจรอิ่มตัวของข้อมูลจากแผนควบคุมเดิม (โดย OCMRT) กับที่ได้ศึกษาวิจัยนี้ แสดงไว้ในตารางที่ 8.6 จากตารางจะเห็นว่า ถ้าพิจารณาค่า การไหลของการจราจรอิ่มตัวรวมทั้งโครงข่ายที่ศึกษาแล้ว จะแตกต่างกันเพียง 1.4 % แต่ถ้าพิจารณาเฉพาะแต่ละทางแยกแล้วมี ความแตกต่างกันตั้งแต่ 0–28 % ซึ่งค่าความแตกต่างมากกว่า 10 % ถือได้ว่ามีนัยสำคัญของการเปลี่ยนแปลงที่จะมีผลกระทบต่อการจัดจังหวะเวลาสัญญาณไฟ ของทางแยกนั้น

จากการเปลี่ยนแปลงข้อมูลการไหลของการจราจรอิ่มตัวโดยการเก็บข้อมูลในสนามเพิ่มเติม จะช่วยทำให้แผนการควบคุมการจราจรที่จัดทำในการวิจัยนี้ใช้ได้เหมาะสมกับสภาพการณ์มากขึ้น

8.3.3 รอบเวลาสัญญาณไฟ

แผนการควบคุมฯ เดิม (จาก OCMRT)

ในการวิเคราะห์ได้เลือกรอบเวลาสัญญาณไฟที่เหมาะสมของโครงข่ายสำหรับแผนการควบคุมฯ เช้า และ แผนการควบคุมกลางวันเป็น 120 และ 90 วินาทีตามลำดับ โดยยึดถือตามทฤษฎีว่ารอบเวลาสัญญาณไฟต่ำสุดไม่ต่ำกว่า 45 วินาที และสูงสุดไม่เกิน 120 วินาที

แผนการควบคุมใหม่ (จากการวิจัยนี้)

จากการวิเคราะห์พบว่า รอบเวลาที่เหมาะสมที่ให้ความล่าช้าเฉลี่ยทั้งโครงข่าย 14 ทางแยกน้อยที่สุด สำหรับแผนการควบคุมฯ เช้า และกลางวัน เป็น 270 และ 210 วินาที ตามลำดับ แต่ในการนำไปใช้งานได้รอบเวลาสัญญาณไฟที่เหมาะสมสำหรับโครงข่ายจะเป็น 240 และ 150 วินาที สำหรับแผนการควบคุมฯ เช้าและกลางวัน ดังกล่าวไว้ในหัวข้อ 8.2.3

การเปรียบเทียบ

จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรมทรานซิทโดยพิจารณาทั้งโครงข่ายสัญญาณไฟได้ชี้ให้เห็นว่า รอบเวลาสัญญาณไฟของแผนการควบคุมฯ เดิม ยังไม่ใช่รอบเวลาที่ดีที่สุด (optimum) และจากการทดลองเกี่ยวกับจังหวะเวลาสัญญาณไฟประสานสัมพันธ์ ด้วยรอบเวลาสัญญาณไฟที่สั้น โดยสำนักงานคณะกรรมการจัดระบบการจราจรทางบก ได้พบว่ารอบเวลาสัญญาณไฟที่น้อยกว่า 150 วินาที จะไม่เหมาะสมในการควบคุมการจราจรในช่วงเร่งด่วนเช้า(19)

8.3.4 อื่น ๆ

เนื่องด้วยสภาพการจราจรในแต่ละพื้นที่ใน กทม. มีสภาพการจราจรที่แตกต่างกัน การเลือกโครงข่ายสัญญาณไฟ (signal network) สำหรับวิเคราะห์โดยโปรแกรมทรานซิท จะมีความสำคัญต่อแผนการควบคุมการจราจรที่จัดทำขึ้น

แผนการควบคุมฯ เดิม (โดยOCMRT) ได้จัดโครงข่ายที่มีขนาดใหญ่โดยรวมพื้นที่ส่วนอื่น (นอกจาก 14 ทางแยก) เข้าไปด้วยโดยมีทางแยกในเขต กทม.ชั้นกลางรวม 28 ทางแยก ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีปัญหาการจราจรทั้งวิกฤต และไม่วิกฤตปะปนกัน ดังนั้นการวิเคราะห์ผลที่ได้ออกมาในรูปความล่าช้า (P.I) และความเร็วเฉลี่ยของทั้งโครงข่ายจึงผลรวมที่ค่อนข้างดี (P.I น้อย และความเร็วสูง) แต่ถ้าในการวิเคราะห์มีการจัดโครงข่ายออกเป็นส่วน ๆ ตามเหมาะสมของลักษณะการจราจรในแต่ละพื้นที่แล้วจะได้แผนการควบคุมการจราจรเฉพาะพื้นที่ที่จะให้ประสิทธิภาพในการควบคุมการจราจรที่ดีกว่า และสามารถมองเห็นปัญหาที่ควรพิจารณาแก้ไขได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

นอกจากนี้แผนการควบคุมการจราจรเดิม (โดย OCMRT) ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทรานซิท ได้มีการลดปริมาณการจราจรลง 20 % ของปริมาณการจราจรทั้งหมดในทางแยก เนื่องจากมีปัญหาเกี่ยวกับข้อมูลที่รวบรวมมา ผลของการลดปริมาณการจราจรในโครงข่ายลงถึง 20 % จะมีผลกระทบอย่างมากต่อการจัดจังหวะเวลาสัญญาณไฟในแต่ละทางแยก (ดังกล่าวไว้ในหัวข้อ 8.1.4) จึงทำให้แผนการควบคุมการจราจรที่จัดทำขึ้นประสบปัญหาอย่างมาก เมื่อมีการนำไปใช้งานในสภาพจริง

สำหรับค่า parameter อื่น ๆ ที่จำเป็นต้องให้กับโปรแกรมทรานซิท เช่น ระยะห่างระหว่างทางแยก จังหวะสัญญาณไฟ initial setting ค่าเหล่านี้ในการจัดทำแผนการควบคุมการจราจรทั้งของแผนเดิมและจากการวิจัยนี้ ใช้ค่าที่ใกล้เคียงกันซึ่งได้พิจารณาแล้วว่าเหมาะสม

8.3.5 สรุปผลการเปรียบเทียบ

แผนการควบคุมการจราจรที่ได้จากการวิจัยนี้ ได้มีการวิเคราะห์รายละเอียดของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อการจัดประสานสัมพันธ์สัญญาณไฟ และมีการพิจารณาสภาพจริงในสนามประกอบด้วย เพื่อที่จะให้ได้แผนการควบคุมการจราจรที่ใช้ได้เหมาะสมกับสภาพการจราจรที่เป็นอยู่ และเมื่อเปรียบเทียบกับแผนการควบคุมการจราจรที่จัดไว้เดิม (โดย OCMRT) ได้ชี้ให้เห็นว่าจะสามารถนำไปใช้งานได้เหมาะสมดีกว่า

8.4 การวิเคราะห์การนำไปใช้งาน

จังหวะเวลาสัญญาณไฟประสานสัมพันธ์ที่จัดโดยโปรแกรมทรานซิทนี้ เป็นการวิเคราะห์ทางทฤษฎีตามข้อมูลที่เก็บรวบรวมมา ผลลัพธ์ที่ได้เป็นค่าที่ดีที่สุดทางทฤษฎี แต่เมื่อ นำไปใช้งานกับสภาพจริงจะได้ผลแค่ไหนขึ้นอยู่กับความละเอียดในการวิเคราะห์ข้างต้น

ในภาคผนวก ค. แสดงให้เห็นผลที่คาดว่าจะได้รับเมื่อนำแผนการควบคุมการจราจรที่จัดทำขึ้นในการวิจัยนี้ไปใช้งานโดยการวิเคราะห์ทางทฤษฎี ด้วยโปรแกรมทรานซิท ซึ่งพบว่าสามารถทำให้การเดินทางโดยเฉลี่ยในพื้นที่เป็นไปได้รวดเร็วขึ้น

แผนการควบคุมการจราจรที่ได้จากการวิจัยนี้ จะใช้ได้ผลตามที่คาดหวังไว้แค่ไหนนั้นยังไม่สามารถระบุได้แน่นอน เนื่องจากข้อมูลปริมาณการจราจรที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้จากการเก็บรวบรวมเพียง 1–2 วัน แล้วเลือกเป็นตัวแทนของการจราจรตลอดทั้งปี ดังนั้นความผิดพลาดด้านข้อมูลปริมาณการจราจรจึงเกิดขึ้นได้ง่าย อีกทั้งปริมาณการจราจรก็มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังนั้นการวางแผนการเก็บข้อมูลที่ดี และให้ข้อมูลที่ละเอียดเป็นตัวแทนที่ถูกต้องในการวิเคราะห์ จะทำให้แผนการควบคุมการจราจรที่จัดทำขึ้นมีประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานได้ดีด้วย

อย่างไรก็ตาม การจัดทำแผนการควบคุมการจราจรด้วยโปรแกรมทรานซิทก็เป็นพื้นฐานที่ดีที่สุดของการจัดประสานสัมพันธ์สัญญาณไฟที่จะเป็นแนวทางในการปรับปรุงให้เหมาะสมเมื่อจะนำไปใช้งานในสนามในหลายประเทศที่มีการใช้โปรแกรมทรานซิทมาแล้วก็พบว่า การนำแผนการควบคุมการจราจรที่จัดโดยโปรแกรมทรานซิทไปใช้ในสนาม ก็ต้องมีการปรับบางส่วนเพื่อให้ใช้ได้เหมาะสมกับสภาพการจราจรที่เป็นจริงและในพื้นที่ควบคุมการจราจร (Area Traffic Control) ใน กทม.ชั้นใน ก็มีการปรับแผนการควบคุมการจราจรไปมากมาย จึงจะสามารถใช้ได้เหมาะสมกับสภาพการจราจรในปัจจุบัน