การบรรเทาการจราจรบริเวณสี่แยกหน้าสำนักงานนิคมอุตสาหกรรมเกตเวย์ ซิตี้

พิเชษฐ์ พิเชฐพงศ์ธร

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการงานก่อสร้างและงานโครงสร้างพื้นฐาน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
พฤษภาคม 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

กิตติกรรมประกาศ

งานนิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความกรุณาจาก ดร. ปิติ โรจน์วรรณสินธุ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและประธานกรรมการสอบงานนิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา ให้คำชี้แนะ ติดตามสอบถามความคืบหน้า และกรุณาสละเวลาตรวจสอบร่างงานนิพนธ์ จนทำให้งานนิพนธ์ฉบับนี้สามารถดำเนินการสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. นพคุณ บุญกระพือ และดร. เพชร์รัตน์ ลิ้มสุปรียารัตน์ ประธานสาขาวิชาการจัดการงานก่อสร้างและงานโครงสร้างพื้นฐาน ที่ให้ความกรุณาร่วมเป็นกรรมการสอบงานนิพนธ์ กราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา ทุกท่านที่สละเวลาเข้าร่วมให้ความคิดเห็นในระหว่างการเรียนการสอนรายวิชาสัมมนาทางการจัดการงานก่อสร้างและงานโครงสร้างพื้นฐาน 1 และ 2 อีกทั้งขอกราบขอบพระคุณ ดร. อาณัติ ดีพัฒนา คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้กรุณาพิจารณาลงนามอนุมัติขั้นสุดท้ายของงานนิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกภาคส่วน อาทิ เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ช่วยประสานงานและอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในระหว่างที่ได้ทำการศึกษา ขอขอบพระคุณหน่วยงานต่าง ๆ ของบมจ.เอ็ม ดี เอ็กซ์ สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมเกตเวย์ ซิตี้ รวมถึงเจ้าหน้าที่การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย สาขาแปลงยาว (เกตเวย์ ซิตี้) ที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือ และเอื้อเฟื้อข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาและอ้างอิง

คุณค่าและประโยชน์ของงานนิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาต่อบุพการี และครูบาอาจารย์ทั้งหลาย ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ช่วยส่งเสริมสนับสนุนให้ข้าพเจ้าได้เจริญเติบโตในหน้าที่การงาน และได้มีโอกาสศึกษาต่อจนสำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยบูรพาแห่งนี้

พิเชษฐ์ พิเชฐพงศ์ธร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่ออังกฤษ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

ขอบเขตของการวิจัย 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

แผนดำเนินการ 6

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

ข้อบังคับคณะกรรมการการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย 7

การบริหารจัดการจราจร 9

การแก้ไขปัญหาจราจรในประเทศไทย 10

การควบคุมการจราจรบริเวณทางแยก 17

การพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมการจราจร 27

สัญญาณไฟจราจร 39

วงเวียน 48

ปริมาณจราจร 57

เวลาที่ใช้ในการเดินทาง และความล่าช้า 61

ระดับการให้บริการ 64

จุดตัดกระแสจราจร 67

3 วิธีดำเนินการวิจัย 71

ขั้นตอนดำเนินการศึกษา 71

การเก็บรวบรวมข้อมูล 72

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	พื้นที่ศึกษา	73
	แนวทางในการวิเคราะห์	76
4	ผลการวิเคราะห์และอภิปรายผล	80
	ปริมาณจราจรบริเวณพื้นที่การศึกษา	80
	ข้อมูลสถิติการเกิดอุบัติเหตุ	82
	ปริมาณคนข้ามถนนในชั่วโมงเร่งด่วน	82
	สภาพปัญหาการจราจรบริเวณสี่แยกพื้นที่ศึกษา	83
	การวิเคราะห์ระดับการให้บริการด้วยโปรแกรม SIDRA	85
	การวิเคราะห์ระดับการให้บริการด้วยวิธีการ Currin (2001)	88
	การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระดับการให้บริการ	89
	การพิจารณาวิธีควบคุมการจราจรที่เหมาะสมกับทางแยกพื้นที่ศึกษา	90
5	สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	95
	สรุปผลการศึกษา	95
	ข้อเสนอแนะ	95
	การพิจารณาเปรียบเทียบด้านความล่าช้าและด้านค่าใช้จ่าย	100
บรรณานุกรม		106
ภาคผนวก		109
	ภาคผนวก ก	110
	ภาคผนวก ข	115
	ภาคผนวก ค	131
ประวัติย่อของผู้วิจัย		144

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1-1	แผนดำเนินการ	6
2-1	ระยะการมองเห็นที่น้อยที่สุด	24
2-2	สถานการณ์ A ปริมาณยานพาหนะต่ำสุด	37
2-3	สถานการณ์ B การขัดขวางจราจรต่อเนื่อง	38
2-4	เวลาไฟเหลืองโดยประมาณ	42
2-5	การพิจารณาความเหมาะสมเบื้องต้นสำหรับการติดตั้งวงเวียน	53
2-6	แนวทางเบื้องต้นในการออกแบบทางเรขาคณิตของวงเวียน	55
2-7	ระดับการให้บริการและความล่าช้าจากการหยุดบริเวณทางแยก	64
4-1	ปริมาณจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า	80
4-2	ปริมาณจราจรนอกช่วงเวลาเร่งด่วน	81
4-3	ปริมาณจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น	81
4-4	สถิติการเกิดอุบัติเหตุบริเวณทางแยกพื้นที่ศึกษา	82
4-5	ปริมาณคนข้ามถนนบริเวณทางแยกพื้นที่ศึกษา	82
4-6	ผลการวิเคราะห์ระดับการให้บริการของทางแยกทั้ง 4 เงื่อนไข ที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้านวิศวกรรมจราจร (SIDRA 5.0)	87
4-7	ผลการวิเคราะห์ระดับการให้บริการ ที่วิเคราะห์ด้วยข้อมูลความล่าช้าจากการหยุดบริเวณทางแยกด้วยวิธีการ Currin (2001)	88
4-8	การเปรียบเทียบระดับการให้บริการ ระหว่างการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SIDRA 5.0 กับการวิเคราะห์ด้วยวิธีการ Currin (2001)	89
4-9	ปริมาณจราจรที่รองรับได้ของวงเวียนแต่ละขนาด	91
4-10	ปริมาณจราจรที่เข้าสู่ทางแยกจากถนนสายหลักและถนนสายรอง	92
5-1	ขนาดและรัศมีวงเลี้ยวของยวดยานประเภทต่าง ๆ ตามมาตรฐานญี่ปุ่น	98
5-2	ปริมาณรถสายรองทั้งสองทิศทางที่วิ่งไปกลับรถ	100
5-3	ระยะเวลาที่รถสายรองเดินทางไปกลับรถและกลับถึงทางแยก ในช่วง 15 นาที ที่มีปริมาณจราจรสูงสุดของชั่วโมงเร่งด่วน	101
5-4	ผลการวิเคราะห์ความล่าช้าจากการหยุดของรถสายรองในช่วง 15 นาที ที่มีปริมาณจราจรสูงสุดของชั่วโมงเร่งด่วน	101

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

5-5 ผลการเปรียบเทียบความล่าช้าระหว่างการเลี้ยวซ้ายไปกลับรถ กับการหยุดรอจังหวะขับตัดกระแสจราจรที่ทางแยกของรถสายรอง 102

5-6 รายการประมาณราคางานปรับปรุงเกาะกลางทางแยกพื้นที่ศึกษาและจุดกลับรถ..... 103

5-7 รายการประมาณราคางานติดตั้งสัญญาณไฟจราจร (ไฟเขียว-ไฟแดง) สี่แยกพื้นที่ศึกษา 104

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	ตำแหน่งที่ตั้งนิคมอุตสาหกรรมเกตเวย์ ซิตี้	2
1-2	ถนนสายประธาน	3
1-3	อ่างเก็บน้ำดิบ	3
1-4	โรงผลิตน้ำประปา	4
1-5	สถานีไฟฟ้าย่อย	4
1-6	โรงบำบัดน้ำเสีย	5
1-7	บ่อฝังกลบขยะ	5
2-1	ลักษณะของทางแยกและสภาพโดยทั่วไปของสามแยกจงถนอม	13
2-2	เกณฑ์ในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ที่พิจารณาจากปริมาณจราจร	15
2-3	มาตรการปรับปรุงสามแยกจงถนอม	16
2-4	ขั้นตอนการพิจารณาวิธีควบคุมการจราจรที่ทางแยก	20
2-5	ทางเลือกวิธีควบคุมการจราจรทางแยกจากปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน	23
2-6	การติดตั้งสัญญาณไฟ ที่พิจารณาจากปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน	29
2-7	เกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร พิจารณาจากปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน	30
2-8	เกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรพิจารณาจากปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน (70% ของเกณฑ์)	31
2-9	การติดตั้งสัญญาณไฟที่พิจารณาจากปริมาณคนข้ามถนน	32
2-10	เกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร พิจารณาจากปริมาณคนข้ามถนนใน 4 ชั่วโมงใด ๆ	33
2-11	เกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร พิจารณาจากปริมาณคนข้ามถนนสำหรับ 4 ชั่วโมงใด ๆ (70% ของเกณฑ์)	34
2-12	เกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร พิจารณาจากปริมาณคนข้ามถนนในชั่วโมงเร่งด่วน	34
2-13	เกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร พิจารณาจากปริมาณคนข้ามถนนในชั่วโมงเร่งด่วน (70% ของเกณฑ์)	35
2-14	ขั้นตอนการพิจารณาวิธีควบคุมการจราจรที่ทางแยก	36
2-15	ช่วงเวลาที่สูญเสียทั้งหมดของสัญญาณไฟเขียว	45
2-16	เปรียบเทียบจำนวนจุดขัดแย้งระหว่างสี่แยกกับวงเวียน	50
2-17	ความเร็วที่ลดลงของรถขณะเข้าสู่วงเวียน	50

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

2-18 โอกาสสูญเสียชีวิตจากการถูกรถชนในความเร็วที่ต่างกัน 51
2-19 ส่วนประกอบของวงเวียน 52
2-20 ปริมาณจราจรที่เหมาะสมกับวิธีควบคุมปริมาณจาจรจรแบบต่าง ๆ 53
2-21 ลักษณะของวงเวียนขนาดเล็กมาก 55
2-22 ลักษณะของวงเวียนขนาดเล็ก 56
2-23 ลักษณะของวงเวียนขนาดกลาง 56
2-24 ลักษณะของวงเวียนขนาดใหญ่ 57
2-25 แบบบันทึกข้อมูลความล่าช้าจากการหยุดบริเวณทางแยก 63
2-26 ภาพถ่ายระดับการให้บริการ A ถึง F 66
2-27 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการ/ ความเร็วรถ และปริมาณ/ ความจุ 67
2-28 ประเภทจุดตัดกระแสจราจร 68
2-29 ตัวอย่างการจำกัดพื้นที่จุดตัดกระแสจราจร 68
2-30 ตัวอย่างการจัดการจุดตัดกระแสจราจรแบบต่าง ๆ 69
2-31 ตัวอย่างการแยกจุดตัดกระแสจราจร 70
3-1 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา 72
3-2 ตำแหน่งที่ตั้งทางแยกพื้นที่ศึกษา 73
3-3 แบบรูปทางแยกพื้นที่ศึกษา 74
3-4 ภาพถ่ายสี่แยกพื้นที่ศึกษา (มองจากด้านทิศตะวันออก) 75
3-5 ภาพถ่ายสี่แยกพื้นที่ศึกษา (มองจากด้านทิศเหนือ) 75
3-6 รูปตัดถนนสายประธานในนิคม ฯ (ถนนสายหลักของพื้นที่ศึกษา) 77
3-7 รูปตัดถนนสายรองประธานในนิคม ฯ 78
3-8 รูปตัดถนนซอยในนิคม ฯ (ถนนสายรองของพื้นที่ศึกษา) 79
4-1 ภาพถ่ายลักษณะปัญหาจุดตัดกระแสจราจรที่เกิดจากรถสายรองของทางแยกพื้นที่ศึกษา 83
4-2 ภาพถ่ายลักษณะปัญหาทางกายภาพบริเวณเกาะกลางของทางแยกพื้นที่ศึกษา 84
4-3 ภาพถ่ายลักษณะปัญหาการจอดรถกีดขวางการจราจรบริเวณกลางทางแยกพื้นที่ศึกษา 84
4-4 แบบรูปทางแยกที่ควบคุมการจราจรด้วยป้ายหยุด แบบ 2 ทิศทาง
ตามลักษณะทางกายภาพเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน 85

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-5 แบบรูปทางแยกที่ควบคุมการจราจรด้วยป้ายหยุดแบบ 2 ทิศทางที่ปรับปรุงลักษณะทางกายภาพให้มีช่องจอดรอเลี้ยวขวาบนทางสายหลักทั้ง 2 ทิศทาง..... 86

4-6 กราฟแสดงเกณฑ์ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนบนถนนสายหลัก และสายรองที่ใช้พิจารณาเหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร..... 93

4-7 กราฟแสดงเกณฑ์ปริมาณคนข้ามถนนในชั่วโมงเร่งด่วน ที่ใช้พิจารณาเหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร 94

5-1 รูปแบบการปรับปรุงเกาะกลางให้มีช่องจราจรสำหรับจอดรอเลี้ยวขวา 96

5-2 รูปแบบการปรับปรุงเกาะกลางให้มีช่องจราจรสำหรับจอดรอกลับรถ 97

5-3 จุดกลับรถที่จำกัดสิทธิ์รถทางสายรองทั้ง 2 ทิศทาง ห้ามตรงและห้ามเลี้ยวขวา (ให้เลี้ยวซ้ายไปกลับรถ) 99

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

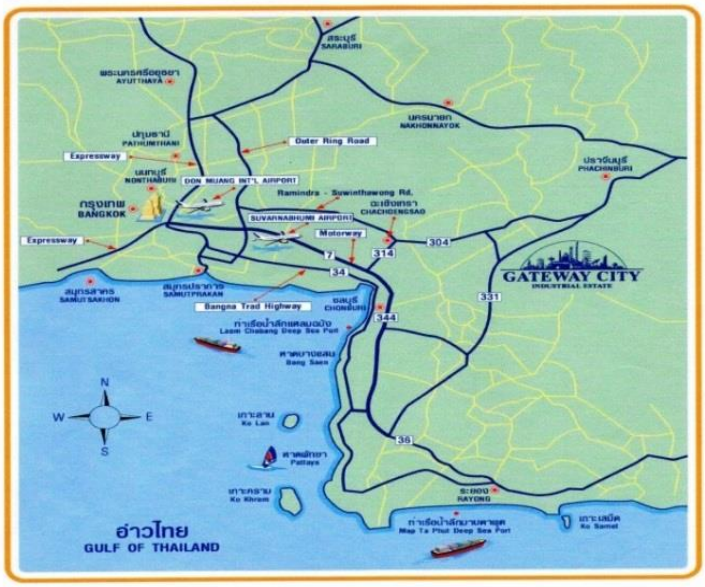
นิคมอุตสาหกรรมเกตเวย์ ซิตี้ ได้ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี 2533 ตั้งอยู่ที่บริเวณกิโลเมตรที่ 10 ของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 331 ในเขตพื้นที่ ต.หัวสำโรง และ ต.แปลงยาว อ.แปลงยาว จ.ฉะเชิงเทรา โดยเป็นโครงการที่ร่วมดำเนินการระหว่าง บมจ. เอ็ม ดี เอ็กซ์ จำกัด กับการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (กนอ.) ตำแหน่งที่ตั้งนิคม ฯ แสดงดังภาพที่ 1-1

โดยบริษัท ฯ เป็นผู้รวบรวมจัดหาที่ดินและก่อสร้างระบบสาธารณูปโภคส่วนกลาง รวมทั้งเป็นผู้บริหารจัดการและเป็นเจ้าของกรรมสิทธิ์ในระบบสาธารณูปโภค ส่วนการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (กนอ.) เป็นผู้ควบคุมกำกับดูแลด้านนโยบายตามระเบียบราชการ ปัจจุบันมีพื้นที่พัฒนาแล้วจำนวน 5,138 ไร่ โดยเป็นแปลงที่ดินสำหรับตั้งโรงงานจำนวน 3,682 ไร่ และมีโรงงานเปิดดำเนินการแล้วจำนวน 51 โรง (พื้นที่รวม 2,886 ไร่) คิดเป็น 78.38% ของพื้นที่สำหรับตั้งโรงงานทั้งหมดของนิคม ฯ มีจำนวนพนักงานรวมกันทุกโรงประมาณ 17,000 คน และมีระบบสาธารณูปโภคหลัก ดังนี้ ถนนสายประธานขนาด 3 ช่องจราจรต่อทิศทาง อ่างเก็บน้ำดิบความจุ 6.9 ล้านลูกบาศก์เมตร โรงผลิตน้ำประปา กำลังผลิต 23,350 ลบ.เมตรต่อวัน สถานีไฟฟ้าย่อยขนาด 150 เมกกะวัตต์ โรงบำบัดน้ำเสีย กำลังบำบัด 17,000 ลบ.เมตรต่อวัน และบ่อฝังกลบขยะขนาด 66,000 ตัน ระบบสาธารณูปโภคแสดงดังภาพที่ 1-2 ถึงภาพที่ 1-7

ปัจจุบันมีการขยายตัวของโรงงานในนิคม ฯ เริ่มเกิดปัญหาจราจรในบางทางแยกของถนนสายประธาน เฉพาะในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า-เย็นของวันทำงาน ซึ่งทางแยกทั้งหมดบนถนนสายประธานของนิคม ฯ ใช้วิธีควบคุมการจราจรทางแยกด้วยป้ายหยุดแบบสองทิศทาง (Two-way stop control, TWSC) จากปัญหาดังกล่าวได้มีโรงงานผู้ประกอบการในนิคม ฯ สอบถามถึงความจำเป็นในการติดตั้งระบบสัญญาณไฟจราจร (ไฟเขียว-ไฟแดง) หรือการจัดการด้านจราจรใด ๆ ที่สามารถแก้ไขหรือบรรเทาปัญหาจราจร และเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้ใช้รถใช้ถนน จึงเป็นที่มาของการ ศึกษางานนิพนธ์ฉบับนี้

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขหรือบรรเทาปัญหาจราจรที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเร่งด่วน ทั้งในแง่ความปลอดภัยของผู้ใช้รถใช้ถนน และในแง่ความคล่องตัวของการจราจร และเพื่อให้ทราบถึงวิธีควบคุมการจราจรทางแยกที่เหมาะสมกับสภาพการจราจร และสภาพพื้นที่บริเวณสี่แยกพื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 1-1 ตำแหน่งที่ตั้งนิคมอุตสาหกรรมเกตเวย์ ซิตี้

ขอบเขตของการวิจัย

ทำการศึกษาปริมาณและสภาพจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนของพื้นที่ศึกษา (บริเวณสี่แยกหน้าสำนักงานนิคมอุตสาหกรรมเกตเวย์ ซิตี้ อ.แปลงยาว จ.ฉะเชิงเทรา) เพื่อวิเคราะห์ระดับการให้บริการของทางแยก และศึกษาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาจราจร โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสำรวจในภาคสนาม และการศึกษารวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ปริมาณการเกิดอุบัติเหตุ ปริมาณคนเดินข้ามถนน สภาพทางด้านกายภาพของทางแยก การลดจุดขัดแย้งบริเวณทางแยกเพื่อหาแนวทางในการจัดการจราจร และวิธีควบคุมจราจรที่เหมาะสมเพื่อให้มีความคล่องตัวและให้มีความปลอดภัยด้านการจราจรเพิ่มมากขึ้น

ภาพที่ 1-2 ถนนสายประธาน

ภาพที่ 1-3 อ่างเก็บน้ำดิบ

ภาพที่ 1-4 โรงผลิตน้ำประปา

ภาพที่ 1-5 สถานีไฟฟ้าย่อย

ภาพที่ 1-6 โรงบำบัดน้ำเสีย

ภาพที่ 1-7 บ่อฝังกลบขยะ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงปริมาณจราจรและสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนของทางแยกพื้นที่ศึกษา

2. ทราบถึงระดับการให้บริการของทางแยกในชั่วโมงเร่งด่วนของพื้นที่ศึกษา

3. ทราบถึงแนวทางการแก้ไขหรือบรรเทาปัญหาจราจร และแนวทางการเพิ่มความปลอดภัยด้านการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนของทางแยกพื้นที่ศึกษา

4. ทราบถึงวิธีควบคุมการจราจรทางแยกและการจัดการจราจรที่เหมาะสมกับปริมาณจราจรของทางแยกพื้นที่ศึกษา

5. ทราบถึงวิธีการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของทางแยกพื้นที่ศึกษา

แผนดำเนินการ

ผู้ศึกษาได้วางแผนดำเนินการไว้ดังตารางที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 แผนดำเนินการ

หัวข้อ	กิจกรรม	2557			2558			
		ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1	พิจารณาหัวข้องานนิพนธ์							
2	ทบทวนวรรณกรรม ศึกษาหลักการที่เกี่ยวข้อง							
3	สำรวจปริมาณ และปัญหาจราจร							
4	วิเคราะห์วิธีควบคุมการจราจร							
5	วิเคราะห์ระดับการให้บริการ							
6	วิเคราะห์การปรับปรุงลักษณะทางกายภาพ							
7	วิเคราะห์แนวทางบรรเทาปัญหาจราจร							
8	สรุปผลการศึกษา/ ข้อเสนอแนะ							

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้ศึกษาทำการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อของงานนิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย เรื่องข้อบังคับคณะกรรมการการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย การบริหารจัดการด้านจราจร การแก้ไขปัญหาจราจรในประเทศไทย การพิจารณาเลือกใช้วิธีควบคุมการจราจรบริเวณทางแยก การสำรวจปริมาณจราจร การสำรวจความล่าช้า การวิเคราะห์ระดับการให้บริการ การแก้ไขจุดขัดแย้งกระแสจราจร และการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพทางแยกโดยมีรายละเอียดดังนี้

ข้อบังคับคณะกรรมการการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยได้กำหนด มาตรฐานระบบสาธารณูปโภค สิ่งอำนวยความสะดวกและบริการในนิคมอุตสาหกรรม และประกาศในราชกิจจานุเบกษา (2555) หมวดที่ 1 เรื่องระบบถนนภายในหรือทางเชื่อมต่อกับถนนหรือทางภายนอกนิคมอุตสาหกรรม ดังนี้

1. การออกแบบระบบถนนภายในหรือทางเชื่อมต่อกับถนนหรือทางภายนอกนิคมอุตสาหกรรม ต้องเป็นไปตามมาตรฐานหลักวิชาวิศวกรรมการทางและจราจร มาตรฐานกรมทางหลวง และมาตรฐานความปลอดภัยด้านการจราจร โดยให้มีแบบถนน ตลอดจนขนาดของเขตทางและผิวจราจรเป็นสัดส่วนกับขนาดของนิคมอุตสาหกรรม ดังนี้

1.1 นิคมอุตสาหกรรมที่มีพื้นที่ 1,000 ไร่ขึ้นไป ให้ออกแบบถนนสายประธานเป็นแบบถนน 4 ช่องทาง มีเขตทางไม่น้อยกว่า 30 เมตร ผิวจราจรไม่น้อยกว่า 14 เมตร โดยมีเกาะกลางถนนและทางเท้าไม่น้อยกว่าข้างละ 2 เมตร

1.2 นิคมอุตสาหกรรมที่มีพื้นที่ 500 ไร่ขึ้นไป แต่ไม่เกิน 1,000 ไร่ ให้มีถนนสายประธานเป็นแบบถนน 2 ช่องทาง มีเขตทางไม่น้อยกว่า 20 เมตร ผิวจราจรไม่น้อยกว่า 7 เมตร และให้มีทางเท้าไม่น้อยกว่าข้างละ 2 เมตร และต้องมีผิวทางหรือไหล่ทางที่กว้างเพียงพอสำหรับจอดรถในกรณีฉุกเฉิน

1.3 นิคมอุตสาหกรรมที่มีพื้นที่ 100 ไร่ขึ้นไป แต่ไม่เกิน 500 ไร่ ให้มีถนนสายประธานเป็นแบบถนน 2 ช่องทาง มีเขตทางไม่น้อยกว่า 16 เมตร ผิวจราจรกว้างไม่น้อยกว่า 7 เมตร และให้มีทางเท้าไม่น้อยกว่าข้างละ 2 เมตร และต้องมีผิวทางหรือไหล่ทางที่กว้างเพียงพอสำหรับจอดรถในกรณีฉุกเฉิน

1.4 นิคมอุตสาหกรรมที่มีขนาดไม่เกิน 100 ไร่ ให้มีถนนสายประธานเป็นแบบ 2 ช่องทาง มีเขตทางไม่น้อยกว่า 12 เมตร ผิวจราจรไม่น้อยกว่า 7 เมตร โดยมีไหล่ทางและทางเท้ารวมกันไม่น้อยกว่าข้างละ 2.5 เมตร

2. ความลาดชันของผิวจราจรในนิคมอุตสาหกรรม ให้ก่อสร้างตามหลักเกณฑ์ดังนี้

2.1 ความลาดชันของผิวจราจรที่เป็นทางเนินต้องไม่เกิน 4% ต่อทางราบ 100 ส่วน และให้มีระดับราบรองรับ (Brake grade)

2.2 ความลาดชันของผิวจราจรที่เป็นทางราบต้องไม่เกิน 2% ต่อทางราบ 100 ส่วน

3. ผิวจราจรต้องเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก แอสฟัลต์ติกคอนกรีต คอนกรีตเสริมเหล็กลาดด้วยแอสฟัลต์หรือปูทับด้วยวัสดุอื่น หรือลาดยางแอสฟัลต์รองด้วยชั้นวัสดุพื้นทางที่มีความหนาและบดอัดแน่นตามมาตรฐานวิชาการกำหนด ดังนี้

3.1 ผิวจราจรประเภทคอนกรีต ต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 21 เซนติเมตร เมื่อชั้นดินเดิม C.B.R. ไม่น้อยกว่า 3% หรือเมื่อชั้นดินทรุดตัวสม่ำเสมอแล้ว C.B.R. ต้องไม่มากกว่า 3%

3.2 ผิวจราจร ประเภทแอสฟัลต์ติกคอนกรีต ต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร เมื่อพื้นดินอ่อนจนถึงพื้นดินแข็ง C.B.R. ตั้งแต่ 1% ขึ้นไป

4. ถนนที่ตัดผ่านคลองหรือลำรางสาธารณะซึ่งมีความจำเป็นจะต้องสร้างเป็นสะพาน สะพานท่อ หรือท่อลอด แล้วแต่กรณี ให้ดำเนินการออกแบบและก่อสร้างตามมาตรฐานวิชาการกำหนด

5. ถนนที่เป็นทางเข้าออกของนิคมอุตสาหกรรมที่บรรจบกับทางหลวงแผ่นดินหรือทางสาธารณประโยชน์ต้องมีความกว้างของเขตทางให้สอดคล้องกับหลักเกณฑ์ตามที่กำหนดในข้อ 1

6. ระดับความสูงของถนนต้องสอดคล้องกับระบบระบายน้ำในนิคมอุตสาหกรรม อีกทั้งต้องได้ระดับและมาตรฐานกับทางสาธารณะ

7. ให้ปลูกหญ้าหรือปลูกต้นไม้บนเนิน (Slope) ตลอดแนวสองข้างถนน หรือดำเนินการอื่นใดเพื่อป้องกันการทรุดตัวของไหล่ทางลาดเอียง (Slope protection)

8. ให้ติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ป้ายสัญญาณจราจร หรืออุปกรณ์สะท้อนแสงไฟบริเวณเกาะกลางถนน วงเวียน ทางแยก ทางโค้ง ร่อง หรือสันนูนของถนนทุกแห่งโดยแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจน ตลอดจนการจัดให้มีระบบไฟฟ้าที่มีแสงสว่างอย่างเพียงพอในบริเวณถนนตามมาตรฐานความปลอดภัย ที่กรมทางหลวงกำหนด

9. การออกแบบและก่อสร้างระบบถนนภายในหรือทางเชื่อมต่อกับถนนหรือทางภายนอกนิคมอุตสาหกรรม นอกจากที่ได้กำหนดไว้ในหมวดนี้แล้วให้ดำเนินการตามมาตรฐานวิชาการกำหนด

การบริหารจัดการจราจร (Traffic management)

ยอดพล ธนาบริบูรณ์ (2542) ได้กล่าวไว้ว่า การบริหารจัดการจราจร หมายถึง แนวทางการแก้ปัญหาจราจรเพื่อเพิ่มความคล่องตัวของกระแสจราจร รวมถึงการปรับปรุงสภาพการจราจรโดยการใช้พื้นผิวจราจรเดิมให้เกิดประโยชน์สูงสุดด้วยการเพิ่มความจุ หรือเพิ่มความสามารถในการรองรับปริมาณจราจร โดยหลีกเลี่ยงการก่อสร้างขนาดใหญ่หรือการตัดถนนใหม่ โดยให้ความสำคัญที่องค์ประกอบรองรับการเดินทางแทนการควบคุมความต้องการเดินทาง

สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์ (2553) ได้กล่าวไว้ว่า การบริหารจัดการจราจร หมายถึง แนวทางการปรับปรุงองค์ประกอบรองรับความต้องการเดินทาง โดยนำแนวทางมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและความสะดวกให้ผู้ที่ใช้ถนน เพื่อพัฒนาถนนให้มีลักษณะเฉพาะดึงดูดสายตาผู้ใช้ถนน และเพื่อสนับสนุนให้มีการใช้รูปแบบการเดินทางประเภทอื่นแทนการใช้รถส่วนตัว รวมถึงเพื่อให้เกิดความเงียบสงบตามความต้องการของชุมชน

FHWA (2003) ได้แนะนำวิธีการบริหารจัดการในการอำนวยความสะดวกด้านการจราจรเพื่อให้สามารถลดความล่าช้า ลดการขัดแย้งบริเวณจุดตัด ลดความยาวแถวคอยบริเวณทางแยกและอื่น ๆ โดยการใช้แนวทางการจัดการต่าง ๆ เช่น การห้ามเลี้ยว การเดินรถทางเดียว และวิธีการควบคุม การจราจรบริเวณทางแยก ทั้งแบบที่ใช้และไม่ใช้ระบบสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น

Victoria Transport Policy Institute: Traffic Calming, org (2007) ได้แนะนำหลักการของการจัดการจราจร ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาจราจรในระดับชุมชนและระดับเมือง โดยแบ่งเป็น 4 มาตรการ ดังนี้ 1) มาตรการการจัดการจราจรในชุมชนโดยการทำสิ่งกีดขวางบริเวณทางเข้าหมู่บ้าน 2) มาตรการสำหรับคนเดินเท้าโดย การทำตำแหน่งทางข้ามถนนให้ชัดเจนขึ้นโดยแบ่งเป็น การติดตั้งเครื่องหมายจราจร การยกระดับพื้นทางแยก และการติดตั้งสัญญาณไฟสำหรับคนข้ามถนน 3) มาตรการจำกัดการจราจรระดับปานกลางโดยการทำเนินลูกกระโดด การทำวงเวียน การจัดช่องจราจรบริเวณทางแยก การทำถนนคอขวด การทำแถบลดความกว้างผิวจราจร การทำคอขวดบริเวณทางแยก การลดความกว้างผิวจราจรบริเวณหัวโค้ง และการทำเกาะจำกัดความเร็ว และ 4) มาตรการจำกัดการจราจรระดับรุนแรงโดยใช้การเดินรถทางเดียว การติดตั้งสิ่งกีดขวางบริเวณทางแยก การจำกัดการเลี้ยวบริเวณทางแยก การติดตั้งเครื่องกีดขวางตามแนวทแยงบริเวณทางแยก การปิดช่องจราจรบางส่วน การทำถนนแบบปลายตัน และการปิดกั้นถนนระหว่างทางแยก

การแก้ไขปัญหาจราจรในประเทศไทย

ในประเทศไทยจากอดีตที่ผ่านมาพบว่ามาตรการต่าง ๆ ที่นำมาใช้มักไม่ค่อยประสบความสำเร็จเท่าที่ควรเนื่องจากขาดความเข้มงวด และต่อเนื่องในการนำมาตรการไปใช้ เกิดการต่อต้านจากผู้เสียผลประโยชน์ ประชาชนไม่เห็นความสำคัญในการแก้ไขปัญหาจราจร ขาดการปรับปรุงคุณภาพหรือพัฒนาระบบขนส่ง รวมถึงขาดแคลนงบประมาณ และบุคลากรที่เชี่ยวชาญ

Shade and Schlag (2000) ได้แนะนำแนวทางการแก้ปัญหาโดยใช้กลยุทธ์ Three E's ซึ่งประกอบด้วย 1) ด้านการให้ความรู้ (Education) หมายถึง การให้ความรู้แก่ผู้เกี่ยวข้อง ซึ่งจะต้องแตกต่างกันไปตามหน้าที่ของแต่ละหน่วยงานอาจใช้รูปแบบการจัดประชุมเชิงวิชาการ การอบรม และการดูงานที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาจราจร 2) ด้านวิศวกรรม (Engineering) คือ การนำหลักวิชาการมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาจราจร และ 3) ด้านการบังคับใช้ (Enforcement) คือ การนำแนวทางการจัดการจราจรไปบังคับใช้อย่างจริงจังและต่อเนื่อง

ตัวอย่างการแก้ไขปัญหาจราจรในประเทศไทย

ตัวอย่างที่ 1 สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2554) ได้นำกลยุทธ์ Three E's มาใช้กับมาตรการควบคุมความต้องการเดินทางกับการแก้ไขปัญหาจราจรในประเทศไทย เพื่อแก้ไขปัญหาจราจรเฉพาะหน้าบริเวณทางแยกสัญญาณไฟในเขตเทศบาลนครสุราษฎร์ธานี จำนวน 2 ทางแยก โดยมีแนวทางการจัดระบบการจราจรดังนี้

1.1 ทางแยกสยามธารา (ศาลหลักเมือง) และบริเวณทางแยกธรรมบุตร 1) ด้านวิศวกรรม (Engineering) ทำการสำรวจข้อมูลปริมาณจราจรทางแยกบนถนนตลาดใหม่ ทำการปรับปรุงช่องทางจราจรให้สอดคล้องกับปริมาณจราจรและนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม AIMSUN และ SIDRA จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้มาประยุกต์ใช้ โดยกำหนดทิศทางจราจรที่ทางแยกให้สอดคล้องกับการปรับปรุงรอบสัญญาณไฟ รวมถึงการติดตั้งป้ายแนะนำช่องทางเดินรถบริเวณทางแยก 2) ด้านการให้ความรู้ (Education) ทำการประชาสัมพันธ์ในการจัดช่องทางเดินรถใหม่เพื่อลดการสับสนของผู้ขับขี่ และ 3) ด้านการบังคับใช้กฎหมาย (Enforcement) ขอความร่วมมือจากเจ้าหน้าที่ตำรวจให้ทำการ จับ ปรับ ผู้ที่ฝ่าฝืนกฎจราจรโดยเฉพาะการจอดรถในที่ห้ามจอด

1.2 ทางแยกหน้าโรงพยาบาลสุราษฎร์ธานี 1) ด้านวิศวกรรม (Engineering) ทำการสำรวจข้อมูลปริมาณจราจรทางแยกบนถนนตลาดใหม่นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม AIMSUN และ SIDRA จากนั้นทดลองจำลองสภาพจราจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยการเพิ่มช่วงระยะเวลาของสัญญาณไฟแดงทุกด้าน หรือการเพิ่มรอบสัญญาณไฟเพื่อรองรับการเดินข้ามถนน และนำเสนอการวิเคราะห์และการปรับปรุงต่อทางเทศบาลและสถานีตำรวจภูธร 2) ด้านการให้ความรู้ (Education) ขอความร่วมมือร้านค้าในการจัดระเบียบโดยไม่นำสิ่งของมาวางบนผิว

จราจรหรือบดบังป้ายจราจร รวมถึงประชาสัมพันธ์ให้ผู้ใช้รถทราบถึงผลกระทบจากการจอดรถที่ไม่เป็นระเบียบ และรณรงค์ขอความร่วมมือให้จอดรถในที่กำหนดไว้ให้ และ 3) ด้านการบังคับใช้กฎหมาย (Enforcement) ขอความร่วมมือจากเจ้าหน้าที่ตำรวจให้ตรวจ จับ ปรับผู้ฝ่าฝืนกฎจราจร โดยเฉพาะการจอดรถในที่ห้ามจอดและขอความร่วมมือจากเจ้าหน้าที่เทศกิจในการจัดระเบียบการขายของที่ล้ำเขตถนน

ตัวอย่างที่ 2 สมภพ วันดี (2555) ได้ศึกษาแนวทางการบริหารจัดการระบบจราจร การบรรเทาปัญหาจราจรด้วยเทคนิคการบริการจัดการจราจรกรณีศึกษาถนนสุขุมวิทช่วงเขตเมืองพัทยาโดยเสนอแนวทางที่แบ่งออกเป็นแผนระยะสั้นและระยะยาว ดังนี้

แผนระยะสั้น 1) ทำการปรับสัญญาณไฟจราจรทุกทางแยกในพื้นที่ศึกษาให้ สัมพันธ์กันเนื่องจากทางแยกมีการควบคุมด้วยระบบสัญญาณไฟจราจรแบบพื้นที่ (Area traffic control: ATC) ที่ปัจจุบันยังไม่ได้ใช้งานอย่างเหมาะสมและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด 2) ทำการปรับช่องจราจรบนถนนสุขุมวิทช่วงเขตเมืองพัทยา โดยจัดช่องจราจรสำหรับรถทางตรงให้สามารถวิ่งผ่านทางแยกได้โดยไม่ต้องติดสัญญาณไฟแดงซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาในการเดินทาง 3) ทำการจัดระเบียบการจอดรถไม่ให้กีดขวางการจราจรในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน การห้ามจอดรถในที่ห้ามจอดหรือกลับรถในจุดห้ามกลับรถ เป็นต้น และ 4) การบังคับใช้กฎหมายจราจร หน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการจราจรควรให้ความสำคัญในบังคับใช้กฎหมายจราจรอย่างเคร่งครัดและต่อเนื่อง

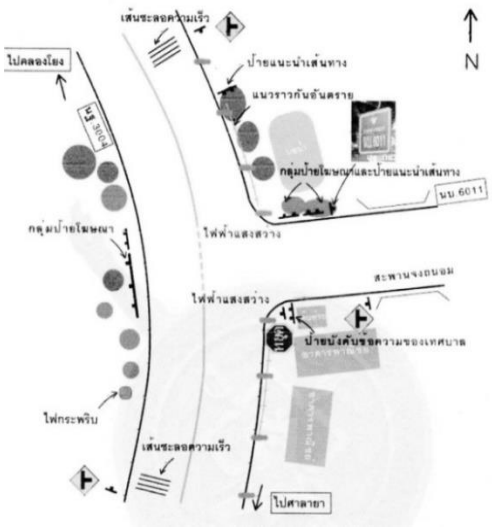
แผนระยะยาว 1) ทำการก่อสร้างทางลดระดับบริเวณถนนสุขุมวิทในพื้นที่ศึกษา เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่ประสบกับปัญหาจราจรอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชั่วโมงเร่งด่วนของวันทำงานและวันหยุดช่วงเทศกาลต่าง ๆ เพื่อแก้ไขปัญหาจราจรติดขัดบนทางแยกหลัก ได้แก่ แยกพัทยาเหนือ แยกพัทยากลาง แยกพัทยาใต้ และแยกเทพประสิทธิ์ ทั้งนี้หากสามารถแก้ปัญหาการจราจรที่ติดขัดบนทางแยกเหล่านี้ได้ก็จะสามารถบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัดบนถนนสุขุมวิทในพื้นที่ศึกษาได้ตามไปด้วย 2) ทำการจัดหาพื้นที่จอดรถหรือก่อสร้างอาคารจอดรถขนาดใหญ่ในเขตเมืองพัทยาเพื่อรองรับปริมาณรถที่เพิ่มขึ้น เพื่อแก้ไขปัญหาความล่าช้าในการเดินทางจากการจอดรถในที่ห้ามจอด การจอดรถกีดขวางการจราจร และการกลับรถในจุดห้ามกลับรถ เป็นต้น และ 3) การจัดหาพื้นที่จอดรถเช่าในเส้นทางถนนพัทยาสาย 1 ซึ่งมี 3 ช่องจราจร กำหนดเดินรถทางเดียว ซึ่งเป็นถนนสายนี้เป็นถนนสายสำคัญเนื่องจากเป็นสถานที่ตั้งของสถานประกอบการด้านธุรกิจ ปัจจุบันรถสามารถวิ่งได้แค่ 2 ช่องจราจร เนื่องจากผู้ประกอบการรถเช่านำรถมาจอดในช่องจราจรซ้ายสุดตลอดแนวทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดตลอดทั้งวัน

ตัวอย่างที่ 3 อภิรัฐ นามแสน, นราธิปต์ ปัญญาวัฒโน และชยานนท์ สภานนท์ (2552) ได้ศึกษาแนวทางการแก้ปัญหาจราจรบริเวณถนนศุษิลวรณ์ และถนนกานตรัตน์ ซึ่งเป็นงานวิจัยเชิงสำรวจปริมาณจราจร เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ซึ่งพบว่าช่วงเวลา 7.30 น. ถึง 7.45 น. เป็นช่วงที่มีการจราจรสูงสุด ซึ่งมีปริมาณจราจรทั้งหมดโดยเฉลี่ยในถนนศุษิลวรณ์ 1,241 คัน และถนนกานตรัตน์ 1,196 คัน โดยรถยนต์ส่วนตัวมีปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด ส่วนรถบรรทุกมีปริมาณเฉลี่ยน้อยที่สุดและได้สรุปสาเหตุ ที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อการจราจรไว้ ดังนี้ 1) ปริมาณการจราจรในทิศทางที่ออกจาก บก.ทอ. ตรง เข้าสู่โรงเรียนนายเรืออากาศในทิศทางที่ออกจาก บก.ทอ. เลี้ยวขวาออกไปสะพานใหม่และเลี้ยวขวาเข้าโรงเรียนนายเรืออากาศ มีปริมาณน้อยมาก เมื่อเทียบกับปริมาณจราจรทั้งหมดของถนนศุษิลวรณ์ แต่ส่งผลต่อการจราจรใน ทิศทางจากแยก คปอ. ที่มุ่งสู่สะพานใหม่โดยทำให้รถที่พ้นจากแยก คปอ. ต้องชะลอตัวบริเวณหน้าโรงเรียนนายเรืออากาศ เพื่อให้ทางแก่รถในทิศทางดังกล่าว 2) สภาพผิวจราจรที่ทำการซ่อมบริเวณก่อนถึงทางเข้าโรงเรียนนายเรืออากาศ เป็นอีกสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนช่องจราจรกะทันหัน และ 3) สัญญาณไฟจราจรและป้ายจราจรบริเวณดังกล่าวไม่อยู่ในสภาพที่ใช้การได้หรือไม่เปิดใช้งาน แต่ใช้การตัดสินใจของเจ้าหน้าที่ควบคุมการจราจรซึ่งมีปริมาณที่ไม่เพียงพอ

แนวทางการแก้ไขปัญหาจราจร 1) เพื่อเป็นการลดการชะลอตัวของการจราจรบริเวณถนนศุษิลวรณ์ และหน้าโรงเรียนนายเรืออากาศ รถใน 3 ทิศทาง ดังนี้ 1) ทิศที่ออกจากถนนศุษิลวรณ์เลี้ยวขวาไปสะพานใหม่ และที่จะตรงเข้าโรงเรียนนายเรืออากาศรถที่มาจากสะพานใหม่และเลี้ยวขวาเข้าโรงเรียนนายเรืออากาศ ให้ไปใช้เส้นทางถนนศุษิลวรณ์ไปออกบริเวณถนนจันทรุเบกษา (คปอ.) แล้วจึงทำการเลี้ยวขวากลับมายังฝั่งโรงเรียนนายเรืออากาศ โดยใช้ 2 ช่องจราจร คือ ช่องกลาง และขวาสุดฝั่งโรงเรียนนายเรืออากาศ ส่วนช่องจราจรซ้ายสุดของฝั่งโรงเรียนนายเรืออากาศใช้สำหรับระบายรถที่มาจากทางทิศตะวันออกเลี้ยวซ้ายไปยังทิศใต้ 2) ยุบรวมป้ายรถประจำทางบริเวณหน้าโรงเรียนนายเรืออากาศ ไปรวมกับป้ายรถประจำทางเข้าช่องทางระหว่าง โรงเรียนนายเรืออากาศ กับหอประชุมกานตรัตน์ ซึ่งห่างออกไปจากจุดเดิมประมาณ 80 เมตร ทั้งนี้นอกจากจะเป็นการระบายรถประจำทางที่จอดผิดกฎจราจรบริเวณหน้าโรงเรียนนายเรืออากาศ แล้วยังเอื้อให้ข้าราชการที่จะข้ามไปยังฝั่ง บก.ทอ. ใช้สะพานลอยในการข้ามได้สะดวกขึ้น เป็นการลดทั้งอุบัติเหตุและลดการชะลอตัวของรถที่มาจากทางทิศเหนือ 3) เสนอให้มีการปรับปรุงและซ่อมแซมสัญญาณไฟจราจรและป้ายจราจรต่าง ๆ บริเวณถนนศุษิลวรณ์ และถนนกานตรัตน์ ให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานเพื่อเป็นการลดภาระให้กับเจ้าหน้าที่ควบคุมการจราจร

ตัวอย่างที่ 4 สำนักนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2548) ได้จัดทำโครงการศึกษาจัดทำระบบมาตรฐานความปลอดภัยด้านการจราจรและขนส่งระยะที่ 2 ภาคที่ 3 เล่มที่ 1 ในเรื่องการปรับปรุงแก้ไขจุดอันตรายบริเวณทางแยกแบบไม่มีสัญญาณไฟสามแยกจงถนอม ถนนศาลายา-บางภายี หมู่ 5 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม ซึ่งเป็นสามแยกรูปตัวทีที่มีถนน นบ. 6011 (สายรอง) บรรจบกับถนน นฐ.3004 (สายหลัก) และเป็นถนนที่อยู่ในความดูแลของกรมทางหลวงชนบททั้ง 2 สายทาง โดยถนนทั้ง 2 สายนี้ มี 2 ช่องจราจรวิ่งสวนกัน ไม่มีเกาะกลางช่วงทางแยก ถนนสายหลักเป็นทางโค้งนอกที่มีถนนสายรองมาบรรจบ สภาพโดยรอบบริเวณทางแยกของถนนสายหลักข้างทางมีต้นไม้ขึ้นสูง ไหล่ทางสูงและแคบ ทิศทางมุ่งหน้าศาลายาเมื่อผ่านแยกไปแล้วข้างทางด้านซ้ายมีแนวอาคารพาณิชย์ ส่วนถนนสายรองสภาพทั่วไปแนวถนนมีลักษณะเป็นทางตรงก่อนถึงทางแยกประมาณ 50 เมตร มีสะพานข้ามคลองลักษณะเป็นเนินสูง ด้านซ้ายมือหลังจากลงสะพานมีแนวอาคารพาณิชย์จนถึงทางแยก ด้านขวามือมีพงหญ้าและต้นไม้ขึ้นสูง มีการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง 2 จุด ที่มุมขวาและซ้ายของทางแยก และมีการติดตั้งราวกันอันตราย

บนถนนสายหลักก่อนถึงและเลยทางแยกไปแล้วเฉพาะด้านทิศทางมุ่งหน้าศาลายา แสดงดังภาพที่ 2-1

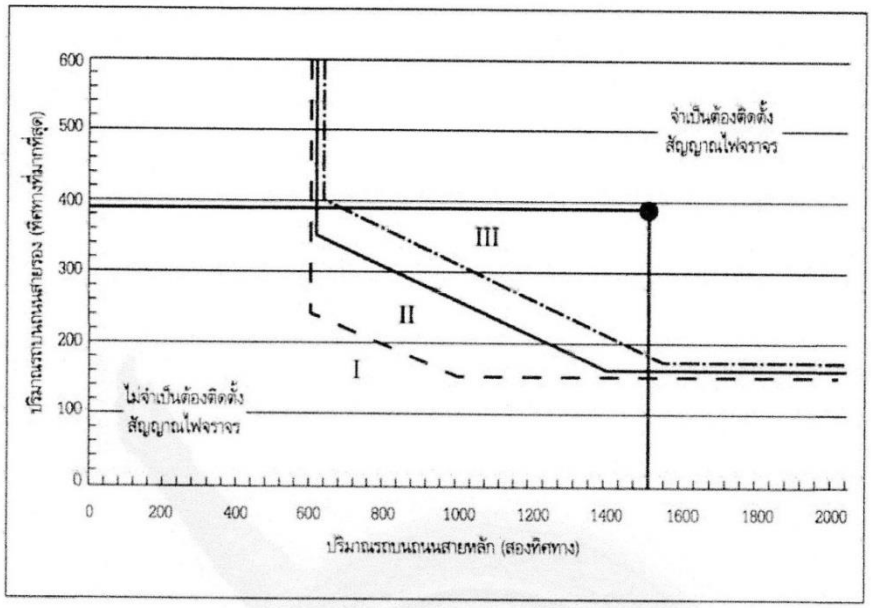


ภาพที่ 2-1 ลักษณะของทางแยกและสภาพโดยทั่วไปของสามแยกจงถนอม
(สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งจราจร, 2554)

จากข้อมูลอุบัติเหตุจราจรที่รวบรวมจากสถานีตำรวจภูธรอำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2546 ถึงเดือนกันยายน 2547 พบว่าเกิดอุบัติเหตุเฉพาะที่เป็นคดีความทั้งหมด 5 ครั้ง ภายในระยะเวลาไม่ถึง 1 ปี มีผู้เสียชีวิต 1 ราย และบาดเจ็บ 3 ราย หากพิจารณาตามเกณฑ์ของกรมทางหลวงถือว่าทางแยกนี้เป็นทางแยกอันตราย รายละเอียดของการเกิดอุบัติเหตุ 2 ใน 5 ครั้ง เกิดในขณะรถบนถนนสายหลักที่มาจากศาลายาจะเลี้ยวขวาเข้าถนนสายรองชนกับรถทางตรงของถนนสายหลักที่มุ่งหน้าศาลายา ส่วนอุบัติเหตุอีก 2 ครั้ง เกิดจากรถจากถนนสายรองที่เลี้ยวขวาเข้าทางหลักชนกับรถที่มาจากทางหลัก (ทั้ง 2 ทิศทาง) รวม 2 ครั้ง และอีก 1 ครั้ง เกิดจากรถบนถนนสายหลักเสียหลักหลุดโค้งตกถนนบริเวณทางแยกในช่วงกลางคืน จากข้อมูลปริมาณจราจร ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็น (16.30 น. ถึง 17.30 น.) พบว่าทางแยกนี้มีปริมาณจราจรเข้าสู่ทางแยกรวม 1,932 คัน ทิศทางที่มีปริมาณจราจรมากที่สุดคือ รถบนถนนสายหลักที่มาจากศาลายาวิ่งตรงผ่านทางแยกจำนวน 700 คัน และทิศทางที่มีปริมาณจราจรน้อยที่สุดคือ รถจากถนนสายรองที่เลี้ยวขวาเข้าทางหลัก จำนวน 44 คัน

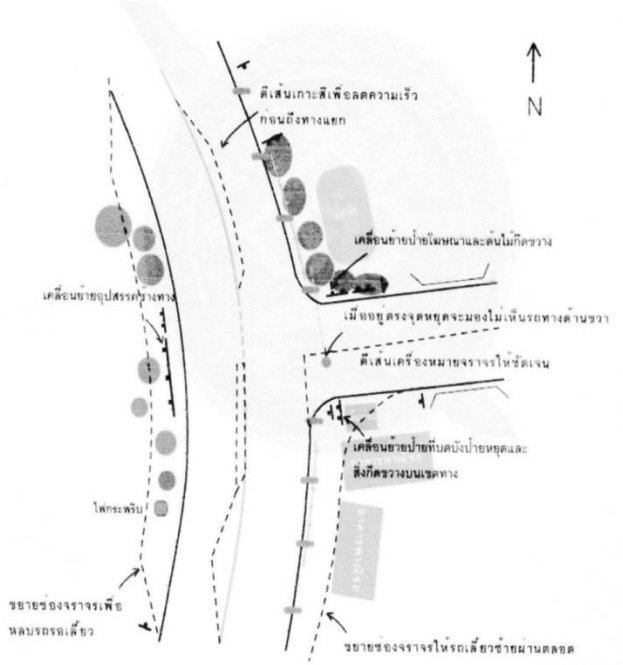
จากการสำรวจสภาพทางแยกในภาคสนาม พบว่าในส่วนที่เป็นปัญหาของรถสายรองทิศทางเข้าสู่ทางแยกเกิดจากระยะการมองเห็นที่ไม่เพียงพอ เนื่องจากมีสิ่งบดบังทั้งด้านซ้าย และขวางทาง เช่น ต้นไม้ พงหญ้า และป้ายโฆษณาต่าง ๆ ส่วนปัญหาของถนนสายหลักทิศทางที่มุ่งหน้าศาลายามีระยะการมองเห็นไม่เพียงพอ และไม่มีเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางหรือเกาะกลางที่ให้เห็นตำแหน่งของทางแยกที่ชัดเจน ผู้ขับขี่จึงสนใจเพียงการบังคับรถให้เข้าโค้งไม่ได้ระวังก่อนถึงทางแยก และปัญหาสุดท้าย คือ รถจากถนนสายหลักทิศทางที่มาจากศาลายาซึ่งเป็นรถบรรทุกขนาดใหญ่และรถยนต์ส่วนบุคคลที่หยุดรอในช่วงทางโค้งเพื่อเลี้ยวขวาเข้าถนนสายรองอาจทำให้เกิดอันตรายต่อรถที่วิ่งตามหลัง หรือวิ่งสวนมาหลบหลีกได้ลำบาก เนื่องจากมีไหล่ทางที่แคบ

สำหรับแนวทางแก้ไขโดยการติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมการจราจรที่ทางแยกนั้น มีข้อที่ควรพิจารณา คือ ปริมาณจราจรที่เข้าสู่ทางแยกในชั่วโมงเร่งด่วน จากข้อมูลปริมาณจราจรบนถนนสายหลัก 2 ทิศทางรวมกันเท่ากับ 1,444 คัน บนถนนสายรองทิศทางที่มากที่สุด (เลี้ยวซ้าย) เท่ากับ 388 คัน ซึ่งหากนำไปเทียบกับกราฟแล้ว อยู่ในเกณฑ์ที่ควรพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟจราจรได้ แสดงดังภาพที่ 2-2 ส่วนข้อที่ควรพิจารณาอีกข้อหนึ่งได้แก่ จำนวนการเกิดอุบัติเหตุซึ่งคู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร เล่มที่ 3 (สนข.) ได้กล่าวไว้ว่า การพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟจราจรทางแยกที่เกิดอุบัติเหตุแล้วทำให้มีผู้เสียชีวิต บาดเจ็บ หรือมีทรัพย์สินเสียหายตั้งแต่ 20,000 บาทขึ้นไป และมีจำนวนตั้งแต่ 5 ครั้ง ในรอบ 1 ปี ดังนั้นทางแยกนี้จึงเข้าเกณฑ์เหตุอันควรในการพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟจราจรได้



ภาพที่ 2-2 เกณฑ์ในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ที่พิจารณาจากปริมาณจราจร
(สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งจราจร, 2554)

ถึงแม้ว่าทางแยกนี้จะมีปริมาณจราจร และจำนวนการเกิดอุบัติเหตุที่เป็นไปตามเกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟทั้ง 2 ข้อ แต่ในสภาพโดยทั่วไปแล้วรถส่วนใหญ่ยังสามารถข้ามผ่านทางแยกไปได้โดยไม่ติดขัด ดังนั้นการแก้ไขในเบื้องต้นจึงควรใช้มาตรการปรับปรุงทางด้านกายภาพที่ทางแยกดังนี้ 1) ทำการขยายทางเพื่อเพิ่มช่องเลี้ยวขวาบนถนนสายหลักและขยายทางเพิ่มช่องเลี้ยวซ้ายบนถนนสายรอง 2) ปรับปรุงระยะการมองเห็นของรถที่มาจากถนนสายรองด้วยการตัดต้นไม้และย้ายป้ายที่ไม่จำเป็นออกจากแนวเขตทาง เพื่อให้รถสายรองมองเห็นรถทางหลักทั้งด้านซ้าย และขวาของผู้ขับขี่ 3) ทำการตีเส้นเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางถนนสายรองเพื่อกำหนดจุดรอเลี้ยวให้ชัดเจน 4) เพิ่มเกาะสีบริเวณทางแยกสำหรับรถรอเลี้ยวซ้ายบนทางหลักและทางรองเพื่อให้รถทางรองที่ต้องการเลี้ยวขวาเข้าสู่ทางหลักหยุดรอในตำแหน่งที่ใกล้ทางแยกได้มากขึ้น 5) ติดตั้งไฟแสงสว่างให้เพิ่มมากขึ้น บริเวณตำแหน่งรถรอเลี้ยวก่อนถึงทางแยก และ 6) ปรับปรุงราวกันอันตรายให้ได้มาตรฐาน รูปแบบการปรับปรุงด้านกายภาพของทั้ง 6 มาตรการ แสดงดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 มาตรการปรับปรุงสามแยกจงถนอม
(สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งจราจร, 2554)

การควบคุมการจราจรบริเวณทางแยก

ทางแยกเป็นตำแหน่งที่เป็นจุดตัดของรถจึงเป็นบริเวณที่มักเกิดขัดแย้งของกระแสจราจร ถ้าการจัดการจราจรทางแยกไม่มีประสิทธิภาพก็จะก่อให้เกิดปัญหาจราจรติดขัด การจัดการจราจรทางแยกที่มีปริมาณการจราจรที่ไม่สูงมากอาจทำการควบคุมด้วยเครื่องหมายจราจร ป้ายจราจร หรือการจัดช่องจราจร แต่หากเป็นทางแยกที่ที่มีปริมาณจราจรสูงอาจมีความจำเป็นต้องใช้สัญญาณไฟจราจรในการควบคุม ซึ่งต้องทำการจัดช่วงเวลาสัญญาณไฟให้เหมาะสมกับปริมาณรถในแต่ละทิศทางเป็นสำคัญ มิเช่นนั้นอาจก่อให้เกิดปัญหาความล่าช้าในการเดินทาง และเกิดปัญหาความยาวแถวคอยได้

Buckholz (2002) ได้แนะนำวิธีการเลือกใช้การควบคุมการจราจรเพื่อลดจุดขัดแย้งที่ทางแยกไว้ดังนี้ ควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจร (Signalize control) ควบคุมโดยใช้วงเวียน (Roundabout control) ควบคุมด้วยป้ายหยุดแบบสองทิศทาง (Two-way stop control) ควบคุมด้วยป้ายหยุดในทุกทิศทาง (All-way stop control) และการปรับปรุงด้านกายภาพถนนบริเวณทางแยก โดยการพิจารณาจากข้อมูลปริมาณจราจร (Traffic volume) ระดับการให้บริการ (Level of service, LOS) ความล่าช้า (Delay) ในชั่วโมงเร่งด่วน สถิติการเกิดอุบัติเหตุ ปัญหาด้านความเร็วของกระแสจราจรทางหลักและทางรอง ความยาวแถวคอย (Queue length) ในชั่วโมงเร่งด่วน ความต่อเนื่อง ของกระแสจราจรและปริมาณช่องจราจรที่เข้าสู่ทางแยก โดยพิจารณาการปรับเปลี่ยนทางกายภาพโดยอาศัยข้อมูลปริมาณจราจร ระดับการให้บริการ ความยาวแถวคอยในชั่วโมงเร่งด่วน สถิติการเกิดอุบัติเหตุ ความเร็วและความต่อเนื่องของกระแสจราจร และปริมาณช่องจราจรที่เข้าสู่ทางแยกมาเป็นองค์ประกอบในการวิเคราะห์เลือกวิธีควบคุมการจราจรทางแยกที่เหมาะสม รูปแบบการประเมินทางเลือกวิธีควบคุมการจราจรที่ทางแยกสามารถ แบ่งการวิเคราะห์ได้ 2 ลำดับ คือ
1) ทางแยกเข้าเกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร และ 2) ทางแยกที่ไม่เข้าเกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ลำดับและรายละเอียดของวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ 2-4

1. ทางแยกที่เข้าเกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร

ใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์และตรวจสอบเกณฑ์ทั้งหมด 7 ส่วน ดังนี้ ปริมาณจราจรใน 8 ชั่วโมง ปริมาณจราจรใน 4 ชั่วโมง ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ความสัมพันธ์ของระบบสัญญาณไฟ อัตราการเกิดอุบัติเหตุ ระยะการมองเห็นที่น้อยที่สุดจากทางรอง และความเร็วของรถที่วิ่งสู่ทางแยกทั้งทางหลักและทางรองที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ โดยการวิเคราะห์เริ่มจากการพิจารณาเกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร หากมีข้อมูลที่บ่งชี้ว่าจำเป็นต้องติดตั้งสัญญาณไฟจราจรควรพิจารณาต่อไปว่าเมื่อติดตั้งสัญญาณไฟแล้ว มีผลกระทบต่อความต่อเนื่องของกระแสจราจรระหว่างทางแยกใกล้เคียงหรือไม่ โดยพิจารณาจากความห่างของแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรว่าห่างจาก

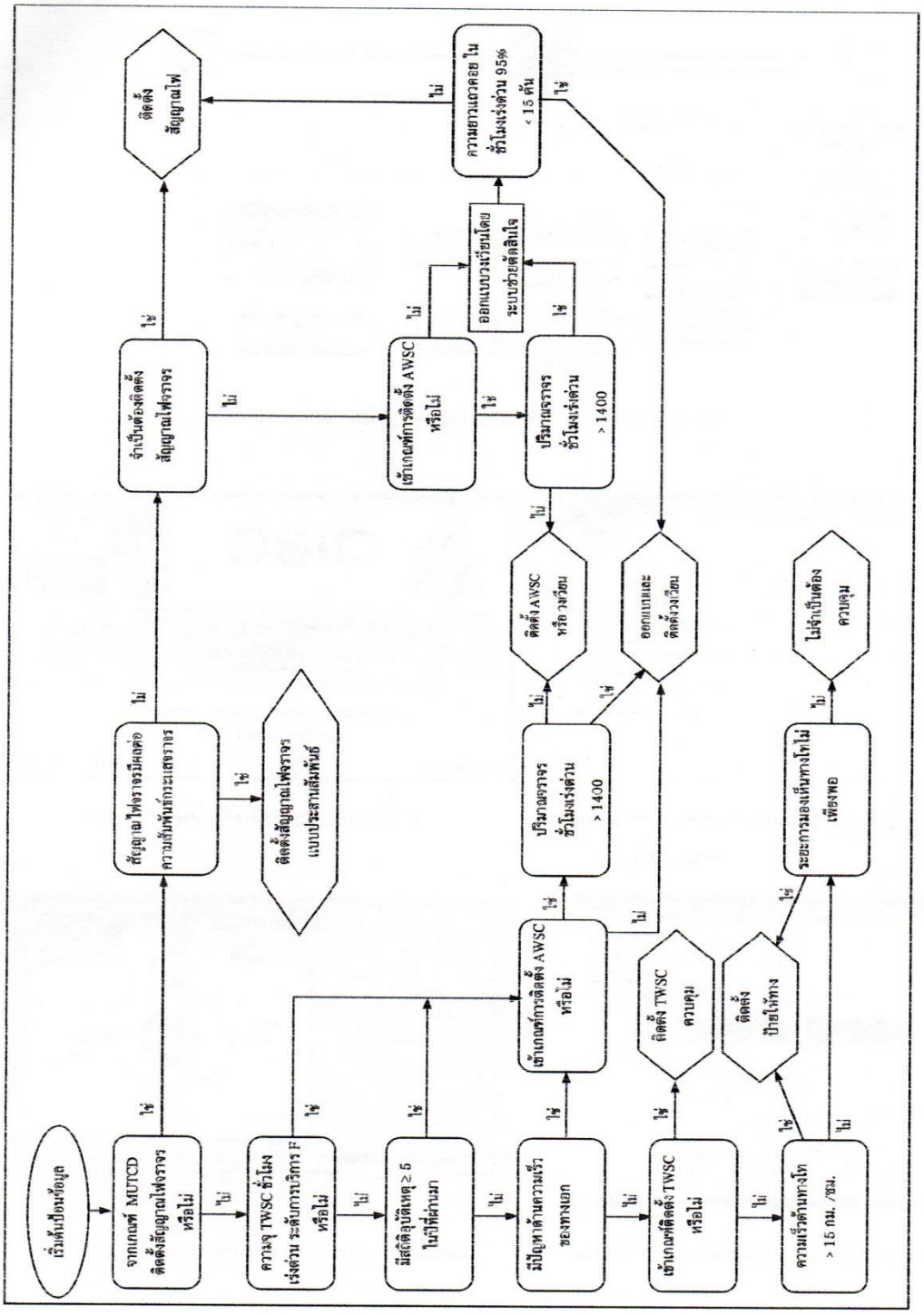
แยกดังกล่าวมากกว่า 400 เมตรหรือไม่ หรือถ้าแยกดังกล่าวอยู่ในย่านที่อยู่อาศัยชุมชนอยู่ใกล้เคียงกับทางแยก คำตอบ คือ “ไม่” นั่นคือ ไม่มีผลกระทบต่อความสัมพันธ์ของกระแสจราจร หากพิจารณาแล้วไม่อยู่ในเกณฑ์ดังกล่าวแสดงว่าไม่จำเป็นต้องติดตั้งสัญญาณไฟจราจร แต่หากเข้าเกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรของ MUTCD และมีระยะการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรที่ทางแยกใกล้เคียงน้อยกว่า 400 เมตร แสดงว่าเมื่อติดตั้งสัญญาณไฟแล้วมีผลกระทบต่อ ความสัมพันธ์ของกระแสจราจร ดังนั้นควรเลือกการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบประสานสัมพันธ์ แต่หากเข้าเกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรและเมื่อติดตั้งสัญญาณไฟแล้วไม่มีผลกระทบสามารถพิจารณาติดตั้งได้โดยออกแบบรอบสัญญาณไฟตามปริมาณจราจร หากติดตั้งสัญญาณไฟแล้วไม่มีผลกระทบกับความสัมพันธ์ของกระแสจราจร ต้องพิจารณาว่าแยกดังกล่าวจำเป็นต้องควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจรหรือไม่ หากจำเป็นสามารถทำการติดตั้งได้ แต่ถ้ายังไม่จำเป็นให้ทำการพิจารณาการควบคุมลำดับต่อไป คือ แยกดังกล่าวมีปัญหาทางแยกเข้าเกณฑ์การติดตั้งป้ายหยุดทุกทิศทาง (All-way stop control, AWSC) หรือไม่หากเข้าเกณฑ์ติดตั้งป้ายหยุดทุกทิศทาง หรือเมื่อติดตั้งแล้วสามารถแก้ปัญหาการจราจรที่ทางแยกได้ให้ดำเนินการติดตั้งได้

ดนัย พรหมชาติ (2554) ได้ทำการศึกษาในงานวิทยานิพนธ์เรื่องระบบช่วยตัดสินใจสำหรับเลือกวิธีควบคุมการจราจรของทางแยกโดยใช้โปรแกรม Signalize intersection design and research Aid (SIDRA) พบว่าหากใช้ป้ายหยุดทุกทิศทางควบคุมทางแยกที่มีปริมาณจราจรมากกว่า 1,400 คันต่อชั่วโมง จะทำให้มีความล่าช้า (Delay) ที่ทางแยกสูงมาก และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับการควบคุมทางแยกด้วยวงเวียน ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการจราจรทุกทิศทางเช่นกันจะมีความล่าช้าน้อยกว่า ดังนั้นหากทางแยกมีปริมาณจราจรในชั่งโมงเร่งด่วนมากกว่า 1,400 คัน ควรพิจารณาติดตั้งวงเวียนแทนการติดตั้งป้ายหยุดทุกทิศทาง

2. การพิจารณาทางแยกที่ไม่เข้าเกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร

หากทางแยกไม่เข้าเกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรหรือเข้าเกณฑ์การติดตั้งแต่มีปัญหาด้านความต่อเนื่องของกระแสจราจร พิจารณาจากระยะทางแยกว่าอยู่ห่างจากทางแยกที่มีการติดตั้งสัญญาณไฟแล้วน้อยกว่า 400 เมตร จะต้องพิจารณาว่าเมื่อทำการติดตั้งป้ายหยุดแบบ 2 ทิศทาง (Two way stop control, TWSC) แล้วในชั่วโมงเร่งด่วน ระดับการให้บริการอยู่ในระดับ F หรือไม่ หากอยู่ในระดับ F แสดงว่าการใช้การควบคุมการจราจรที่ทางแยกโดยใช้ป้ายหยุดแบบ 2 ทิศทางไม่เหมาะสม ดังนั้นควรพิจารณาในลำดับต่อไปว่าทางแยกดังกล่าวเข้าเกณฑ์การติดตั้งป้ายหยุดแบบทุกทิศทางหรือไม่ แต่หากระดับการให้บริการไม่อยู่ในระดับ F ต้องพิจารณาต่อไปว่าในปีที่ผ่านมามีอุบัติเหตุจากการเลี้ยวโค้งที่ทางแยกนั้นมากกว่า 5 ครั้งหรือไม่ หากมากกว่าควรพิจารณาต่อไปว่าทางแยกเข้าเกณฑ์ติดตั้งป้ายหยุดทุกทิศทางหรือไม่ หากมีอุบัติเหตุจากการเลี้ยวโค้งในปีที่ผ่านมา

ไม่ถึง 5 ครั้ง และแยกดังกล่าวไม่มีปัญหาด้านความเร็วของรถสายหลักที่วิ่งเข้าสู่ทางแยก สามารถพิจารณาว่าแยกนี้เข้าเกณฑ์การติดตั้งป้ายหยุดสองทิศทางหรือไม่ หรือพิจารณาจากรถสายรองว่าจำเป็นต้องหยุดเป็นประจำหรือไม่ หากเข้าเกณฑ์ดังกล่าวหรือรถที่วิ่งเข้าสู่ทางแยกจากทางสายรองจำเป็นต้องหยุดสามารถพิจารณาติดตั้งป้ายหยุดแบบ 2 ทิศทางได้ แต่หากไม่เข้าเกณฑ์การติดตั้งควรพิจารณาต่อไปว่าความเร็วของรถสายรองที่เข้าสู่ทางแยก มีปัญหาด้านความเร็วหรือไม่ ถ้ามากกว่า 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ควรมีการติดตั้งป้ายให้ทางเตือนให้ผู้ขับขี่รถจากสายรองชะลอความเร็วก่อนถึงทางแยก แต่หากไม่มีปัญหาด้านความเร็วของรถสายรอง ควรพิจารณาต่อไปว่าระยะการมองเห็นของผู้ขับขี่รถจากสายรองที่วิ่งเข้าสู่ทางแยกเพียงพอหรือไม่ หากไม่เพียงพอควรพิจารณาติดตั้งป้ายให้ทางเพื่อเตือนผู้ขับขี่จากทางสายรอง หากมีระยะการมองเห็นตามความสัมพันธ์ของความเร็วที่เพียงพอ ทางแยกดังกล่าวยังไม่จำเป็นต้องติดตั้งสัญญาณไฟจราจร แต่ถ้าแยกดังกล่าวมีปัญหาความเร็วของรถทางหลัก หรือมีความเร็วและปริมาณจราจรที่ไม่ต่างกันระหว่างทางสายหลักกับสายรอง ควรพิจารณาต่อไปว่าทางแยกดังกล่าวเข้าเกณฑ์การพิจารณาติดตั้งป้ายหยุดทุกทิศทางหรือไม่ หากเข้าเกณฑ์แต่มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนน้อยกว่า 1,400 คันต่อชั่วโมง ควรเลือกใช้การควบคุมทางแยกด้วยการติดตั้งป้ายหยุด หรือวงเวียนตามความเหมาะสม แต่หากไม่เข้าเกณฑ์การติดตั้งป้ายหยุดทุกทิศทาง หรือมีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนมากกว่า 1,400 คันต่อชั่วโมง ควรเลือกใช้การควบคุมจราจรแบบวงเวียน



ภาพที่ 2-4 ขั้นตอนการพิจารณาวิธีควบคุมการจราจรที่ทางแยก (Buckholz, JW. (2002))

State University of New York Institute of Technology (2007) ได้แนะนำการจัดลำดับวิธีการควบคุมจราจรที่ทางแยกออกเป็น 3 ลำดับ คือ การควบคุมด้วยกฎหมาย การติดตั้งป้ายควบคุม เช่น ป้ายให้ทาง (Yield signs) หรือป้ายหยุด (Stop signs) เป็นต้น และการควบคุมโดยการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร (Traffic signalization) ในการควบคุมแต่ละวิธีจะช่วยลดจุดขัดแย้งกระแสจราจรที่ทางแยกและช่วยให้เกิดความปลอดภัยที่เหมาะสมกับปริมาณจราจรในแต่ละทางแยก โดยมีรายละเอียดการควบคุมดังนี้

1. การใช้กฎหมายพื้นฐานควบคุม (ไม่ใช้สัญญาณควบคุม) ลักษณะทางแยกที่มีปริมาณจราจรน้อย ไม่มีปัญหาด้านกระแสจราจร รถทางซ้ายมืออนุญาตให้รถขวามือไปก่อน และรถเลี้ยวอนุญาตให้รถวิ่งตรงไปก่อน ไม่มีปัญหาด้านจุดขัดแย้งกระแสจราจร มีระยะการมองเห็นที่เพียงพอในทุกทิศทาง และไม่เคยเกิดอุบัติเหตุรุนแรง

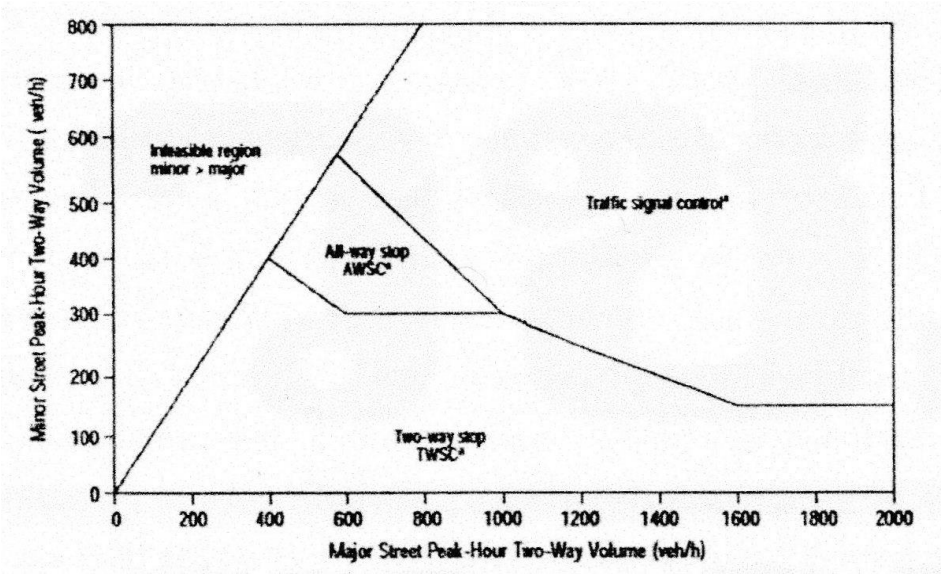
2. การติดตั้งป้ายให้ทาง (Yield signs) หรือป้ายหยุด (Stop signs) ข้อกำหนดในการติดตั้งให้ใช้ตามข้อแนะนำของ MUTCD (Manual on uniform traffic control devices) ในการพิจารณาติดตั้งสำหรับทางแยกที่มีความเร็วต่ำและใช้มาตรฐานของ The american association of state highway and transportation and department of transport (AASHTO) ในการควบคุมระยะการมองเห็นและระยะห่างเฉลี่ย (Gap average) ที่ยอมรับได้สำหรับทางสายหลักที่รถทางรองสามารถวิ่งผ่านทางแยกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ป้ายให้ทางใช้ควบคุมรถทางสายรองที่วิ่งเข้าสู่ทางแยกที่มีความเร็วสูงกว่า และป้ายหยุดแบบสองทิศทาง (Two-way stop control, TWSC) ใช้ควบคุมรถทางรองที่ตัดกับรถทางหลักที่มีปริมาณจราจรและความ เร็วของกระแสจราจรสูงกว่ามาก และป้ายหยุดแบบทุกทิศทาง (All-way stop control, AWSC) ใช้ควบคุมในรถทุกทิศทางที่มีปริมาณจราจรและความเร็วทุกทิศทางใกล้เคียงกัน

3. ติดตั้งสัญญาณไฟจราจร (Traffic signalization) ใช้ควบคุมทางแยกที่มีปัญหาด้านอุบัติเหตุ ความเร็ว และปริมาณจราจร พิจารณาติดตั้งตามข้อกำหนดการติดตั้งที่ MUTCD แนะนำ

Florida Department of Transportation (2007) ได้แนะนำการจัดลำดับของการควบคุมกระแสจราจรที่ทางแยก จาก Florida Intersection Design Guide ไว้ 5 ลำดับ ดังนี้ 1) ไม่มีการควบคุม (Uncontrolled) สำหรับทางแยกที่ไม่มีปัญหาอุบัติเหตุและการเลี้ยวโค้ง ไม่มีปัญหาด้านการระบายปริมาณจราจร 2) ป้ายหยุดสองทิศทาง (Two-way stop control, TWSC) เป็นการควบคุมเพื่อแยกลำดับชั้นของเส้นทางที่ตัดกันให้ทิศทางหนึ่งเป็นทางหลัก และอีกทิศทางหนึ่งเป็นทางรอง โดยควบคุมที่ทางรองให้หยุดเพื่อให้รถที่มาจากทางหลักไปก่อน โดยพิจารณาตามมาตรฐานการเลือกใช้

การควบคุมจาก MUTCD 3) ป้ายหยุดทุกทิศทาง (All-way stop control, AWSC) ติดตั้งทางแยกที่มีปริมาณจราจรใกล้เคียงกันทุกทิศทาง เพื่อควบคุมให้รถที่วิ่งผ่านทางแยกหยุดก่อนผ่านทางแยกในทุกทิศทาง โดยใช้มาตรฐานการติดตั้งจาก MUTCD 4) สัญญาณไฟจราจร (Signal control) การวิเคราะห์ทางแยกจำเป็นต้องใช้ผู้ที่มีความรู้ความชำนาญ ทางแยกที่ควบคุมด้วยสัญญาณไฟมักมีปัญหาด้านความปลอดภัย หรือปัญหาประสิทธิภาพของทางแยก ซึ่งการควบคุมทางแยกด้วยการใช้สัญญาณไฟจราจร มีใช้ค่าใช้จ่ายสูง สามารถวิเคราะห์การเลือกใช้ระบบการควบคุมตามที่ MUTCD แนะนำ และ 5) วงเวียน (Roundabout) เป็นการควบคุมการจราจรทางแยกที่นิยมในรัฐฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกา เนื่องจากลดความล่าช้าที่ทางแยกได้ มีความปลอดภัยและประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่าการใช้สัญญาณไฟจราจร สามารถใช้มาตรฐาน Florida roundabout guide ในการออกแบบวงเวียน และใช้จำลองการจราจรด้วยโปรแกรม Manual on uniform traffic studies (MUTS) จาก Florida department of transportation (FDOT) เพื่อใช้จำลองความสามารถในการระบายการจราจรที่ทางแยกด้วยวงเวียนที่ออกแบบไว้แล้ว

Transportation Research Board (2000) ได้แนะนำการพิจารณาการควบคุมการจราจรโดยการพิจารณาจากปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน โดยใช้ปริมาณจราจรจากทางหลักที่วิ่งเข้าสู่ทางแยกทั้งสองทิศทาง และปริมาณจราจรจากทางรองที่เข้าสู่ทางแยกทั้งสองทิศทาง นำไปพล็อตลงในกราฟ แสดงการวิเคราะห์วิธีการควบคุมการจราจรที่ทางแยกอย่างเหมาะสมตามความสัมพันธ์ของปริมาณจราจรทั้ง 2 ทิศทาง (ทางหลักและทางรอง) ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน แสดงดังภาพที่ 2-5 ซึ่งประกอบด้วยขอบเขตที่ไม่สามารถเป็นไปได้ (Infeasible region) เนื่องจากปริมาณจราจรที่ทางหลักจะมีปริมาณน้อยกว่าปริมาณจราจรที่มาจากทางรองไม่ได้ และกราฟได้แบ่งการควบคุมการจราจรเป็น 3 วิธีการ คือ 1) สัญญาณไฟจราจร (Traffic signal control) 2) ป้ายหยุดแบบสองทิศทาง (Two-way stop control, AWSC) และ 3) ป้ายหยุดแบบทุกทิศทาง (All-way stop control, AWSC) หากจุดตัดของปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนของ 2 ทิศทาง ทั้งทางหลักและทางรองอยู่ในช่วงการควบคุมการจราจรแบบใด แสดงว่าการควบคุมประเภทนั้นเหมาะสมกับทางแยกดังกล่าว แต่หากการติดตั้งวงเวียนมีความเหมาะสมมากกว่าก็สามารถใช้การติดตั้งวงเวียนควบคุมแทนได้ ซึ่งอาจต้องพิจารณาในปัจจัยอื่นประกอบ เช่น การเกิดอุบัติเหตุและเรื่องค่าใช้จ่าย เป็นต้น



a. อาจใช้การติดตั้งวงเวียนได้ หากมีความเหมาะสมมากกว่า

ภาพที่ 2-5 ทางเลือกวิธีควบคุมการจราจรทางแยกจากปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน (Transportation Research Board, 2000)

Federal Highway Administration (2003) ได้แนะนำวิธีควบคุมการจราจรที่ทางแยกไว้ว่า การพิจารณานั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของแต่ละพื้นที่ สัญญาณไฟจราจรเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับการควบคุมการจราจรของผู้ขับขี่ คนเดินเท้า หรือคนข้ามถนน และยวดยานทุกชนิด ในการพิจารณาออกแบบสัญญาณไฟควบคุมการจราจร ต้องคำนึงถึงวิธีการ ตำแหน่งติดตั้ง และการบำรุง รักษา โดยแบ่งวิธีการควบคุมไว้ 5 ลำดับ ประกอบด้วย 1) ควบคุมโดยป้ายแนะนำ ป้ายเตือนและการทำเครื่องหมายจราจรบนผิวทาง 2) ควบคุมด้วยป้ายให้ทาง 3) ควบคุมด้วยป้ายหยุด 4) ควบคุมด้วยวงเวียน และ 5) ควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจร โดยมีรายละเอียดของแต่ละวิธีดังนี้

1. การควบคุมด้วยป้ายแนะนำ ป้ายเตือนทางแยก และเครื่องหมายจราจรบนผิวทาง (Uncontrolled intersection) สำหรับทางแยกมีปริมาณจราจรน้อย ไม่มีปัญหาด้านกระแสจราจร รถทางซ้ายมือให้รถขวามือไปก่อนและรถที่เลี้ยวให้รถวิ่งตรงผ่านไปก่อน ไม่มีปัญหาด้านจุดขัดแย้งกระแสจราจร มีระยะการมองเห็นที่เพียงพอ และไม่เคยเกิดอุบัติเหตุที่รุนแรง สำหรับแยกที่ไม่มีการควบคุมนี้ผู้ขับขี่ต้องสามารถมองเห็นจุดขัดแย้งมีเวลาเตรียมตัวที่เพียงพอต่อการหยุดรถหรือชะลอความเร็วเพื่อไม่ให้เกิดความกังวลในการขับขี่และอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ โดยระยะการมองเห็น

จะต้องสัมพันธ์กับความเร็วเพื่อใช้ในการตัดสินใจหยุดรถได้ทันเวลา The American Association of State Highway and Transportation and Department of Transport (AASHTO) ได้แนะนำระยะการมองเห็นที่น้อยที่สุดไว้ ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ระยะการมองเห็นที่น้อยที่สุด (AASHTO, 2003)

ความเร็ว (ไมล์/ ชั่วโมง)	ระยะการมองเห็น เพียงพอก่อนการหยุดรถ (ฟุต)
15	70
20	90
25	115
30	140
35	165
40	195
45	220
50	245
55	285

2. การควบคุมโดยใช้ป้ายให้ทาง (Yield sign) การควบคุมวิธีนี้ใช้ควบคุมการจราจรเข้าสู่ทางแยกที่มีความเร็วต่ำ ใช้ควบคุมทางแยกที่มีปัญหาระยะการมองเห็นและรถที่วิ่งจากทางโทไม่จำเป็นต้องหยุดเสมอไปเมื่อขับผ่านทางแยก ป้ายให้ทางใช้ควบคุมทางโทที่วิ่งเข้าสู่ทางแยกที่มีความเร็วสูงเพื่อให้รถที่วิ่งจากทางเอกสามารถวิ่งผ่านทางแยกได้อย่างมีประสิทธิภาพ Federal highway administration (FHWA) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้แนะนำเกณฑ์การเลือกวิธีควบคุมการจราจรที่ทางแยกโดยใช้ป้ายให้ทางใน FHWA, (2003) ไว้ว่าการติดตั้งป้ายให้ทางสามารถติดตั้งแทนป้ายหยุดได้ หากรถที่เข้าสู่ทางแยก จากทางโทที่ความเร็วร้อยละ 85 มากกว่า 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ไม่จำเป็นต้องหยุดเสมอไป หรือจำเป็นต้องชะลอก่อนเข้าสู่ทางแยก การติดตั้งป้ายให้ทางมักติดตั้งในทางรองเพื่อให้สิทธิทางหลักไปก่อน และมีข้อแนะนำในการติดตั้ง ดังนี้ 1) ติดตั้งบริเวณก่อนเข้าช่องทางด่วนซึ่งมีความยาวไม่เพียงพอสำหรับการเร่งความเร็ว และทางแยกที่มีระยะการมองเห็นที่ไม่เพียงพอ 2) รถที่วิ่งจากทางรองเข้าสู่ทางหลักที่มีความกว้างของถนนมากกว่า 9 เมตร หรือทางด่วนเพื่อข้ามไปยังฝั่งตรงข้ามสามารถติดตั้งป้ายหยุดบริเวณทางเข้าสู่ทางหลักและติดตั้ง

ป้ายให้ทางบริเวณทางที่วิ่งเข้าสู่ทางรอง 3) เมื่อทำการติดตั้งป้ายให้ทางสามารถแก้ไขทางแยกที่มีปัญหาการจราจรควรติดตั้งป้ายให้ทางสำหรับช่องจราจรเลี้ยวซ้ายซึ่งมีข้อจำกัดระยะการมองเห็น และ 4) ติดตั้งบริเวณก่อนเข้าสู่วงเวียนเพื่อเตือนให้ผู้ขับขี่ชะลอความเร็ว (FHWA, 2003) ได้แนะนำว่าหากรถที่วิ่งจากสายรองเข้าสู่ทางแยก มีความเร็วที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ ที่ 85 มากกว่า 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สามารถติดตั้งป้ายให้ทางใช้ควบคุมความเร็วเพื่อให้รถได้ชะลอก่อนถึงทางแยกได้

3. การควบคุมโดยใช้ป้ายหยุด (Stop sign) เมื่อรถที่เข้าสู่ทางแยกจำเป็นต้องหยุดก่อนผ่านเข้าไปในทางแยก การติดตั้งป้ายหยุดสามารถติดตั้งได้ที่ทางแยกที่มีสามขาหรือมากกว่า ควรติดตั้งป้ายหยุดเพื่อเตือนให้ผู้ขับขี่ทราบ ป้ายหยุดสามารถช่วยลดความขัดแย้งของกระแสจราจร ช่วยลดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากความสับสน โดยทั่วไปจะทำการติดตั้งป้ายหยุดที่สายรอง ซึ่งตัดกับทางสายหลักที่รถวิ่งด้วยความเร็วสูงโดยเฉพาะการติดตั้งป้ายหยุดจะเป็นการเตือนให้รถที่วิ่งจากทางสายรองที่ตัดกับทางสายหลักที่มีรถวิ่งด้วยความเร็วสูง หรือมีปริมาณจราจรหนาแน่น การติดตั้งแบบป้ายหยุดสองทิศทาง (Two-way stop control, TWSC) ใช้สำหรับควบคุมรถทางสายรองที่วิ่งเข้าสู่ทางแยกตัดกับทางสายหลักที่มีปริมาณจราจรและความเร็วของรถสูงกว่ามาก ประกอบกับมีระยะมองเห็นถูกจำกัดและมีอุบัติเหตุบ่อยครั้ง ส่วนป้ายหยุดแบบทุกทิศทาง (All-way stop control, AWSC) ใช้สำหรับควบคุมรถที่วิ่งเข้าสู่ทางแยกในทุกทิศทาง ซึ่งเป็นทางแยกที่มีปริมาณจราจรและความเร็วของทางสายหลักและทางสายรองทุกทิศทางใกล้เคียงกัน การติดตั้งป้ายหยุดไม่ควรใช้ในการควบคุมความเร็วไม่ควรติดตั้งบริเวณถนนสายหลัก และไม่ควรติดตั้งบริเวณทางแยกที่ควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจร การติดตั้งป้ายหยุดแบบสองทิศทางและแบบทุกทิศทาง มีหลักเกณฑ์ดังนี้

3.1 ป้ายหยุดแบบสองทิศทาง (Two-way stop control, TWSC) (Transportation Research Board, 2000) แนะนำการติดตั้งป้ายหยุดแบบสองทิศทางเพื่อควบคุมรถที่เข้าสู่ทางแยกจากทางสายรองเพื่อป้องกันการขัดแย้งของกระแสจราจรกับรถที่วิ่งจากทางสายหลัก และเพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่มีสาเหตุจากการตัดกันของกระแสจราจรโดยการควบคุมปริมาณจราจรในแต่ละขาของทางแยกพิจารณาจากปัจจัย ดังนี้ 1) การกระจายตัวของช่องว่าง (Gap) ของกระแสจราจรในทางสายหลัก 2) การตัดสินใจของผู้ขับขี่ในการเลือกช่องว่างในการขับตัดกระแสจราจร 3) เวลาการรอคอยที่จะขับตัดกระแสจราจรของผู้ขับขี่แต่ละคนในแถวคอย การพิจารณาการติดตั้งอาจพิจารณาจากระยะที่อยู่ห่างจากแยกที่มีการติดตั้งสัญญาณไฟน้อยกว่า 400 เมตร

3.2 ป้ายหยุดแบบทุกทิศทาง (All-way stop control, AWSC) (Federal Highway Administration, 2003) ได้แนะนำการติดตั้งป้ายหยุดในทุกทิศทางเพื่อเพิ่มความปลอดภัยสำหรับทางแยกที่มีปริมาณจราจรในแต่ละทิศทางใกล้เคียงกัน ดังนี้ 1) ใช้ติดตั้งที่ทางแยกที่ยังไม่มีระบบการควบคุมการจราจรด้วยสัญญาณไฟ 2) กรณีที่เกิดอุบัติเหตุ 5 ครั้งขึ้นไปภายในรอบ 1 ปี

3) ปริมาณจราจรจากทางสายหลักทั้ง 2ทิศทางโดยเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 300 คันต่อชั่วโมงของ 8 ชั่วโมงในวันที่มีปริมาณจราจรปกติ 4) ผลรวมของจำนวนรถยนต์ คนเดินเท้า และจำนวนรถจักรยานที่วิ่งเข้าสู่ทางแยกในทางสายหลักทั้ง 2 ทิศทาง ไม่น้อยกว่า 200 หน่วยต่อชั่วโมง ของ 8 ชั่วโมง ในวันที่มีปริมาณจราจรปกติและรถที่วิ่งเข้าสู่ทางแยกจากทางสายรองมีความล่าช้าเฉลี่ยของการจราจรไม่น้อยกว่า 30 วินาทีต่อคันในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน และ 5) การจราจรทางสายรองที่มีความเร็วร้อยละ 85 มากกว่า 65 กิโลเมตรต่อชั่วโมงให้ลดเกณฑ์ปริมาณจราจรที่น้อยที่สุดลงเหลือร้อยละ 70 จากที่กำหนด

4. การควบคุมโดยใช้วงเวียน (Roundabout control) การติดตั้งวงเวียนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการจราจร เพิ่มความปลอดภัยและประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากกว่าการควบคุมด้วยระบบสัญญาณไฟจราจร รวมถึงสามารถแก้ปัญหาความเร็วของรถที่เข้าสู่ทางแยกได้ดีสำหรับการพิจารณาการติดตั้งวงเวียนอาจทำการเปรียบเทียบข้อมูลกับทางแยกที่ได้การแก้ไขโดยการติดตั้งวงเวียนและสามารถแก้ปัญหาจราจรได้ โดยแต่ละขาของทางแยกที่ทำการติดตั้งวงเวียนควรติดตั้งป้ายให้ทางหรือป้ายหยุด เพื่อเตือนให้ผู้ขับขี่ที่จะเข้าสู่ทางแยกหยุดรถเพื่อให้รถในวงเวียนไปก่อน

Federal Highway Administration (2003) ได้แนะนำวิธีการเลือกใช้และประเมิน ความเหมาะสมในการติดตั้งวงเวียนเพื่อใช้ควบคุมกระแสจราจรที่ทางแยกตามลำดับการวิเคราะห์ดังนี้ 1) ข้อจำกัดของตำแหน่งการติดตั้งเมื่อมีการวิเคราะห์ขนาดของวงเวียนที่เหมาะสมต่อการควบคุมกระแสจราจรที่ทางแยกแล้วต้องคำนึงถึงเรื่องการใช้พื้นที่ที่อาจไม่เพียงพอ 2) ประเมิน จำนวนช่องจราจรภายในวงเวียนที่เหมาะสมต่อความจุปริมาณจราจรที่วิ่งเข้าสู่วงเวียน 3) การติดตั้งวงเวียนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพหรือแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากกระแสจราจรที่ทางแยกได้ดียิ่งขึ้น เช่น ความต่อเนื่องของกระแสจราจร ปัญหาการเกิดอุบัติเหตุ ความเร็วเมื่อเข้าสู่ทางแยกในเขตชุมชน เป็นต้น 4) เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของทางเลือกอื่น ๆ ที่สามารถใช้ควบคุมกระแสจราจรที่ทางแยกได้กับการติดตั้งวงเวียน 5) การประเมินรัศมีวงเวียนที่เพียงพอกับปริมาณจราจรและความเร็วของรถที่วิ่งเข้าสู่ทางแยกอาจจำเป็นต้องใช้วงเวียนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางค่อนข้างใหญ่ใช้พื้นที่มาก และอาจไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ดังนั้นจึงควรเลือกวิธีอื่นที่เหมาะสมกว่า และ 6) หากการประเมินพื้นที่แล้ววงเวียนที่ออกแบบมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ใหญ่มากเกินไปมีความเหมาะสมกับขนาดพื้นที่และคุ้มค่าต่อการลงทุนก็สามารถติดตั้งวงเวียนที่ทางแยกนั้นได้

5. การควบคุมโดยใช้สัญญาณไฟจราจร (Traffic signal control) เป็นลำดับสุดท้ายในการควบคุมการจราจรที่ทางแยกวิธีนี้มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับการควบคุมด้วยวิธีอื่นหากติดตั้งในทางแยกที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้เกิดปัญหาความล่าช้าที่เพิ่มสูงขึ้นอาจเกิดการฝ่าฝืนสัญญาณไฟและอาจเป็นการสิ้นเปลืองโดยไม่จำเป็น ดังนั้นควรพิจารณาการควบคุมด้วยวิธีอื่นก่อน

การเลือกการควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจร ทางแยกที่ต้องควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจรส่วนมากจะอยู่ในเขตเมืองหรือชานเมืองที่เป็นพื้นที่อยู่อาศัยและการพาณิชย์ การจราจรในพื้นที่เหล่านี้มีลักษณะที่แตกต่างกันตามความซับซ้อนของกิจกรรมที่เกิดขึ้น ดังนั้นการจัดระบบจราจรให้เหมาะสมกับสภาพการจราจรในแต่ละพื้นที่จะช่วยให้การควบคุมการไหลของจราจรได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

สำนักนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2548) ได้แนะนำทางเลือกอื่นนอกจากการใช้วิธีควบคุมการจราจรที่ทางแยกด้วยสัญญาณไฟไว้ ดังนี้ 1) การติดตั้งป้ายที่ถนนสายหลักเพื่อเตือนผู้ขับขี่ก่อนถึงทางแยก การปรับตำแหน่งเส้นหยุด และเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางเพื่อปรับปรุงระยะการมองเห็น 2) การติดตั้งไฟกระพริบที่ป้ายเตือนบนทางหลักและทางรอง 3) การเพิ่มช่องจราจรบนถนนสายรองเพื่อลดจำนวนรถต่อช่องจราจรก่อนเข้าสู่ทางแยก 4) การปรับปรุงลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกโดยการแยกทิศทางจราจรและลดระยะเวลาเคลื่อนที่ของรถรวมถึงเป็นการช่วยเหลือคนข้ามถนน 5) การแก้ไขลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยก 6) การติดตั้งไฟแสงสว่างถนนหากความสว่างไม่เพียงพอ 7) การจำกัดการเลี้ยวในบางทิศทางบางเวลา 8) การติดตั้งสัญญาณไฟเตือนคนข้ามถนน 9) การก่อสร้างวงเวียน และ 10) วิธีอื่น ๆ ที่เหมาะสมกับสภาพของแต่ละทางแยก

การพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมการจราจร

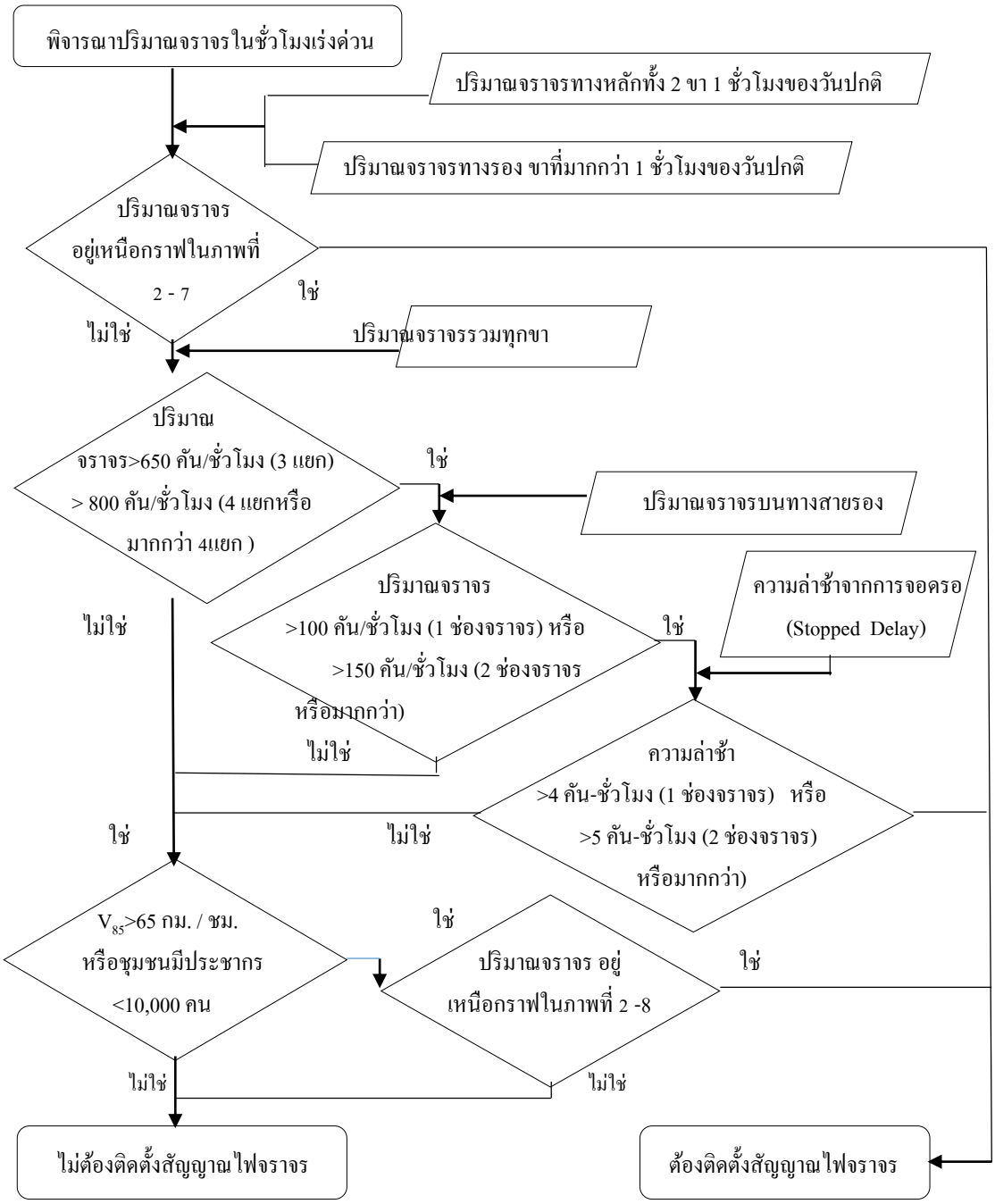
สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวงได้แนะนำเหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรทางแยกไว้ในคู่มือแนะนำการติดตั้งและอุปกรณ์กั้นและสิ่งอำนวยความปลอดภัยโดยพิจารณาจากหลักเกณฑ์ข้อใดข้อหนึ่งจาก 9 ข้อ ดังนี้ 1) จากปริมาณจราจร 8 ชั่วโมงต่อวัน 2) จากปริมาณจราจร 4 ชั่วโมงต่อวัน 3) จากปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน 4) จากปริมาณคนข้ามถนนในชั่วโมงเร่งด่วน 5) จากการเดินข้ามถนนบริเวณสถานศึกษา 6) จากการประสานสัญญาณไฟจราจร 7) จากสถิติการเกิดอุบัติเหตุ 8) จากโครงข่ายถนน และ 9) จากทางแยกที่ใกล้กับจุดตัดทางรถไฟ ซึ่งผู้ศึกษาจะนำเฉพาะเกณฑ์ที่สอดคล้องกับลักษณะพื้นที่ศึกษาและรูปแบบการเก็บข้อมูลปริมาณจราจรมาใช้ในการพิจารณารวมทั้งหมด 3 เกณฑ์ ได้แก่ เกณฑ์ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน เกณฑ์ปริมาณคนข้ามถนนในชั่วโมงเร่งด่วน และเกณฑ์ปริมาณการเกิดอุบัติเหตุในรอบปีที่ผ่านมา โดยมีรายละเอียดในการพิจารณาในแต่ละเกณฑ์ดังนี้

1. เกณฑ์ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน

เหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ที่ใช้หลักเกณฑ์ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ใช้แนวทางในการพิจารณา ที่แสดงดังภาพที่ 2-6 เกณฑ์นี้ควรพิจารณานำไปประยุกต์ใช้กับ

ทางแยกที่มีปริมาณจราจรสูงมากในช่วงเวลาสั้น ๆ เช่น ทางแยกที่อยู่ใกล้กับอาคารสำนักงาน โรงเรียน ศูนย์การค้า โรงงานอุตสาหกรรม ที่มีปริมาณจราจรสูงมากในช่วงเช้าก่อนเข้างาน หรือในช่วงเย็นหลังเลิกงาน ทางแยกดังกล่าวควรพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟจราจร หากปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน มีค่าถึงเกณฑ์ใดเกณฑ์หนึ่งต่อไปนี้

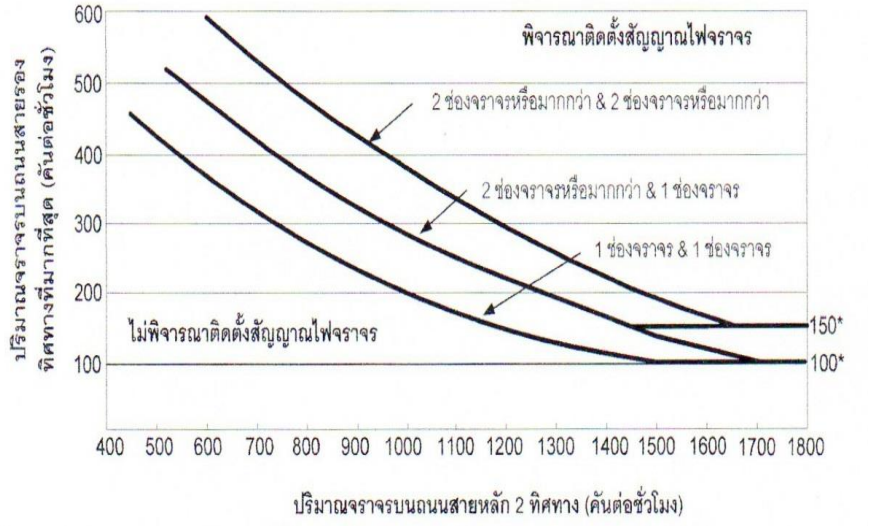
1.1 เงื่อนไขทั้ง 3 ข้อต่อไปนี้เกิดขึ้นในชั่วโมงใดๆในวันปกติ 1.1 ความล่าช้าจากการจอดรอ (Stopped Delay) ของการจราจรบนถนนสายรอง (ขาใดขาหนึ่งอันเนื่องมาจากป้ายหยุด) รวมกันทั้งหมดมีค่าไม่น้อยกว่า 4 คัน - ชั่วโมง สำหรับถนนสายรองที่มีช่องจราจรเดียวหรือไม่น้อยกว่า 5 คัน - ชั่วโมง สำหรับถนนสายรองที่มี 2 ช่องจราจร และ 1.2 ปริมาณจราจรบนถนนสายรอง จากข้อ 1.1 ไม่น้อยกว่า 100 คัน / ชั่วโมง สำหรับถนนสายรองที่มีช่องจราจรเดียวหรือไม่น้อยกว่า 150 คัน ต่อชั่วโมง สำหรับถนนสายรองที่มี 2 ช่องจราจร และ 1.3 ปริมาณจราจรรวมทุกขาที่เข้าสู่ทางแยกไม่น้อยกว่า 650 คันต่อชั่วโมง สำหรับทางแยกที่เป็น 3 แยก หรือ 800 คันต่อชั่วโมง สำหรับทางแยกที่เป็น 4 แยกขึ้นไป



ภาพที่ 2-6 การติดตั้งสัญญาณไฟ ที่พิจารณาจากปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน

(Federal Highway Administration, 2009)

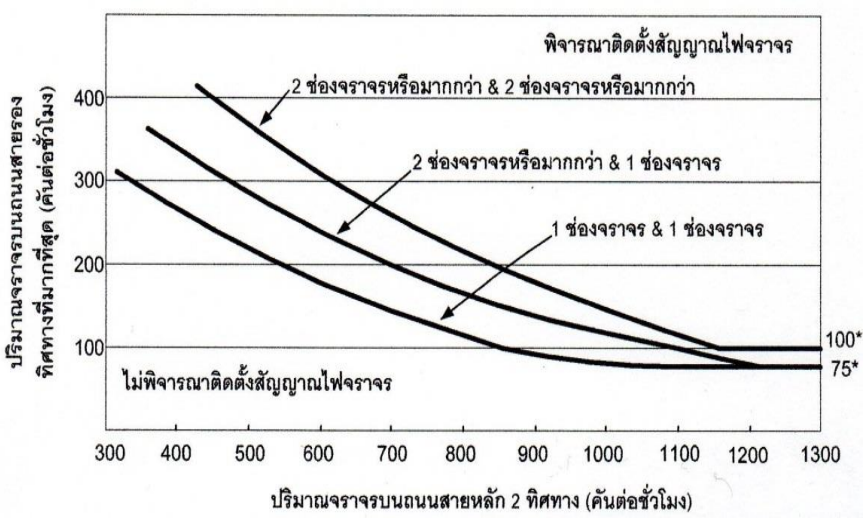
1.2 ปริมาณจราจรบนถนนสายหลัก (รวม 2 ขา) และปริมาณจราจรบนถนนสายรอง (ขาที่มีปริมาณจราจรมากกว่า) ใน 1 ชั่วโมง (60 นาทีต่อเนื่องกัน) ของวันปกติ มีค่าอยู่เหนือเส้นกราฟดังภาพที่ 2-7 สำหรับถนนที่มีความเร็วจำกัดหรือความเร็วเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 85 สูงกว่า 65 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือในกรณีที่ทางแยกอยู่ในบริเวณชุมชนใหม่ที่มีจำนวนประชากร น้อยกว่า 10,000 คน ให้พิจารณาข้อกำหนดการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร จากภาพที่ 2-8 แทนภาพที่ 2-7 หากเหตุอันควรในหัวข้อนี้เป็นเหตุอันควรเดียวที่ถึงเกณฑ์ในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรให้ทำการพิจารณาเลือกใช้สัญญาณไฟกระพริบเหลืองในช่วงเวลาที่มีปริมาณจราจรไม่ถึงเกณฑ์ที่กำหนดและอาจเลือกติดตั้งสัญญาณไฟแบบ Semi-Actuated



หมายเหตุ: 150* หมายถึง ปริมาณจราจรค่าเริ่มต้น (คัน/ ชม.) สำหรับถนน
สายรองที่มีช่องจราจรเข้าสู่ทางแยกตั้งแต่ 2 ช่องจราจรขึ้นไป

100* หมายถึง ปริมาณจราจรค่าเริ่มต้น (คัน/ ชม.) สำหรับถนน
สายรองที่มีช่องจราจรเข้าสู่ทางแยก 1 ช่องจราจร

ภาพที่ 2-7 เกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร พิจารณาจากปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน
(Federal Highway Administration, 2009)



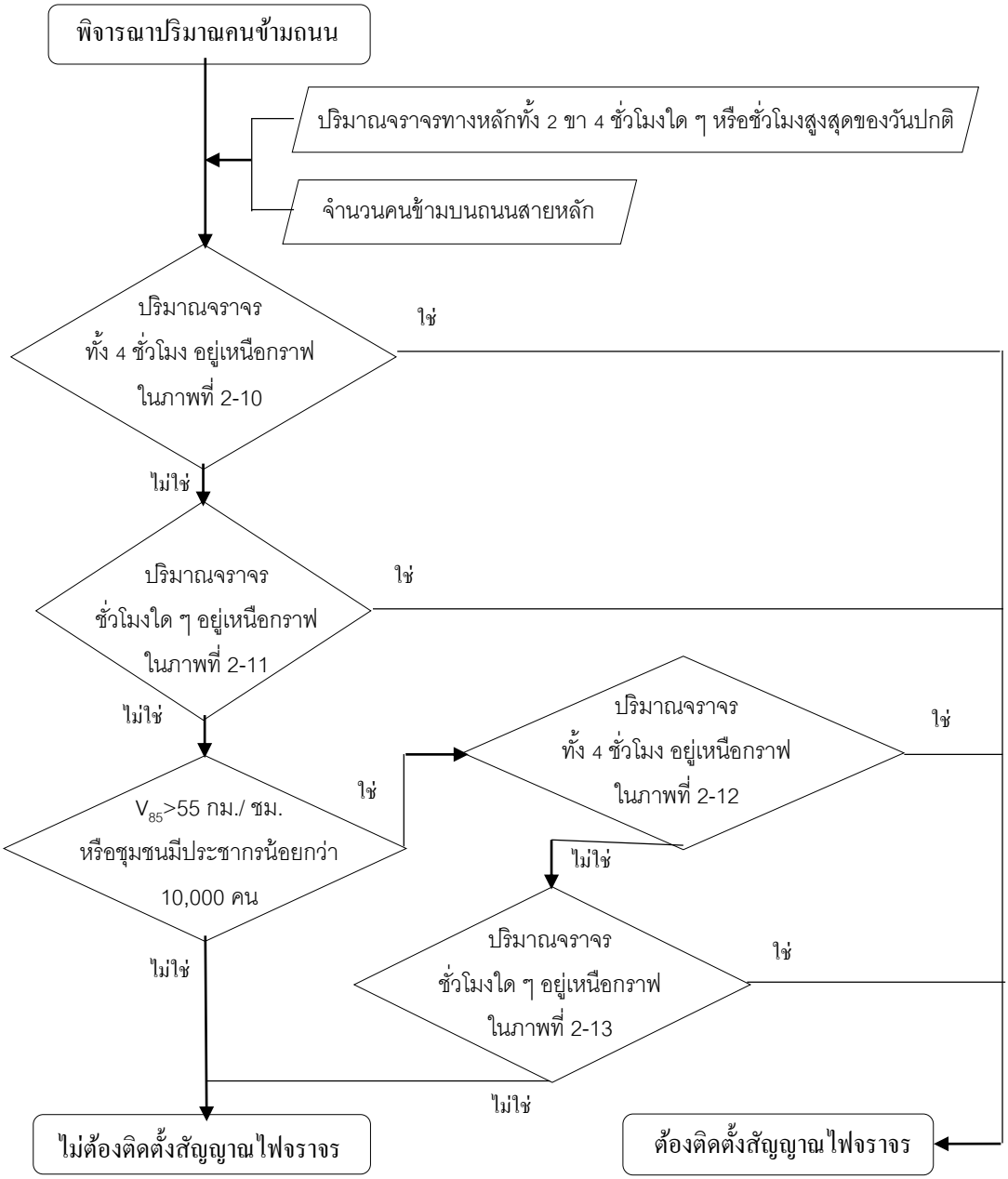
หมายเหตุ: 100* หมายถึง ปริมาณจราจรค่าเริ่มต้น (คัน/ ชม.) สำหรับถนน
สายรองที่มีช่องจราจรเข้าสู่ทางแยกตั้งแต่2ช่องจราจรขึ้นไป

75* หมายถึง ปริมาณจราจรค่าเริ่มต้น (คัน/ ชม.) สำหรับถนน
สายรองที่มีช่องเข้าสู่ทางแยก 1 ช่องจราจร

ภาพที่ 2-8 เกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร พิจารณาจากปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน (70% ของเกณฑ์) (Federal Highway Administration, 2009)

2. เกณฑ์ปริมาณคนข้ามถนน

เหตุอันควรในการพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟจากหลักเกณฑ์ปริมาณคนข้ามถนน ใช้แนวทางการพิจารณา ที่แสดงดังภาพที่ 2-9



ภาพที่ 2-9 การติดตั้งสัญญาณไฟที่พิจารณาจากปริมาณคนข้ามถนน

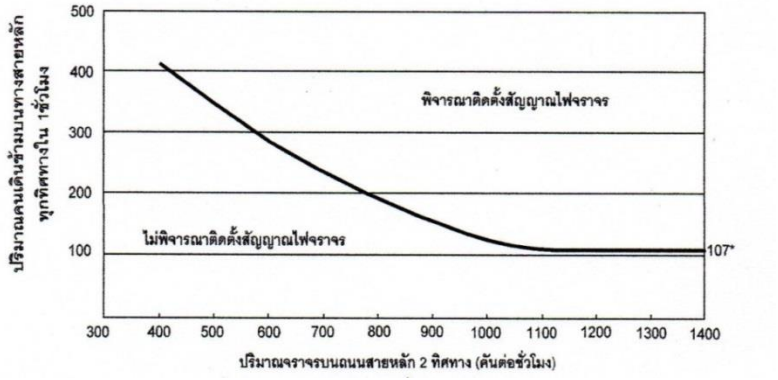
(Federal Highway Administration, 2009)

เกณฑ์นี้ควรพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟจราจรที่ทางแยกหรือทางม้าลาย หากพิจารณาปริมาณคนเดินข้ามถนนแล้วพบว่ามีค่าถึงเกณฑ์ใดเกณฑ์หนึ่งดังต่อไปนี้

2.1 สำหรับชั่วโมงใด ๆ 4 ชั่วโมงในวันปกติ มีปริมาณจราจรรายชั่วโมงบนถนนสายหลัก (รวม 2 ขา) กับจำนวนคนข้ามบนถนนสายหลัก (ทางข้ามทุกแห่งรวมกัน) มีค่าอยู่เหนือเส้นกราฟ แสดงดังภาพที่ 2-10 ทั้ง 4 ชั่วโมง

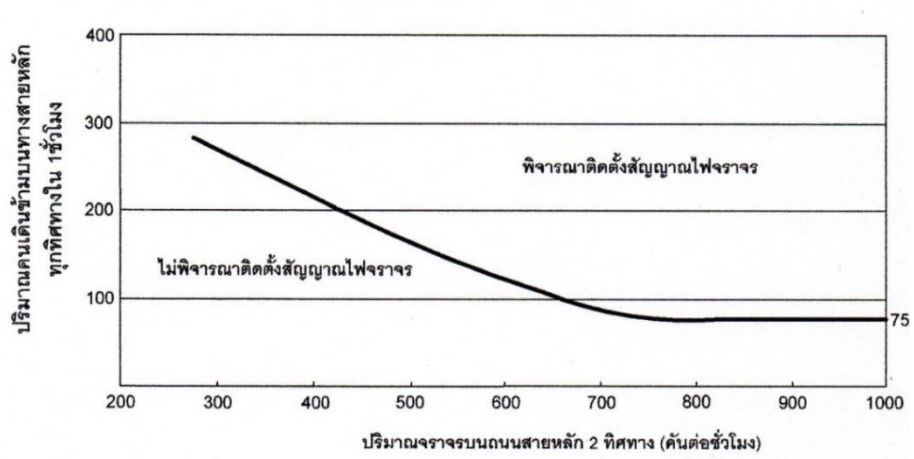
2.2 สำหรับชั่วโมงใด ๆ (60 นาทีต่อเนื่องกัน) ในวันปกติ มีปริมาณจราจรบนถนนสายหลัก (รวม 2 ขา) กับจำนวนคนข้ามบนถนนสายหลัก (ทางข้ามทุกแห่งรวมกัน) มีค่าอยู่เหนือเส้นกราฟ แสดงดังภาพที่ 2-12

สำหรับถนนที่มีความเร็วจำกัดหรือความเร็วเปอร์เซ็นต์ไทล์ ที่ 85 สูงกว่า 55 กิโลเมตรต่อชั่วโมงหรือในกรณีที่ทางแยกอยู่ในบริเวณชุมชนใหม่ ที่มีจำนวนประชากรน้อยกว่า 10,000 คน ให้ทำการพิจารณาข้อกำหนดการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ที่แสดงดังภาพที่ 2-11 สำหรับเกณฑ์ (ก) (กรณีจำนวนคนข้ามถนนช่วง 4 ชั่วโมงต่อวัน) แสดงดังภาพที่ 2-13 สำหรับเกณฑ์ (ข) (จำนวนคนข้ามในชั่วโมงเร่งด่วน) แทนแสดงดังภาพที่ 2-10 และภาพที่ 2-12 ตามลำดับ เหตุอันควรในข้อนี้ไม่ควรพิจารณาประยุกต์ใช้กับบริเวณที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจรหรือทางแยกหยุดทุกด้านในบริเวณใกล้เคียง (ภายในระยะ 90 เมตร) ยกเว้นในกรณีที่การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแล้วไม่ขัดขวางการเคลื่อนตัวแบบต่อเนื่องของการจราจรบนถนนสายหลัก หากเหตุอันควรในข้อนี้ถึงเกณฑ์ควรพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟจราจรสำหรับคนเดินเท้าด้วย



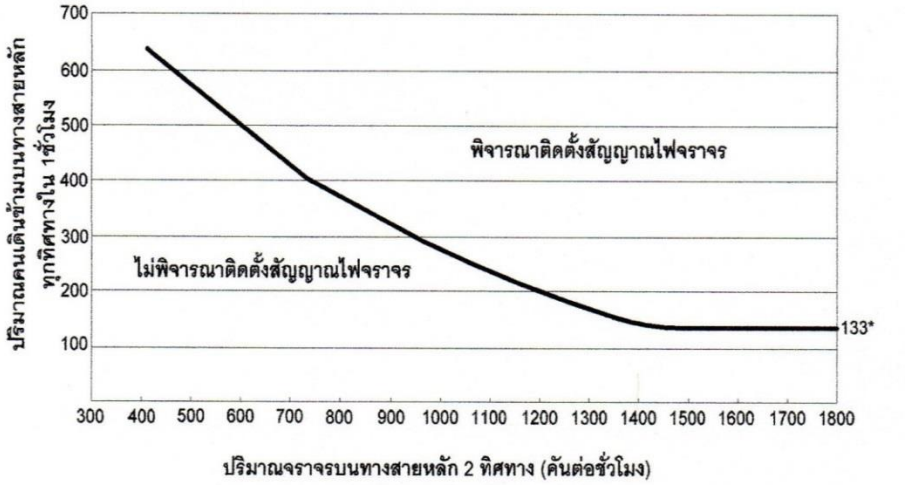
หมายเหตุ: 107* หมายถึง ปริมาณคนเดินข้ามถนนสายหลักค่าเริ่มต้นทุกทิศทางใน 1 ชั่วโมง

ภาพที่ 2-10 เกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร พิจารณาจากปริมาณคนข้ามถนนใน 4 ชั่วโมงใด ๆ (Federal Highway Administration, 2009)



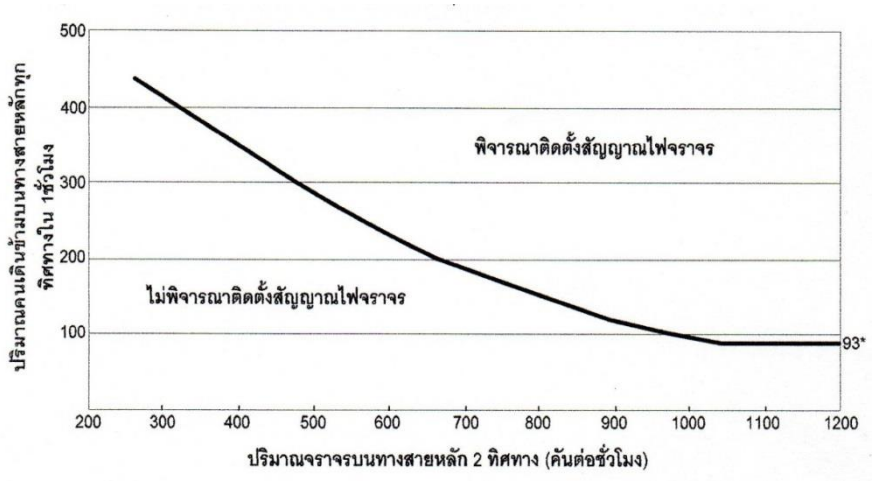
หมายเหตุ: 75* หมายถึง ปริมาณคนเดินข้ามถนนสายหลักค่าเริ่มต้นทุกทิศทางใน 1 ชั่วโมง

ภาพที่ 2-11 เกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร พิจารณาจากปริมาณคนข้ามถนนสำหรับ 4 ชั่วโมงใด ๆ (70% ของเกณฑ์) (Federal Highway Administration, 2009)



หมายเหตุ: 133* หมายถึง ปริมาณคนเดินข้ามถนนสายหลักค่าเริ่มต้นทุกทิศทางใน 1 ชั่วโมง

ภาพที่ 2-12 เกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร พิจารณาจากปริมาณคนข้ามถนนในชั่วโมงเร่งด่วน (Federal Highway Administration, 2009)

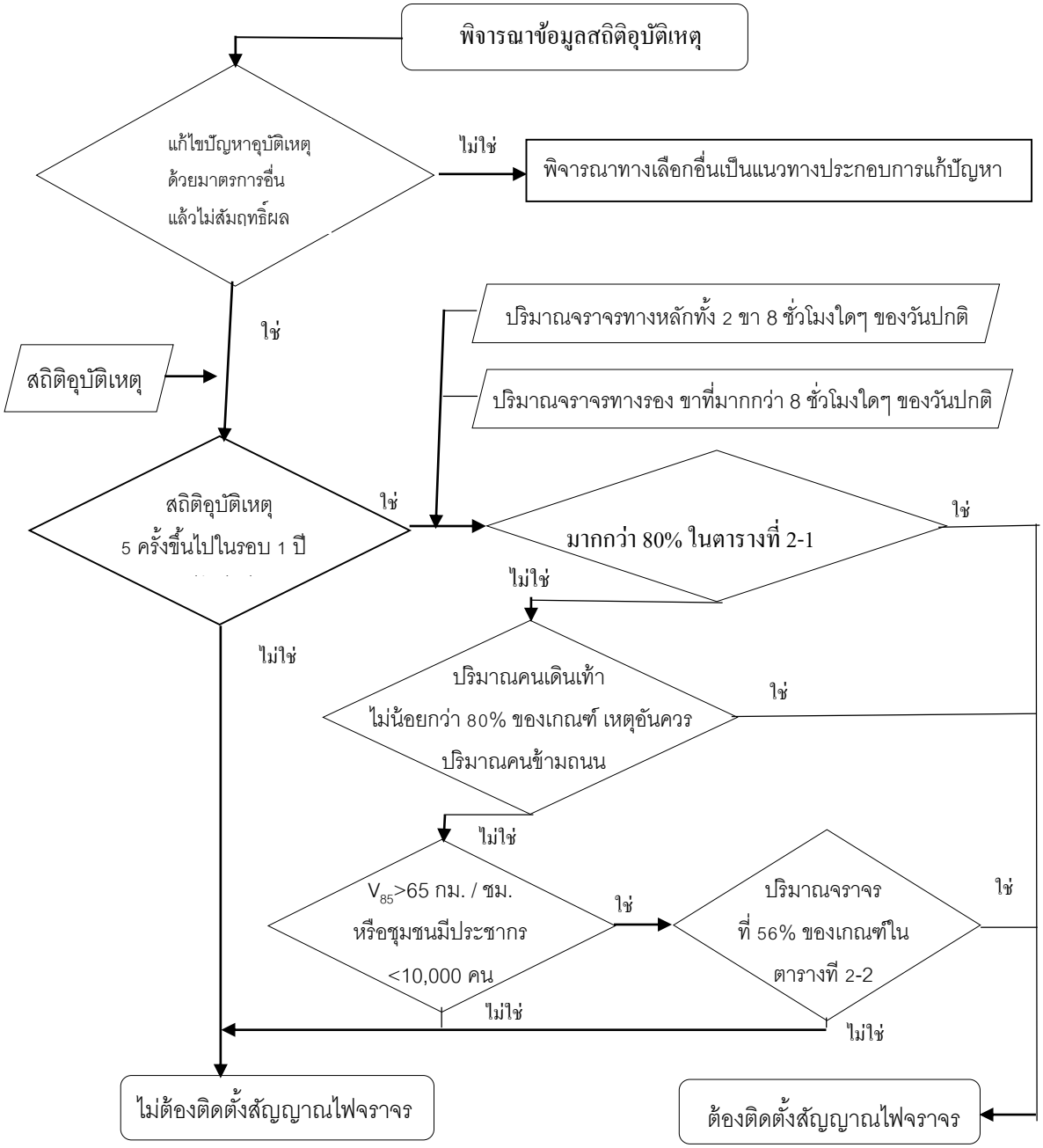


หมายเหตุ: 93* หมายถึง ปริมาณคนเดินข้ามถนนสายหลักค่าเริ่มต้นทุกทิศทางใน 1 ชั่วโมง

ภาพที่ 2-13 เกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร พิจารณาจากปริมาณคนข้ามถนนในชั่วโมงเร่งด่วน (70% ของเกณฑ์) (Federal Highway Administration, 2009)

3. เกณฑ์สถิติการเกิดอุบัติเหตุ

เหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรที่พิจารณาจากเกณฑ์สถิติอุบัติเหตุ ใช้แนวทางการพิจารณา ดังภาพที่ 2-14



ภาพที่ 2-14 ขั้นตอนการพิจารณาวิธีควบคุมการจราจรที่ทางแยก

(Federal Highway Administration, 2009)

การพิจารณาว่าควรติดตั้งสัญญาณไฟจราจรที่ทางแยก หากพบว่าสถิติอุบัติเหตุที่บริเวณทางแยกมีค่าถึงเกณฑ์ ทั้ง 3 เกณฑ์ ดังนี้ 1) มีการดำเนินการแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุด้วยวิธีการอื่นแล้วไม่สัมฤทธิ์ผล 2) เกิดอุบัติเหตุประเภทที่สามารถแก้ไขได้ด้วยสัญญาณไฟจราจรจำนวนไม่น้อยกว่า 5 ครั้ง ในรอบ 12 เดือน โดยแต่ละครั้งมีการบาดเจ็บและทำลายทรัพย์สินที่มีการจดบันทึกโดยเจ้าหน้าที่ และ 3) สำหรับชั่วโมงใด ๆ จำนวน 8 ชั่วโมงของวันปกติ ปริมาณจราจรรายชั่วโมงบนถนนสายหลัก (รวม 2 ขา) และบนถนนสายรอง (ขาที่มีปริมาณจราจรมากกว่า) มีค่าไม่น้อยกว่าค่าในคอลัมน์ 80% ในสถานการณ์ A ที่แสดงดังตาราง 2-2 หรือ

ปริมาณจราจรรายชั่วโมงบนถนนสายหลัก (รวม 2 ขา) และบนถนนสายรอง (ขาที่มีปริมาณจราจรมากกว่า) มีค่าไม่น้อยกว่าค่าในคอลัมน์ 80% ในสถานการณ์ B ที่แสดงดังตารางที่ 2-3 หรือจำนวนคนเดินเท้าไม่น้อยกว่า 80% ของเกณฑ์ที่กำหนดในเหตุอันควรเกณฑ์ปริมาณคนข้ามถนน และในการพิจารณาแต่ละสถานการณ์นั้น ปริมาณจราจรรายชั่วโมงบนถนนสายหลักและถนนสายรองจะต้องพิจารณาจาก 8 ชั่วโมงเดียวกันอย่างไรก็ตาม 8 ชั่วโมงของสถานการณ์ A กับสถานการณ์ B อาจแตกต่างกันได้ ส่วนปริมาณจราจรบนถนนสายรองนั้นให้พิจารณาจากขาที่มีปริมาณจราจรสูงกว่าโดยไม่จำเป็นจะต้องมาจากขาเดียวกันทั้ง 8 ชั่วโมง (สามารถสลับไปมาได้) สำหรับถนนที่มีความเร็วจำกัดหรือความเร็วเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 85 สูงกว่า 65 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือในกรณีที่ทางแยกอยู่ในบริเวณชุมชนใหม่ที่มีจำนวนประชากรน้อยกว่า 10,000 คน สามารถใช้เกณฑ์ที่ระดับ 56% ของเกณฑ์แทนที่ระดับ 80% ได้ แสดงดังตารางที่ 2-2 และตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-2 สถานการณ์ A ปริมาณยานพาหนะต่ำสุด (Federal Highway Administration, 2009)

จำนวนช่องจราจรเข้าสู่ทางแยก		ปริมาณจราจรบนถนนสายหลัก 2 ทิศทาง (คันต่อชั่วโมง)				ปริมาณจราจรบนถนนสายรอง ทิศทางที่มากที่สุด (คันต่อชั่วโมง)			
		a	b	c	d	a	b	c	d
ถนนสายหลัก	ถนนสายรอง	100%	80%	70%	56%	100%	80%	70%	56%
1	1	500	400	350	280	150	120	105	84
2 หรือมากกว่า	1	600	480	420	336	150	120	105	84
2 หรือมากกว่า	2 หรือมากกว่า	600	480	420	336	200	160	140	112
1	2 หรือมากกว่า	500	400	350	280	200	160	140	112

ตารางที่ 2-3 สถานการณ์ B การขัดขวางจราจรต่อเนื่อง (Federal Highway Administration, 2009)

จำนวนช่องจราจรเข้าสู่ทางแยก		ปริมาณจราจรบนถนนสายหลัก 2 ทิศทาง (คันต่อชั่วโมง)				ปริมาณจราจรบนถนนสายรอง ทิศทางที่มากที่สุด (คันต่อชั่วโมง)			
		a	b	c	d	a	b	c	d
ถนนสายหลัก	ถนนสายรอง	100%	80%	70%	56%	100%	80%	70%	56%
1	1	750	600	525	420	75	60	53	42
2 หรือมากกว่า	1	900	720	630	504	75	60	53	42
2 หรือมากกว่า	2 หรือมากกว่า	900	720	630	504	100	80	70	56
1	2 หรือมากกว่า	750	600	525	420	100	80	70	56

หมายเหตุ: a ปริมาณจราจรแต่ละชั่วโมงน้อยสุด

b สถานการณ์ a และ b หลังมีการพิจารณาทางเลือกอื่นร่วมด้วย

c ถูกพิจารณาเมื่อถนนสายหลักมีความเร็ว 65 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือในกรณีที่ทางแยกอยู่ในบริเวณชุมชนใหม่ที่มีประชากรน้อยกว่า 10,000 คน

d ถูกพิจารณาเมื่อสถานการณ์ a และ b หลังมีการพิจารณาทางเลือกอื่นร่วมด้วยโดยถนนสายหลักมีความเร็ว 65 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือในกรณีที่ทางแยกอยู่ในบริเวณชุมชนใหม่ที่มีประชากรน้อยกว่า 10,000 คน

จากเกณฑ์พิจารณาการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรข้างต้น มีข้อแนะนำเพิ่มเติมจาก MUTCD ในการพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ดังนี้ 1) สัญญาณไฟจราจรควรถูกติดตั้งถ้าพบว่าเป็นไปตามหลักเกณฑ์ข้อใดข้อหนึ่งหรือมากกว่าในพื้นที่ศึกษา 2) สัญญาณไฟจราจรไม่ควรถูกติดตั้งจนกว่าการศึกษาทางวิศวกรรมจะแสดงให้เห็นว่าการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรจะช่วยเพิ่มความปลอดภัยโดยรวมและหรือช่วยให้การดำเนินการที่ทางแยกดีขึ้น 3) สัญญาณไฟจราจรไม่ควรถูกติดตั้งหากเมื่อติดตั้งแล้วส่งผลกระทบต่อการจราจรที่ต่อเนื่องกัน 4) ควรพิจารณาผลกระทบของปริมาณจราจรที่เลี้ยวมาจากถนนสายรอง วิจารณญาณทางวิศวกรรม (Engineering judgement) ควรถูกนำมาใช้ตรวจสอบหากมีสัดส่วนปริมาณจราจรที่เลี้ยวจากถนนสายรองกับปริมาณจราจรของถนนสายรองทั้งหมด ก่อนนำไปเปรียบเทียบกับหลักเกณฑ์ในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรต่อไป และ 5) วิจารณญาณทางวิศวกรรมควรถูกนำมาใช้ในการพิจารณาลักษณะทางกายภาพของทางแยก สำหรับช่องจราจรร่วมระหว่างทิศทางตรงและทิศทางเลี้ยวก่อนนำไปใช้เปรียบเทียบกับหลักเกณฑ์ในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร เพื่อให้การพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟจราจรถูกต้องมากที่สุด

สัญญาณไฟจราจร (Traffic signals)

ประวัติความเป็นมาของสัญญาณไฟจราจร

ต้นกำเนิดไฟสัญญาณจราจรแห่งแรกอยู่ที่ประเทศอังกฤษ ในปี ค.ศ. 1868 โดย เจ.พี. ไนต์ วิศวกรชาวอังกฤษได้ทำการคิดค้นไฟสัญญาณจราจรขึ้น เพื่อใช้ควบคุมการสัญจรของรถม้าและคนเดินเท้าที่สัญจรผ่านบริเวณสี่แยกใจกลางมหานครลอนดอน บริเวณหน้ารัฐสภาอังกฤษ ซึ่งในยุคที่มีเฉพาะไฟเขียวกับไฟแดงเท่านั้น (ยังไม่มีไฟเหลือง) ต่อมาในปี ค.ศ. 1920 วิลเลียม พอตต์ ตำรวจจราจรเมืองดีทรอยต์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ออกแบบไฟสัญญาณแบบใหม่ขึ้นพร้อมกับเพิ่มไฟสีเหลืองเพื่อใช้เตือนให้ผู้ใช้รถระวังและชะลอความเร็วก่อนที่จะหยุดรถหรือออกตัว

จากนั้นสัญญาณไฟจราจรแบบอัตโนมัติก็ถูกประดิษฐ์ขึ้น โดย การ์แรตต์ มอร์แกน โดยนำมาใช้ครั้งแรกในเมืองเคลฟแลนด์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ก่อนที่จะมีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในเวลาต่อมา และวิวัฒนาการของสัญญาณไฟจราจรก็ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ลักษณะของสัญญาณไฟจราจรที่ในปัจจุบันใช้ควบคุมการจราจรบริเวณทางแยกหรือทางคนข้าม กำหนดใช้สีจากดวงไฟเป็นเครื่องหมายบังคับการจราจร มี 3 สี คือ สีแดงใช้บังคับให้รถหยุด สีเหลืองใช้เตือนให้ลดความเร็ว หรือเตรียมเคลื่อนไปข้างหน้า ส่วนสีเขียวให้รถแล่นผ่านไปได้

ความสำคัญของสัญญาณไฟจราจร

สัญญาณไฟจราจรเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการควบคุมการจราจรบริเวณทางแยก การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรมีทั้งข้อดีและข้อเสีย ขึ้นอยู่กับการออกแบบติดตั้งและการใช้งานที่มีความเหมาะสมและถูกต้อง หากมีการดำเนินการดังกล่าวอย่างเหมาะสมก็จะส่งผลดีหลายประการดังนี้ 1) ช่วยจัดระเบียบการจราจรบริเวณทางแยก 2) ช่วยให้คนเดินข้ามถนนบริเวณสี่แยกได้ปลอดภัย 3) ช่วยให้รถสายรองวิ่งผ่านถนนสายหลักได้ 4) เพิ่มความจุในการรองรับปริมาณการจราจรของทางแยก 5) ลดอุบัติเหตุประเภทชนประสานงาหรือชนด้านข้าง และ 6) ประหยัดกำลังเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรหรืออาสาจราจร ในทางกลับกันหากมีการติดตั้งออกแบบและการจัดการควบคุมที่ไม่ถูกต้องหรือไม่เหมาะสม ก็อาจก่อให้เกิดผลเสียต่อการจราจรบริเวณทางแยก เช่น 1) เพิ่มความล่าช้าแก่รถในถนนสายหลักโดยไม่จำเป็น 2) อาจทำให้เพิ่มอุบัติเหตุบางชนิด เช่น การชนท้ายจากการที่มีจังหวะสัญญาณไฟไม่เหมาะสม และ 3) หากมีการจราจรติดขัดบริเวณทางแยกอาจทำให้มีการเลี่ยงไปใช้เส้นทางอื่น และอาจสร้างปัญหาจราจรให้กับเส้นทางที่เลี่ยงไปใช้ได้

ประเภทระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร

ประเภทระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร สามารถจำแนกได้ 3 ประเภท ได้แก่ ประเภทกำหนดเวลาคงที่ ประเภทเซมิแอคทิวเอท และประเภทกำหนดเวลาเปลี่ยนแปลงตามปริมาณจราจร โดยสัญญาณไฟแต่ละประเภทมีรายละเอียด ดังนี้

1. สัญญาณไฟจราจรประเภทกำหนดเวลาคงที่ (Fix time traffic signal) เป็นระบบควบคุมการจราจร โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสำรวจวิเคราะห์ และจัดทำเป็นแผนการควบคุมที่แน่นอนไว้ มีลักษณะสำคัญ คือ ตั้งเวลาเปิด-ปิด ช่วงเวลา (Timing) แต่ละจังหวะไว้แน่นอน อาจมีเพียงโปรแกรมเดียวใช้งานแบบเดียวตลอดทั้งวัน หรืออาจมีหลายโปรแกรมกำหนดใช้ตามช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ตั้งไว้ นิยมใช้กับทางแยกที่ปริมาณการจราจรค่อนข้างคงที่เป็นระยะเวลานาน หรือในช่วงเวลาเร่งด่วนที่มีปริมาณยานพาหนะสม่ำเสมอ โดยใช้ช่วงที่ปริมาณจราจรสูงเป็นเกณฑ์การทำงานของสัญญาณไฟ ในปัจจุบันสัญญาณไฟแบบนี้ถูกนำมาใช้กับทางแยกหลายแห่ง บนถนนสายเดียวกัน โดยมีเครื่องปรับเวลาเริ่มของสัญญาณไฟเขียวติดไว้ในตัวเครื่องควบคุม การปรับสัญญาณนี้อาจใช้คลื่นวิทยุ หรือส่งสัญญาณ ผ่านสายโทรศัพท์จากเครื่องคอมพิวเตอร์ของศูนย์ควบคุม ประโยชน์ที่ได้จากการปรับนี้ คือ การประสานของสัญญาณไฟเขียวที่ต่างแยกต่าง ๆ เพื่อลดการจอดรอไฟเขียวในทุกทางแยก

2. สัญญาณไฟจราจรประเภทเซมิแอคทิวเอท (Semi-traffic actuate signal) สัญญาณไฟจราจรประเภทนี้ ให้ความสำคัญกับรถในทางหลักเป็นหลัก โดยได้เวลาไฟเขียวตลอดด้วยค่าเวลาคงที่ (Fix time) และเมื่อมีรถมาจอดรอบริเวณทางเลี้ยวที่ตัดกับทางหลักหรือบริเวณทางรอง ระบบควบคุมจะทำการขอสัญญาณไฟเขียวให้กับทางเลี้ยว หรือทางรองเพื่อให้รถวิ่งผ่านไปได้ และเมื่อไม่มียานพาหนะบริเวณทางเลี้ยวหรือทางรองก็จะตัดให้สัญญาณไฟเขียวกลับไปให้รถใน ทางหลัก กรณีมีปริมาณยานพาหนะที่บริเวณทางเลี้ยวหรือทางรองวิ่งมาเพิ่มเติมอีก แต่เมื่อให้สัญญาณไฟเขียวจนถึงค่าสัญญาณไฟเขียวสูงสุด (Maximum green) เครื่องควบคุมสัญญาณไฟจราจรก็จะตัดกลับไปให้สัญญาณไฟเขียวให้กับทางหลัก ดังนั้นในทางสายรองจะตั้งให้สัญญาณไฟเขียวต่ำสุด (Minimum green) ให้เป็นศูนย์โดยมีอัตราการขยายจังหวะสัญญาณไฟเขียว (Vehicle extension) และระยะห่างระหว่างกันของยานพาหนะต่อเวลา (Gap) จะอยู่ในช่วง 1-5 วินาที

3. สัญญาณไฟจราจรประเภทกำหนดเวลาเปลี่ยนแปลงตามปริมาณจราจร (Full - actuated signal) การทำงานของสัญญาณไฟจะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณจราจร โดยมีการคำนวณปริมาณจราจรในแต่ละขา สัญญาณไฟประเภทนี้มีประสิทธิภาพมากกว่าในสองแบบแรก โดยสามารถคำนวณความต่อเนื่องของสัญญาณไฟบนพื้นฐานสัญญาณไฟเขียวต่ำสุด และจะเพิ่มเวลาของสัญญาณไฟเขียวบนพื้นฐานของการร้องขอสัญญาณไฟเพิ่มขึ้นจากการที่มียานพาหนะวิ่งผ่านเครื่องตรวจจับจนกระทั่งการร้องขอสัญญาณไฟเขียวจะสิ้นสุดลง แบ่งได้เป็นสองกรณี คือ เมื่อยานพาหนะมีระยะห่างระหว่างกันต่อเวลามากกว่าค่าที่กำหนดไว้ และเมื่อสัญญาณไฟเขียวให้ค่าเวลาสูงสุด หลังจากนั้นก็จะไปทำงานใน Phase ลำดับต่อไปจึงทำให้ปริมาณแถวคอยมีปริมาณน้อย

ที่สุดได้ แม้สัญญาณไฟประเภทนี้จะมีข้อดี แต่ก็มีข้อเสียคือ ต้องทำการติดตั้งเครื่องตรวจจับรถจำนวนหลายเครื่องซึ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง

คำศัพท์ที่เกี่ยวกับสัญญาณไฟจราจร

รอบเวลาสัญญาณไฟ (Cycle length) หมายถึง ระยะเวลารวมของสัญญาณไฟจราจร (ไฟเขียว ไฟแดง ไฟเหลือง) ใน 1 รอบ คือ เวลาที่เริ่มนับจากสัญญาณไฟแดง ไฟเขียว ไฟเหลือง และกลับมาที่ไฟแดงอีกครั้งหนึ่งใช้เวลาใน 1 รอบ มีหน่วยเป็นวินาที

จังหวะสัญญาณไฟ (Signal Phasing) หมายถึง ช่วงเวลาที่จัดไว้เป็นจังหวะ ๆ ในหนึ่งรอบเวลาสัญญาณไฟ เพื่อให้การจราจรทิศทางใดทิศทางหนึ่ง หรือหลายทิศทางได้รับสิทธิเคลื่อนที่ผ่านทางแยก ในระหว่างช่วงเวลาหนึ่งหรือหลายช่วงเวลา การจัดระบบสัญญาณไฟจราจรโดยผู้ออกแบบจะเป็นผู้กำหนดตามความเหมาะสมของสภาพการจราจรบริเวณแยกนั้น ๆ เช่น บริเวณสี่แยกที่มีรถเลี้ยวขวาน้อยอาจจะจัดเป็น 2 เฟส แต่ถ้าบริเวณสี่แยกมีปริมาณรถเลี้ยวขวามากอาจ ทำการออกแบบเป็น 3 เฟส หรือ 4 เฟสก็ได้

Critical lane volume (CLV) หมายถึง ปริมาณรถยนต์สูงสุดต่อ 1 ช่องทางวิ่งขึ้นอยู่กับการจัด Phase ในแต่ละ Phase critical lane volume สามารถคำนวณโดยนำปริมาณ (Volume) ในแต่ละทิศทาง หารด้วยจำนวนช่องทางวิ่งในทิศทางนั้น ปริมาณในทิศทางใดที่มีค่ามากกว่าจะนำมาใช้เป็น Critical Lane Volume

Lost time หมายถึง เวลาที่สูญเสียไปเนื่องจากการออกรถหรือการหยุดรถ

Headway หมายถึง ระยะเวลาระหว่างยวดยานสองคันที่วิ่งตามหลังกันมา ขณะผ่านจุดสำรวจมีหน่วยเป็นวินาทีโดยจะต้องทำการวัด ณ จุดอ้างอิงเดียวกันของรถยนต์ทั้งสองคัน

การออกแบบรอบสัญญาณไฟจราจร

สัญญาณไฟจราจรที่ทำการออกแบบควรทำให้ ความล่าช้าของยวดยานโดยรวมลดลง และลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุ สัญญาณไฟจราจรควรลดการขัดแย้งของกระแสจราจรให้เหลือน้อยที่สุดแต่หากต้องการลดการขัดแย้งให้เหลือน้อย จำนวนจังหวะยวดยานโดยเฉลี่ยมาก ดังนั้นควรพิจารณาการออกแบบเป็น 2 จังหวะก่อนโดยใช้รอบสัญญาณสั้นที่สุดเท่าที่จะเป็นได้ หากวิเคราะห์แล้วไม่เหมาะสมจึงค่อยปรับเพิ่มเป็น 3 หรือ 4 ตามลำดับ

การออกแบบจังหวะสัญญาณไฟจราจร เริ่มจากการคำนวณหาอัตราการไหลอิ่มตัวของทางแยกโดยใช้การปรับเทียบค่ารถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger car unit, PCU) แล้วทำการเลือกจังหวะสัญญาณไฟ (Phase) แล้วทำการคำนวณช่วงเวลาของจังหวะไฟต่าง ๆ โดยระยะเวลาไฟเขียวทั้งหมดจะต้องรวมถึงเวลาสูญเสียในการเคลื่อนตัวของกระแสจราจรด้วย ลำดับการออกแบบสัญญาณไฟจราจรประกอบด้วย องค์ประกอบรอบสัญญาณไฟจราจร วิธีการคำนวณหาอัตราการ

ไหลอิ่มตัว รอบสัญญาณไฟจราจร ช่วงเวลาเปลี่ยนแปลงไฟเหลือง ช่วงเวลาไฟแดงทุกทิศทาง และช่วงเวลาไฟเขียว โดยมีรายละเอียดดังนี้

ช่วงเวลาเปลี่ยนแปลงไฟเหลือง (Chang interval)

การออกแบบช่วงเวลาไฟเหลืองต้องพอดี โดยผู้ขับขี่สามารถหยุดรถได้ทันตามความหน่วง หรือสามารถผ่านทางแยกด้วยความเร็วซึ่งเท่ากับ ขีดจำกัดความเร็วโดยไม่ต้องเร่งเครื่องยนต์ สามารถผ่านพ้นทางแยกไปได้พอดีภายในช่วงเวลาไฟเหลือง การกำหนดช่วงเวลาสัญญาณไฟเหลืองไม่ควรสั้นกว่า 3 วินาที และไม่ควรนานเกิน 5 วินาที ในกรณีที่การคำนวณไฟเหลืองนานเกิน 5 วินาที ให้กำหนดเวลาที่เกินนั้นเป็นเวลาไฟแดงทุกด้าน (All red) ช่วงเวลาไฟเหลืองที่น้อยที่สุดซึ่งพอเหมาะสามารถ คำนวณได้จาก สมการที่ 2-1 และหากพิจารณาช่วงเวลาไฟเหลืองโดยประมาณ สามารถประเมินจากความเร็วที่เข้าสู่ทางแยก แสดงดังตารางที่ 2- 4

$$\text{CP} = t + \frac{V}{2a} + \frac{W+L}{V} \qquad (2\text{-}1)$$

โดยที่ CP คือ ระยะเวลาของสัญญาณไฟเหลือง (วินาที)

t คือ ระยะเวลาการตัดสินใจของคนขับรถ (วินาที)

V คือ ความเร็วของรถที่แล่นมาถึงทางแยก (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

a คือ อัตราความเร่ง (เมตรต่อวินาที ^{2})

W คือ ความกว้างของทางแยก (เมตร)

L คือ ความยาวเฉลี่ยของยานพาหนะ (เมตร)

ตารางที่ 2-4 เวลาไฟเหลืองโดยประมาณ (Homburger, Hall, Loutzenheiser, Reilly. (1996)

ความเร็วของรถที่เข้าสู่ทางแยก (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	เวลาไฟเหลือง (วินาที)
≤ 56	3.0
57-46	3.5
65-72	4.0
73-80	4.5
>80	5.0

ช่วงเวลาไฟเขียว (Green interval)

ควรจัดสรรเวลาไฟเขียวให้เท่าที่ปริมาณจราจรในแต่ละทิศทางต้องการ การให้เวลาไฟเขียวนานเกินไป จนกระทั่งยวดยานในกระแสจราจรเริ่มทิ้งช่วงห่างกันมากหรือไม่มีปริมาณจราจรเลยเป็นการใช้เวลาไฟเขียวที่ไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งก่อให้เกิดความล่าช้าโดยใช่เหตุ และเป็นการจูงใจให้ผู้ขับขี่ในทิศทางอื่นฝ่าฝืนสัญญาณไฟแดง การพิจารณาช่วงเวลาไฟเขียวประกอบด้วย เวลาไฟเขียวน้อยที่สุดโดยพิจารณาจากการข้ามถนนของคนเดินเท้า และเวลาไฟเขียว ประสิทธิผลซึ่งจะต้องไม่น้อยกว่าเวลาไฟเขียวที่น้อยที่สุด หากไฟเขียวประสิทธิผลน้อยกว่าจะต้องใช้ เวลาไฟเขียวที่น้อยที่สุดแทน การกำหนดช่วงเวลาไฟเขียว มีรายละเอียดดังนี้

1. เวลาไฟเขียวที่น้อยที่สุด (Minimum green time) จะต้องคำนึงการอำนวยความสะดวกในการข้ามถนนให้เหมาะสมกับจำนวนคนข้ามถนน เพื่อให้คนข้ามสามารถข้ามถนนได้อย่างปลอดภัย ความยาวของเวลาไฟเขียวที่น้อยที่สุดอาจยาวนานกว่าเวลาไฟเขียวที่รถต้องการผ่านทางแยก ดังนั้นเวลาไฟเขียวสำหรับทิศทางการจราจรของรถในแนวเหนือ-ใต้ ต้องยาวไม่น้อยกว่าเวลาที่คนต้องการใช้ในการข้ามถนนในแนวออก-ตก และในทำนองเดียวกัน เวลาไฟเขียว สำหรับทิศทางการจราจรของรถในแนวออก ตกต้องยาวไม่น้อยกว่าเวลาที่คนต้องกาใช้ในการข้ามถนนในแนวเหนือ-ใต้ Transportation research board (2000) ได้แนะนำการกำหนดช่วงเวลาไฟเขียวที่น้อยที่สุด สามารถนำไปคำนวณได้ ดังสมการที่ 2-2

$$GP = 3.2\,\frac{L}{S} + 2.7\,\left(\frac{Nped}{We}\right) \qquad (2\text{-}2)$$

โดยที่ Gp คือ เวลาไฟเขียวที่น้อยที่สุด (วินาที)

L คือ ความยาวของทางข้าม (เมตร)

3.2 คือ ความเร็วเฉลี่ยของคนข้าม ปกติใช้ 1.2 เมตรต่อวินาที

WE คือ ความกว้างประสิทธิผลของทางข้าม (เมตร)

Nped คือ จำนวนคนข้ามในช่วงเวลาไฟสัญญาณนั้น

2. เวลาไฟเขียวประสิทธิผลจาก Transportation research board (2000) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2-3

$$gi = \left(\frac{V}{S}\right) i \times \left(\frac{C}{X}\right) i \qquad (2\text{-}3)$$

โดยที่ gi คือ เวลาไฟเขียวประสิทธิผลในจังหวะ i (วินาที)

(v/s) i คือ อัตราส่วนการไหลของกลุ่มช่องจราจร ในจังหวะ i

C คือ ความยาวรอบสัญญาณไฟ (วินาที)

Xi คือ อัตราส่วนปริมาณจราจรต่อความจุของกลุ่มช่องจราจร ในจังหวะ i (โดยทั่วไปใช้ 0.90)

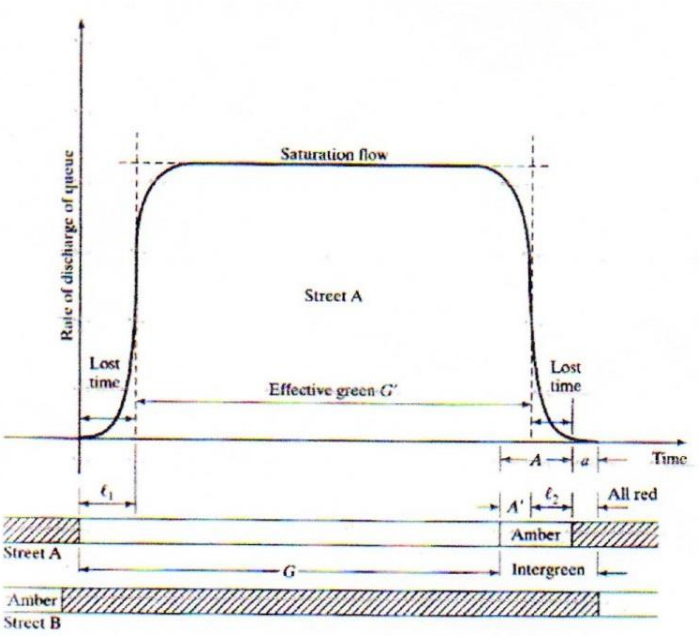
เวลาไฟเขียวทั้งหมดจะต้องรวมถึง เวลาสูญเสีย (Lost time) เข้าไปด้วยเพื่อช่วยในการระบายรถได้เหมาะสมกับสภาพที่เกิดขึ้นจริงจากการจราจร ซึ่งเวลาสูญเสีย หมายถึง เวลาที่สูญเสียจากการเปลี่ยนจังหวะของสัญญาณไฟจราจรในแต่ละจังหวะ เมื่อสัญญาณไฟเปลี่ยนจากแดงเป็นเขียว ยวดยานที่จอดแถวคอยจะเริ่มขับออกเพื่อผ่านทางแยกตอนเริ่มต้นจะไม่คงที่ทำให้เกิดช่วงเวลาสูญเสียเริ่มต้นจนรถเคลื่อนตัวไปจนมีอัตราการไหลคงที่ และเมื่อสัญญาณไฟเปลี่ยนเป็นไฟเหลืองรถทั้งหมดจะลดความเร็วและจอดจะทำให้เกิดช่วงเวลาสูญเสียในช่วงท้าย แสดงดังภาพที่ 2 -15 และเวลาสูญเสียทั้งหมด สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2-4

$$L = \sum_{i}^{\emptyset} li + R \qquad (2\text{-}4)$$

โดยที่ L คือ เวลาสูญเสียทั้งหมดต่อรอบสัญญาณ (วินาที)

li คือ เวลาสูญเสียในจังหวะ i (วินาที)

R คือ เวลาไฟแดงทุกด้านทั้งหมดในหนึ่งรอบสัญญาณ (วินาที)



ภาพที่ 2-15 ช่วงเวลาที่สูญเสียทั้งหมดของสัญญาณไฟเขียว (Jotin Khisty & Kent Lall, 2003)

การคำนวณช่วงเวลาของสัญญาณไฟเขียวจริงในหนึ่งรอบสัญญาณไฟ จำเป็นต้องรวมเวลาสูญเสียในแต่ละจังหวะเข้าไปด้วย สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2-5 และสัญญาณไฟเขียวจริงแต่ละจังหวะสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2-6

$$Ga = \sum_i (g + l + \tau i) \tag{2-5}$$

$$Gai = gi + li + \tau i \tag{2-6}$$

โดยที่ Ga คือ เวลาไฟเขียวจริงในหนึ่งรอบสัญญาณไฟ (วินาที)

Gai คือ เวลาไฟเขียวจริงในจังหวะ i (วินาที)

Gi คือ เวลาไฟเขียวประสิทธิผลในจังหวะ i (วินาที)

li คือ เวลาสูญเสียในจังหวะ i (วินาที)

τi คือ ช่วงเวลาไฟเหลืองในจังหวะ i (วินาที)

การออกแบบสัญญาณไฟจราจรด้วยวิธีพื้นฐาน

การคำนวณและออกแบบวิธีพื้นฐาน (Basic principle method) เป็นวิธีการคำนวณแบบง่ายโดยมีขั้นตอน ดังนี้ 1) จัดระบบสัญญาณไฟจราจร (Signal phasing) ตามความเหมาะสมของปริมาณจราจรบริเวณทางแยกนั้น 2) คำนวณหาค่า CLV (Critical lane volume) ในแต่ละเฟสซึ่งได้จากปริมาณจราจรหารด้วยช่องจราจร 3) คำนวณหาผลรวมของ CLV บวกด้วย CLV ของทุกเพสเข้าด้วยกัน 4) คำนวณหาระยะเวลาไฟเขียวที่ต้องการ (Required green time) โดยนำผลรวม CLV คูณด้วยระยะห่างระหว่างรถ 2 คัน (Headway) 5) คำนวณหาระยะเวลาที่สูญเสีย (Available lost time) ซึ่งเท่ากับ 3,600 วินาที ลบด้วย Required green time 6) คำนวณหาระยะเวลาที่สูญเสียใน 1 รอบ (Lost time per cycle) ซึ่งเท่ากับจำนวนเฟสทั้งหมดคูณด้วย Lost time ต่อหนึ่งเฟส 7) คำนวณหาจำนวนรอบใน 1 ชั่วโมง (Number of cycle) ซึ่งเท่ากับ Available lost time ลบด้วย Lost time per cycle 8) คำนวณหาระยะเวลาของสัญญาณไฟจราจร (Cycle length) ซึ่งเท่ากับ 3,600 วินาที หารด้วยจำนวนรอบใน 1 ชั่วโมง 9) ทำการแบ่งระยะเวลาสัญญาณไฟเขียวและไฟแดงในแต่ละเฟสโดยใช้สูตรการคำนวณ ดังสมการที่ 2-7

$$Qn = \left(\frac{critical\ lane\ volume\ \text{ในเฟส}\ n}{\text{ผลรวมของ}\ CLV} \right) \text{x}\ (C - L) + Ln \qquad (2\text{-}7)$$

เมื่อ Qn = ระยะเวลาของสัญญาณไฟเขียว (รวมระยะเวลาของไฟเหลือง ในเฟส n)

C = Cycle length

L = ผลรวมของ Lost time ทุกเฟส

Ln = Lost time ในเฟส n

10. การออกแบบรอบสัญญาณไฟเหลือง (Amber time) มีส่วนสำคัญในการควบคุมจราจรเช่นเดียวกับไฟเขียวและไฟแดง มีจุดประสงค์เพื่อให้โอกาสแก่รถคันสุดท้าย ที่มาถึงทางแยกในขณะหมดสัญญาณไฟเขียวพอดี และรถดังกล่าวควรมีระยะเวลาเพียงพอที่จะวิ่งพ้นทางแยกได้อย่างปลอดภัยในกรณีที่ผู้ขับขี่ตัดสินใจไม่หยุดรถ โดยทั่วไปการออกแบบไฟเหลืองจะอยู่ในช่วง 3-5 วินาที การออกแบบสัญญาณไฟเหลืองที่มีระยะเวลาน้อยกว่า 3 วินาที จะทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยต่อผู้ขับขี่ที่ตัดสินใจขับรถผ่านทางแยกและหากมีการออกให้มีระยะเวลามาก กว่า 5 วินาที ก็อาจเกิดการฝ่าฝืนสัญญาณไฟขึ้นได้ ในการออกแบบสัญญาณไฟเหลืองใช้สูตรการคำนวณ ดังสมการที่ 2-8

$$A = t + \frac{1}{2}\left(\frac{V}{a}\right) + \left(\frac{W+L}{V}\right) \quad (2\text{-}8)$$

เมื่อ Ai = ระยะเวลาของสัญญาณไฟเหลือง หน่วยเป็น วินาที

t = ระยะเวลาในการตัดสินใจของผู้ขับขี่ โดยทั่วไปใช้ค่าประมาณ 1 วินาที

V = ความเร็วของรถขณะวิ่งผ่านทางแยก

a = อัตราความเร่งโดยทั่วไปใช้ค่าประมาณ 5 เมตร/ วินาที

W = ความกว้างของทางแยก

L = ความยาวของยานพาหนะโดยเฉลี่ย 3.6 เมตร

เผ่าพงษ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี (2543)ได้แนะนำว่าถ้าหากระยะเวลาสัญญาณไฟที่คำนวณได้มากกว่า 5 วินาที อาจก่อให้เกิดผลเสียและฝ่าฝืนกฎจราจรได้ จึงควรกำหนดให้แต่ละ Phase ใช้ 5 วินาที เท่ากันหมด หลังจากทำการออกแบบและใช้งานสัญญาณไฟจำเป็นต้องมีการประเมินผลอย่างต่อเนื่อง เพราะเนื่องจากปริมาณจราจรมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาจึงต้องทำการปรับปรุงให้สอดคล้องกับสถานการณ์อยู่เสมอจึงจะทำให้การออกแบบและควบคุมการจราจรบริเวณทางแยกเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ประสิทธิ์ จึงสงวนพรสุข (2546) ได้ศึกษาและแนะนำว่าการออกแบบสัญญาณไฟ ควรทำให้ความล่าช้าของยวดยานโดยรวมลดลง ลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุและลดจุดขัดแย้งของกระแสจราจรให้เหลือน้อยที่สุด ทั้งนี้ควรพิจารณาออกแบบเป็น 2 จังหวะก่อน โดยใช้รอบสัญญาณให้สั้นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ หากวิเคราะห์แล้วไม่เหมาะสมจึงค่อยปรับเพิ่มเป็น 3 หรือ 4 จังหวะตามลำดับ

Underwood (1961) ได้แนะนำข้อปฏิบัติในการออกแบบสัญญาณไฟจราจรที่ทางแยกเดี่ยวไว้ ดังนี้ 1) ช่วงเวลาไฟเขียวไม่ควรน้อยกว่า 5 วินาที 2) เวลาไฟเขียวสำหรับคนข้ามถนนไม่ควรน้อยกว่า 6 วินาที 3) เวลาไฟเขียวนานที่สุดไม่ควรเกิน 80 วินาที และ 4) รอบสัญญาณไฟจราจรไม่ควรนานเกิน 120 วินาที สำหรับแบบ 2 จังหวะและไม่ควรเกิน 200 วินาที สำหรับแบบที่มากกว่า 2 จังหวะ

Elmitiny, Yan, Radwan, Russo, and Nashar, (2010) ได้ศึกษาพฤติกรรมการขับรถผ่านทางแยกสัญญาณไฟจราจรในช่วงที่มีการเปลี่ยนสัญญาณไฟจากไฟเขียวเป็นไฟเหลือง ผู้ขับรถมักจะลังเลในการตัดสินใจที่จะหยุดรถหรือขับรถผ่านทางแยก การตัดสินใจขึ้นอยู่กับความเร็วและระยะทางจากเส้นหยุดรถ ถ้าตัดสินใจไม่หยุดรถอาจจะทำให้เกิดการฝ่าฝืนสัญญาณไฟแดง หรือถ้าตัดสินใจที่จะหยุดรถที่ทางแยกในขณะที่รถคันที่ตามหลังมาต้องการไป ก็อาจจะทำให้เกิดการชนท้ายขึ้น

Yan, Radwan, Guo, and Richards (2009) ได้สรุปเกี่ยวกับพฤติกรรมของผู้ขับรถ คุณลักษณะการจราจรใน ขณะเข้าสู่ทางแยกสัญญาณไฟในช่วงการเปลี่ยนแปลงสัญญาณไฟ เช่น การตัดสินใจหยุดหรือไป ในช่วงเริ่มต้นสัญญาณไฟเหลือง การขับรถฝ่าฝืนสัญญาณไฟเหลือง การฝ่าฝืนสัญญาณไฟแดงทั้งด้วยเจตนาและไม่เจตนาซึ่งอาจจะทำให้เกิดอุบัติเหตุการชนด้านข้างจากรถในทิศทางอื่นที่ได้สิทธิจากสัญญาณไฟ ในการผ่านทางแยกการตัดสินใจตรงกันข้ามของผู้ขับรถขณะขับรถเข้าสู่ทางแยกในช่วงเปลี่ยนแปลงสัญญาณไฟ โดยรถคันหน้าเตรียมหยุดที่เส้นหยุด เมื่อได้รับสัญญาณไฟเหลือง แต่รถคันข้างหลังต้องการขับผ่านทางแยกขณะสัญญาณไฟเหลือง ซึ่งอาจจะทำให้เกิดอุบัติเหตุการชนท้าย และการติดตั้งอุปกรณ์ในการช่วยปรับปรุงพฤติกรรม และช่วยในการตัดสินใจของผู้ขับรถขณะขับเข้าสู่ทางแยกในช่วงเปลี่ยนแปลงสัญญาณไฟ ช่วยลดความเร็วในการขับขี่ เพิ่มความปลอดภัยบริเวณทางแยก และลดอัตราการขับขี่ฝ่าไฟแดงได้

วงเวียน (Roundabout)

ประวัติและความเป็นมาของวงเวียน

De Aragao (1992) ได้รายงานว่า วงเวียนแห่งแรกได้เกิดขึ้นที่ประเทศฝรั่งเศส ในปี ค.ศ. 1877 โดยสถาปนิกชาวฝรั่งเศสชื่อ Eugene Henard และในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน William Eno สถาปนิกชาวอเมริกันได้นำเสนอรูปแบบการใช้วงเวียนขนาดเล็กในเมืองนิวยอร์ค และหลังจากที่กฎ Yield-at-entry ได้ถูกพัฒนาขึ้นในปี 1983 วงเวียนได้รับความสนใจเพราะง่ายต่อการออกแบบ และใช้งาน รวมถึงมีความปลอดภัยสูงแต่เมื่อมีปริมาณจราจรสูงมากขึ้นจะทำให้ความคล่องตัวลดลงจนถึงขั้นติดขัดได้ Bovy (1992) ได้รายงานว่าตั้งแต่ปี ค.ศ. 1981-1990 จำนวนวงเวียนในประเทศเนเธอร์แลนด์เพิ่มสูงขึ้นประมาณ 400 แห่ง เนื่องจากสามารถลดความรุนแรงของอุบัติเหตุลงได้ จากการที่รถต้องลดความเร็วขณะเข้าวงเวียน และมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและบำรุงรักษาที่ต่ำกว่าการใช้สัญญาณไฟ

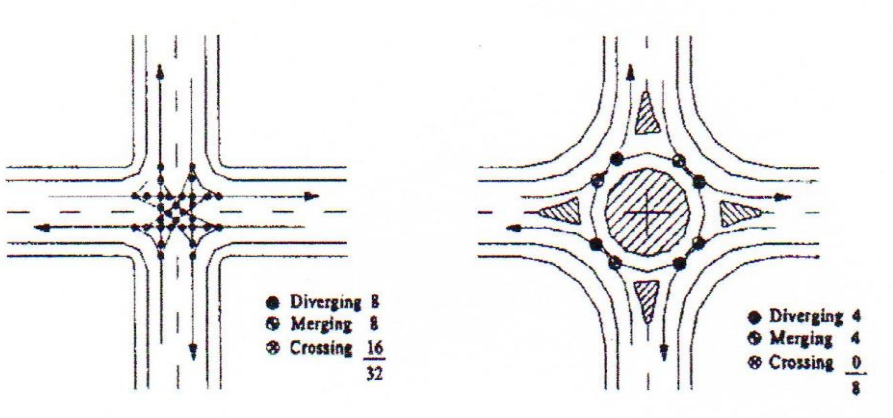
Giaever (1992) ได้รายงานว่าในประเทศนอรเวย์ ก่อนปี ค.ศ. 1980 มีวงเวียนเพียง 15 แห่ง แต่ในช่วงปี ค.ศ. 1980-1992 มีวงเวียนเพิ่มขึ้นเป็น 500 แห่ง และในปี ค.ศ. 1987 วงเวียนมากกว่า 500 แห่ง ได้ถูกสร้างขึ้นในบริเวณพื้นที่ภาคตะวันตกของประเทศฝรั่งเศส และหลังจากนั้นวงเวียนก็ได้รับความนิยมในทุกเมืองของประเทศฝรั่งเศส ทั้งแบบที่ทำการก่อสร้างใหม่และแบบที่เปลี่ยนจากทางแยกแบบใช้สัญญาณไฟจราจรมาเป็นใช้วงเวียนแทน ในเมืองลิสบอน ประเทศโปรตุเกสวงเวียนสมัยเก่าจำนวนมากได้เผชิญกับสภาพการจราจรติดขัดอย่างมาก เนื่องจากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของปริมาณจราจร จนต้องทำการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรเพื่อแก้ไขปัญหา

ส่วนวงเวียนสมัยใหม่ที่นำมาใช้ในเมืองขนาดกลางและขนาดเล็กประสบความสำเร็จอย่างมากในการควบคุมการจราจร ประเทศออสเตรเลียเป็นประเทศหนึ่งที่มีการนำวงเวียนมาใช้อย่างแพร่หลายและต่อเนื่อง ปัจจุบันมีงานวิจัย เอกสารทางวิชาการ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับวงเวียน ซึ่งเป็นที่ยอมรับและนำไปใช้งานในหลายประเทศ

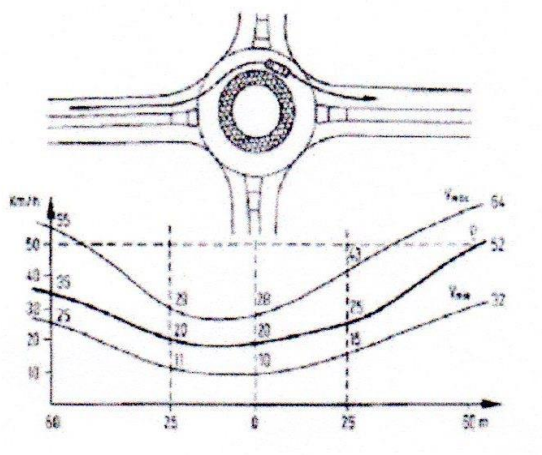
สำหรับประเทศไทยในจดหมายเหตุการณ์อนุรักษ์กรุงรัตนโกสินทร์ของกรมศิลปากร ได้ระบุไว้ว่านับจาก พ.ศ. 2460 เริ่มมีการก่อสร้างวงเวียนหอนาฬิกา หรือวงเวียนอนุสาวรีย์โดยสามารถพบเห็นได้แทบทุกจังหวัด ส่วนในกรุงเทพมหานครมีการสร้างวงเวียนขนาดกลาง และขนาดใหญ่หลายแห่ง โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอก 60 เมตรขึ้นไป และหลังจากปี พ.ศ. 2510 วงเวียนบางแห่งก็ถูกปรับเปลี่ยนไปเป็นทางแยกแบบสัญญาณไฟ เนื่องจากมีปริมาณจราจรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ความจุเกินกว่าที่วงเวียนจะรองรับได้ จากการปรับเปลี่ยนนี้ทำให้วงเวียนขาดการยอมรับจากเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง จึงทำให้จำนวนวงเวียนในประเทศไทยลดน้อยลง ทั้งที่วงเวียนบางแห่งอาจมีความจุที่ยังสามารถรองรับปริมาณจราจรทางแยกนั้นได้ในระดับที่ดี

หลักการทำงานของวงเวียน

วงเวียนเป็นรูปแบบหนึ่งของทางแยกที่ไม่ใช้สัญญาณไฟ แต่ใช้ลักษณะทางเรขาคณิตในการบังคับให้ผู้ขับขี่ต้องชะลอความเร็วก่อนเข้าสู่วงเวียน โดยต้องเคลื่อนที่เป็นส้นโค้ง จึงต้องเพิ่มความระมัดระวังในการขับขี่รวมถึงต้องรอจังหวะเพื่อเร่งความเร็วเข้าไปแทรกกระแสจราจรในวงเวียนได้อย่างปลอดภัย และจะต้องเคารพกฎการใช้วงเวียนอย่างเคร่งครัดโดยต้องชะลอหรือหยุดรถให้รถในวงเวียนไปก่อนประโยชน์ที่สำคัญของการนำวงเวียนมาใช้ คือ เพิ่มความปลอดภัย ลดความล่าช้าเมื่อเปรียบเทียบกับทางแยกแบบที่ใช้สัญญาณไฟควบคุม หลักการสำคัญที่ทำให้เกิดความปลอดภัยในการใช้วงเวียน คือ การลดจำนวนจุดขัดแย้ง (Conflict point) และการลดความเร็วจากการเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ในทิศต่าง ๆ ในทางแยกขนาด 1 ช่องจราจร กับวงเวียนขนาด 1 ช่องจราจร พบว่าแบบทางแยกแบบไม่ใช้วงเวียนมีจุดขัดแย้งของการเคลื่อนที่จำนวน 32 จุด ส่วนทางแยกแบบวงเวียนเกิดจุดขัดแย้งเพียง 8 จุดเท่านั้น แสดงดังภาพที่ 2-16 ส่วนเรื่องการลดความเร็ว เนื่องจากรถที่เข้าสู่วงเวียนต้องเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งตามลักษณะทางเรขาคณิตของวงเวียน จึงทำให้ผู้ขับขี่ลดความเร็วเพื่อประคองให้รถสามารถเข้าโค้งได้ ผลการเปรียบเทียบความเร็ว แสดงดังภาพที่ 2-17

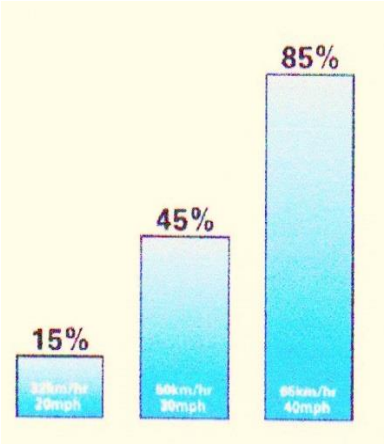


ภาพที่ 2-16 เปรียบเทียบจำนวนจุดขัดแย้งระหว่างสี่แยกกับวงเวียน (Robinson, 2000)



ภาพที่ 2-17 ความเร็วที่ลดลงของรถขณะเข้าสู่วงเวียน (Robinson, 2000)

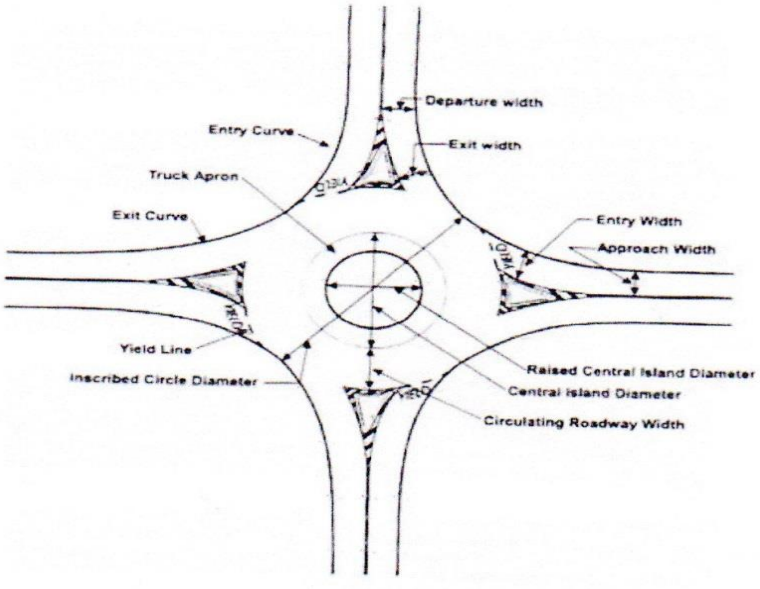
จากภาพที่ 2-17 พบว่าความเร็วของรถก่อนเข้าสู่วงเวียนอยู่ระหว่าง 40-70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และความเร็วของรถในวงเวียนอยู่ระหว่าง 25-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง Department of transport (1995) ได้รายงานว่าโอกาสเสียชีวิตของคนเดินเท้าจากการถูกรถชนแปรผันตามความเร็วของรถที่ชน แสดงดังภาพที่ 2-18 ดั้งนั้นการลดความเร็วที่เข้าสู่วงเวียนจึงสามารถลดความรุนแรงและลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุได้



ภาพที่ 2-18 โอกาสสูญเสียชีวิตจากการถูกรถชนในความเร็วที่ต่างกัน
(Robinson, 2000)

ส่วนประกอบของวงเวียน

วงเวียนประกอบไปด้วย ส่วนต่าง ๆ ดังนี้ 1) Raised central island diameter คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเกาะกลางวงเวียนซึ่งมีลักษณะนูนขึ้นมองเห็นได้ชัดเจนจากระยะไกล 2) Central island diameter คือ เส้นผ่านศูนย์กลางแท้ของเกาะกลางวงเวียนส่วนขอบมีลักษณะลาดลงเพื่อป้องกันรถที่ขับมากระแทกเกาะกลาง 3) Truck apron คือ ส่วนที่มีพื้นลาดของเกาะกลางเพื่อ ป้องกันการกระแทกของรถที่เข้าสู่วงเวียน 4) Circulating roadway width คือ ระยะความกว้างของถนนในวงเวียน 5) Inscribed circle diameter คือ ความกว้างวงรอบภายนอกของวงเวียน 6) Yield line คือ เส้นให้ทางก่อนเข้าสู่วงเวียนเพื่อให้รถในวงเวียนผ่านไปก่อน 7) Exit curve คือ โค้งทางออกจากวงเวียน 8) Entry curve คือ โค้งทางเข้าวงเวียน 9) Departure width คือ ความกว้างของทางออกเมื่อออกจากวงเวียนไปแล้ว 10) Exit width คือ ความกว้างทางออกวงเวียน 11) Entry Width คือ ความกว้างทางเข้าวงเวียน และ 12) Approach width คือ ความกว้างของทาง เข้าก่อนเข้าสู่วงเวียน ส่วนประกอบต่าง ๆ ของวงเวียน แสดงดังภาพที่ 2-19



ภาพที่ 2-19 ส่วนประกอบของวงเวียน (Florida department of transportation, 1996)

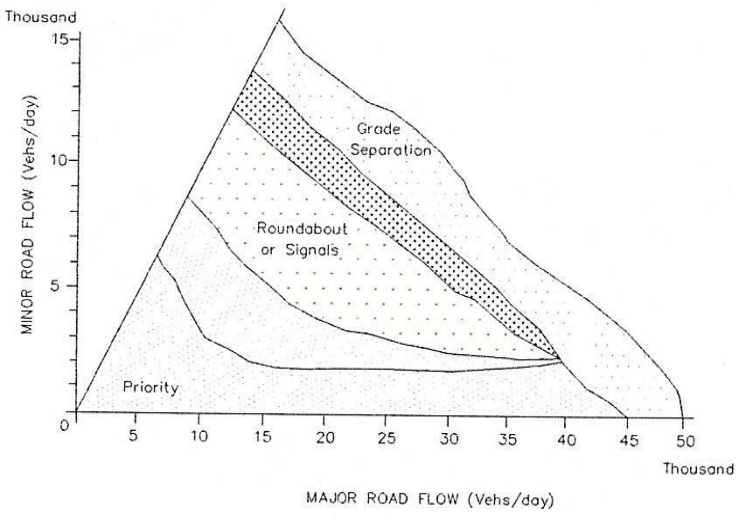
หลักการพิจารณาติดตั้งวงเวียน

แนวทางในการพิจารณาเบื้องต้นจากประเภทของถนนที่ตัดกัน (โดยที่ยังไม่ได้นำข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้องมาประกอบพิจารณา) เพื่อเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียในการติดตั้งวงเวียน พบว่าการตัดระหว่างถนนเข้าออกพื้นที่ (Local road) ด้วยกันเอง และการตัดกันระหว่างถนนรวมและกระจายจราจร (Collector road) ด้วยกันเองจะมีความเหมาะสมในการติดตั้งวงเวียนมากที่สุด และหากเป็นการตัดกันระหว่างถนนสายประธาน (Arterial road) หรือถนนสายรองประธาน (Sub-arterial road) ตัดกับถนนรวมและกระจายจราจร (Collector road) และถนนเข้าออกพื้นที่ (Local road) จะไม่เหมาะสม แสดงดังตารางที่ 2-5 และ Ogden (1996) ได้เสนอแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจรของถนนสายหลักกับถนนสายรองที่มีความเหมาะสมกับการควบคุมการจราจรทางแยกด้วยวิธีต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 2-20

ตารางที่ 2-5 การพิจารณาความเหมาะสมเบื้องต้นสำหรับการติดตั้งวงเวียน
(AUSTROADS, 1993)

ถนน	สายประธาน	สายรองประธาน	รวมและกระจายจราจร	เข้าออกพื้นที่
สายประธาน	B	B	C	C
สายรองประธาน		B	B	C
รวมและกระจายจราจร			A	B
เข้าออกพื้นที่				A

หมายเหตุ: A = เหมาะสม B = สามารถติดตั้งได้ C = ไม่เหมาะสม



ภาพที่ 2-20 ปริมาณจราจรที่เหมาะสมกับวิธีควบคุมปริมาณจาจรจรแบบต่าง ๆ
(Ogden, 1996)

สภาพและลักษณะทางแยกที่เหมาะสมต่อการติดตั้งวงเวียน

ในการพิจารณาความเหมาะสมในการติดตั้งวงเวียนในลำดับถัดมาจากการพิจารณาเบื้องต้น คือ การพิจารณาสภาพและลักษณะทางแยก ดังนี้ 1) ทางแยกที่ยังไม่ได้ติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ทางแยกที่มีการกำหนดทางสายหลัก สายรอง สามแยกที่มีความล่าช้าในทางรองมาก (หากติดตั้งวงเวียนจะสามารถลดความล่าช้าให้กับสายรองแต่ไปเพิ่มความล่าช้าให้กับทางหลัก)

2) ทางแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแล้วมีความล่าช้ากว่าการใช้วงเวียน (มีวงเวียนหลายแห่งที่รองรับความจุได้ใกล้เคียงกับทางแยกสัญญาณไฟมีความล่าช้าน้อยกว่าและปลอดภัยมากกว่า) 3) ทางแยกที่มีปริมาณรถเลี้ยวขวามาก (วงเวียนช่วยให้รถเลี้ยวขวาเคลื่อนตัวได้ดี) 4) ทางแยกที่มีมากกว่า 4 ขา (การควบคุมจราจรทางแยกด้วย ป้ายหยุด ป้ายให้ทางกับทางแยกที่มากกว่า 4 ขา มักไม่ประสบความสำเร็จเนื่องจากเกิดความสับสนของผู้ขับขี่และหากควบคุมด้วยสัญญาณไฟก็ต้องใช้เวลานานในการรอสัญญาณไฟ 5) ทางแยกที่ตัดกันระหว่างถนนรวมและกระจายจราจร กับถนนเข้าออกพื้นที่ที่มีปริมาณจราจรไม่สูงมากนักแต่มีอัตราการเกิดอุบัติเหตุสูง 6) ทางแยกบนถนนสายหลักที่อยู่ไกลจากย่านชุมชน รถใช้ความเร็วสูงและมีปริมาณรถที่เลี้ยวขวามาก และ 7) การใช้วงเวียนจะเหมาะสมกับทางสามแยกตัว Y หรือตัว T ที่มีปริมาณรถเลี้ยวขวามาก

หลักการออกแบบวงเวียน

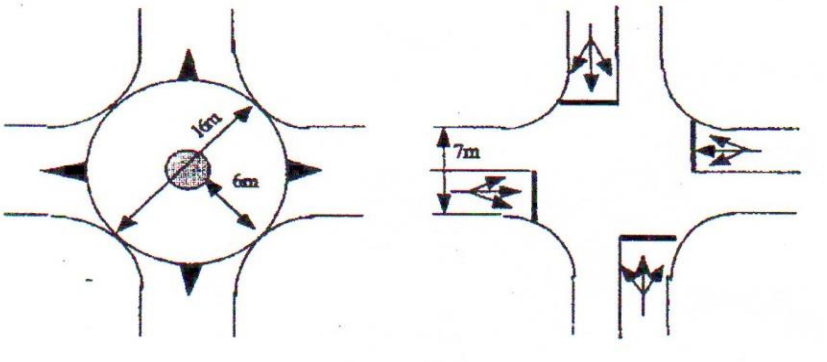
สรายุทธ อินทวิเชียร (2545) ได้แนะนำหลักการออกแบบวงเวียนไว้ว่าในการพิจารณาออกแบบควรออกแบบให้มีความสมดุลย์ระหว่างความสามารถในการรองรับปริมาณจราจรในวงเวียน และความปลอดภัย โดยอาศัยข้อมูลจาก ขนาดพื้นที่ สภาพปริมาณจราจรของรถประเภทต่าง ๆ และคนเดินเท้า เป็นต้น โดยมีหลักการในการออกแบบเบื้องต้น ดังนี้ 1) ต้องออกแบบให้รถเข้าสู่วงเวียนด้วยความเร็วที่เหมาะสม โดยทำให้รถวิ่งตามแนวโค้งตามแนวแบ่งทิศทางจราจร 2) ต้องคำนวณระยะหยุดปลอดภัยและกำหนดเขตทางที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้ขับขี่มองเห็นสภาพจราจรในวงเวียนได้อย่างชัดเจน 3) ต้องให้ความรู้ความเข้าใจในการใช้วงเวียนแก่ผู้ขับขี่ที่ต้องชะลอหรือหยุดรถเพื่อให้รถในวงเวียนไปก่อน และ 4) ต้องทำการติดตั้งป้ายจราจร ตีเส้นจราจรที่ชัดเจนและติดตั้งไฟแสงสว่างที่เพียงพอ ส่วนแนวทางเบื้องต้นในการออกแบบทางเรขาคณิต แสดงดังตารางที่ 2-6

ตารางที่ 2-6 แนวทางเบื้องต้นในการออกแบบทางเรขาคณิตของวงเวียน
(AUSTROADS, 1993)

	วงเวียน		
	ขนาดเล็ก	ขนาดกลาง	ขนาดใหญ่
ความเร็วสูงสุดที่เข้าสู่วงเวียน (กิโลเมตร/ ชั่วโมง)	25	30	40
จำนวนช่องจราจร (ช่อง)	1	1-2	2
เส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอก (เมตร)	>20	20-40	40-60
ปริมาณจราจรสูงสุดที่เข้าสู่วงเวียน (คัน/ ชั่วโมง)	1,200	2,400	>2,400
ปริมาณจราจรสูงสุดในวงเวียน (คัน/ ชั่วโมง)	1,200	3,400	>3,400

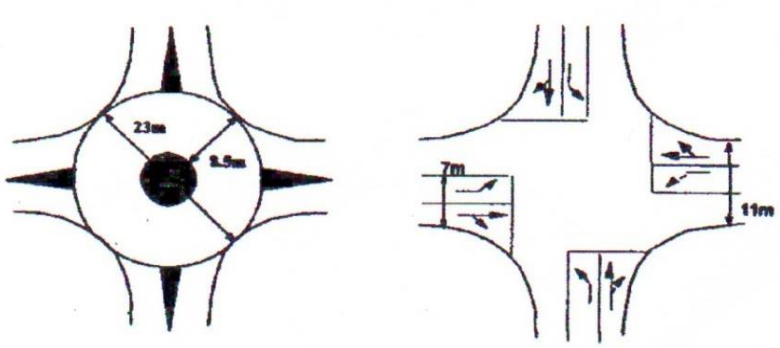
Tan and Jian-an (2001) ได้ทำการเปรียบเทียบความจุของเวียนกับทางแยกสัญญาณไฟจราจร และได้รายงานผลการวิจัยโดยแบ่งเป็น ทางแยกขนาดเล็กมาก ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ตามรายละเอียดดังนี้

1. ทางแยกขนาดเล็กมาก (Mini junction) เป็นทางแยกที่มีขนาด 1 ช่องจราจร ในแต่ละทิศทางที่เข้าสู่ทางแยก และหากเป็นวงเวียนจะมีความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอกประมาณ 16 เมตร ผิวจราจรในวงเวียนกว้างประมาณ 6 เมตร แสดงดังภาพที่ 2-21 ผลการวิเคราะห์ความจุในวงเวียนจะมากกว่าทางแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟ ในทุกกรณีของปริมาณจรจรในแต่ละทิศทาง



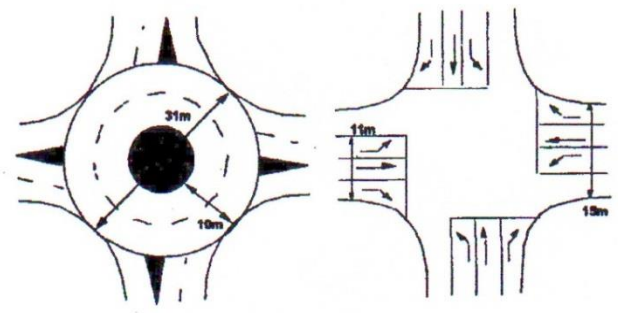
ภาพที่ 2-21 ลักษณะของวงเวียนขนาดเล็กมาก (Tan, Jian-an, 2001)

2. ทางแยกขนาดเล็ก (Small junction) เป็นทางแยกที่มีขนาด 2 ช่องจราจร ในแต่ละทิศทางที่เข้าสู่ทางแยก และหากเป็นวงเวียนจะมีความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอกประมาณ 23 เมตร ผิวจราจรในวงเวียนกว้างประมาณ 8.5 เมตร แสดงดังภาพที่ 2-22 ผลการวิเคราะห์ความจุในวงเวียนจะมากกว่าทางแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟในเกือบทุกกรณีของปริมาณจราจรในแต่ละทิศทาง



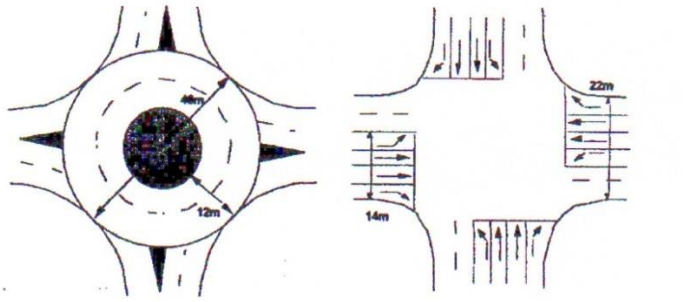
ภาพที่ 2-22 ลักษณะของวงเวียนขนาดเล็ก (Tan, Jian-an, 2001)

3. ทางแยกขนาดกลาง (Moderate junction) เป็นทางแยกที่มีขนาด 3 ช่องจราจร ในแต่ละทิศทางที่เข้าสู่ทางแยก และหากเป็นวงเวียนจะมีความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอกประมาณ 31 เมตร ผิวจราจรในวงเวียนกว้างประมาณ 10 เมตร แสดงดังภาพที่ 2-23 ผลการวิเคราะห์ความจุในวงเวียนจะน้อยกว่าทางแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟ ยกเว้นกรณีปริมาณจราจรในทิศทางเลี้ยวขวามีน้อย



ภาพที่ 2-23 ลักษณะของวงเวียนขนาดกลาง (Tan, Jian-an, 2001)

4. ทางแยกขนาดใหญ่ (Big junction) เป็นทางแยกที่มีขนาด 6 ช่องจราจรในแต่ละทิศทางที่เข้าสู่ทางแยก และหากเป็นวงเวียนจะมีความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอกประมาณ 40 เมตร ผิวจราจรในวงเวียนกว้างประมาณ 12 เมตร แสดงดังภาพที่ 2-24 ผลการวิเคราะห์ความจุในวงเวียนจะน้อยกว่าทางแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟ ในทุกกรณีของปริมาณจราจรในแต่ละทิศทาง



ภาพที่ 2-24 ลักษณะของวงเวียนขนาดใหญ่ (Tan, Jian-an, 2001)

ปริมาณจราจร (Traffic volume)

ปริมาณการจราจร หมายถึง การรวบรวมข้อมูลจำนวนยานพาหนะและคนเดินเท้าในบริเวณใดบริเวณหนึ่งบนถนนในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งที่กำหนด ซึ่งอาจจะมีระยะเวลาเป็นนาที เป็นชั่วโมง ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญทางด้านวิศวกรรมควบคุมการจราจร การสำรวจปริมาณจราจรมีวัตถุประสงค์เพื่อทราบถึงจำนวนรถแต่ละประเภท ในแต่ละทิศทางที่วิ่งผ่านจุดสำรวจในช่วงเวลาที่ต้องการสำรวจข้อมูล ข้อมูลปริมาณจราจรนี้จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับการวางแผน การออกแบบ การควบคุมด้านจราจร และการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ ชนิดของปริมาณจราจรสามารถจำแนกได้ดังนี้

ปริมาณจราจรรวมใน 1 ปี (Annual traffic volume, ADT) นำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างแนวโน้มของปริมาณจราจรในอนาคตเพื่อคาดคะเนปริมาณจราจร การกำหนดจำนวนการเดินทางในแต่ละปีเพื่อพิจารณาค่าบำรุงรักษา การศึกษาอัตราการเกิดอุบัติเหตุ เป็นต้น

ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวัน (Average annual traffic volume, AADT) เป็นการใช้ข้อมูลปริมาณจราจรที่เก็บตลอดทั้งปี หารด้วยจำนวนวันที่เก็บข้อมูลซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนด้านถนน เช่น งานปรับปรุงถนน งานเลือกแนวทางในการตัดถนน การคาดคะเนปริมาณความต้องการในการเดินทาง การประเมินปริมาณกระแสจราจร การวิเคราะห์สภาพการจราจรเทียบกับความสามารถในการรองรับของถนน เป็นต้น

ปริมาณจราจรรวมในแต่ละชั่วโมง (Hourly traffic) เป็นการนำไปพิจารณาช่วงระยะที่มีปริมาณจราจรสูงสุด เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบลักษณะทางกายภาพของถนน หรือทางแยกเพื่อให้สามารถรองรับปริมาณจราจรได้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์ข้อบกพร่องด้านความจุ การประเมินสภาพจราจร การวางแผนการติดตั้งระบบควบคุมจราจรหรือช่วยตัดสินใจในการเลือกใช้รูปแบบในการควบคุมจราจร การแบ่งช่องกลุ่มจราจร การจัดระบบการหยุดรถ เลี้ยวรถ หรือการกำหนดให้เดินรถทางเดียว เป็นต้น

ปริมาณจราจรแบบแยกประเภท (Classified traffic volume) นำไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบลักษณะทางกายภาพโดยทั่วไปของถนนหรือทางแยก การออกแบบโครงสร้างสะพาน พื้นทาง ผิวจราจร ใช้วิเคราะห์ผลกระทบของรถประเภทต่าง ๆ ใช้ในการปรับแก้ค่าปริมาณจราจรที่ได้จากการใช้เครื่องมือนับ เป็นต้น

ปริมาณจราจรในช่วงสั้น (Short period traffic volume) ซึ่งแบ่งลักษณะการสำรวจออกเป็นช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ช่วงละ 5 นาที หรือ 15 นาที โดยนำไปใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์หาปริมาณจราจรสูงสุดและการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน (Peak hour factor, PHF) หรือช่วงเวลาอื่น ๆ ที่กำหนด เป็นต้น

ปริมาณจราจรที่ทางแยก (Intersection turning moment volume) สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์หาค่ารอบสัญญาณไฟ รูปแบบสัญญาณไฟที่เหมาะสม การออกแบบลักษณะทางกายภาพของทางแยก การวิเคราะห์สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ การหาปริมาณจราจรในแต่ละทิศทางทั้งรถเลี้ยว ตรงไป และกลับรถรวมถึงปริมาณจราจรรวมที่เข้าสู่ทางแยก และการหาค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger car unit, PCU) เป็นต้น

ปริมาณจราจรที่ระหว่างช่วงถนน (Mid-block volume) สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการหาปริมาณจราจรที่วิ่งบนถนนในช่วงนั้น ในแต่ละทิศทาง ทราบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจราจรตามช่วงเวลา การหาสัดส่วนของรถแต่ละประเภท การวิเคราะห์หาความจุ การวางแผนจัดเวลาเดินรถ การจำกัดการจอด และการจัดเดินรถทางเดียว เป็นต้น

Cordon line volume เป็นการสำรวจข้อมูลปริมาณจราจรที่แนวขอบเขตพื้นที่ศึกษาเพื่อหาปริมาณสะสมของรถในช่วงเวลาหนึ่ง นำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนเกี่ยวกับการสร้างสถานีจอดรถ การวางแผนระยะยาวสำหรับโครงการทางด่วน และการปรับปรุงรูปแบบระบบขนส่งให้เหมาะสมกับปริมาณความต้องการ การพิจารณากำหนดกฎข้อบังคับต่าง ๆ และการประเมินความจำเป็นในการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ในการควบคุมการจราจร เป็นต้น

Screen line volume เป็นการสำรวจข้อมูลปริมาณจราจรที่จุดข้ามแนว เช่น สะพานข้ามแม่น้ำ ถนนข้ามรางรถไฟ หรืออาจเป็นแนวที่สมมุติขึ้น เพื่อแบ่งพื้นที่เป็นบริเวณกว้างซึ่งนำไปใช้

ประโยชน์ในการขยายข้อมูลจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางของการเดินทาง และการปรับค่าปริมาณการเดินทาง เป็นต้น

วิธีการสำรวจปริมาณจราจร

การสำรวจปริมาณจราจร สามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น การสำรวจด้วยวิธีใช้คนนับ ใช้เครื่องมือ ใช้ภาพถ่าย และการเคลื่อนที่ของรถ โดยแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังนี้

การสำรวจด้วยวิธีใช้คนนับ (Manual counting) การสำรวจปริมาณจราจรวิธีนี้ เป็นวิธีที่ง่ายและสะดวก ผู้สำรวจเพียงแค่นับจำนวนรถที่วิ่งผ่านจุดที่กำหนด และบันทึกลงในแบบบันทึกข้อมูลหรืออาจใช้อุปกรณ์ช่วยนับ เช่น Hand counter วิธีนี้อาจไม่เหมาะสมกับถนนที่มีปริมาณจราจรหนาแน่น เนื่องจากอาจข้อผิดพลาดในการนับได้ง่าย และอาจไม่เหมาะสมกับบางฤดูกาล ส่วนข้อดีของการสำรวจวิธีนี้ คือ สามารถบันทึกแยกปริมาณจราจรตามทิศทางการเลี้ยวแบบจำแนกประเภทรถได้ ทำให้ทราบถึงสัดส่วนของปริมาณรถแต่ละประเภท ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการออกแบบการควบคุมจราจร เป็นอย่างมาก

การสำรวจด้วยวิธีใช้เครื่องมือ (Mechanical counting) ในกรณีที่การสำรวจปริมาณจราจรไม่ต้องการข้อมูลแบบแยกประเภทรถ ต้องการเพียงแค่ปริมาณจราจรในแต่ละทิศทางของช่วงถนนหรือปริมาณจราจรทั้งหมดที่เข้าสู่ทางแยกเท่านั้น และต้องการทราบข้อมูลปริมาณจราจรในช่วงระยะเวลาที่ยาวนานติดต่อกัน เช่น 1 วัน 1 สัปดาห์ หรือ 1 เดือน เป็นต้น การสำรวจด้วยเครื่องมือจะมีความสะดวกกว่าการสำรวจด้วยวิธีอื่นเป็นอย่างมาก ซึ่งในปัจจุบันเครื่องมือที่ใช้มีอยู่หลายประเภทด้วยกันแต่มีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกัน คือ มีตัวจับสัญญาณ (Detector) และเครื่องนับ (Counter) โดยตัวเครื่องนับจะทำงานเมื่อมีสัญญาณส่งเข้ามาจากตัวจับสัญญาณซึ่งอาจเป็นในรูปของลำแสงไฟหรือรังสีอินฟราเรด (Photoelectric or infrared) ชนิดเรดาร์ หรือ อัลตราโซนิค (Radar or ultrasonic) หรือชนิดใช้ความดัน (Pneumatic) ชนิดใช้ของเหลวแทนความดัน (Hydraulic) และชนิดใช้สนามแม่เหล็ก (Magnetic) เป็นต้น

การสำรวจด้วยวิธีภาพถ่าย (Photographic technique) วิธีนี้เป็นการถ่ายเป็นภาพนิ่ง หรือภาพวีดีโอ ซึ่งต้องทำการถ่ายภาพจากมุมสูงเพื่อให้สามารถเก็บภาพได้ทั่วบริเวณที่ต้องการทราบปริมาณจราจร เช่น มุมสูงจากตัวอาคาร ยอดตึก หรือภาพถ่ายทางอากาศ แล้วทำการนับปริมาณจราจรจากภาพที่บันทึกข้อมูลไว้ ซึ่งวิธีนี้มีข้อดี คือได้ข้อมูลปริมาณที่แน่นอน หากมีข้อสงสัยในรายละเอียดสามารถย้อนกลับมาทวนสอบได้ใหม่ แต่ก็มีข้อเสียในเรื่องเสียค่าใช่จ่ายสูงโดยเฉพาะการใช้ภาพถ่ายทางอากาศ

การสำรวจด้วยวิธีเคลื่อนที่ของรถ (Moving vehicle method) การสำรวจวิธีนี้สามารถทำไปพร้อมกับการศึกษาเวลาที่ใช้ในการเดินทาง และความล่าช้าที่เกิดขึ้น ในระหว่างการเดินทาง

โดยใช้วิธีขับรถปะปนไปกับกระแสจราจร แล้วทำการบันทึกข้อมูล ระยะเวลาในการเดินทาง และจำนวนรถที่วิ่งสวนทางกับรถทดลอง (Opposite traffic) จำนวนรถที่ถูกรถทดลองแซง (Passed traffic) และจำนวนรถที่แซงรถทดลอง (Overtaking traffic) การบันทึกข้อมูลจะเริ่มบันทึกค่าเมื่อผ่านจุดเริ่มต้นของถนนที่ต้องการศึกษา โดยบันทึกเวลาในการเดินทางไปเรื่อย ๆ จนถึงจุดปลายทาง ให้ทำการกลับรถแล้ววิ่งย้อนกลับซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นตอนแรกสุดพร้อมบันทึกข้อมูลเช่นเดียวกับขาไปถือว่าครบ 1 รอบ (2 ขา) และเพื่อให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือควรทำการเก็บข้อมูลทั้งหมด 3 รอบ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อประเมินผลโดยใช้สูตรคำนวณหาระยะเวลาในการเดินทางเฉลี่ย และปริมาณการจราจร ที่แสดงดังสมการที่ 2-9 และสมการที่ 2-10

$$Vn = \frac{60(Ms+On-Pn)}{tn+ts} \tag{2-9}$$

$$tn = tn - \frac{60(On-Pn)}{Vn} \tag{2-10}$$

โดยที่ Vn = ปริมาณรถใน 1 ชั่วโมง (ตัวห้อย n หมายถึง รถที่มุ่งหน้าไปทางทิศเหนือ ในการบันทึกควรใช้ตามทิศทางจริง เช่น s, e หรือ w)

Ms = จำนวนรถที่วิ่งสวนทาง ขณะที่รถทดลองมุ่งหน้าทิศใต้

On = จำนวนรถที่วิ่งแซงรถทดลอง ขณะมุ่งหน้าทิศเหนือ

Pn = จำนวนรถที่ถูกรถทดลองแซง ขณะมุ่งหน้าทิศเหนือ

tn = ระยะเวลาในการเดินทางเฉลี่ยของปริมาณจราจรทั้งหมด (หน่วยเป็นนาที) จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายทาง ในทิศทางมุ่งหน้าทิศเหนือ

ts = ระยะเวลาในการเดินทางเฉลี่ยของปริมาณจราจรทั้งหมด (หน่วยเป็นนาที) จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายทาง ในทิศทางมุ่งหน้าทิศใต้

ส่วนการคำนวณระยะเวลาในการเดินทาง และปริมาณจราจรในขากลับให้ทำการเปลี่ยนตัวห้อย n, s, e หรือ w ให้ตรงกับทิศทางที่มุ่งหน้า

ช่วงระยะเวลาสำรวจปริมาณจราจร

ปริมาณจราจรในแต่ละช่วงเวลาจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอด โดยทั่วไปในช่วงเวลาเช้าและเย็นจะมีปริมาณจราจรที่สูงกว่าช่วงเวลาอื่น เนื่องจากเป็นช่วงเวลาผู้คนส่วนใหญ่เดินทางออกจากบ้านไปยังที่ทำงาน และเดินทางกลับบ้านหลังเลิกงาน ดังนั้นช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลจึงขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำข้อมูลไปใช้ โดยทั่วไปมี การแบ่งช่วงเวลาในการเก็บข้อมูล ดังนี้

1) ช่วงวันหยุดประจำสัปดาห์ คือ ช่วงเวลา 18.00 น. ของวันศุกร์ ไปจนถึง 6.00 น. ของวันจันทร์

ในสัปดาห์ถัดไป 2) ช่วงนับ 24 ชั่วโมง คือ ช่วงเวลา 24 ชั่วโมงใด ๆ ในระหว่างบ่ายวันจันทร์ไปจนถึงเช้าวันศุกร์ เนื่องจากเช้าวันจันทร์และบ่ายวันศุกร์ เป็นช่วงเวลาที่ปริมาณจราจรยังไม่ปกติ โดยทั่วไปนิยมใช้ช่วงเวลา 0.00 น. ถึง 0.00 น. ของวันถัดไป และ 3) ช่วงนับ 16 ชั่วโมง โดยทั่วไปใช้ช่วงเวลา ตั้งแต่ 7.00 น. ถึง 23.00 น. หรือ 6.00 น. ถึง 22.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่คลอบคลุมเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นตลอดทั้งวัน โดยไม่ใช่ช่วงเวลา 8 ชั่วโมง ที่ผู้คนส่วนใหญ่อยู่ในที่พักอาศัย

เวลาที่ใช้ในการเดินทาง และความล่าช้า

เวลาที่ใช้ในการเดินทาง หมายถึง ระยะเวลาที่ต้องใช้เพื่อการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นผ่านช่วงของถนน หรือเส้นทางไปยังจุดปลายทางอีกจุดหนึ่ง โดยปกติจะคำนึงถึงความล่าช้าที่เกิดขึ้นด้วย เกี่ยวกับปริมาณ สาเหตุ ตำแหน่ง ระยะเวลา และความถี่ที่เกิดขึ้นพร้อมกันไปด้วยซึ่งสามารถใช้ในการวิเคราะห์หาความเร็วในการเดินทาง (Travel speed) และความเร็วเมื่อรถวิ่งจริง (running speed) ที่เกิดขึ้นบนช่วงถนนสายนั้น เวลาที่ใช้ในการเดินทางและความล่าช้า เป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงระดับการบริการได้อย่างดีโดยทั่วไปจะใช้ประโยชน์ ดังนี้ 1) ประเมินถึงสภาพความแออัดของการจราจร 2) ประกอบการพิจารณาเกี่ยวกับความพอเพียงในด้านความจุและดัชนีของความแออัดเพื่อศึกษาถึงแนวทางการแก้ไขปัญหาต่อไป 3) การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะก่อนที่จะเกิดและหลังจากเกิดโครงการ (Before and after study) เพื่อให้ทราบถึงผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงองค์ประกอบ หรือมาตรการต่าง ๆ ทางการจราจร เช่น การห้ามจอดรถหรือปรับเปลี่ยนช่วงเวลา รวมถึงรูปแบบการจังหวะสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น 4) การกำหนดปริมาณการจราจรบนโครงข่ายถนน 5) การศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์และ 6) การศึกษาแนวโน้มที่ควรจะเป็นหรือการคาดคะเนเกี่ยวกับทางด้านการจราจรเพื่อยกระดับการบริการในอนาคต

ส่วนความล่าช้า หมายถึง เวลาที่สูญเสียไปในขณะเดินทาง ซึ่งเป็นผลมาจากปัญหาสภาพจราจรติดขัด และระบบที่ใช้ควบคุมการจราจรหรือสาเหตุอื่น ๆ ซึ่งในบางครั้งผู้ขับขี่ไม่สามารถจัดการได้ ความล่าช้าที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. ความล่าช้าคงที่ (Fixed delay) เป็นความล่าช้าที่เกิดขึ้นเนื่องจากระบบควบคุมการจราจรซึ่งต้องเกิดขึ้นเสมอไม่ว่าจะเป็นสภาพการจราจรจะมีน้อยหรือมีมาก เช่น ความล่าช้าที่เกิดขึ้นตรงบริเวณทางแยกโดยอาจจะเป็นทางแยกควบคุมโดยสัญญาณไฟจราจร ไฟกระพริบ ป้ายหยุด ป้ายระวัง หรือจุดตัดกับทางรถไฟ เป็นต้น

2. ความล่าช้าจากปัญหาจราจร (Operational delay) จะเป็นความล่าช้าที่มีสาเหตุมาจากความขัดแย้งในส่วนของกระแสจราจร ซึ่งอาจจะเป็นผลจากการจราจรในส่วนอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น รถจอด รถเลี้ยว คนข้ามถนน รถเสีย รถจอดซ้อนคันหรือรถวิ่งตัดกันนอกจากนั้นยังเป็นผลมาจาก

สภาพการจราจรในตัวมันเอง เช่น การติดขัดเนื่องจากปริมาณรถมาก ความจุของถนนที่ไม่เพียงพอ และลักษณะที่มีการแทรกเข้าหา หรือแยกตัวออกไปจากกระแสจราจร

3. ความล่าช้าในการเดินทาง (Travel time delay) จะเป็นผลต่างระหว่างเวลาที่ใช้ในการเดินทางจริงบนช่วงเส้นทางที่ศึกษากับเวลาที่ควรจะใช้ถ้าวิ่งด้วยอัตราเร็วเฉลี่ยปกติ และการจราจรที่มีสภาพคล่องตัวไม่ติดขัด ซึ่งก็คือ ความล่าช้าที่เกิดขึ้นเนื่องจากการชะลอ เพื่อที่จะหยุดรถหรือการเร่งความเร็วเพื่อที่จะเคลื่อนที่ตอนออกตัวของรถจากสภาพหยุด

4. ความล่าช้าจากการหยุด (Stopped-time delay) เป็นช่วงเวลาที่รถไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ในระหว่างการเดินทางบนช่วงเส้นทางที่ศึกษา ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น การเกิดอุบัติเหตุ เป็นต้น

5. ความล่าช้าที่เกิดขึ้นจากการหยุดบริเวณทางแยก (Intersection stopped delay) ซึ่งงานนิพนธ์ฉบับนี้จะเน้นศึกษาเฉพาะความล่าช้าประเภทนี้เป็นหลักโดยความล่าช้าที่เกิดขึ้นจากการหยุดบริเวณทางแยกมีหน่วยเป็นวินาทีต่อคัน เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญที่ในการประเมินระดับการให้ บริการและประสิทธิภาพในการรองรับปริมาณจราจรของทางแยก

สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์ (2553) ได้ทำการศึกษาการสำรวจความล่าช้าของกระแสจราจรบริเวณทางแยกโดยใช้แบบบันทึกข้อมูล ที่แสดงดังภาพที่ 2-25 และนำข้อมูลที่บันทึกไปทำการคำนวณตามหลักการของ Currin (2001) ตามตัวอย่างดังนี้

แนวทางวิ่ง ..... ผู้บันทึกข้อมูล .....

กลุ่มช่องจราจร ..... วันที่..... ช่วงเวลา .....

สภาพอากาศ.....

เวลา	จำนวนรถยนต์ที่ล่าช้า				ปริมาณจราจร		รวม
	+15	+30	+45	+60	ที่ล่าช้า	ที่ไม่ล่าช้า	
4:00	2	3	4	1	14	23	37
4:01	3	3	2	3	15	1	16
4:02	4	4	2	0	15	10	25
4:03	0	2	2	3	15	6	21
4:04	7	0	0	0	7	19	26
4:05	1	2	3	8	26	8	34
4:06	0	0	0	2	22	6	28
4:07	6	8	3	0	20	2	22
4:08	0	5	6	9	15	19	34
4:09	0	0	1	5	12	10	22
4:10	7	6	4	0	21	3	24
4:11	0	3	3	4	6	22	28
4:12	3	0	1	2	2	15	17
4:13	4	4	2	6	38	11	49
4:14	0	0	0	1	5	21	26
ผลรวมย่อย	37	40	33	44			
รวม				154	233	176	409

ภาพที่ 2-25 แบบบันทึกข้อมูลความล่าช้าจากการหยุดบริเวณทางแยก
(สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์, 2553)

จากภาพที่ 2-25 นำไปหาความล่าช้ารวม จากผลคูณระหว่างผลรวมระหว่างผลรวมของจำนวนความล่าช้าทั้งหมดที่เกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลาที่สังเกต และช่วงเวลาย่อยที่สังเกต จะได้

ความล่าช้ารวม (Total delay) = 154 x 15 = 2,310 คัน - วินาทีของความล่าช้า

ต่อมานำความล่าช้ารวม หาร ด้วยปริมาณจราจรของยวดยานที่ถูกทำให้ล่าช้า จะได้

ความล่าช้าเฉลี่ยต่อจานวนยวดยานที่ล่าช้า = 2,310/ 233 = 9.9 วินาที/ คัน

ค่าความล่าช้านี้ เป็นค่าที่ยังไม่สามารถนำไปเปรียบเทียบเป็นระดับการให้บริการของทางแยกได้ ซึ่งต้องทำการคำนวณต่อโดย นำค่าความล่าช้ารวมไป หาร ด้วยปริมาณจราจรรวมทั้งหมด และนำค่าคงที่ได้ ไปคูณด้วย 1.3 (ซึ่งมาจาก 233 หารด้วย 176) จะได้

คำนวณระดับการให้บริการ = (2,310/ 409) คูณด้วย 1.3 = 7.3 วินาที/ คัน

จากนั้นนำค่าที่คำนวณไปเปรียบเทียบเป็นระดับการให้บริการของทางแยก แสดงดังตารางที่ 2-8

ตารางที่ 2-7 ระดับการให้บริการและความล่าช้าจากการหยุดบริเวณทางแยก
(Currin, 2001)

ระดับการให้บริการ (Level of service)	ความล่าช้า (วินาที/ คัน)
A	≤ 10
B	10.1 to 20.0
C	20.1 to 35.0
D	35.1 to 55.0
E	55.1 to 80.0
F	> 80.0

ระดับการให้บริการ (Level of service)

การวัดปริมาณจราจรจากสภาพความเป็นจริงและการสอบถามจากผู้ขับขี่จึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการประเมินความหนาแน่นบนทางหลวง โดยการวัดระดับสภาพความคล่องตัวและแฟคเตอร์ต่าง ๆ เช่น ความเร็วรถ และเวลาที่ใช้ในการเดินทาง การแซง และความปลอดภัย สำหรับระดับความคล่องตัวนี้ ได้ถูกแบ่งตั้งแต่ระดับ A ถึง F โดยระดับ A คือ สภาพที่ดีที่สุด

(Transportation research board, 1985) ได้นิยามระดับความคล่องตัวของปริมาณจราจร (Level of service) ไว้ดังนี้

ระดับความคล่องตัว A (Los A) คือ การไหลโดยอิสระที่สามารถเลือกใช้ความเร็วรถระดับใดก็ได้และจะมีการแซงมาก ซึ่งระดับนี้ผู้ขับขี่และผู้โดยสารจะเดินทางได้สะดวกรวดเร็วโดยไม่มีผลกระทบจากรถคันอื่น

ระดับความคล่องตัว B (Los B) คือ การไหลคงที่แต่ผู้ใช้รถคันอื่นเริ่มจะมองเห็นรถคันอื่นได้ชัดเจน และสามารถเลือกใช้ความเร็วที่ต้องการได้แต่อาจจะไม่มีความคล่องตัวในการแซงรถที่อยู่ในเส้นทางเดียวกัน

ระดับความคล่องตัว C (Los C) คือ การไหลคงที่แต่ผู้ขับขี่จะได้รับผลกระทบจากรถคันอื่นในการเลือกใช้ความเร็วรถและการแซงต้องใช้ความระมัดระวังในการเดินทาง ส่วนความสะดวกสบายและการไหลจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด

ระดับความคล่องตัว D (Los D) คือ การไหลที่มีความหนาแน่นแต่มีความคงที่ ความเร็วรถ และความคล่องตัวในการแซงถูกจำกัด ส่วนความสะดวกและการไหลจะลดลง และการที่ปริมาณจราจรเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจะเป็นเหตุให้เกิดปัญหาการจราจรในระดับหนึ่ง

ระดับความคล่องตัว E (Los E) คือ ระดับการไหลที่ใกล้เคียงหรืออยู่ในสภาพวิกฤติ ซึ่งหมายความว่า ความเร็วรถทุกคันจะลดต่ำลงแต่ยังคงแล่นด้วยความเร็วอย่างสม่ำเสมอการแซงเป็นไปด้วยความยากลำบาก และการขอทางเป็นการเพิ่มความสะดวกในการเดินทาง แต่ความสะดวกและการไหลจะลดลงผู้ขับขี่ก็ไม่สามารถขับได้ดังใจ ดังนั้นระดับความคล่องตัวในระดับนี้ จะไม่คงที่ เนื่องมาจากการจราจรที่หนาแน่นขึ้นหรือความสับสนจากผู้ขับขี่ในเส้นทางการจราจร ซึ่งจะทำให้เกิดการติดขัด

ระดับความคล่องตัว F (Los F) ระดับนี้เป็นสภาพที่เกิดขึ้นเมื่อการจราจรเป็นกลุ่มจนเกินปริมาณที่สามารถจะไหลได้ โดยที่รถเรียงตัวกันในรูปของแถวและเคลื่อนที่เป็นช่วง ๆ คล้ายกับคลื่นซึ่งจะทำให้ติดขัดมากรถที่เคลื่อนตัวไปข้างหน้าด้วยความเร็วที่จะพอแล่นไปได้แล้วต้องหยุดเป็นช่วง ๆ ซึ่งระดับความคล่องตัวเหล่านี้สามารถพิจารณาได้ ดังภาพที่ 2-25 และอัตราส่วน V/ C เป็นสิ่งสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์ความจุด้านการจราจร ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ของการจราจรและลักษณะทางกายภาพของถนน แสดงดังภาพที่ 2-26

LOS A

LOS B

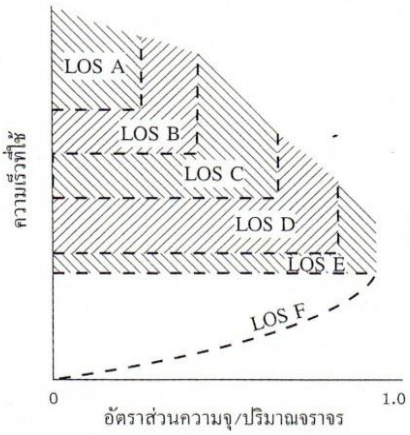
LOS C

LOS D

LOS E

LOS F

ภาพที่ 2-26 ภาพถ่ายระดับการให้บริการ A ถึง F (Transportation Research Board, 1985)



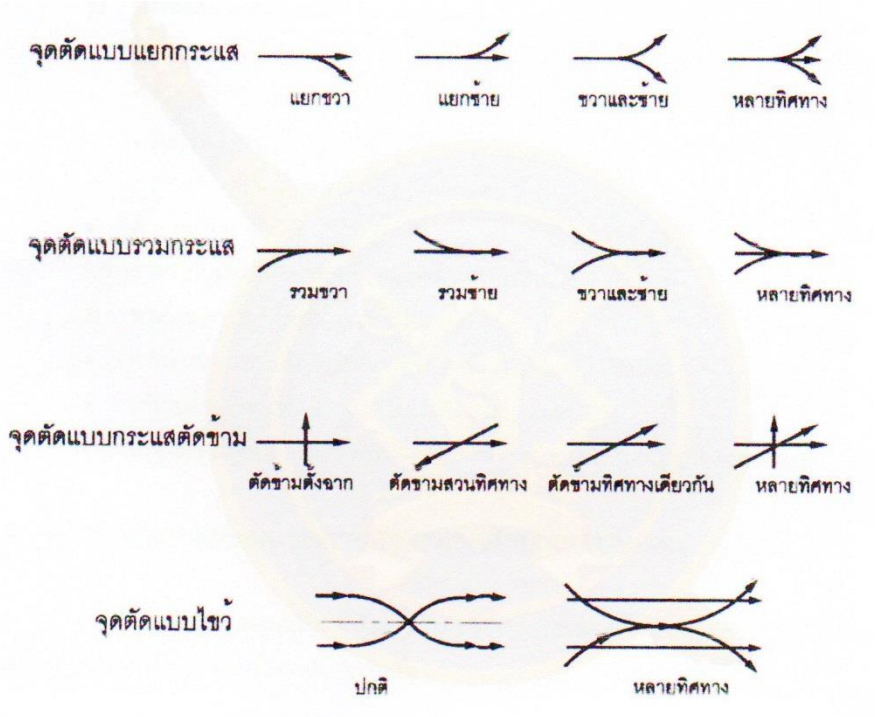
ภาพที่ 2-27 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการ/ ความเร็วรถ และปริมาณ/ ความจุ (Transportation Research Board, 1985)

จุดตัดกระแสจราจร (Conflicts)

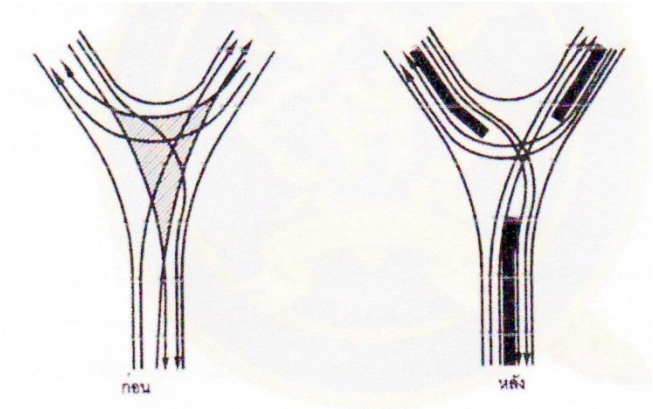
ทางแยกเป็นบริเวณที่มีจุดตัดกระแสจราจรสูงโดยจุดตัดกระแสจราจรเหล่านี้เกิดขึ้นเมื่อมีผู้ใช้รถเดินทางเข้าสู่ทางแยกในเวลาเดียวกันจุดตัดกระแสจราจรสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้ 1) จุดตัดลักษณะแยกกระแส (Diverging) 2) จุดตัดลักษณะรวมกระแส (Merging) 3) จุดตัดลักษณะตัดกระแส (Crossing) และ 4) จุดตัดลักษณะไขว้ (Weaving) ลักษณะต่าง ๆ ของจุดตัดแสดงดังภาพที่ 2-28

จุดตัดกระแสจราจรเหล่านี้เป็นปัญหาหลักด้านความปลอดภัยของทางแยก ดังนั้นการออกแบบทางแยกจึงควรให้มีจุดตัดกระแสจราจรน้อยที่สุด ซึ่งจะช่วยลดโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุการออกแบบและจัดการจุดตัดกระแสจราจรอาจดำเนินการได้หลายวิธี เช่น การจำกัดพื้นที่ตัดกระแสจราจรให้เล็กลง สามารถทำได้โดยการใช้เกาะแบ่งแยกช่องจราจรและการปรับแนว แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 2-29 ส่วนการลดจำนวนจุดตัดกระแสจราจรสามารถทำได้โดยการห้ามเดินรถในบางทิศทาง การทำสะพานหรือทางลอดแยกต่างระดับ การเพิ่มช่องรอเลี้ยวและการขยายช่องจราจรให้มีความกว้างพอสำหรับการเลี้ยว แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 2-30

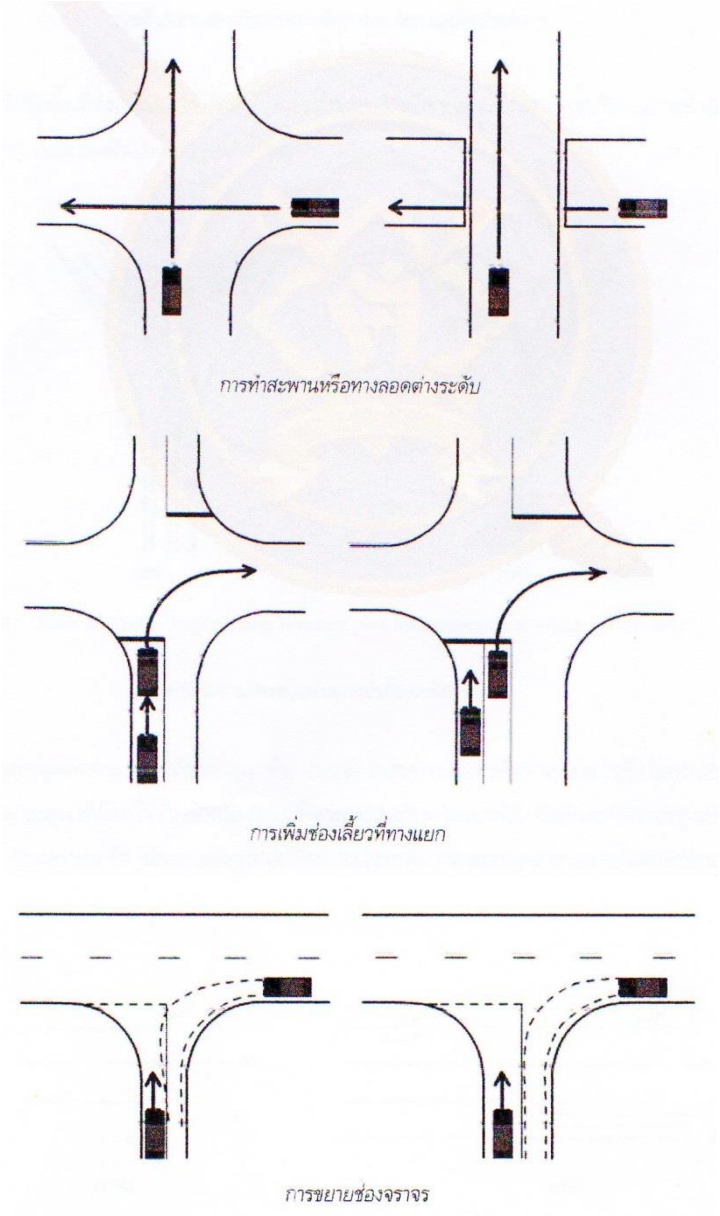
การแยกจุดตัดที่ได้ผลดีที่สุด คือ การทำสะพานหรือทางลอดแยกต่างระดับ แต่มีข้อเสียในเรื่องค่าใช้จ่ายที่สูงจึงเหมาะสมกับทางแยกที่มีปริมาณจราจรสูงมากเท่านั้น เช่น ระบบทางด่วน การแยกจุดตัดกระแสจราจรในกรณีทั่วไปสามารถใช้เกาะแบ่งแยกช่องจราจร แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 2-31



ภาพที่ 2-28 ประเภทจุดตัดกระแสจราจร (Austroads, 1993)

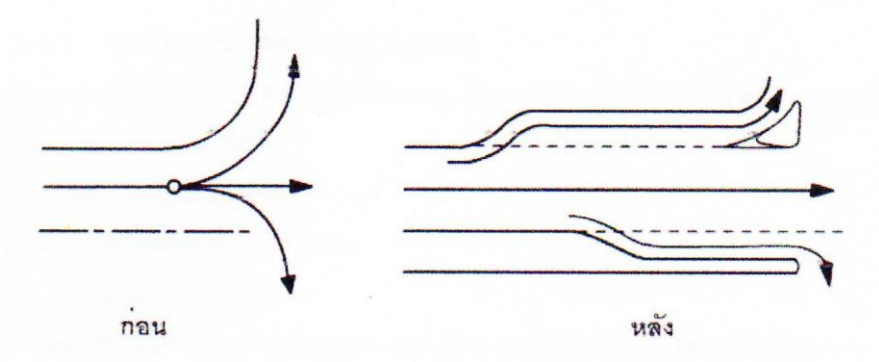


ภาพที่ 2-29 ตัวอย่างการจำกัดพื้นที่จุดตัดกระแสจราจร (Austroads, 1993)



ภาพที่ 2-30 ตัวอย่างการจัดการจุดตัดกระแสจราจรแบบต่าง ๆ

(Queensland Department of Main Roads, n.d.)



ภาพที่ 2-31 ตัวอย่างการแยกจุดตัดกระแสจราจร (Austroads, 1993)

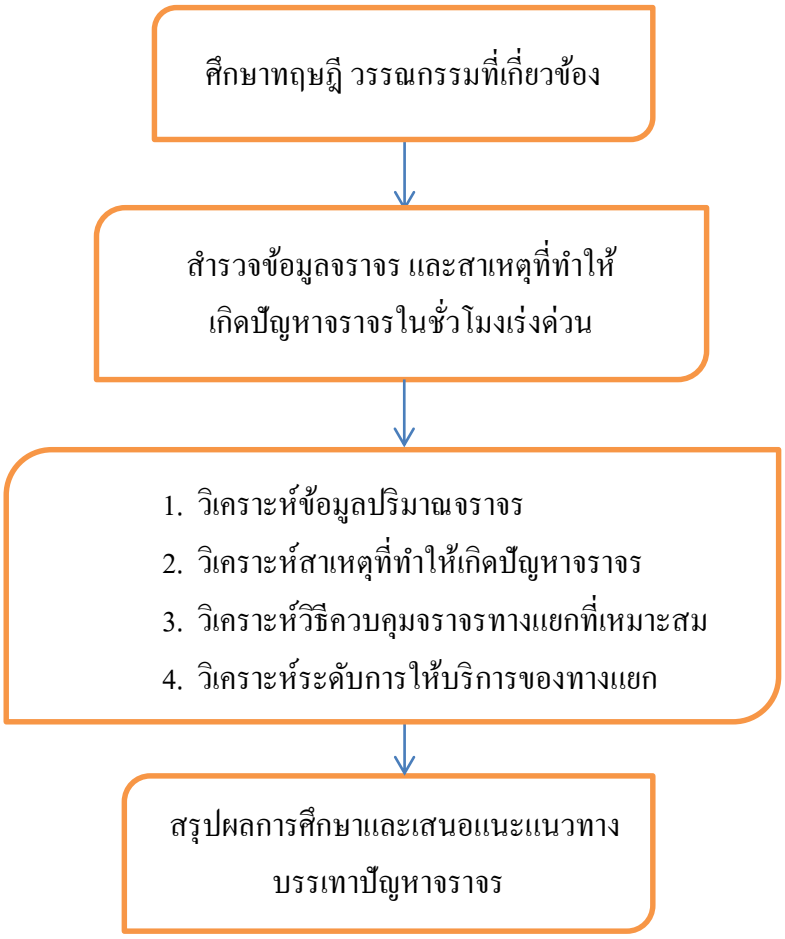
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้เป็นการนำข้อมูลปริมาณจราจร ปัญหาจราจรของทางแยกในชั่วโมงเร่งด่วน ที่ได้จากการสำรวจข้อมูลในพื้นที่ศึกษา มาทำการวิเคราะห์และหาแนวทางในการแก้ไขหรือบรรเทาปัญหาจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนบริเวณทางแยกพื้นที่ศึกษา

ขั้นตอนดำเนินการศึกษา

1. ทำการศึกษาทฤษฎี มาตรฐาน ข้อกำหนด วิธีการและวรรณกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. ทำการสำรวจปริมาณจราจร และสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาจราจรบริเวณสี่แยกพื้นที่ศึกษาในชั่วโมงเร่งด่วน รวมถึงรวบรวมข้อมูลที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์
3. นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ และรวบรวมมาทำการ
   3.1 วิเคราะห์ปริมาณจราจร และสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาจราจร
   3.2 วิเคราะห์ระดับการให้บริการของทางแยกพื้นที่ศึกษา
   3.3 วิเคราะห์วิธีการควบคุมจราจรทางแยกที่เหมาะสม
4. สรุปผลการศึกษา พร้อมเสนอแนะแนวทางในการบรรเทาปัญหาจราจร

ขั้นตอนดำเนินการศึกษาดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา

การเก็บรวบรวมข้อมูล

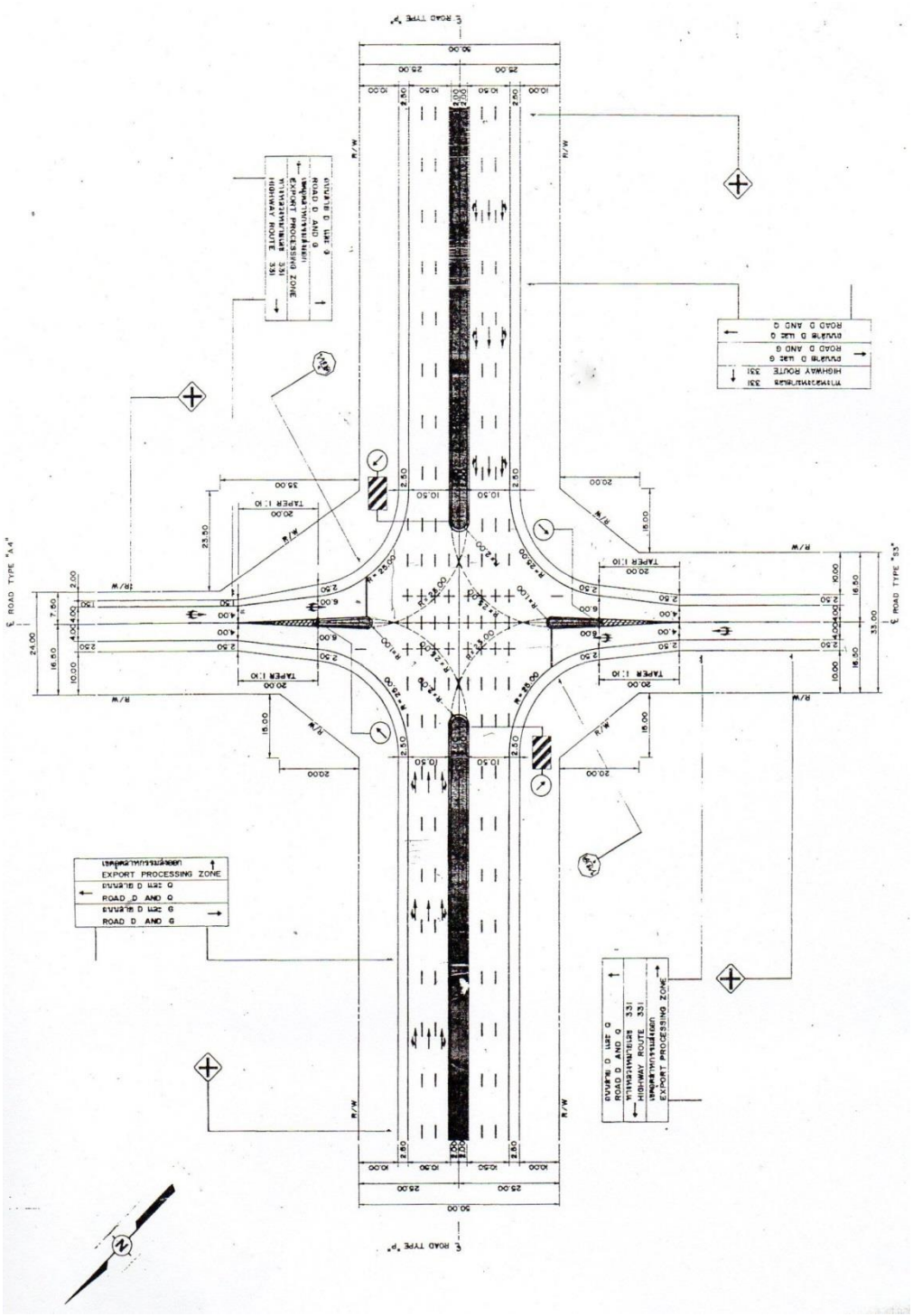
1. ทำการสำรวจปริมาณจราจร ปริมาณคนข้ามถนนและสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาจราจรด้วยการบันทึกภาพเคลื่อนไหว บริเวณทางแยกพื้นที่ศึกษาในวันทำงานปกติจำนวน 1 วัน (วันศุกร์) ใน 3 ช่วงเวลา ซึ่งประกอบด้วย ช่วงเร่งด่วนเช้า (6.30 น. ถึง 7.30 น.) นอกช่วงเวลาเร่งด่วน (13.00 น. ถึง 14.00 น.) และช่วงเร่งด่วนเย็น (16.30 น. ถึง 17. 30 น.)

2. ทำการรวบรวมข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุจราจรบริเวณทางแยกพื้นที่ศึกษาโดยอาศัยข้อมูลจากส่วนความปลอดภัยของนิคม ฯ ในช่วงรอบปีที่ผ่านมา (2557)

พื้นที่ศึกษา

ผู้ศึกษาได้พิจารณาเลือกบริเวณสี่แยกหน้าสำนักงานนิคมอุตสาหกรรมเกตเวย์ ซิตี้ บนถนนสายประธานของนิคม ฯ เป็นพื้นที่ศึกษา เนื่องจากเป็นทางแยกที่ตั้งอยู่ในช่วงต้นทางเข้านิคม ฯ ประกอบกับเป็นที่ตั้งของโรงงานประกอบรถยนต์ขนาดใหญ่ จึงทำให้มีปริมาณการจราจรหนาแน่นที่สุดในพื้นที่นิคม ฯ มีรถสัญจรผ่านทางแยกนี้ค่อนข้างมาก โดยเฉพาะในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า-เย็น ซึ่งทางแยกนี้มีลักษณะเป็นทางแยกที่มีถนนสายรอง (ถนนซอย) ขนาด 1 ช่องจราจร/ทิศทาง ตัดกับถนนสายหลัก (ถนนสายประธาน) ขนาด 3 ช่องจราจร/ ทิศทาง ซึ่งปัจจุบันใช้วิธีควบคุมจราจรทางแยกด้วยป้ายหยุดแบบ 2 ทิศทาง ตำแหน่งที่ตั้งพื้นที่ศึกษาแสดงดังภาพที่ 3-2 แบบรูปทางแยกพื้นที่ศึกษาแสดงดังภาพที่ 3-3 และภาพถ่ายพื้นที่ศึกษาแสดงดังภาพที่ 3-4 และภาพที่ 3-5

ภาพที่ 3-2 ตำแหน่งที่ตั้งทางแยกพื้นที่ศึกษา (สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมเกตเวย์ ซิตี้, 2557)



ภาพที่ 3-3 แบบรูปทางแยกพื้นที่ศึกษา (สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมเกตเวย์ ซิตี้, 2529)

ภาพที่ 3-4 ภาพถ่ายสี่แยกพื้นที่ศึกษา (มองจากด้านทิศตะวันออก)

ภาพที่ 3-5 ภาพถ่ายสี่แยกพื้นที่ศึกษา (มองจากด้านทิศเหนือ)

รูปแบบทางกายภาพของถนน

ถนนภายในนิคม ฯ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ถนนสายประธาน (Primary road) ขนาด 6 ช่องจราจร (ทิศทางละ 3 ช่องจราจร) แต่ละช่องจราจรกว้าง 3.5 เมตร ดังภาพที่ 3-6

2. ถนนสายรองประธาน (Secondary road) ขนาด 4 ช่องจราจร (ทิศทางละ 2 ช่องจราจร) แต่ละช่องจราจรกว้าง 3.5 เมตร ดังภาพที่ 3-7

3. ถนนซอย (Access road) ขนาด 2 ช่องจราจร (ทิศทางละ 1 ช่องจราจร) แต่ละช่องจราจรกว้าง 3.5 เมตร ดังภาพที่ 3-8

แนวทางในการวิเคราะห์

นำข้อมูลปริมาณการจราจร ปริมาณคนข้ามถนน และสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาที่ได้จากการสำรวจบริเวณทางแยกพื้นที่ศึกษาโดยการบันทึกภาพแบบเคลื่อนไหว และการรวบรวมสถิติของการเกิดอุบัติเหตุจราจรในรอบปีที่ผ่านมา (2557) ที่ขอข้อมูลจากส่วนความปลอดภัย สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมเกตเวย์ ซิตี้ มาทำการวิเคราะห์ ดังนี้

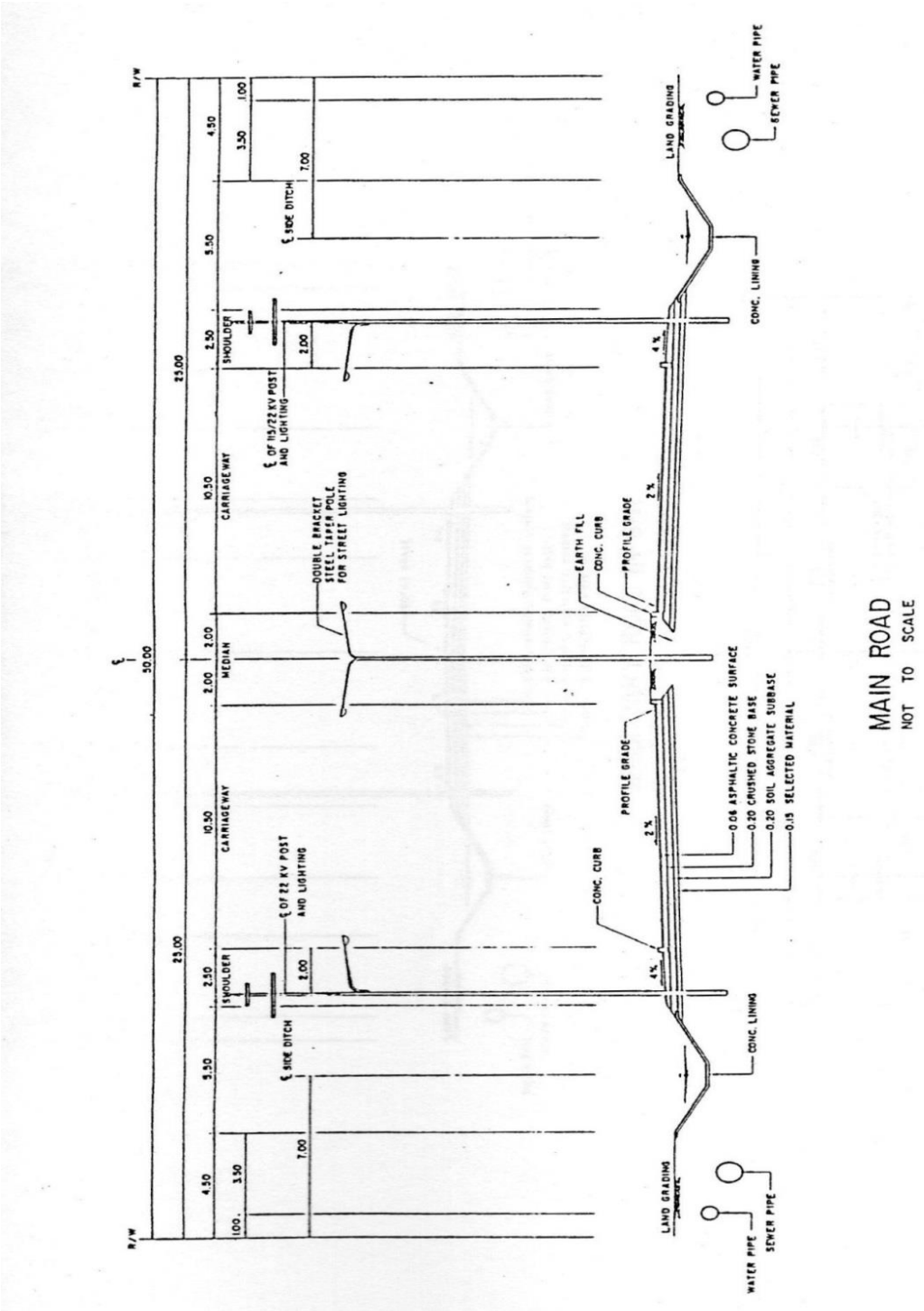
1. วิเคราะห์วิธีควบคุมการจราจรทางแยกที่เหมาะสมกับปริมาณจราจรและลักษณะทางกายภาพของทางแยก ตามหลักเกณฑ์ของสำนักนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.)

2. วิเคราะห์แนวทางในการแก้ไขปัญหาจราจร โดยใช้หลักการการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพตามคู่มือการปรับปรุงกายภาพทางหลวงท้องถิ่นในเขตเมือง กรมทางหลวงชนบท และหลักการบริหารจัดการจราจร (Traffic management)

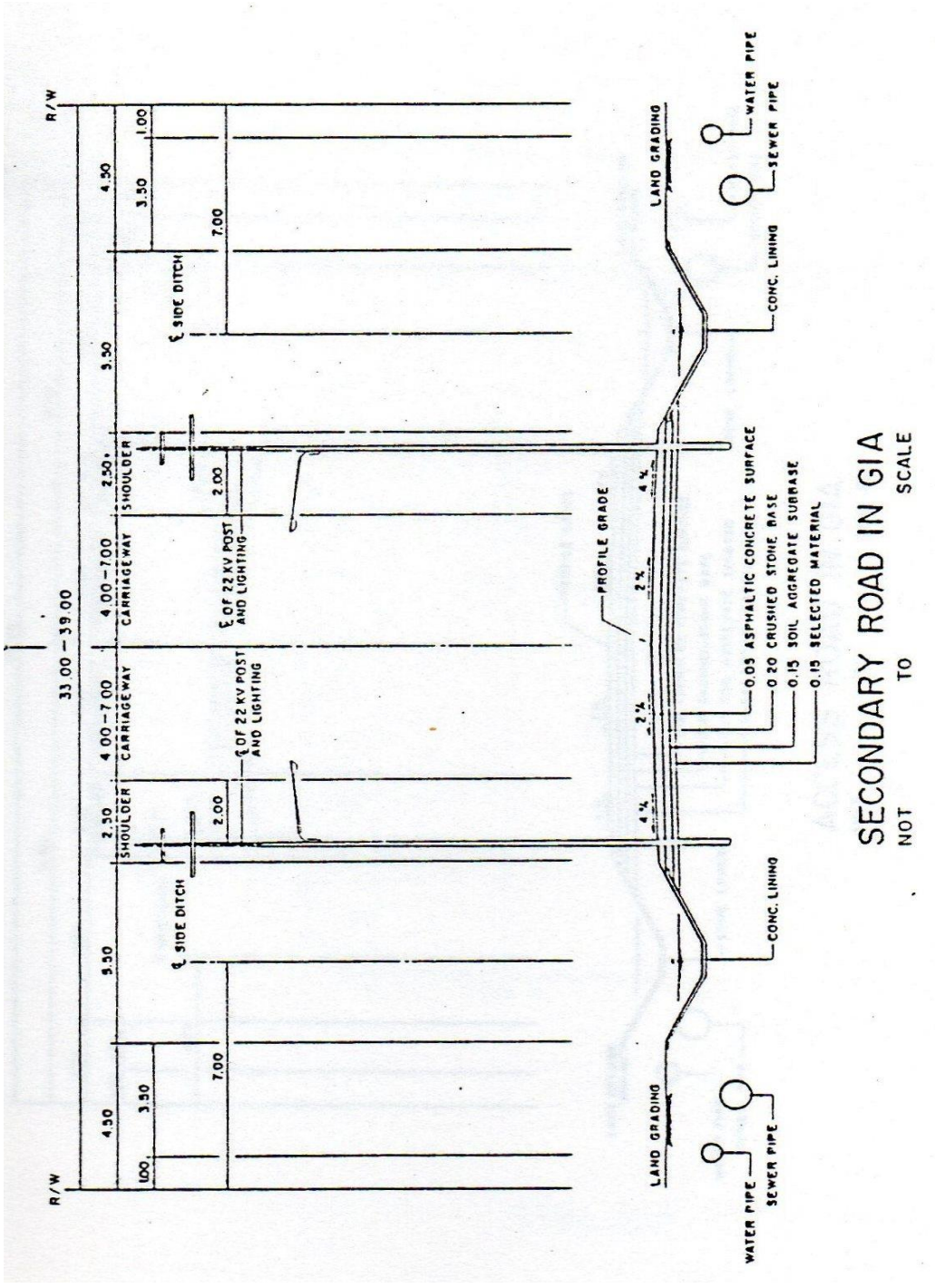
3. วิเคราะห์ระดับการให้บริการของทางแยกโดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจความล่าช้าจากการหยุดบริเวณทางแยกด้วยวิธีการ Currin (2001)

4. วิเคราะห์ระดับการให้บริการของทางแยกด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้านวิศวกรรมจราจร (Signalized intersection design and research aid , SIDRA 5.0) โดยใช้ข้อมูลปริมาณจราจรเปรียบเทียบระดับการให้บริการตามเงื่อนไขของลักษณะทางกายภาพและการจัดการจราจรบริเวณทางแยก

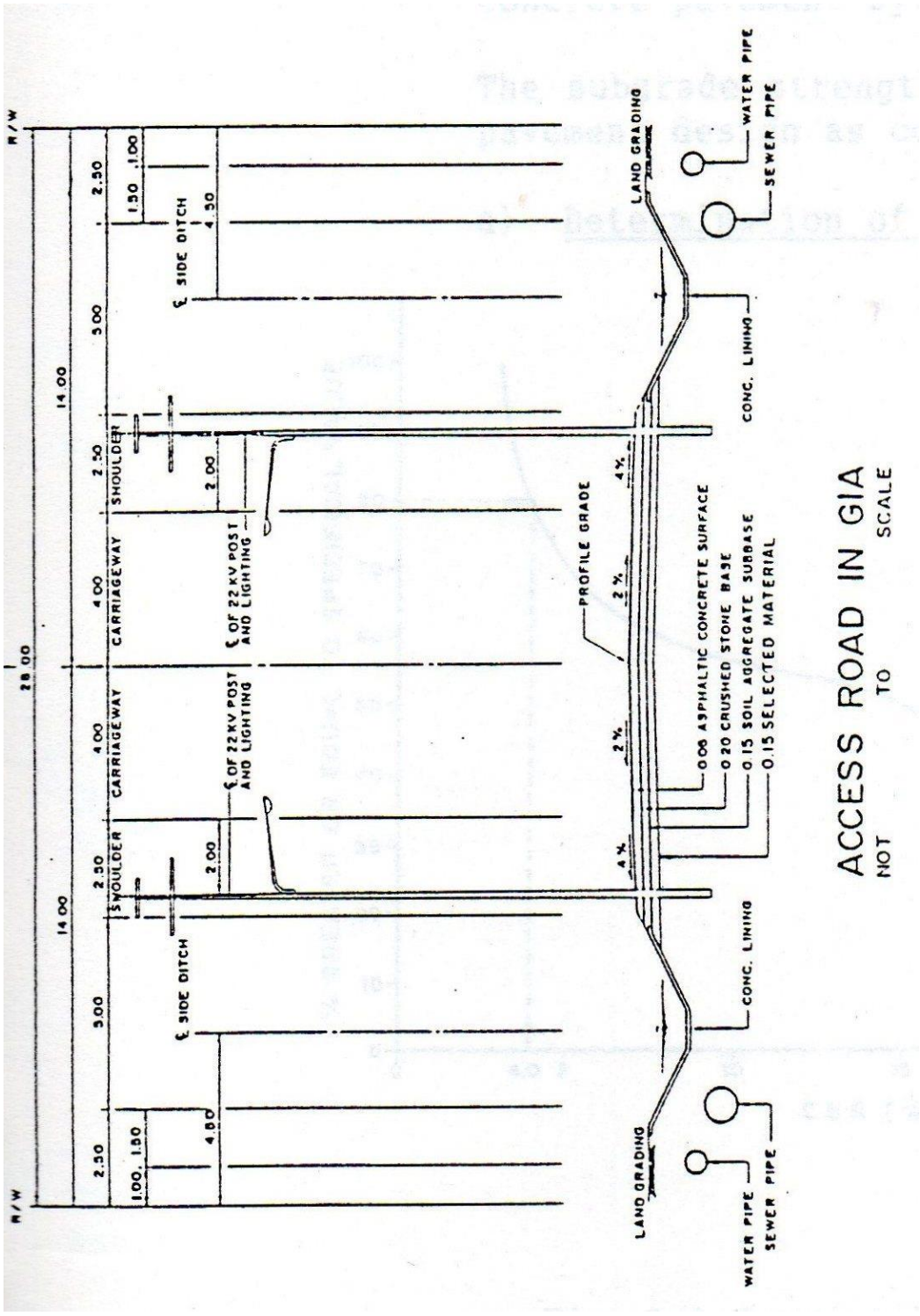
5. เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระดับการให้บริการระหว่าง การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Sidra 5.0 กับการวิเคราะห์ด้วยข้อมูลความล่าช้าจากการหยุดที่ทางแยกด้วยวิธีการ Currin (2001)



ภาพที่ 3-6 รูปตัดถนนสายประธานในนิคม ฯ (ถนนสายหลักของพื้นที่ศึกษา)
(สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมเกตเวย์ ซิตี้, 2529)



ภาพที่ 3-7 รูปตัดถนนสายรองประธานในนิคม ฯ (สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมเกตเวย์ ซิตี้, 2529)



ภาพที่ 3-8 รูปตัดถนนซอยในนิคม ฯ (ถนนสายรองของพื้นที่ศึกษา)
(สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมเกตเวย์ ซิตี้, 2529)

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์และอภิปรายผล

ปริมาณจราจรบริเวณพื้นที่การศึกษา

จากการสำรวจปริมาณจราจรบริเวณพื้นที่ศึกษาใน 3 ช่วงเวลาของวันทำงานปกติ (วันศุกร์) ด้วยการบันทึกภาพแบบเคลื่อนไหว พบว่าในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (16.30 น. ถึง 17.30 น.) เป็นช่วงเวลาที่มีปริมาณจราจรสูงสุด = 3,061 PCU รองลงมา คือ ช่วงเร่งด่วนเช้า (6.30 น. ถึง 7.30น.) = 2,207 PCU และช่วงที่ปริมาณจราจรน้อยที่สุด คือ ช่วงนอกเร่งด่วน (13.00 น. ถึง 14.00 น.) = 906 PCU และพบว่าทางแยกนี้มีปริมาณจราจรที่แตกต่างกันค่อนข้างมาก ระหว่างปริมาณจราจรของสายหลักกับปริมาณจราจรของสายรองในทุกช่วงเวลา รายละเอียดปริมาณจราจรช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า แสดงดังตารางที่ 4-1 ช่วงนอกเวลาเร่งด่วน แสดงดังตารางที่ 4-2 และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น แสดงดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4 -1 ปริมาณจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า

ช่วงเวลา	ถนนสายหลัก (PCU)						ถนนสายรอง (PCU)					
	ขาเข้านิคม ฯ			ขาออกนิคม ฯ			มาจากซอย 2			มาจากซอย 1		
	ซ้าย	ตรง	ขวา	ซ้าย	ตรง	ขวา	ซ้าย	ตรง	ขวา	ซ้าย	ตรง	ขวา
6.30 น. - 6.45 น.	6	182	128	23	121	2	24	2	10	16	22	1
6.45 น. - 7.00 น.	10	213	143	15	103	6	30	1	12	15	25	3
7.00 น. - 7.15 น.	7	196	116	18	114	4	22	3	9	11	21	0
7.15 น. - 7.30 น.	12	227	108	22	131	3	19	1	13	17	29	0
รวมย่อย	35	818	495	78	469	15	95	7	44	59	97	4
รวมแต่ละทิศทาง		1,348			562			146			160	
รวมเร่งด่วนเช้า			1,910						306			

ตารางที่ 4-2 ปริมาณจราจรนอกช่วงเวลาเร่งด่วน

ช่วงเวลา	ถนนสายหลัก (PCU)						ถนนสายรอง (PCU)					
	ขาเข้านิคม ฯ			ขาออกนิคม ฯ			มาจากซอย 2			มาจากซอย 1		
	ซ้าย	ตรง	ขวา	ซ้าย	ตรง	ขวา	ซ้าย	ตรง	ขวา	ซ้าย	ตรง	ขวา
13.00 น.-13.15 น.	3	116	13	18	48	4	19	1	5	6	0	4
13.15 น.-13.30 น.	2	102	15	20	57	3	21	0	4	5	1	3
13.30 น.-13.45 น.	2	128	11	13	41	1	15	2	4	3	1	3
13.45 น.-14.00 น.	3	113	22	14	39	1	11	0	2	2	2	3
รวมย่อย	10	459	61	65	185	9	66	3	15	16	4	13
รวมแต่ละทิศทาง		530			259			84			33	
รวมเร่งด่วนเช้า			789						117			

ตารางที่ 4-3 ปริมาณจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น

ช่วงเวลา	ถนนสายหลัก (PCU)						ถนนสายรอง (PCU)					
	ขาเข้านิคม ฯ			ขาออกนิคม ฯ			มาจากซอย 2			มาจากซอย 1		
	ซ้าย	ตรง	ขวา	ซ้าย	ตรง	ขวา	ซ้าย	ตรง	ขวา	ซ้าย	ตรง	ขวา
16.30 น.-16.45 น.	2	88	12	34	375	4	179	20	10	2	4	3
16.45 น.-17.00 น.	5	101	15	41	401	6	200	17	6	1	3	2
17.00 น.-17.15 น.	3	95	19	37	386	3	187	19	7	1	4	2
17.15 น.-17.30 น.	7	79	13	43	395	5	193	21	4	2	4	1
รวมย่อย	17	363	59	155	1,557	18	759	77	27	6	15	8
รวมแต่ละทิศทาง		439			1,730			863			29	
รวมเร่งด่วนเย็น			2,169						892			

ข้อมูลสถิติการเกิดอุบัติเหตุ

จากการรวบรวมข้อมูลสถิติอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษาในช่วงวันที่ 1 มกราคม 2557 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2557 พบว่ามีอุบัติเหตุเกิดขึ้นทั้งหมด 3 ครั้ง มีผู้บาดเจ็บทั้งหมด 2 คน โดยไม่มีผู้เสียชีวิต รายละเอียดของการเกิดอุบัติเหตุแสดงดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 สถิติการเกิดอุบัติเหตุบริเวณทางแยกพื้นที่ศึกษา
(สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมเกตเวย์ ซิตี้, 2529)

ครั้งที่	วันที่	เวลา	รถคู่กรณี	บาดเจ็บ	เสียชีวิต
1	31 มีนาคม 2557	17.49 น.	เก๋ง-จักรยานยนต์	1 คน	-
2	30 สิงหาคม 2557	17.00 น.	กระบะ-กระบะ	-	-
3	6 พฤศจิกายน 2557	7.30 น.	เก๋ง -จักรยานยนต์	1 คน	-

ปริมาณคนข้ามถนนในชั่วโมงเร่งด่วน

จากการสำรวจข้อมูลปริมาณคนข้ามถนนบริเวณทางแยกพื้นที่ศึกษาใน 3 ช่วงเวลาของวันที่ทำการสำรวจ (วันศุกร์ที่ 20 มีนาคม 2558) ได้ข้อมูลที่แสดงดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ปริมาณคนข้ามถนนบริเวณทางแยกพื้นที่ศึกษา

ช่วงเร่งด่วนเช้า (6.30 น. ถึง 7.30 น.)	ช่วงนอกเร่งด่วน (13.00 น. ถึง 14.00 น.)	ช่วงเร่งด่วนเย็น (16.30 น. ถึง 17.30 น.)
มีคนข้ามถนน 43 คน	ไม่มีคนข้ามถนน	มีคนข้ามถนน 17 คน

สภาพปัญหาการจราจรบริเวณสี่แยกพื้นที่ศึกษา

จากการสำรวจสภาพการจราจรบริเวณสี่แยกพื้นที่ศึกษาที่ปัจจุบันควบคุมการจราจรทางแยกด้วยป้ายหยุดแบบ 2 ทิศทาง (Two-way stop control, TWSC) สามารถจำแนกปัญหาจราจรออกเป็น 3 ประเด็น ดังนี้

1. ปัญหาจากจุดขัดแย้งบริเวณทางแยก โดยเฉพาะจุดขัดแย้งกระแสจราจรที่เกิดจากการที่รถจากถนนสายรองที่ต้องการวิ่งผ่าทางแยก หรือต้องการเลี้ยวขวาเข้าถนนสายหลัก และรถสายหลักที่ต้องการเลี้ยวขวาที่ต้องรอจังหวะตัดกระแสจราจร โดยจอดรอที่กลางสี่แยก ซึ่งกีดขวางการจราจร ทำให้เกิดจุดขัดแย้งกระแสจราจรบริเวณทางแยกขึ้นหลายจุด ส่งผลให้เกิดสภาพการจราจรที่สับสนและเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ แสดงดังภาพที่ 4-1 และภาพที่ 4-2

2. ปัญหาจากลักษณะทางกายภาพของถนนสายหลักที่ยังไม่มีช่องจอดรอเลี้ยวขวาของรถสายหลัก ซึ่งเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุลักษณะรถชนท้ายขณะรอเลี้ยว ประกอบกับมีการปลูกต้นไม้ใหญ่เป็นแนวยาวที่บริเวณหัวเกาะกลางใกล้กับทางแยก ทำให้บดบังการมองเห็นของรถในทิศทางต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 4-3

3. ปัญหาจราจรติดขัดในชั่วโมงเร่งด่วน พบว่าเกิดกับรถบนทางหลักที่ต้องการเลี้ยวขวาและรถสายรองที่ต้องการวิ่งตรงข้ามทางแยกหรือเลี้ยวขวาเข้าทางหลักเท่านั้น ส่วนรถทางหลักที่วิ่งตรงผ่านทางแยกและเลี้ยวซ้ายไม่พบปัญหาจราจรติดขัด

ภาพที่ 4-1 ภาพถ่ายลักษณะปัญหาจุดตัดกระแสจราจรที่เกิดจากรถสายรองของทางแยกพื้นที่ศึกษา

จุดขัดแย้งกระแสจราจรที่เกิดจากรถสายรองที่รอวิ่งตรงและเลี้ยวขวา และรถสายหลักที่รอเลี้ยวขวา ที่จอดรอจังหวะบริเวณกลางสี่แยกซึ่งกีดขวางการจราจร

ภาพที่ 4-2 ภาพถ่ายลักษณะปัญหาทางกายภาพบริเวณเกาะกลางของทางแยกพื้นที่ศึกษา

จุดขัดแย้งกระแสจราจรที่เกิดจากรถสายรองที่รอวิ่งตรงและเลี้ยวขวา และรถสายหลักที่รอเลี้ยวขวา ที่จอดรอจังหวะบริเวณกลางสี่แยกซึ่งกีดขวางการจราจร

ภาพที่ 4-3 ภาพถ่ายลักษณะปัญหาการจอดรถกีดขวางการจราจรบริเวณกลางทางแยกพื้นที่ศึกษา

ทางหลักยังไม่มีช่องจราจรสำหรับจอดรอเลี้ยวขวา และมีการปลูกต้นไม้ใหญ่ที่บริเวณแนวหัวเกาะใกล้กับทางแยกทำให้บดบังการมองเห็น

การวิเคราะห์ระดับการให้บริการด้วยโปรแกรม SIDRA

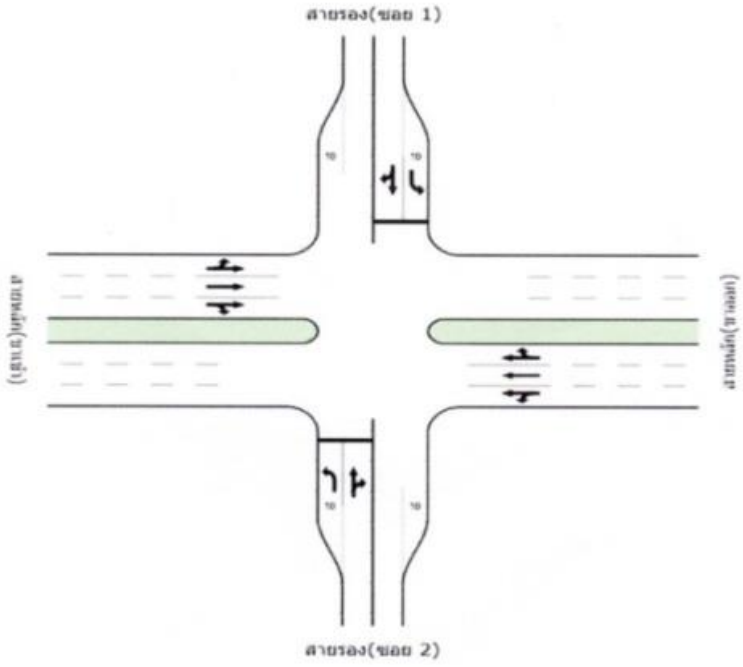
ผู้ศึกษาได้นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้านวิศวกรรมจราจร (Signalized intersection design and research aid, SIDRA 5.0) มาใช้ในการวิเคราะห์ระดับการให้บริการ โดยใช้ข้อมูลปริมาณจราจรที่สำรวจได้จากพื้นที่ศึกษาจริง และได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 4 เงื่อนไขดังนี้

1. แบบป้ายหยุดสองทิศทางตามลักษณะทางกายภาพที่ใช้ในปัจจุบัน (ตามแบบรูปดังภาพที่ 4-4)

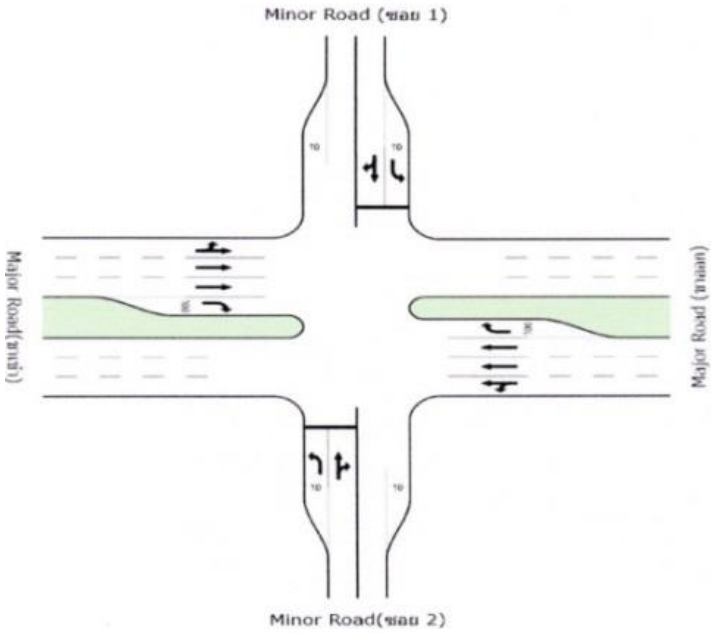
2. แบบป้ายหยุดสองทิศทางแต่ปรับปรุงลักษณะทางกายภาพด้วยการเพิ่มช่องรอเลี้ยวขวาบนถนนสายหลักทั้ง 2 ทิศทาง (ตามแบบรูปแสดงดังภาพที่ 4-5)

3. แบบป้ายหยุด 2 ทิศทาง ตามลักษณะทางกายภาพเดิมแต่บังคับให้รถจากสายรองทั้ง 2 ทิศทางเลี้ยวซ้ายได้เพียงอย่างเดียว (ห้ามวิ่งตรง และห้ามเลี้ยวขวา) โดยให้ไปกลับรถที่จุดกลับรถที่อยู่ห่างออกไป 525 เมตร สำหรับรถที่มาจาก ซอย 1 และ 225 เมตร สำหรับรถที่มาจากซอย 2

4. แบบควบคุมการจราจรด้วยสัญญาณไฟจราจรตามลักษณะทางกายภาพเดิมของทางแยก ซึ่งผลการวิเคราะห์ระดับการให้บริการของทั้ง 4 เงื่อนไข แสดงดังตารางที่ 4-6



ภาพที่ 4-4 แบบรูปทางแยกที่ควบคุมการจราจรด้วยป้ายหยุด แบบ 2 ทิศทาง ตามลักษณะทางกายภาพเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน



ภาพที่ 4-5 แบบรูปทางแยกที่ควบคุมการจราจรด้วยป้ายหยุดแบบ 2 ทิศทางที่ปรับปรุง ลักษณะทางกายภาพให้มีช่องจอดรอเลี้ยวขวาบนทางสายหลักทั้ง 2 ทิศทาง

ตารางที่ 4-6 ผลการวิเคราะห์ระดับการให้บริการของทางแยกทั้ง 4 เงื่อนไข ที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้านวิศวกรรมจราจร (SIDRA 5.0)

ช่วงเวลา	วิธีควบคุมการจราจรบริเวณทางแยก	ระดับการให้บริการที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SIDRA 5.0											
		สายหลัก (ขาเข้า)			สายหลัก (ขาออก)			สายรอง (ซอย 2)			สายรอง (ซอย 1)		
		ซ้าย	ตรง	ขวา	ซ้าย	ตรง	ขวา	ซ้าย	ตรง	ขวา	ซ้าย	ตรง	ขวา
เร่งด่วนช่วงเช้า 6.30 น.-7.30 น.	ปริมาณจราจรรวม 2,216 PCU	38	818	495	78	465	15	95	7	44	59	97	4
	TWSC เดิม	A	A	F	A	A	C	B	F	F	C	F	F
	TWSC + ช่อง TURN BAY ที่สายหลัก	A	A	F	A	A	C	B	F	F	C	F	F
	TWSC + บังคับรถสายรองเลี้ยวซ้ายทั้งหมด	A	A	F	A	A	C	B	-	-	C	-	-
	ติดตั้งสัญญาณไฟจราจร FT (CT=140 Sec)	E	E	E	D	D	D	A	E	E	A	E	E
D นอกเร่งด่วน 13.00 น.-14.00 น.	ปริมาณจราจรรวม 906 PCU	10	459	61	65	185	9	66	3	15	16	4	13
	TWSC เดิม	A	A	A	A	A	B	B	D	D	B	D	D
	TWSC + ช่อง TURN BAY ที่สายหลัก	A	A	A	A	A	B	B	D	D	B	D	D
	TWSC + บังคับรถสายรองเลี้ยวซ้ายทั้งหมด	A	A	A	A	A	B	B	-	-	B	-	-
	ติดตั้งสัญญาณไฟจราจร FT (CT=80 Sec)	D	C	D	C	C	D	A	C	D	A	C	D
เร่งด่วนเย็น 16.30 น.-17.30 น.	ปริมาณจราจรรวม 3,088 PCU	17	363	59	155	1557	18	759	77	27	6	15	8
	TWSC เดิม	A	A	F	A	A	B	F	F	F	B	F	F
	TWSC + ช่อง TURN BAY ที่สายหลัก	A	A	F	A	A	B	F	F	F	B	F	F
	TWSC + บังคับรถสายรองเลี้ยวซ้ายทั้งหมด	A	A	F	A	A	B	F	-	-	B	-	-
	ติดตั้งสัญญาณไฟจราจร FT (CT=150 Sec)	C	C	F	E	E	F	B	F	F	A	F	F

การวิเคราะห์ระดับการให้บริการด้วยวิธีการ Currin (2001)

ผู้ศึกษาได้ทำการบันทึกข้อมูลความล่าช้าจากการหยุดบริเวณทางแยก (Intersection stopped delay) จากภาพเคลื่อนไหวที่ทำการบันทึกไว้ในช่วง 15 นาที ที่มีปริมาณจราจรมากที่สุดของ 3 ช่วงเวลา คือ ช่วงเร่งด่วนเช้า ช่วงนอกเร่งด่วน และช่วงเร่งด่วนเย็น แล้วนำมาทำการวิเคราะห์หาระดับการให้บริการด้วยวิธีการ Currin (2001) ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ที่แสดงดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ผลการวิเคราะห์ระดับการให้บริการ ที่วิเคราะห์ด้วยข้อมูลความล่าช้าจากการหยุดบริเวณทางแยกด้วยวิธีการ Currin (2001)

มาจาก	ทิศทาง	ระดับการให้บริการ (LOS)		
		เร่งด่วนเช้า (6.30 น.-7.30 น.)	นอกเร่งด่วน (13.00 น.-14.00 น.)	เร่งด่วนเย็น (16.30 น.-17.30 น.)
สายหลัก (ขาเข้า)	เลี้ยวขวาเข้าซอย 2	B	A	F
สายหลัก (ขาออก)	เลี้ยวขวาเข้าซอย 1	B	A	D
สายรอง (ซอย 1)	วิ่งตรงเข้าซอย 2 และเลี้ยวขวาเข้าสายหลักขาออก	F	E	F
สายรอง (ซอย 2)	วิ่งตรงเข้าซอย 1 และเลี้ยวขวาเข้าสายหลักขาเข้า	F	E	F

หมายเหตุ: 1. ทางหลัก ทิศทางวิ่งตรงและเลี้ยวซ้ายไม่ได้นำมาพิจารณา เนื่องจากมักไม่เกิดการหยุด

2. ทางรอง ทิศทางเลี้ยวซ้ายไม่ได้นำมาพิจารณาเนื่องจากมักไม่เกิดการหยุด

3. ช่วงเร่งด่วนเช้า ใช้ปริมาณจราจรในช่วง 6.45 น.-7.00 น. ในการคำนวณ

4. ช่วงนอกเร่งด่วน ใช้ปริมาณจราจรในช่วง 13.00 น.-13.15 น. ในการคำนวณ

5. ช่วงเร่งด่วนเย็น ใช้ปริมาณจราจรในช่วง 16.45 น.-17.00 น. ในการคำนวณ

การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระดับการให้บริการ

จากการเปรียบเทียบผลระดับการให้บริการของทางแยกที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SIDRA 5.0 ที่ใช้ข้อมูลปริมาณจราจร กับระดับการให้บริการที่วิเคราะห์ด้วยวิธีการของ Currin (2001) ที่ใช้ข้อมูลความล่าช้าจากการหยุดบริเวณทางแยก พบว่าทั้ง 2 วิธี มีผลการวิเคราะห์ระดับการให้บริการที่สอดคล้องกัน โดยมีระดับการให้บริการที่ใกล้เคียงกันเป็นส่วนใหญ่ มีความแตกต่างกันบ้างเล็กน้อยในบางทิศทางจราจร ผลการเปรียบเทียบระดับการให้บริการ แสดงดังตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 การเปรียบเทียบระดับการให้บริการ ระหว่างการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SIDRA 5.0 กับการวิเคราะห์ด้วยวิธีการ Currin (2001)

มาจาก	ทิศทาง	วิธีวิเคราะห์	ระดับการให้บริการ (LOS)		
			เร่งด่วนเช้า	นอกเร่งด่วน	เร่งด่วนเย็น
			6.30 น.-7.30 น.	13.00 น.-14.00 น.	16.30 น.-17.30 น.
สายหลัก (ขาเข้า)	เลี้ยวขวาเข้าซอย 2	SIDRA 5.0	F	A	F
		Currin (2001)	D	A	F
สายหลัก (ขาออก)	เลี้ยวขวาเข้าซอย 1	SIDRA 5.0	C	B	B
		Currin (2001)	B	A	D
สายรอง (ซอย 1)	วิ่งตรงเข้าซอย 2	SIDRA 5.0	F	D	F
		Currin (2001)	F	E	F
	เลี้ยวขวาเข้าสายหลัก	SIDRA 5.0	F	D	F
		Currin (2001)	F	E	F
สายรอง (ซอย 2)	วิ่งตรงเข้าซอย 1	SIDRA 5.0	F	D	F
		Currin (2001)	F	E	F
	เลี้ยวขวาเข้าสายหลัก	SIDRA 5.0	F	D	F
		Currin (2001)	F	E	F

การพิจารณาวิธีควบคุมการจราจรที่เหมาะสมกับทางแยกพื้นที่ศึกษา

ตามที่ปัจจุบันพื้นที่ศึกษาใช้วิธีควบคุมการจราจรทางแยกด้วยป้ายหยุดแบบสองทิศทาง (Two-way stop control, TWSC) ดังนั้นวิธีควบคุมการจราจรทางแยกวิธีอื่น ที่ผู้ศึกษาจะทำการพิจารณาความเหมาะสมในลำดับถัดไปได้แก่ 1) การควบคุมการจราจรทางแยกด้วยป้ายหยุดแบบทุกทิศทาง (All-way stop control, AWSC) 2) การควบคุมการจราจรด้วยวงเวียน (Roundabout Control) และ 3) การควบคุมการจราจรด้วยสัญญาณไฟจราจร (Signalized control) ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดในการพิจารณาแต่ละวิธี ดังนี้

1. การพิจารณาวิธีควบคุมการจราจรทางแยกด้วยป้ายหยุดแบบทุกทิศทาง

จากข้อมูลที่ได้ศึกษาในบททบทวนวรรณกรรม พบว่าการใช้ป้ายหยุดแบบทุกทิศทางควบคุมการจราจรทางแยกที่มีปริมาณจราจรรวมในชั่วโมงเร่งด่วนมากกว่า 1,400 คันต่อชั่วโมง จะทำให้เกิดความล่าช้าที่ทางแยกสูง ซึ่งปัจจุบันทางแยกพื้นที่ศึกษามีปริมาณจราจรที่สำรวจได้ในช่วงเร่งด่วนเช้า = 2,207 คันต่อชั่วโมง ช่วงนอกเร่งด่วน (13.00 น.-14.00 น.) = 906 คันต่อชั่วโมง และช่วงเร่งด่วนเย็น (16.30 น.-17.30 น.) = 3,061 คันต่อชั่วโมง ดังนั้นวิธีควบคุมการจราจรทางแยกด้วยป้ายหยุดแบบทุกทิศทาง จึงยังไม่ใช่วิธีควบคุมการจราจรที่เหมาะสมกับทางแยกพื้นที่ศึกษา

2. การพิจารณาวิธีควบคุมการจราจรทางแยกด้วยการติดตั้งวงเวียน

จากการพิจารณาทางด้านกายภาพของทางแยกพื้นที่ศึกษาตามที่ AUSTROADS, 1993. Guide to traffic engineering practice, Part 6-Roundabout ได้แนะนำไว้ ดังตารางที่ 4-9 พบว่าบริเวณทางแยกพื้นที่ศึกษามีพื้นที่เพียงพอต่อการติดตั้งวงเวียนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอกได้สูงสุดที่ 36 เมตร ซึ่งเป็นวงเวียนขนาดกลางโดยสามารถรองรับปริมาณจราจรในวงเวียนได้สูงสุดที่ 3,400 คันต่อชั่วโมง ในขณะที่ปัจจุบันพื้นที่ศึกษามีปริมาณจราจรสูงสุด (ช่วงเร่งด่วนเย็น) ที่ 3,061 คันต่อชั่วโมง ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ความสามารถสูงสุดในการรองรับปริมาณจราจรของวงเวียนแล้ว และหากทำการประเมินปริมาณจราจรที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต โดยคำนวณจากพื้นที่โรงงานรวมทุกโรงที่เปิดดำเนินการแล้วในปัจจุบัน = 2,886 ไร่ (พื้นที่ตั้งโรงงานทั้งหมด = 3,682 ไร่) ดังนั้นหากมีการตั้งโรงงานเต็มพื้นที่โครงการ สามารถประมาณการได้ว่าในอนาคตทางแยกนี้จะปริมาณจราจรสูงสุดที่ประมาณ 3,905 คันต่อชั่วโมง ซึ่งเกินขีดความสามารถในการรองรับปริมาณจราจรของวงเวียนขนาดกลาง ซึ่งรองรับได้สูงสุดที่ 3,400 คันต่อชั่วโมง ประกอบกับทางแยกพื้นที่ศึกษามีลักษณะที่ไม่สอดคล้องกับลักษณะทางแยกที่เหมาะสมการติดตั้งวงเวียนอยู่อีกหลายประการ เช่น พื้นที่ศึกษามีปริมาณจราจรที่แตกต่างกันค่อนข้างมากระหว่างรถทางหลักกับรถทางรอง มีความล่าช้าของรถจากทางสายรองไม่สูงมาก และมีสถิติการเกิดอุบัติเหตุที่ไม่สูงมาก เป็นต้น

ถึงแม้ว่าการติดตั้งวงเวียนสามารถลดความล่าช้าให้รถสายรองได้ (ซึ่งเป็นปริมาณรถส่วนน้อย) แต่ก็จะไปเพิ่มความล่าช้าให้กับรถในสายหลักแทน (ปัจจุบันรถสายหลักสามารถวิ่งตรงผ่านทางแยกโดยไม่พบปัญหาความล่าช้า) ดังนั้นวิธีควบคุมการจราจรทางแยกด้วยการติดตั้งวงเวียน จึงยังไม่ใช่วิธีควบคุมการจราจรที่เหมาะสมกับทางแยกพื้นที่ศึกษาอีกเช่นกัน

ตารางที่ 4-9 ปริมาณจราจรที่รองรับได้ของวงเวียนแต่ละขนาด (AUSTROADS, 1993)

	วงเวียน		
	ขนาดเล็ก	ขนาดกลาง	ขนาดใหญ่
ความเร็วสูงสุดที่เข้าสู่วงเวียน (กิโลเมตร./ ชั่วโมง)	25	30	40
จำนวนช่องจราจร (ช่อง)	1	1-2	2
เส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอก (เมตร)	> 20	20-40	40-60
ปริมาณจราจรสูงสุดที่เข้าสู่วงเวียน (คัน/ ชั่วโมง)	1,200	2,400	> 2,400
ปริมาณจราจรสูงสุดในวงเวียน (คัน/ ชั่วโมง)	1,200	3,400	> 3,400

3. การพิจารณาควบคุมการจราจรทางแยกด้วยสัญญาณไฟจราจร

ในการวิเคราะห์ความเหมาะสมวิธีควบคุมการจราจรทางแยกด้วยสัญญาณไฟจราจรที่อ้างอิงตามข้อแนะนำในการพิจารณาเหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรของสำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง จำนวน 3 หลักเกณฑ์ ที่สอดคล้องกับประเภททางแยกและวิธีการเก็บข้อมูลปริมาณจราจรของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ เกณฑ์ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน เกณฑ์ปริมาณคนข้ามถนนในชั่วโมงเร่งด่วน และเกณฑ์ปริมาณการเกิดอุบัติเหตุในรอบปีที่ผ่านมา (ปี 2557) ซึ่งหากเข้าเกณฑ์ข้อใดข้อหนึ่งหรือมากกว่า ให้ถือว่านำไปพิจารณาเหตุอันควรติดตั้งสัญญาณไฟจราจรได้ รายละเอียดในการพิจารณาแต่ละเกณฑ์มีดังนี้

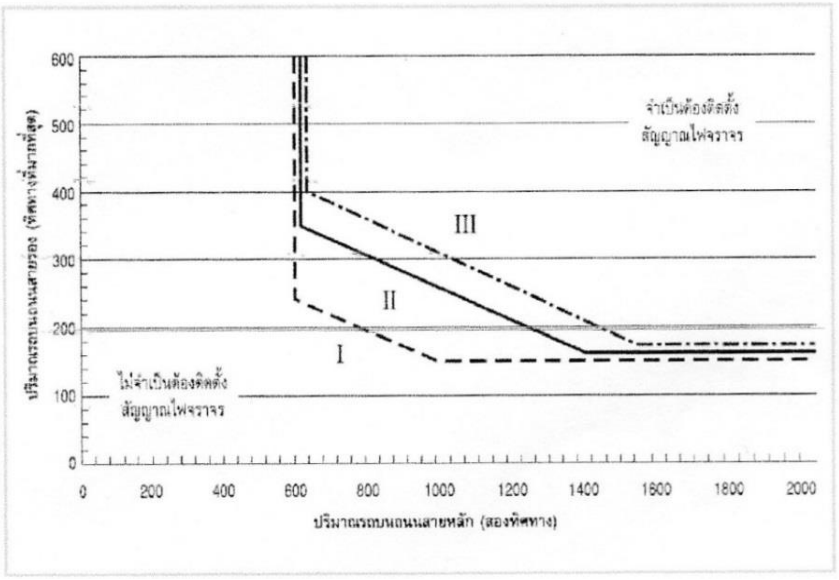
พิจารณาจากข้อมูลปริมาณจราจร

ผู้ศึกษาได้นำข้อมูลปริมาณจราจรในช่วงเร่งด่วนเย็นที่สำรวจได้จริง มาใช้ในการพิจารณาเนื่องจากเป็นช่วงที่มีปริมาณจราจรมากที่สุด โดยในถนนสายหลัก (สองทิศทางรวมกัน) มีปริมาณจราจร = 2,169 คันต่อชั่งโมงและในถนนสายรอง (ทิศทางที่มากกว่า) = 863 คันต่อชั่วโมง

ตามข้อมูลที่แสดงดังตารางที่ 4-10 โดยนำไปเทียบกับเส้นกราฟเกณฑ์ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ที่ใช้ในการพิจารณาเหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ดังภาพที่ 4-6 (เส้นกราฟ II) ซึ่งพบว่าทางแยกนี้มีปริมาณจราจรเข้าเกณฑ์ที่สามารถนำไปพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟจราจรได้

ตารางที่ 4-10 ปริมาณจราจรที่เข้าสู่ทางแยกจากถนนสายหลักและถนนสายรอง

	ปริมาณจราจร (PCU)	
	ทางหลัก (2 ทิศทางรวมกัน)	ทางหลัก (2 ทิศทางรวมกัน)
ช่วงเร่งด่วนเช้า (6.30 น.-7.30 น.)	1,910	160
ช่วงนอกเร่งด่วน (13.00 น.-14.00 น.)	789	84
ช่วงเร่งด่วนเย็น (16.30 น.-17.30 น.)	2,169	863



หมายเหตุ: I หมายถึง ถนนสายหลัก 1 ช่องจราจร ตัดกับสายรอง 1 ช่องจราจร

II หมายถึง ถนนสายหลัก 2 ช่องจราจรหรือมากกว่า ตัดกับสายรอง 1 ช่องจราจร

III หมายถึง ถนนสายหลัก 2 ช่องจราจรหรือมากกว่า ตัดกับสายรอง 2 ช่องจราจร หรือมากกว่า

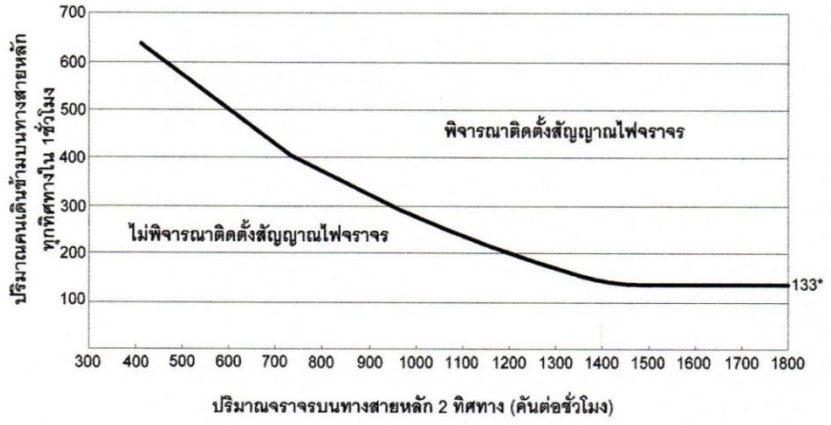
ภาพที่ 4-6 กราฟแสดงเกณฑ์ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนบนถนนสายหลัก และสายรองที่ใช้พิจารณาเหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร (สำนักอำนวยความปลอดภัย, 2548)

การพิจารณาจากปริมาณการเกิดอุบัติเหตุ

จากการพิจารณาปริมาณการเกิดอุบัติเหตุของพื้นที่ศึกษาในรอบปีที่ผ่านมา (วันที่ 1 มกราคม 2557 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2557) พบว่าเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด 3 ครั้ง มีผู้บาดเจ็บทั้งหมด 2 คน และไม่มีผู้เสียชีวิต (อ้างอิงข้อมูลตามตารางที่ 4-4) ซึ่งเอกสารคู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร เล่มที่ 3 (สนข.) ได้กล่าวไว้ว่าการพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟจราจรจากปริมาณการเกิดอุบัติเหตุจะต้องมีอุบัติเหตุตั้งแต่ 5 ครั้งขึ้นไปในรอบ 1 ปี และทำให้มีผู้เสียชีวิต บาดเจ็บหรือมีทรัพย์สินเสียหายตั้งแต่ 20,000 บาทขึ้นไป ดังนั้นปริมาณการเกิดอุบัติเหตุของพื้นที่ศึกษานี้จึงยังไม่เข้าเกณฑ์การพิจารณาเหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร

การพิจารณาจากข้อมูลปริมาณคนข้ามถนน

จากการสำรวจข้อมูลปริมาณคนข้ามถนนบริเวณทางแยกพื้นที่ศึกษา ใน 3 ช่วงเวลาของวันที่ทำการสำรวจ (วันศุกร์ที่ 20 มีนาคม 2558) ซึ่งพบว่ามีจำนวนคนข้ามถนนน้อยมาก ถึงขั้นไม่มีคนข้ามเลยในช่วงเวลานอกเร่งด่วน (13.00 น.-14.00 น. ตามข้อมูลที่แสดงดังตามตารางที่ 4-5) และหากอ้างอิงตามคู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร เล่มที่ 3 (สนข.) ที่ได้กล่าวไว้ว่า การพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟจราจรจากปริมาณคนข้ามถนนในชั่วโมงเร่งด่วน ให้พิจารณาจากปริมาณคนข้ามถนนขั้นต่ำที่ 133 คน ตามดังภาพที่ 4-8 ดังนั้นปริมาณคนข้ามถนนของพื้นที่ศึกษานี้ จึงยังไม่เข้าเกณฑ์เหตุอันควรในการพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟจราจร



หมายเหตุ: 133* หมายถึง ค่าเริ่มต้นทุกทิศทางใน 1 ชั่วโมง ของปริมาณคนเดินข้ามถนนสายหลัก

ภาพที่ 4-7 กราฟแสดงเกณฑ์ปริมาณคนข้ามถนนในชั่วโมงเร่งด่วน ที่ใช้พิจารณาเหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งจราจร, 2554)

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

จากสภาพปัญหาความสับสนของการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน และปัญหาลักษณะทางกายภาพของทางแยกพื้นที่ศึกษา รวมถึงข้อมูลการพิจารณาเหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรจำนวน 3 เกณฑ์ ตามที่ผู้ศึกษาได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 ซึ่งพบว่าเข้าเกณฑ์เหตุอันควรติดตั้งสัญญาณไฟจราจรจำนวน 1 เกณฑ์ คือ เกณฑ์ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน และไม่เข้าเกณฑ์การพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟจราจร จำนวน 2 เกณฑ์ คือ เกณฑ์ปริมาณการเกิดอุบัติเหตุในรอบปีที่ผ่านมาและเกณฑ์ปริมาณคนข้ามถนนในชั่วโมงเร่งด่วน ถึงแม้ว่าคู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร เล่มที่ 3 (สนข.) ได้ระบุไว้ว่าหากเข้าเกณฑ์ข้อใดข้อหนึ่งสามารถนำไปพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟจราจรได้ก็ตาม แต่หากพิจารณาสภาพการจราจรโดยรวมของพื้นที่ศึกษาที่รถส่วนใหญ่ยังสามารถวิ่งผ่านทางแยกไปได้โดยไม่ติดขัด โดยเฉพาะรถทางหลักที่วิ่งตรง มีระดับการให้บริการที่ค่อนข้างดี เกิดความล่าช้าอยู่บ้างเล็กน้อยกับรถสายรอง (ที่เป็นรถส่วนน้อย) ที่ต้องการวิ่งตัดทางแยกหรือเลี้ยวขวาเข้าถนนสายหลักและหากพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ระดับการให้ บริการของทางแยกที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SIDRA 5.0 ในกรณีที่มีการติดตั้งระบบสัญญาณไฟจราจรพบว่าทางแยกมีระดับการให้บริการที่แย่ลงในทุกทิศทาง อ้างอิงตามผลการวิเคราะห์ระดับการให้บริการที่แสดงดังตารางที่ 4-6

ข้อเสนอแนะ

ในการแก้ไขหรือบรรเทาปัญหาจราจรของพื้นที่ศึกษาในเบื้องต้น ผู้ศึกษามีความเห็นว่าควรใช้ 3 มาตรการ ดังนี้ 1) มาตรการปรับปรุงทางกายภาพที่ทางแยกเพื่อให้มีความปลอดภัยด้านการจราจรเพิ่มมากขึ้น แทนการติดตั้งระบบสัญญาณไฟจราจร ดังเช่น กรณีศึกษาการปรับปรุงแก้ไขจุดอันตรายบริเวณสี่แยกจงถนอม จังหวัดนครปฐม (โครงการศึกษาจัดทำระบบมาตรฐานความปลอดภัยด้านการจราจรและขนส่ง ระยะที่ 2 ภาคที่ 3 เล่มที่ 1 (สนข.)) ที่ผู้ศึกษาได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ของงานนิพนธ์เล่มนี้ 2) มาตรการปรับปรุงทางกายภาพที่จุดกลับรถเพื่อให้มีความปลอดภัยด้านการจราจรเพิ่มมากขึ้น 3) มาตรการบริหารจัดการด้านการจราจรเพื่อลดจุดตัดกระแสจราจรบริเวณทางแยกพื้นที่ศึกษา โดยให้เป็นไปตามมาตรฐานของกรมทางหลวง และหรือกรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม โดยมีรายละเอียดของแต่ละมาตรการดังนี้

1. มาตรการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกพื้นที่ศึกษา

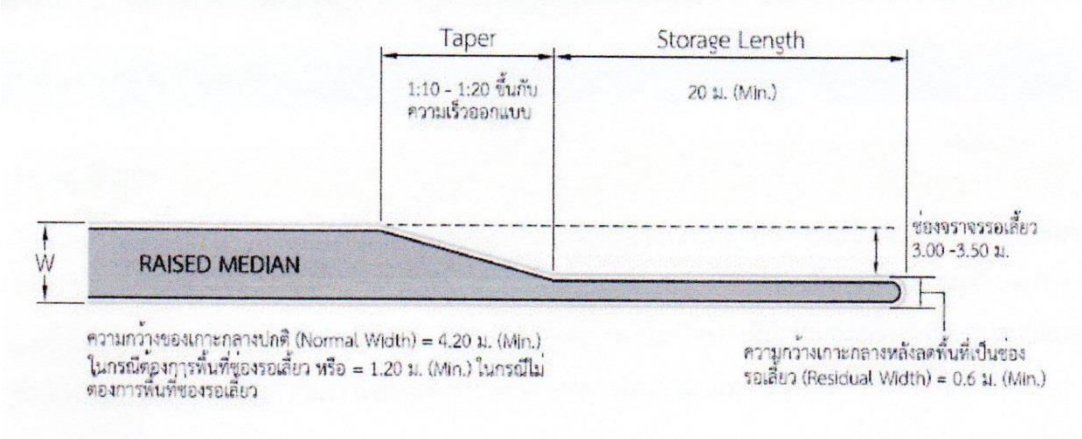
1.1 ทำการลดความกว้างของเกาะกลางของทางสายหลักที่ปัจจุบันกว้าง 4.2 เมตรให้เหลือ 1.2 เมตร เพื่อเพิ่มช่องจราจรรอเลี้ยวขวากว้าง 3 เมตร ยาว 40 เมตร และส่วน Taper ยาว 40 เมตร ทั้งสองทิศทาง ตามตัวอย่างรูปแบบที่แสดงดังภาพที่ 5-1

1. 2 ทำการรื้อถอนต้นไม้ใหญ่บริเวณแนวหัวเกาะกลางถนน เพื่อให้รถสายหลักที่รอเลี้ยวขวา สังเกตเห็นรถทางหลักในทิศทางตรงข้ามได้ชัดเจน และมีระยะการมองเห็นที่เพียงพอ

1. 3 ทำการตีเส้นเครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง และติดตั้งป้ายจราจรบริเวณทางแยกให้ชัดเจน และครบถ้วน

1. 4 ทำการติดตั้งไฟแสงสว่างเพิ่มเติมบริเวณตำแหน่งรถรอเลี้ยวและช่วงก่อนถึงทางแยกให้เพียงพอ

1. 5 ทำการติดตั้งสัญญาณไฟกระพริบสีเหลืองเพื่อเตือนรถสายหลักที่บริเวณหัวเกาะและติดตั้งสัญญาณไฟกระพริบสีแดงเพื่อเตือนรถสายรองที่วิ่งเข้าสู่ทางแยก

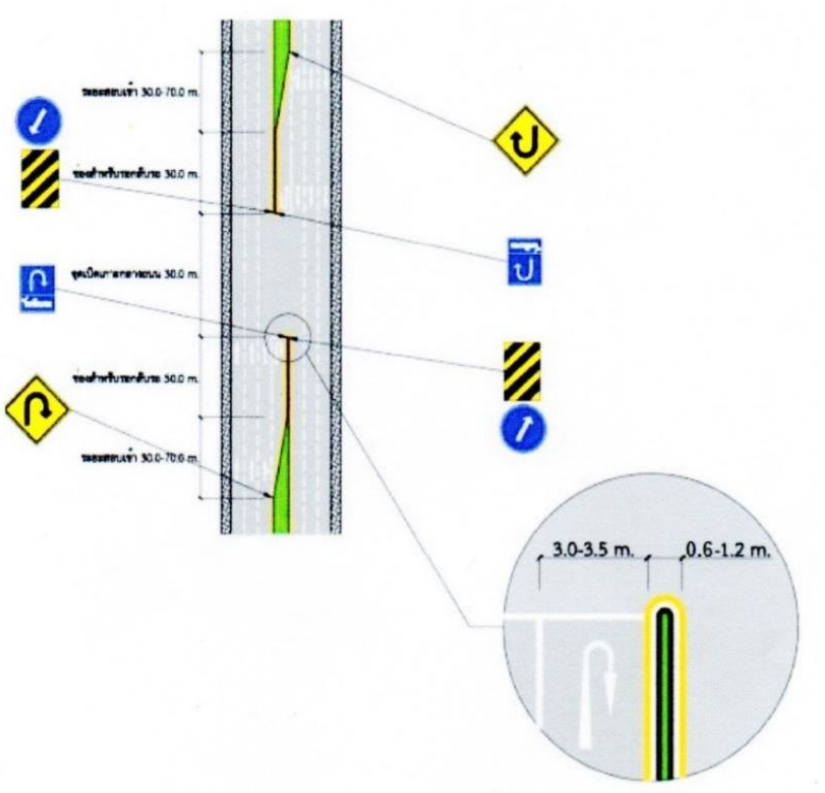


ภาพที่ 5-1 รูปแบบการปรับปรุงเกาะกลางให้มีช่องจราจรสำหรับจอดรอเลี้ยวขวา
(สำนักสำรวจและออกแบบ กรมทางหลวง, 2554)

2. มาตรการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพบริเวณจุดกลับรถ

2.1 ทำการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพจุดกลับรถบนถนนสายหลัก 1 จุด ห่างจากทางแยกพื้นที่ศึกษา 225 เมตร (รองรับรถที่ออกมาจากซอย 2) และเปิดจุดกลับรถใหม่ 1 จุดบนถนนสายหลัก ห่างจากทางแยกพื้นที่ศึกษา 262 เมตร (รองรับรถที่ออกมาจากซอย 1) โดยลดความกว้างของเกาะกลางที่ปัจจุบันกว้าง 4.2 เมตร ให้เหลือ 1.2 เมตร เพื่อเพิ่มช่องรอกลับรถกว้าง 3 เมตร ยาว

40 เมตร และส่วน Taper ยาว 40 เมตร บนถนนสายหลักทั้งสองทิศทาง ให้เป็นไปตามมาตรฐานของกรมทางหลวงชนบท ตามตัวอย่างรูปแบบที่แสดงดังภาพที่ 5-2 เพื่อช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุในลักษณะชนท้าย



ภาพที่ 5-2 รูปแบบการปรับปรุงเกาะกลางให้มีช่องจราจรสำหรับจอดรอกลับรถ
(กรมทางหลวงชนบท, ม.ป.ป.)

2.1.1 การพิจารณาด้านความปลอดภัยของตำแหน่งจุดกลับ พบว่าจุดกลับรถบนถนนสายหลักทั้ง 2 จุด มีลักษณะที่ไม่ขัดแย้งต่อหลักการเปิดจุดกลับรถ (Median Opening) ตามที่ระบุในคู่มือปรับปรุงแก้ไขจุดอันตรายบริเวณทางแยก (โครงการศึกษาจัดทำระบบมาตรฐานความปลอดภัยด้านการจราจรและขนส่ง ระยะที่ 2 ภาคที่ 3 เล่มที่ 1 (สนข.)) กล่าวคือ การเปิดเกาะกลางสำหรับกลับรถจะต้องมีระยะห่างไม่มากนัก เพื่อการเข้าออกถนนข้างเคียงที่ง่ายและลดจำนวนการกลับรถบนถนนหลัก จุดกลับรถจะต้องมีระยะห่างพอควร เพื่อลดการรบกวนการจราจรบนถนนสายหลัก จุดกลับรถที่เหมาะกับถนนที่มีหลายช่องจราจรควรมีลักษณะที่ไกลจากทางแยก

ทางรถไฟ และคอสะพาน มีระยะการมองเห็นที่เพียงพอ มีความลาดชันไม่เกิน 4% และไม่อยู่ในช่วงทางโค้งที่มีรัศมีสั้นเป็นต้น

2.1.2 การพิจารณารัศมีวงเลี้ยวของจุดกลับรถทั้ง 2 จุด บนถนนสายหลัก หลัง จากลดความกว้างเกาะกลางจาก 4.2 เมตร ให้เหลือ 1.2 เมตร เพื่อทำช่องรอกลับรถพบว่าจุดกลับรถยังสามารถรองรับรัศมีวงเลี้ยวของรถได้กว้างสูงสุด 14.2 ม. (เกาะกลาง 1.2 เมตร + ผิวจราจรรวม 3 ช่อง 10.5 เมตร + ไหล่ทาง 2.5 เมตร) ซึ่งเป็นระยะที่เพียงพอต่อการกลับรถแทบทุกประเภทที่ใช้งานทั่วไปในประเทศไทย ตามข้อมูลที่แสดงดังตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 ขนาดและรัศมีวงเลี้ยวของยวดยานประเภทต่าง ๆ ตามมาตรฐานญี่ปุ่น (สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์, 2553)

ชนิดของรถ	ความกว้าง (เมตร)	ความยาวทั้งหมด (เมตร)	ความสูง (เมตร)	ระยะห่างเพลาหน้า-หลัง (เมตร)	รัศมีเลี้ยว (เมตร)
รถยนต์นั่ง	1.7	4.7	2.0	2.7	6.0
รถบรรทุก	2.5	12.0	3.8	6.5	12.0
รถพ่วง	2.5	16.5	3.8	13.0	12.0

2.2 ทำการรื้อถอนต้นไม้ใหญ่บริเวณหัวเกาะกลาง ที่กำหนดเป็นจุดกลับรถเพื่อให้รถสายหลักในทิศทางตรงข้ามสังเกตเห็นรถที่กำลังรอกลับรถได้ชัดเจน มีระยะการมองเห็นที่เพียงพอและปลอดภัยต่อการกลับรถ

2.3 ทำการตีเส้นเครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง และติดตั้งป้ายจราจรบริเวณจุดกลับรถให้เห็นชัดเจน และครบถ้วน

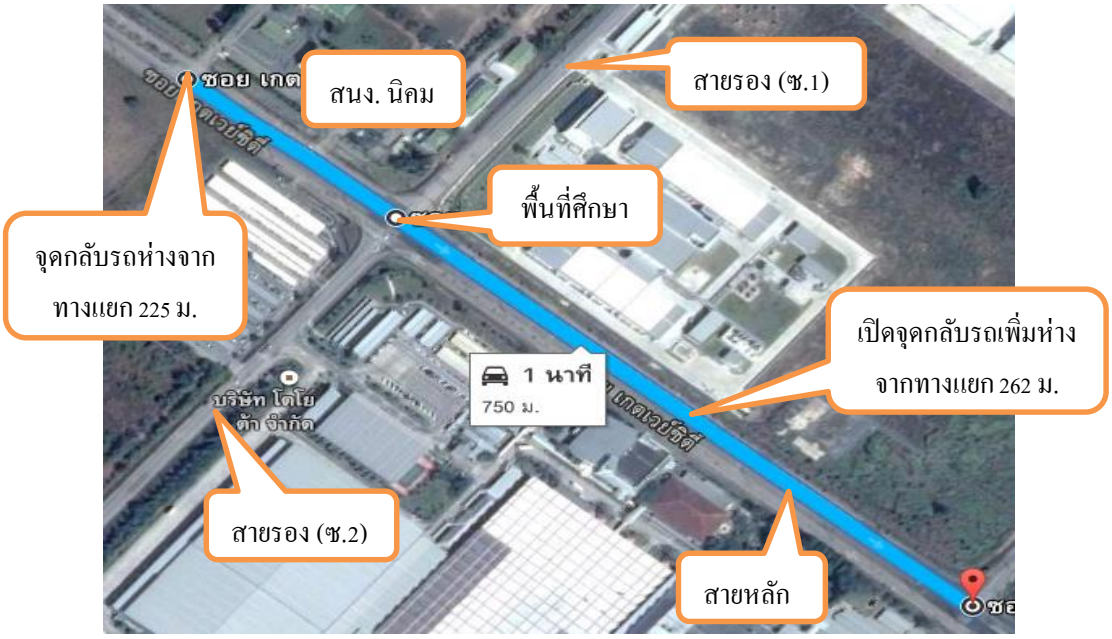
2. 4 ทำการติดตั้งไฟแสงสว่างเพิ่มเติมบริเวณตำแหน่งจุดกลับรถให้เพียงพอ

2.5 ทำการติดตั้งไฟกระพริบสีเหลืองบริเวณหัวเกาะจุดกลับรถทั้ง 2 ทิศทาง

3. มาตรการบริหารจัดการด้านจราจร

3.1 ทำการจัดการจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนของทางแยกใหม่ โดยการจำกัดสิทธิ์รถจากทางสายรองเมื่อถึงทางแยกให้สามารถเลี้ยวซ้ายได้เท่านั้น โดยให้ไปกลับรถในจุดที่กำหนดตามข้อ 2.1 ตำแหน่งจุดกลับรถแสดงดังภาพที่ 5-3 ทั้งนี้เพื่อลดจำนวนจุดตัดกระแสจราจร (Conflicts) และเพิ่มความปลอดภัยให้กับทางแยกโดยไม่ส่งผลกระทบต่อระดับการให้บริการเดิมก่อนใช้

มาตรการจำกัดสิทธิ์ (เปรียบเทียบก่อน-หลัง) ที่อ้างอิงตามผลการวิเคราะห์ระดับการให้บริการของเงื่อนไขต่าง ๆ ด้วยโปรแกรม SIDRA 5.0 ที่แสดงดังตารางที่ 4-6



ภาพที่ 5-3 จุดกลับรถที่จำกัดสิทธิ์รถทางสายรอง ทั้ง 2 ทิศทาง ห้ามตรงและห้ามเลี้ยวขวา (ให้เลี้ยวซ้ายไปกลับรถ)

และจากการสำรวจประเภทของรถที่วิ่งไปกลับรถ ในช่วงเวลา 15 นาที ที่มีปริมาณจราจรสูงสุดของชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็น โดยใช้ข้อมูลปริมาณจราจรของรถของสายรองทั้ง 2 ทิศทางที่วิ่งตรงและเลี้ยวขวา พบว่ามีทั้งหมด 114 คัน ซึ่งเป็นจำนวนที่ไม่มากนักและส่วนใหญ่เป็นรถขนาดเล็ก ประกอบด้วยรถ 2 ล้อ 49.03% รถ 4 ล้อ 50% และรถ 6 ล้อ 0.69% ตามข้อมูลที่แสดงดังตารางที่ 5-2 ดังนั้นการจำกัดสิทธิ์รถสายรองห้ามวิ่งตรง และห้ามเลี้ยวขวาที่ทางแยกพื้นที่ศึกษา โดยให้เลี้ยวซ้ายไปกลับรถในจุดที่กำหนด จึงเป็นมาตรการที่ไม่รบกวนการจราจรบนถนนสายหลักที่มากเกินไป อีกทั้งยังสามารถช่วยลดจุดขัดแย้งกระแสจราจร รวมถึงช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุลักษณะที่ชนจากด้านข้างในชั่วโมงเร่งด่วนของทางแยกพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 5-2 ปริมาณรถสายรองทั้งสองทิศทางที่ต้องวิ่งไปกลับรถ

สายรอง	ช่วง 15 นาที ที่มีปริมาณจราจรสูงสุดของช่วงเร่งด่วน เช้า-เย็น	วิ่งตรง (คัน)					เลี้ยวขวา (คัน)					รวมทั้งหมด
		2 ล้อ	4 ล้อ	6 ล้อ	≥ 10 ล้อ	รวม	2 ล้อ	4 ล้อ	6 ล้อ	≥ 10 ล้อ	รวม	
ซอย 1	6.45-7.00 น.	17	19			36		3			3	39
	16.45-17.00 น.	3	2			5	3	1			4	9
ซอย 2	6.45-7.00 น.	1				1	6	8	1		15	16
	16.45-17.00 น.	12	15			27	9	4			13	40
	รวม	33	36			69	18	16	1		35	104

3.2 ทำการตั้งกรวยจราจรที่บริเวณจุดกลับรถในชั่วโมงเร่งด่วน เพื่อช่วยให้รถสามารถกลับรถได้สะดวกขึ้นและช่วยลดความล่าช้าขณะกลับรถ โดยตั้งกรวยเบี่ยงช่องจราจรบนถนนสายหลักในทิศทางตรงข้าม เพื่อลดจำนวนช่องจราจรจาก 3 ช่องจราจรให้เหลือ 2 ช่องจราจรก่อนถึงจุดกลับรถในระยะ 80 เมตร ซึ่งอ้างอิงตามระยะการเบี่ยง (Taper) ของถนนในเมือง ตามคู่มือการใช้เครื่องหมายจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง (โครงการศึกษาจัดทำระบบมาตรฐานความปลอดภัยด้านการจราจรและขนส่ง ระยะที่ 1 ภาคที่ 2 เล่มที่ 5 (สนข.))

3.3 จัดให้มีเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจร หรืออาสาจราจร ช่วยอำนวยการจราจรบริเวณทางแยกพื้นที่ศึกษาในชั่วโมงเร่งด่วนให้กับรถทางหลักทั้ง 2 ทิศทางที่ต้องการเลี้ยวขวา เพื่อลดความสับสนการจราจร และช่วยเสริมความคล่องตัวให้กับการจราจรที่ทางแยกพื้นที่ศึกษา

การพิจารณาเปรียบเทียบด้านความล่าช้าและด้านค่าใช้จ่าย

การพิจารณาเปรียบเทียบด้านความล่าช้า

จากการสำรวจความล่าช้าในการวิ่งไปกลับรถของรถสายรอง ซึ่งผู้ศึกษาได้ทำการจับเวลาที่ใช้ในการเดินทางไปกลับรถ โดยการขับรถยนต์ขนาด 4 ล้อทดสอบจริง ในเวลาช่วง 15 นาทีที่มีปริมาณจราจรสูงสุด ของช่วงเร่งด่วนเช้า (6.45-7.00 น.) จำนวน 6 ครั้ง และช่วงเร่งด่วนเย็น (16.45-17.00 น.) จำนวน 6 ครั้ง โดยขับออกจากซอย 2 เลี้ยวซ้ายไปกลับรถที่จุดกลับรถซึ่งมีระยะห่างจากทางแยก 225 เมตร แล้วขับกลับมาที่ทางแยกพื้นที่ศึกษา ส่วนการทดสอบเวลาที่ใช้ในการเดินทางไปกลับรถของรถที่ขับออกจาก ซอย 1 เลี้ยวซ้ายไปกลับรถในจุดที่เปิดเกาะกลางใหม่ที่มี

ระยะห่างจากทางแยก 262 เมตรใช้การเทียบเวลาจากการขับรถไปกลับรถที่ระยะ 525 เมตร แทน เนื่องจากปัจจุบันการเปิดเกาะกลางทำจุดกลับรถเพิ่มที่ระยะ 262 เมตร ยังไม่ได้มีการดำเนินการจริง ผลการทดสอบเวลาแสดงดังตารางที่ 5-3

ตารางที่ 5-3 ระยะเวลาที่รถสายรองเดินทางไปกลับรถและกลับถึงทางแยก ในช่วง 15 นาที ที่มีปริมาณจราจรสูงสุดของชั่วโมงเร่งด่วน

ออกจาก	ระยะกลับรถ	เร่งด่วน	ระยะเวลาที่ใช้จากทางแยก-จุดกลับรถ-ทางแยก (วินาที)						
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	เฉลี่ย
ซอย 1	262 เมตร	เช้า	58*	56*	60*	62*	58*	60*	59.00
		เย็น	60*	60*	56*	62*	58*	62*	59.66
ซอย 2	225 เมตร	เช้า	49	52	48	50	49	47	49.16
		เย็น	54	49	56	52	47	45	47.16

หมายเหตุ: * เป็นระยะเวลาที่เทียบจากการขับไปกลับรถที่ระยะ 525 เมตร และขับกลับถึงทางแยก

ผลการวิเคราะห์ความล่าช้าที่เกิดขึ้นจากการหยุดของรถสายรองที่ต้องการวิ่งตรงหรือเลี้ยวขวาและรอจังหวะวิ่งตัดกระแสจราจรที่ทางแยก (ไม่วิ่งไปกลับรถ)ในช่วงเวลา 15 นาที ที่มีปริมาณจราจรสูงสุดของชั่วโมงเร่งด่วนที่วิเคราะห์ ฯ ด้วยวิธีการ Currin, 2001 แสดงตารางที่ 5-4

ตารางที่ 5-4 ผลการวิเคราะห์ความล่าช้าจากการหยุดของรถสายรองในช่วง 15 นาที ที่มีปริมาณจราจรสูงสุดของชั่วโมงเร่งด่วน

วิ่งตรงและเลี้ยวขวา	ช่วงเวลา 15 นาที	ความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที/ คัน)
ออกจากถนนสายรอง	เร่งด่วนเช้า (6.45-7.00 น.)	29.03
ซอย 1	เร่งด่วนเย็น (16.45-17.00 น.)	26.25
ออกจากถนนสายรอง	เร่งด่วนเช้า (6.45-7.00 น.)	26.53
ซอย 1	เร่งด่วนเย็น (16.45-17.00 น.)	28.63

หมายเหตุ: วิเคราะห์ด้วยวิธีการ Currin, 2001 ที่แสดงรายละเอียดการวิเคราะห์ในภาคผนวก ค

จากผลการเปรียบเทียบความช้า ฯ พบว่าการจำกัดสิทธิ์ให้รถทางรองเลี้ยวซ้ายไปกลับรถในจุดกลับรถที่กำหนด เฉพาะในช่วงเวลาเร่งด่วน มีความล่าช้ามากกว่าการหยุดรอจังหวะขับตัดกระแสจราจรที่ทางแยกโดยเฉลี่ย 25.12 วินาทีต่อคัน หรือคิดเป็น 87.77% ผลการเปรียบเทียบความล่าช้าแสดงดังตารางที่ 5-5 แต่หากพิจารณาด้านความปลอดภัยการจำกัดสิทธิ์รถสายรองให้ไปกลับรถในจุดที่กำหนดจะเป็นการช่วยลดจุดขัดแย้งกระแสจราจร และเป็นการช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจราจรให้กับทางแยกพื้นที่ศึกษาในชั่วโมงเร่งด่วน

ตารางที่ 5-5 ผลการเปรียบเทียบความล่าช้าระหว่างการเลี้ยวซ้ายไปกลับรถกับการหยุดรอจังหวะขับตัดกระแสจราจรที่ทางแยกของรถสายรอง

ทิศทางของรถสายรอง	ช่วงเวลา 15 นาทีที่มีปริมาจราจรสูงสุดของชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็น	ระยะทางจากทางแยกถึงจุดกลับรถ (เมตร)	ความล่าช้า (วินาที/ คัน)		ผลต่าง (วินาที/ คัน)
			เลี้ยวซ้ายไปกลับรถและขับกลับถึงทางแยก	หยุดรอจังหวะขับตัดกระแสจราจรที่ทางแยก	
มาจาก	6.45-7.00 น.	262	59.00	29.03	29.97
ซอย 1	16.45-17.00 น.	262	59.66	26.25	30.41
มาจาก	6.45-7.00 น.	225	49.16	26.53	22.63
ซอย 2	16.45-7.00 น.	225	47.16	32.67	14.49
	เฉลี่ย (วินาที/ คัน)		53.74	28.62	25.12

การพิจารณาเปรียบเทียบด้านค่าใช้จ่าย

ผู้ศึกษาได้ทำการพิจารณาเปรียบเทียบด้านค่าใช้จ่ายระหว่างการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรที่ทางแยกพื้นที่ศึกษากับการปรับปรุงลักษณะด้านกายภาพของทางแยกพื้นที่ศึกษาจำนวน 1 จุด และจุดกลับจำนวน 2 จุด เพื่อบรรเทาปัญหาจราจรให้กับทางแยกพื้นที่ศึกษา โดยทำการประมาณราคาอ้างอิงตามรายละเอียดการประมาณราคางานโครงการต่าง ๆ ของสำนักงานทางหลวงชนบทที่ 13 (ฉะเชิงเทรา) ในช่วงปี 2557 ที่แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 5-6 และโครงการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร (ไฟเขียว-ไฟแดง) สี่แยกสำนักงานที่ดินของเทศบาลตำบลบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา ในช่วงปี 2557 ที่แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 5-7

ตารางที่ 5-6 รายการประมาณราคางานปรับปรุงเกาะกลางทางแยกพื้นที่ศึกษาและจุดกลับรถ

ที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคา			จำนวนเงิน
				ค่าวัสดุ	ค่าแรง	รวม	(บาท)
1.	**งานรื้อถอนและขนย้าย**						
1.1	รื้อถอนต้นไม้ใหญ่	60	ต้น		1,000	1,000	60,000
1.2	รื้อถอน Curb เกาะกลาง	540	เมตร		320	320	172,800
1.3	ขนย้ายดินเกาะกลาง	720	ลบ.ม.		36	36	25,920
2.	**งานคอนกรีตเสริมเหล็ก**						
2.1	Curb เกาะกลาง	60	ลบ.ม.	5,523		5,523	331,380
3.	**งานปรับปรุงโครงสร้างทาง**						
3.1	วัสดุคัดเลือกบดอัดแน่น	360	ลบ.ม.	364		364	131,040
3.2	ลูกรังบดอัดแน่น	360	ลบ.ม	387		387	139,320
3.3	หินคลุกบดอัดแน่น	240	ลบ.ม.	648		648	155,520
4.	**งานผิวทาง**						
4.1	Prime Coat	1,200	ตร.ม.	33		33	39,600
4.2	Asphaltic Concrete	1,200	ตร.ม.	291		291	349,200
5.	**งานตีเส้นจราจร**						
5.1	สีเทอร์โมพลาสติก	100	ตร.ม.	280		280	28,000
6.	**งานติดตั้งไฟถนน และไฟกระพริบ**						
6.1	HPS 250 W พร้อมอุปกรณ์	24	ชุด	9,500		9,500	228,000
6.2	ไฟกระพริบสีเหลือง 300 มม.	6	ชุด	18,200		18,200	109,200
6.3	ไฟกระพริบสีแดง 300 มม.	2	ชุด	18,200		18,200	36,400
7.	**งานติดตั้งป้ายจราจร**						
7.1	ป้ายเตือน ป้ายกลับรถ	24	ชุด	3,240		3,240	82,080
8.	**งานทาสี**						
8.1	Curb เกาะกลาง	216	ตร.ม.	35	25	60	12,960
	รวมเป็นเงิน						**1,901,420**

หมายเหตุ: 1. ราคาต่อหน่วย อ้างอิงตามรายละเอียดการประมาณราคางานโครงการต่าง ๆ ของสำนักงาน ทางหลวงชนบทที่ 13 (ฉะเชิงเทรา) ในช่วงปี 2557 เป็นหลัก

2. มูลค่างานยังไม่รวมค่า Factor F.

ตารางที่ 5-7 รายการประมาณราคางานติดตั้งสัญญาณไฟจราจร (ไฟเขียว-ไฟแดง) สี่แยกพื้นที่ศึกษา

ที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคา/ หน่วย (วัสดุ+ ค่าแรง)	รวมเป็นเงิน (บาท)
1	ตู้ควบคุมสัญญาณไฟจราจร	1	ชุด	220,000	20,000
2	ชุดโครงหลังคาเหล็กพร้อมกระเบื้อง	1	ชุด	17,500	17,500
3	เสาพร้อมฐานชนิด P1 (เสาโค้งสูง)	4	ต้น	25,000	00,000
4	เสาพร้อมฐานชนิด P2 (เสาเตี้ยธรรมดา)	4	ต้น	4,500	18,000
5	โคมไฟสัญญาณจราจรชนิด 3 x 300 มม. (LED)	12	ชุด	38,500	462,000
6	Count Down ขนาด 0.60 x 1.00 ม.	4	ชุด	85,000	340,000
7	สายไฟ NYY 4 x 1.5 ตร.มม.	2800	เมตร	75	10,000
8	สายไฟ NYY 2 x 1.5 ตร.มม.	100	เมตร	65	6,500
9	ค่าเดินสายไฟฟ้า (ดันท่อลอดหรือโยงสาย)	200	เมตร	1,000	00,000
10	ท่อ PE ขนาด 2.5 นิ้ว	400	เมตร	95	38,000
11	Safety Switch	1	ชุด	10,000	10,000
12	ป้ายจราจรพร้อมเสา	4	ชุด	5,000	20,000
13	ค่าแรงติดตั้งต่อหัวไฟ	12	ชุด	2,000	24,000
14	งานตีเส้นจราจร	24	ตร.ม.	250	6,000
	รวมเป็นเงิน				**1,672,000**

หมายเหตุ: 1. ราคาต่อหน่วย อ้างอิงตามรายการประมาณราคางานโครงการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรบริเวณสี่แยกสำนักงานที่ดิน ของเทศบาลตำบลบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา ในช่วงปี 2557

2. มูลค่างานยังไม่รวมค่า Factor F.

จากข้อมูลประมาณการค่าใช้จ่ายพบว่าการปรับปรุงลักษณะด้านกายภาพทางแยกและจุดกลับรถ มีค่าใช้จ่ายทั้งหมด 1,901,420 บาท ส่วนการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร (ไฟเขียว-ไฟแดง) มีค่าใช้จ่ายทั้งหมด 1,672,000 บาท ซึ่งน้อยกว่าการปรับปรุงลักษณะด้านกายภาพ ฯ 229,420 บาท หรือคิดเป็น 12.06% แต่หากพิจารณาในภาพรวม การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรมีค่าใช้ในการดูแลบำรุงรักษาที่สูง และมีอายุการใช้งานที่สั้นกว่า รวมถึงต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้ความชำนาญในการควบคุมดูแล เช่น การตั้งค่ารอบสัญญาณไฟที่เหมาะสมกับปริมาณการจราจร ซึ่งหากมีการตั้งค่าที่ไม่เหมาะสมแล้วสัญญาณไฟจราจรอาจเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาจราจรติดขัด สัญญาณไฟจราจรอาจเพิ่มความล่าช้าให้กับรถบนถนนสายหลักโดยไม่จำเป็น และอาจเป็นสาเหตุของเพิ่มอุบัติเหตุบางประเภท เช่น การชนท้ายจากการที่มีจังหวะสัญญาณไฟจราจรที่ไม่เหมาะสม การชนจากด้านข้างจากการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น ประกอบกับปัจจุบันทางแยกพื้นที่ศึกษามีความแตกต่างของปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนกับนอกชั่วโมงเร่งด่วนค่อนข้างมาก หากติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแล้วอาจต้องทำการสลับจากแบบไฟเขียว-ไฟแดง ให้เป็นแบบไฟกระพริบบ่อยครั้งซึ่งอาจสร้างความสับสนให้กับผู้ใช้รถใช้ถนน

ส่วนมาตรการปรับปรุงลักษณะทางด้านกายภาพทางแยกพื้นที่ศึกษาและจุดกลับรถ แม้ว่ามีค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพที่สูงกว่า แต่ก็มีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า การบำรุงรักษาไม่ยุ่งยากและมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า อีกทั้งยังสามารถช่วยลดจุดขัดแย้งกระแสจราจรที่ทางแยก ลดความสับสนการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน รวมถึงช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุได้ ดังนั้นการปรับปรุงลักษณะทางด้านกายภาพทางแยกพื้นที่ศึกษาและจุดกลับรถ เสริมด้วยมาตรการบริหารจัดการจราจร จึงเป็นทางเลือกในการบรรเทาปัญหาจราจรที่เหมาะสมกับบริเวณสี่แยกด้านหน้าสำนักงานนิคมอุตสาหกรรมเกตเวย์ ซิตี้ มากกว่าการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบไฟเขียว-ไฟแดง

บรรณานุกรม

กรมทางหลวงชนบท. (ม.ป.ป.), *คู่มือปรับปรุงกายภาพทางหลวงท้องถิ่นในเขตเมือง*, กระทรวงคมนาคม.

ดนัย พรหมชาติ. (2554). *ระบบช่วยตัดสินใจสำหรับเลือกวิธีควบคุมการจราจรของทางแยก*. วิทยานิพนธ์, วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ประสิทธิ์ จึงสงวนพรสุข. (2546). *วิศวกรรมการทาง*. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี. (2543). *วิศวกรรมการทาง*. คณะวิศวกรรมเทคโนโลยี. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาลัยเขตเทเวศน์, กรุงเทพมหานคร.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. (2553). *การศึกษาสำรวจข้อมูลด้านการขนส่งและจราจรเพื่อจัดทำแผนแม่บทในเมืองภูมิภาค จังหวัดสุราษฎร์ธานี*. สำนักงานนโยบายและวางแผนการขนส่งและจราจร, กระทรวงคมนาคม.

ยอดพล ธนาบริบูรณ์. (2542). *ปัญหาการจราจรและวิธีการแก้ไขปัญหาโดยระบบการจัดการและการควบคุมปริมาณการจราจร*, เอกสารประกอบการอบรมสัมมนาหลักสูตรวิศวกรรมจราจรและขนส่งเบื้องต้นสำนักงานคณะกรรมการจัดระบบการจราจรทางบกและวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย.

ราชกิจจานุเบกษา. (2555). *หมวดที่ 1. เรื่องระบบถนนภายในหรือทางเชื่อมต่อกับถนนหรือทางภายนอกนิคมอุตสาหกรรม*. การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, กระทรวงอุตสาหกรรม

วิศิษฏ์ ประทุมสุวรรณ. (2542). *วิศวกรรมการทางและวิเคราะห์การจราจร*. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สมภพ วันดี. (2555). *การบรรเทาปัญหาจราจรด้วยเทคนิคการบริหารจัดการการจราจร กรณีศึกษาถนนสุขุมวิทช่วงเขตเมืองพัทยา*, งานนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สรายุทธ อินทวิเชียร. (2545). *การศึกษาการใช้วงเวียนในการควบคุมการจราจรบริเวณทางแยก*. สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. (2553). วิศวกรรมจราจร, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งจราจร. (2548). โครงการศึกษาจัดทำระบบมาตรฐานความปลอดภัยด้านการจราจรและขนส่ง ระยะที่ 2 ภาคที่ 3 เล่มที่ 1, กรมทางหลวง, กระทรวงคมนาคม.

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งจราจร. (2554). คู่มือและมาตรฐานสัญญาณไฟจราจร เล่มที่ 3, กรมทางหลวง, กระทรวงคมนาคม.

สำนักสำรวจและออกแบบ, (2554). *ประเภทของเกาะกลางถนนและการออกแบบรูปตัดงานขยายทางหลวงเป็น 4 ช่องจราจร*, กรมทางหลวง.

สำนักอำนวยความปลอดภัย. (2548). *คู่มือปรับปรุงกายภาพทางหลวงท้องถิ่นในเขตเมือง*, กรมทางหลวงชนบท, กระทรวงคมนาคม.

อภิรัฐ นามแสน, นราธิปต์ ปัญญาวัฒโน และชยานนท์ สภานนท์. (2552). *แนวทางการแก้ไขปัญหาจราจรบริเวณถนนศุขิลวรณ์และถนนกานตรัตน์*, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, โรงเรียนนายเรืออากาศ.

AASHTO, (2003). *Roadside Design Guide*, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington , D.C.

AUSTROADS, (1993) .*Guide to Traffic Engineering Practice*, Part 6-Roundabout. Australia, Austroads Incs.

Bovy, P.H. (1992). "*Spectacular Growth Of Roundabouts In Switzerland*. Roundabouts In 15 years". Actes du Seminare "Giratories 92". Switzerland

Buckholz, JW. (2002). *Choosing Intersection Control*. International Municipal Signal Association Journal, Florida.

C. Jotin Khisty, B. Kent Lall. (2003). *Transportation engineering* : an introduction. 3rd ed.,

Currin, T. R., (2001). *Introduction to Traffic Engineering*: A Manual for Data Collection And Analysis. n.p.

De Aragao (1992). *Circle and Roundabout*: An Histroric Review. Actes du Seminaire 92. France.

Elmitiny, N., Yan, X., Radwan, E., Russo, C., and Nashar, D. (2010). Classification Analysis of Driver's Stop/Go Decision and Red-Light Running Violation. Accident Analysis and Prevention.

Federal Highway Administration, (2003). *Manual on Uniform Traffic Control Devices*. U.S.: Department of Transportation.

Federal Highway Administration (2009*). Traffic Flow Theory*. US Department of Transport, USA

FHWA, (2003). *Manual on Uniform Traffic Control Device for Street and Highway*. n.p.

Florida Department of Transportation. (1996). *Florida Roundabout Guide. University of Florida Transportation Research Center*. Florida, U.S.

Florida Department of Transportation. (2007*). Florida Intersection Design Guide for New Construction And Major Reconstruction of At-Grade Intersections on the State Highway System*. Florida, U.S.

Giaever, T. (1992). *Application, Design and Safety of Roundabout in Norway*. Presented in Actes du Seminaire Giratoires. Nates, France.

Ogden, K.W. (1996) *Safer Roads, A Guide to Road Safety Engineering. Institute of Transport Engineering.* Monash University, Melbourne, Australia.

Queensland Department of Main Roads, (n.d.) *Road Safety Audit Training Manual*. Queensland University of Transport. Queensland, Australia.

Robinson, B.W., (2000). *Roundabouts: An Informational Guide*, FHWA-RD-00-067,. n.p.

Schade, J. and Schlag, B., (2000). *Acceptability of Urban Transportation Pricing*. Government Institute for Economic Research, Helsinki, Finland.

Victoria Transport Policy Institute, (2007). *TDM encyclopedia* . Available from. เข้าถึงได้จาก. www.vtpi.org/tdm/

Tan and Jian - an, (2001). *Comparison of capacity between roundabout design and signalized junction design*. Conference paper STRC2001 session Engineering.

Transportation Research Board. (1985), *Highway Capacity Manual*, Special Report No.209 Washington, D.C.

Transportation Research Board, (2000), *Highway Capacity Manual*, Washington, DC.

W.S. Homburger, J.W. Hall, R.C. Loutzenheiser, W.R. Reilly. (1996) *Fundamentals of traffic engineering, Institute of transportation studies*, University of California, Berkeley.

Yan, X., Radwan, E., Guo, D., and Richards, S. (2009). *Impact of "Signal Ahead" pavement marking on driver behavior at signalized intersrctions.* Transportation Research Part F.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ปริมาณจราจรที่เข้าสู่ทางแยกพื้นที่ศึกษาใน 3 ช่วงเวลา แบบแยกทิศทาง

แบบบันทึกปริมาณจราจร

เวลา	วิ่งมาจาก ถนนสายหลัก (ขาเข้า) เก็บข้อมูลวันที่ 20 มี.ค 58																			
	เลี้ยวซ้าย						วิ่งตรง						เลี้ยวขวา						รวม	
	2 ล้อ	4 ล้อ	6 ล้อ	≥10 ล้อ	คัน	pcu	2 ล้อ	4 ล้อ	6 ล้อ	≥10 ล้อ	คัน	pcu	2 ล้อ	4 ล้อ	6 ล้อ	≥10 ล้อ	คัน	pcu	คัน	pcu
6.30-6.45	1	1	1	1	4	6	41	104	20	9	174	182	36	73	11	8	128	128	306	316
6.45-7.00	3	4	1	1	9	10	50	120	21	13	204	213	40	83	15	6	144	143	357	365
7.00-7.15	3	6			9	7	45	120	17	10	192	196	33	63	13	6	115	116	32	319
7.15-7.30	2	5	2	1	10	12	53	126	22	15	216	227	27	53	11	9	100	108	326	347
รวม						**35**						**818**						**495**		**1348**
13.00-13.15	1	3			4	3	5	47	18	12	82	116	1	13			14	13	100	133
13.15-13.30		2			2	2	6	50	12	10	78	102		15			15	15	95	119
13.30-13.45	2	1			3	2	9	64	15	12	100	128	6	9			15	11	118	141
13.45-14.00	2	2			4	3	7	62	10	11	90	113	6	16	2		24	22	118	138
รวม						**10**						**459**						**61**		**530**
16.30-16.45	4	1			5	2	9	40	12	8	69	88	3	7	2		12	12	86	103
16.45-17.00	6	3			9	5	15	52	9	10	86	101	6	7	3		16	15	111	121
17.00-17.15		3			3	3	12	40	9	13	74	95	7	12		2	21	19	98	117
17.15-17.30	5	5			10	7	11	32	11	8	62	79	9	5	1	1	16	13	88	98
รวม						**17**						**363**						**59**		**439**

หมายเหตุ ค่าสัมประสิทธิ์การแปลงหน่วยจากคันเป็น pcu 2 ล้อ = 0.3 4ล้อ = 1 6ล้อ = 2.1 และ มากกว่าหรือเท่ากับ10ล้อ = 2.5

แบบบันทึกปริมาณจราจร

เวลา	วิ่งมาจาก ถนนสายหลัก (ขาออก) เก็บข้อมูลวันที่ 20 มี.ค 58																			
	เลี้ยวซ้าย						วิ่งตรง						เลี้ยวขวา						รวม	
	2 ล้อ	4 ล้อ	6 ล้อ	≥10 ล้อ	คัน	pcu	2 ล้อ	4 ล้อ	6 ล้อ	≥10 ล้อ	คัน	pcu	2 ล้อ	4 ล้อ	6 ล้อ	≥10 ล้อ	คัน	pcu	คัน	pcu
6.30-6.45	12	17		1	30	23	41	50	19	7	117	121	1	2			3	2	150	147
6.45-7.00	10	10	1		21	15	35	47	15	5	102	103	3	5			8	6	131	124
7.00-7.15	9	13		1	23	18	45	61	11	6	123	114	2	3			5	4	151	136
7.15-7.30	11	14	1	1	27	22	51	52	19	9	131	131		3			3	3	161	155
รวม						78						469						15		562
13.00-13.15	6	9	2	1	18	18	5	23	5	5	38	48	1	4			5	4	61	70
13.15-13.30	3	8	3	2	16	20	7	32	6	4	49	57	2	2			4	3	69	79
13.30-13.45	4	5	2	1	12	13	6	28	3	2	39	41		1			1	1	52	55
13.45-14.00	3	7	3		13	14	9	25	3	2	39	39		1			1	1	53	55
รวม						65						185						9		259
16.30-16.45	6	11	3	6	26	34	98	216	51	8	373	375	4	3			7	4	406	414
16.45-17.00	9	19	3	5	36	41	115	227	53	10	405	401	3	5			8	6	449	448
17.00-17.15	7	14	5	4	30	37	87	219	55	9	370	386		3			3	3	403	426
17.15-17.30	13	18	5	4	40	43	102	236	48	10	396	395	6	3			9	5	445	433
รวม						155						1557						18		1730

หมายเหตุ ค่าสัมประสิทธิ์การแปลงหน่วยจากคันเป็น pcu 2 ล้อ = 0.3 4ล้อ = 1 6ล้อ = 2.1 และ มากกว่าหรือเท่ากับสิบล้อ = 2.5

แบบบันทึกปริมาณจราจร

เวลา	วิ่งมาจาก ถนนสายรอง (ซอย 1) เก็บข้อมูลวันที่ 20 มี.ค 58																			
	เลี้ยวซ้าย						วิ่งตรง						เลี้ยวขวา						รวม	
	2 ล้อ	4 ล้อ	6 ล้อ	≥10 ล้อ	คัน	pcu	2 ล้อ	4 ล้อ	6 ล้อ	≥10 ล้อ	คัน	pcu	2 ล้อ	4 ล้อ	6 ล้อ	≥10 ล้อ	คัน	pcu	คัน	pcu
6.30-6.45	5	14			19	16	14	17			31	22		1			1	1	51	38
6.45-7.00	7	13			20	15	17	19			36	25		3			3	3	59	43
7.00-7.15	3	10			13	11	10	18			28	21							41	32
7.15-7.30	6	15			21	17	21	22			43	29							64	47
รวม						**59**						**97**						**4**		**160**
13.00-13.15		6			6	6								4			4	4	10	10
13.15-13.30	4	4			8	5		1			1	1		3			3	3	12	9
13.30-13.45	3	2			5	3		1			1	1		1	1		2	3	8	7
13.45-14.00		2			2	2		2			2	2		3			3	3	7	7
รวม						**16**						**4**						**13**		**33**
16.30-16.45	1	2			3	2		4			4	4				1	1	3	8	9
16.45-17.00		1			1	1	3	2			5	3	3	1			4	2	10	6
17.00-17.15	3				3	1	2	3			5	4		2			2	2	10	7
17.15-17.30		2			2	2		4			4	4		1			1	1	7	7
รวม						**4**						**15**						**8**		**29**

หมายเหตุ ค่าสัมประสิทธิ์การแปลงหน่วย จากคันเป็น pcu 2 ล้อ = 0.3 4 ล้อ = 1 6 ล้อ = 2.1 และ มากกว่าหรือเท่ากับ10 ล้อ = 2.5

แบบบันทึกปริมาณจราจร

วิ่งมาจาก ถนนสายรอง (ซอย 2 / โตโยต้า) เก็บข้อมูลวันที่ 20 มี.ค 58

เวลา	เลี้ยวซ้าย						วิ่งตรง						เลี้ยวขวา						รวม	
	2 ล้อ	4 ล้อ	6 ล้อ	≥10 ล้อ	คัน	pcu	2 ล้อ	4 ล้อ	6 ล้อ	≥10 ล้อ	คัน	pcu	2 ล้อ	4 ล้อ	6 ล้อ	≥10 ล้อ	คัน	pcu	คัน	pcu
6.30-6.45	4	21	1		26	24	2	1			3	2	4	4	2		10	10	39	36
6.45-7.00	6	24	2		32	30		1			1	1	6	8	1		15	12	48	43
7.00-7.15	4	14	3		21	22	3	2			5	3	3	4	2		9	9	35	34
7.15-7.30	3	12	3		18	19		1			1	1	4	7	2		13	13	32	33
รวม						**95**						**7**						**44**		**146**
13.00-13.15	1	17	1		19	19		1			1	1		2		1	3	5	23	25
13.15-13.30	6	19			25	21					0			4			4	4	29	25
13.30-13.45		13	1		14	15			1		1	2		4			4	4	19	21
13.45-14.00		9	1		10	11					0			2			2	2	12	13
รวม						**66**						**3**						**15**		**84**
16.30-16.45	48	118	13	7	186	179	7	18			25	20	11	6			17	10	228	209
16.45-17.00	57	127	15	9	208	200	6	15			21	17	6	4			10	6	239	223
17.00-17.15	51	120	11	11	193	187	12	15			27	19	9	4			13	7	233	213
17.15-17.30	53	125	10	12	200	193	13	17			30	21	5	2			7	4	237	218
รวม						**759**						**77**						**27**		**863**

หมายเหตุ ค่าสัมประสิทธิการแปลงหน่วย จากคันเป็น pcu 2 ล้อ = 0.3 4ล้อ = 1 6ล้อ = 2.1 และ มากกว่าหรือเท่ากับ10ล้อ = 2.5

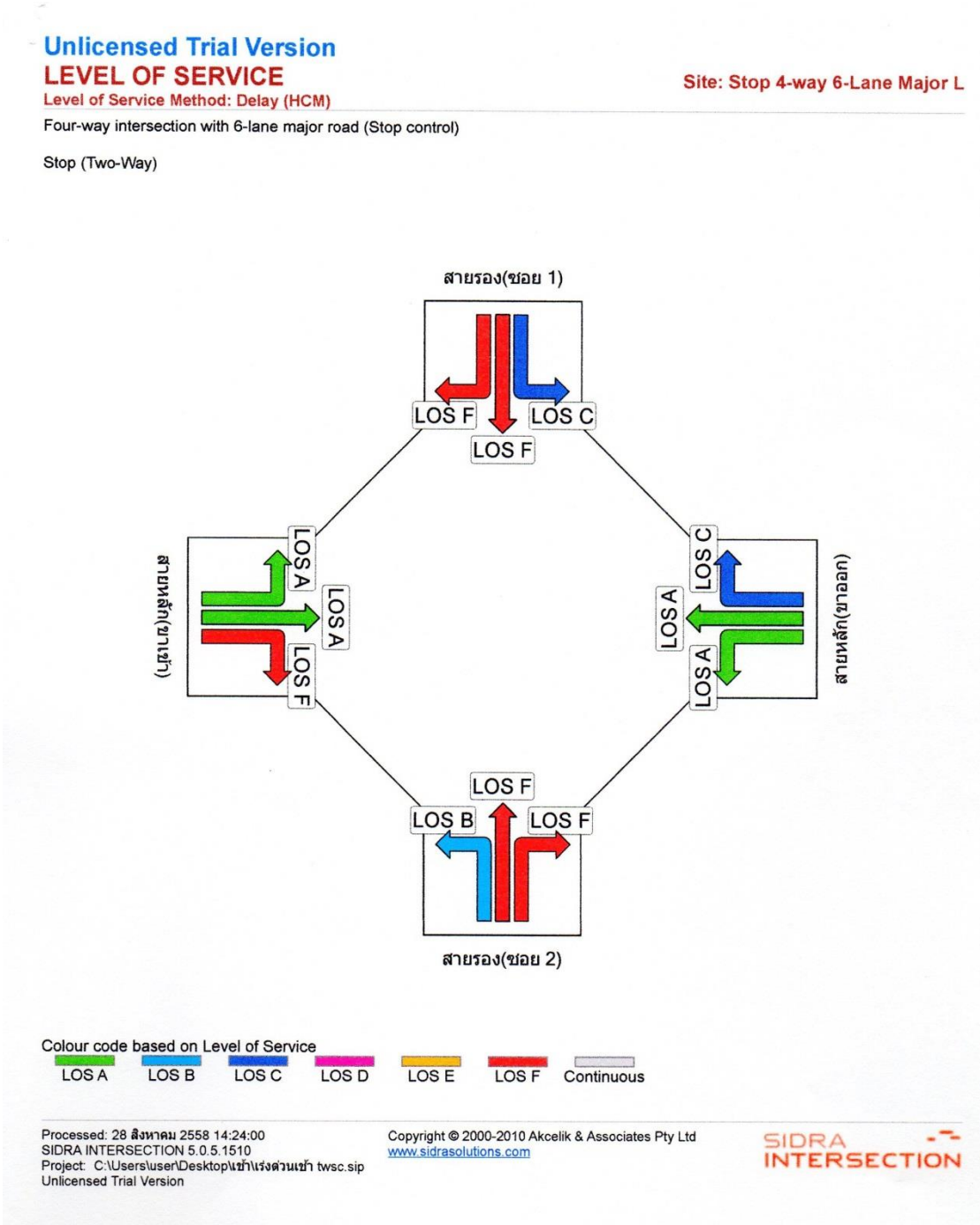
ภาพภาคผนวกที่ ก-4 ปริมาณจราจร ของรถที่มาจากถนนสายรอง (ซอย 2) ทั้ง 3 ช่วงเวลา

ภาคผนวก ข

ระดับการให้บริการ และการจัดเฟสสัญญาณไฟจราจร

ที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SIDRA 5.0

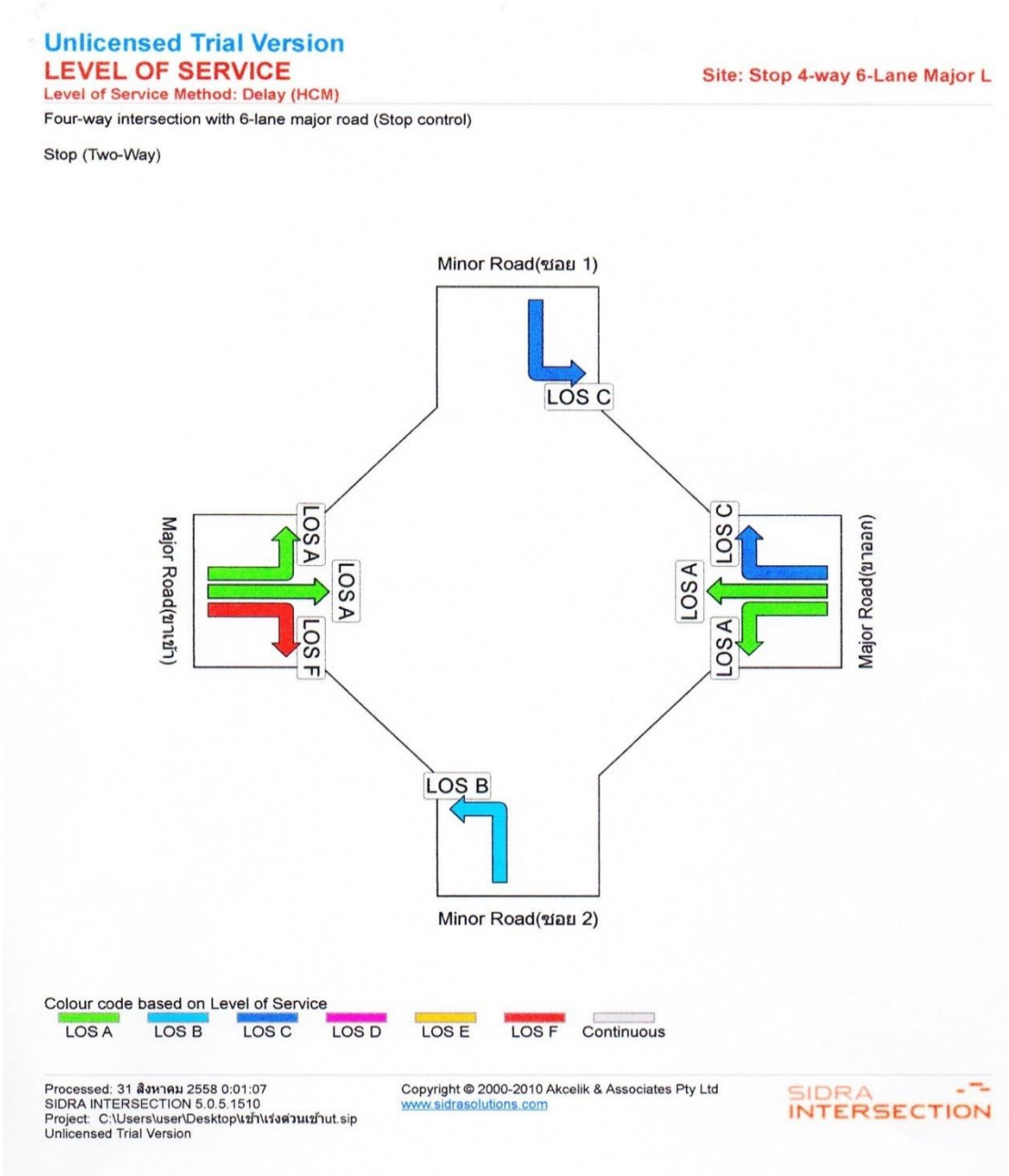
ระดับการให้บริการทางแยกในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (6.30 น. ถึง 7.30 น.)
ที่ควบคุมการจราจรทางแยกด้วยป้ายหยุดแบบ 2 ทิศทาง ที่ใช้ในปัจจุบัน



ภาพภาคผนวกที่ ข-1 การให้บริการทางแยกในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (6.30 น. ถึง 7.30 น.)
ที่ควบคุมการจราจรทางแยกด้วยป้ายหยุดแบบ 2 ทิศทาง ที่ใช้ในปัจจุบัน

ระดับการให้บริการทางแยก ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (6.30 น. ถึง 7.30 น.)

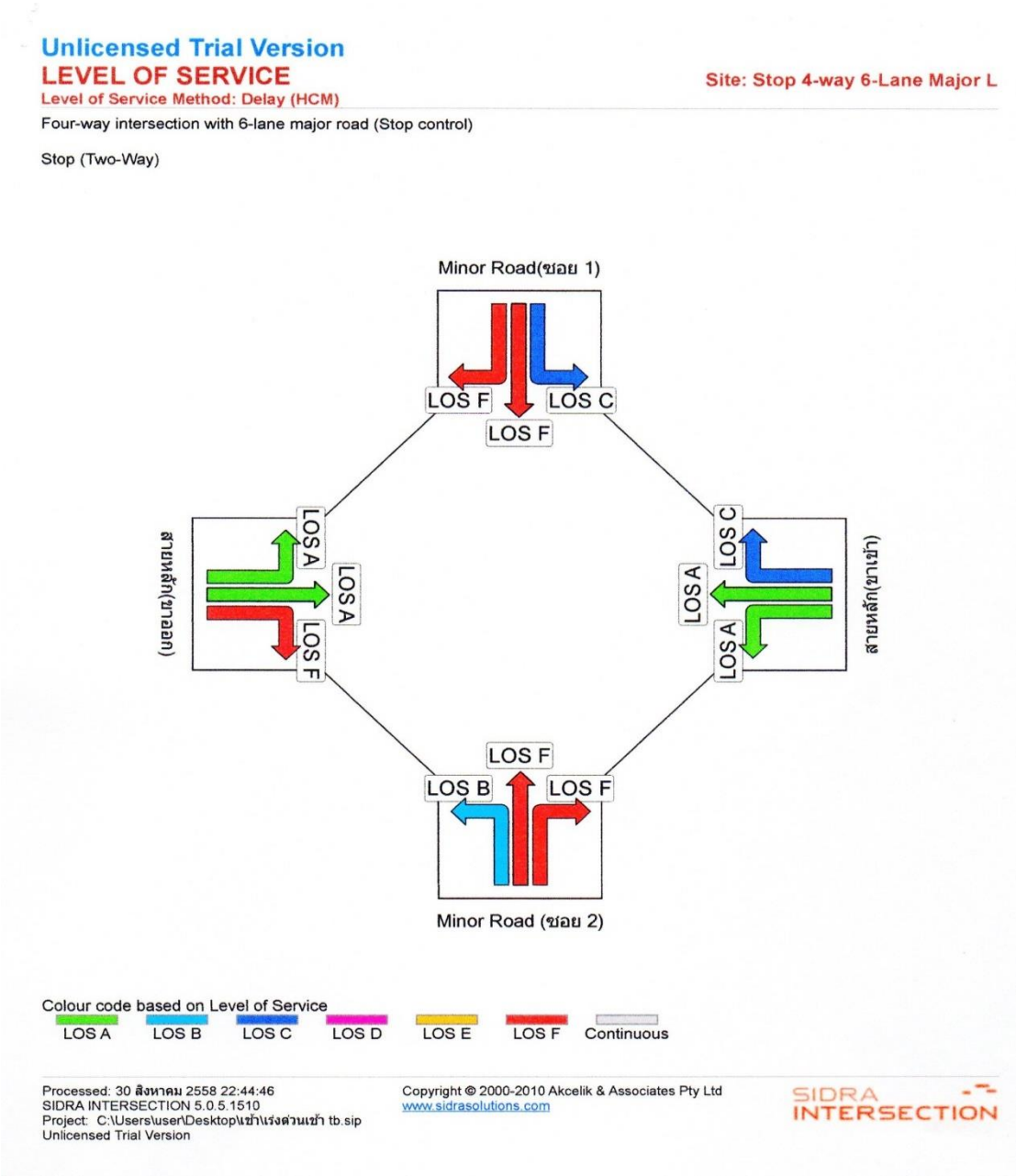
ที่ควบคุมการจราจรทางแยกด้วยป้ายหยุดแบบ 2 ทิศทาง ตามลักษณะกายภาพเดิมของทางแยก แต่จำกัดสิทธิ์รถสายรองให้เลี้ยวซ้ายได้เพียงอย่างเดียว



ภาพภาคผนวกที่ ข-2 การให้บริการทางแยก ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (6.30 น. ถึง 7.30 น.) ที่ควบคุมการจราจรทางแยกด้วยป้ายหยุดแบบ 2 ทิศทาง ตามลักษณะกายภาพเดิมของทางแยก

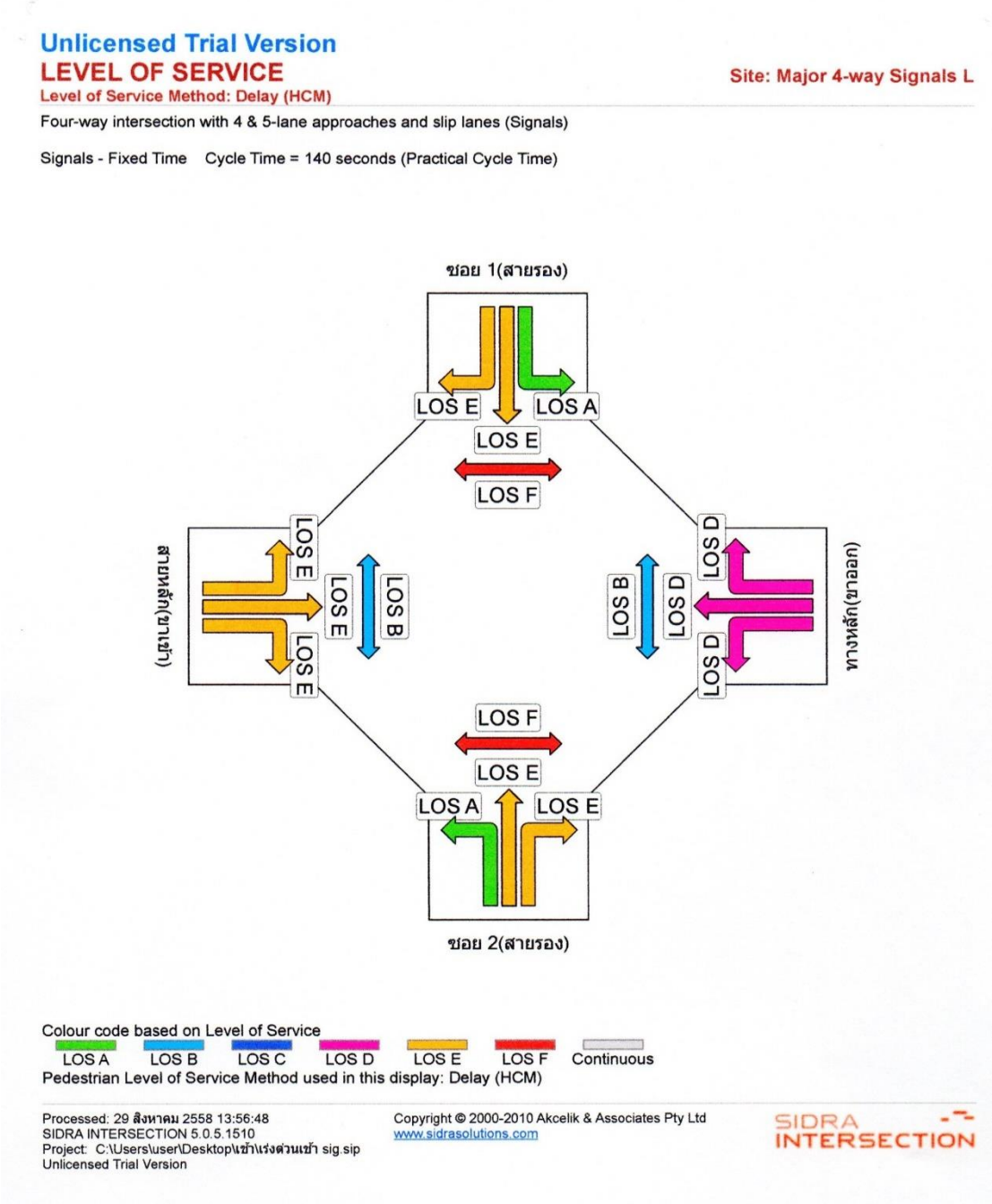
ระดับการให้บริการทางแยก ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (6.30 น. ถึง 7.30 น.)

ที่ควบคุมการจราจรทางแยกด้วยป้ายหยุดแบบ 2 ทิศทาง แต่ปรับปรุงลักษณะกายภาพทางแยก โดยเพิ่มช่องจอดรอเลี้ยวขวา (Turn bay) บนทางสายหลักทั้ง 2 ทิศทาง



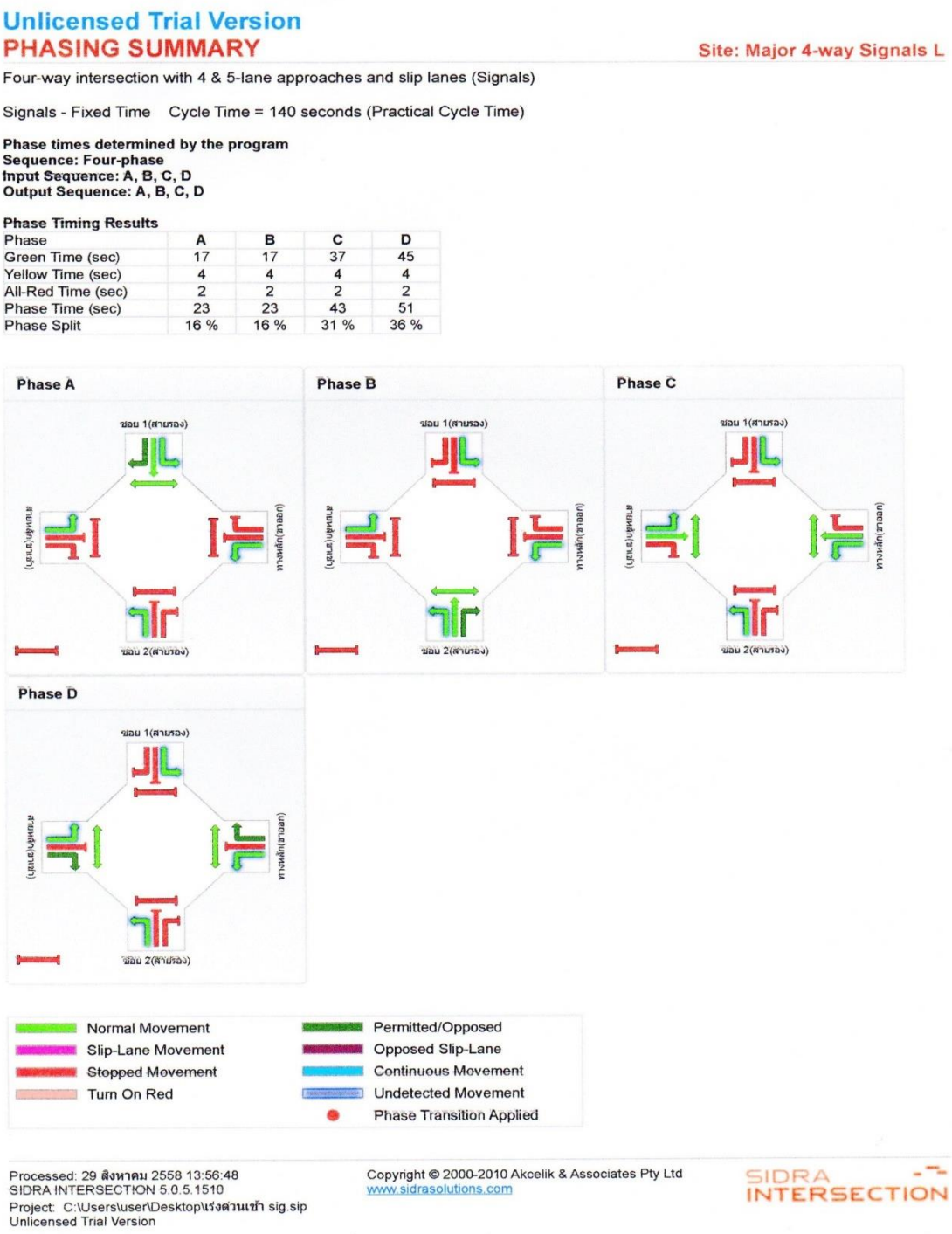
ภาพภาคผนวกที่ ข-3 การให้บริการทางแยก ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (6.30 น. ถึง 7.30 น.) ที่ควบคุมการจราจรทางแยกด้วยป้ายหยุดแบบ 2 ทิศทาง แต่ปรับปรุงลักษณะกายภาพทางแยก

ระดับการให้บริการทางแยก ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (6.30 น. ถึง 7.30 น.)
ที่ควบคุมการจราจรด้วยสัญญาณไฟจราจร โดยใช้ลักษณะทางกายภาพเดิมของทางแยก



ภาพภาคผนวกที่ ข-4 การให้บริการทางแยก ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (6.30 น. ถึง 7.30 น.) ที่ควบคุมการจราจรด้วยสัญญาณไฟจราจร โดยใช้ลักษณะทางกายภาพเดิมของทางแยก

การจัดเฟสและระยะเวลาสัญญาณไฟจราจรทางแยก ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (6.30 น. ถึง 7.30 น.)



Unlicensed Trial Version

PHASING SUMMARY

Site: Major 4-way Signals L

Four-way intersection with 4 & 5-lane approaches and slip lanes (Signals)

Signals - Fixed Time Cycle Time = 140 seconds (Practical Cycle Time)

Phase times determined by the program
Sequence: Four-phase
Input Sequence: A, B, C, D
Output Sequence: A, B, C, D

Phase Timing Results

Phase	A	B	C	D
Green Time (sec)	17	17	37	45
Yellow Time (sec)	4	4	4	4
All-Red Time (sec)	2	2	2	2
Phase Time (sec)	23	23	43	51
Phase Split	16 %	16 %	31 %	36 %

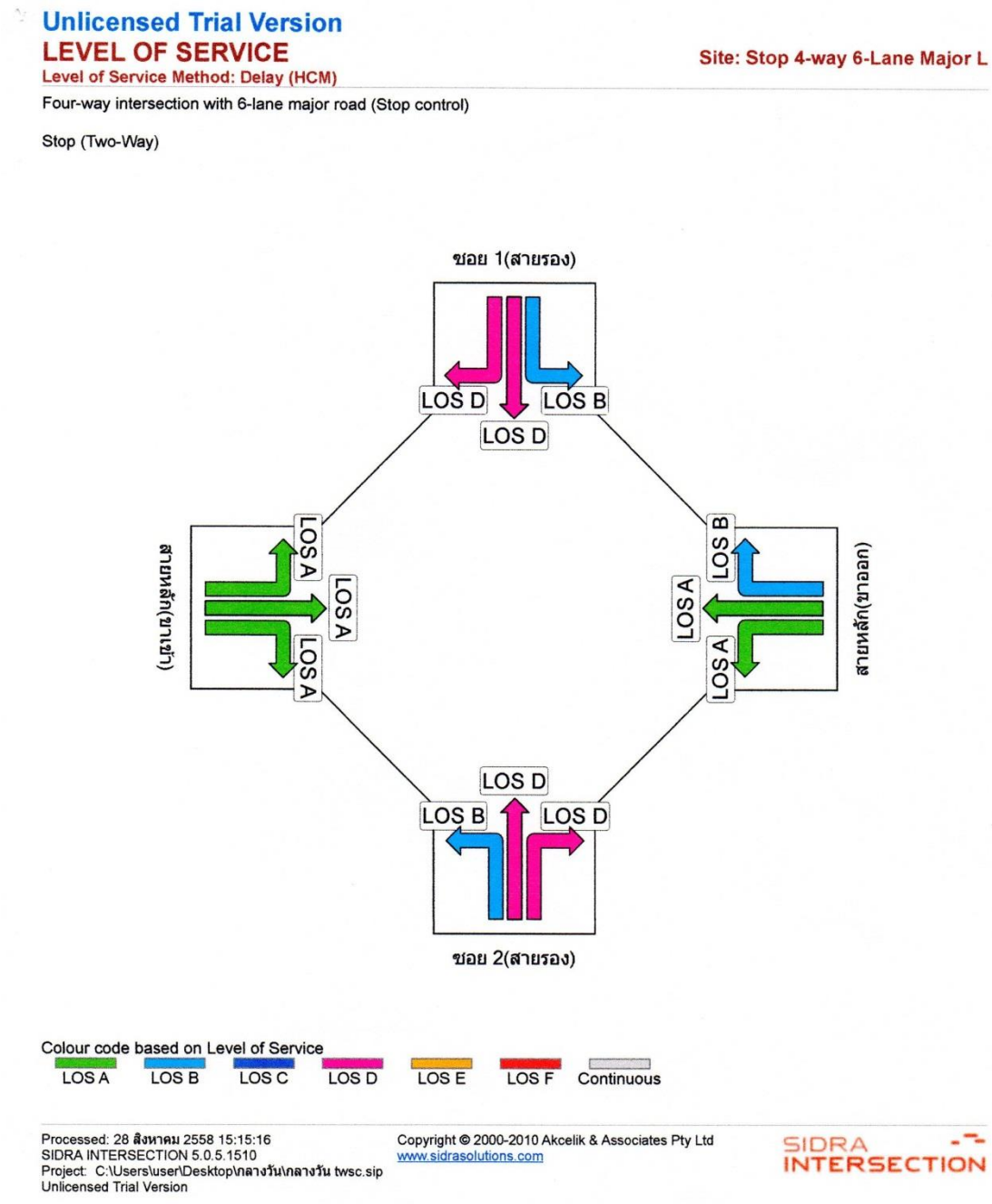
Processed: 29 สิงหาคม 2558 13:56:48
SIDRA INTERSECTION 5.0.5.1510
Project: C:\Users\user\Desktop\เร่งด่วนเช้า sig.sip
Unlicensed Trial Version

Copyright © 2000-2010 Akcelik & Associates Pty Ltd
www.sidrasolutions.com

SIDRA INTERSECTION

ภาพภาคผนวกที่ ข-5 การจัดเฟสและระยะเวลาสัญญาณไฟจราจรทางแยก ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (6.30 น. ถึง 7.30 น.)

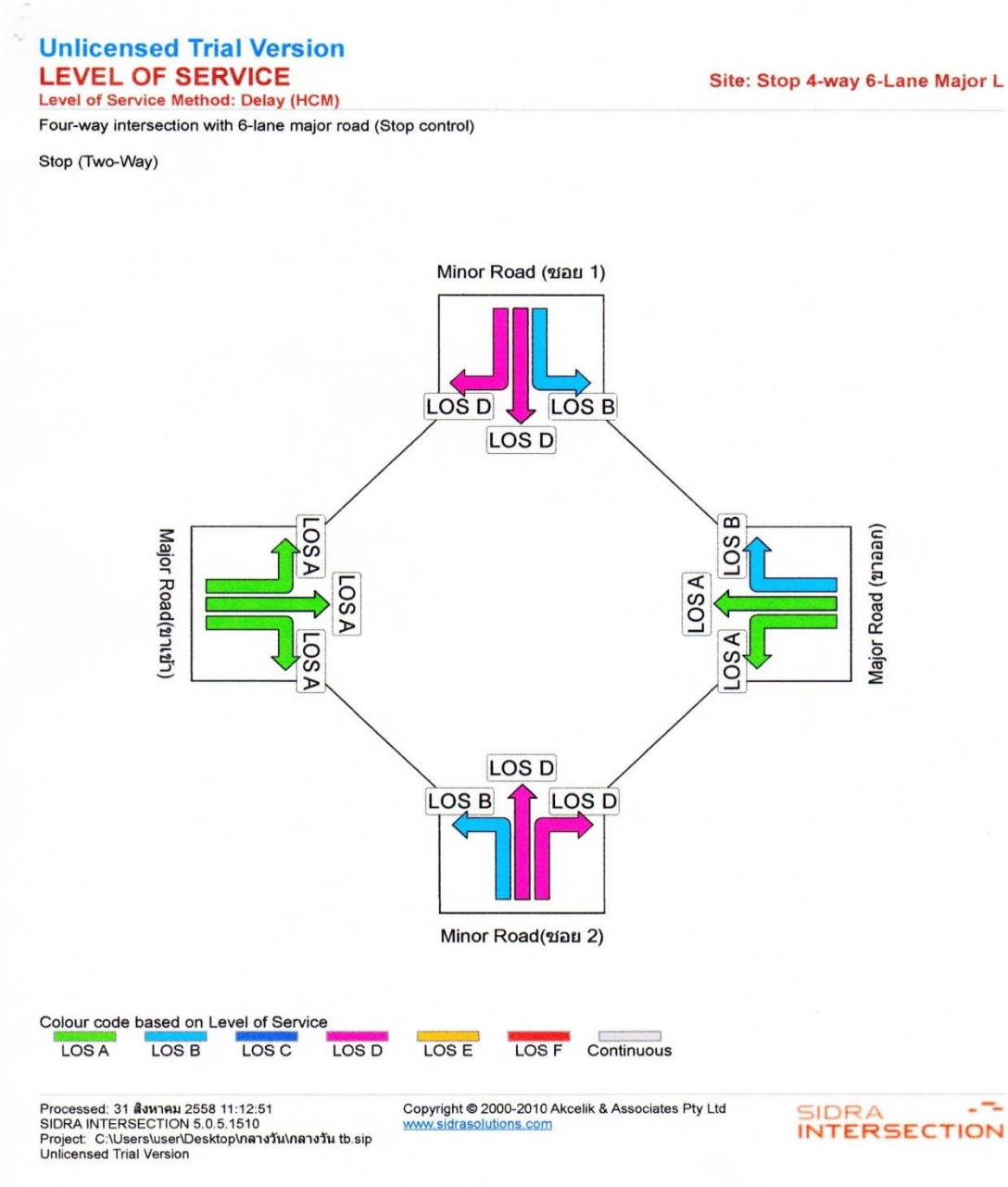
ระดับการให้บริการทางแยก ในช่วงเวลานอกเร่งด่วน (13.00 น. ถึง 14.00 น.)
ที่ควบคุมการจราจรด้วยป้ายหยุดแบบ 2 ทิศทาง ที่ใช้ในปัจจุบัน



ภาพภาคผนวกที่ ข-6 การให้บริการทางแยก ในช่วงเวลานอกเร่งด่วน (13.00 น. ถึง 14.00 น.)
ที่ควบคุมการจราจรด้วยป้ายหยุดแบบ 2 ทิศทาง ที่ใช้ในปัจจุบัน

ระดับการให้บริการทางแยก นอกช่วงเวลาเร่งด่วน (13.00 น. ถึง 14.00 น.)

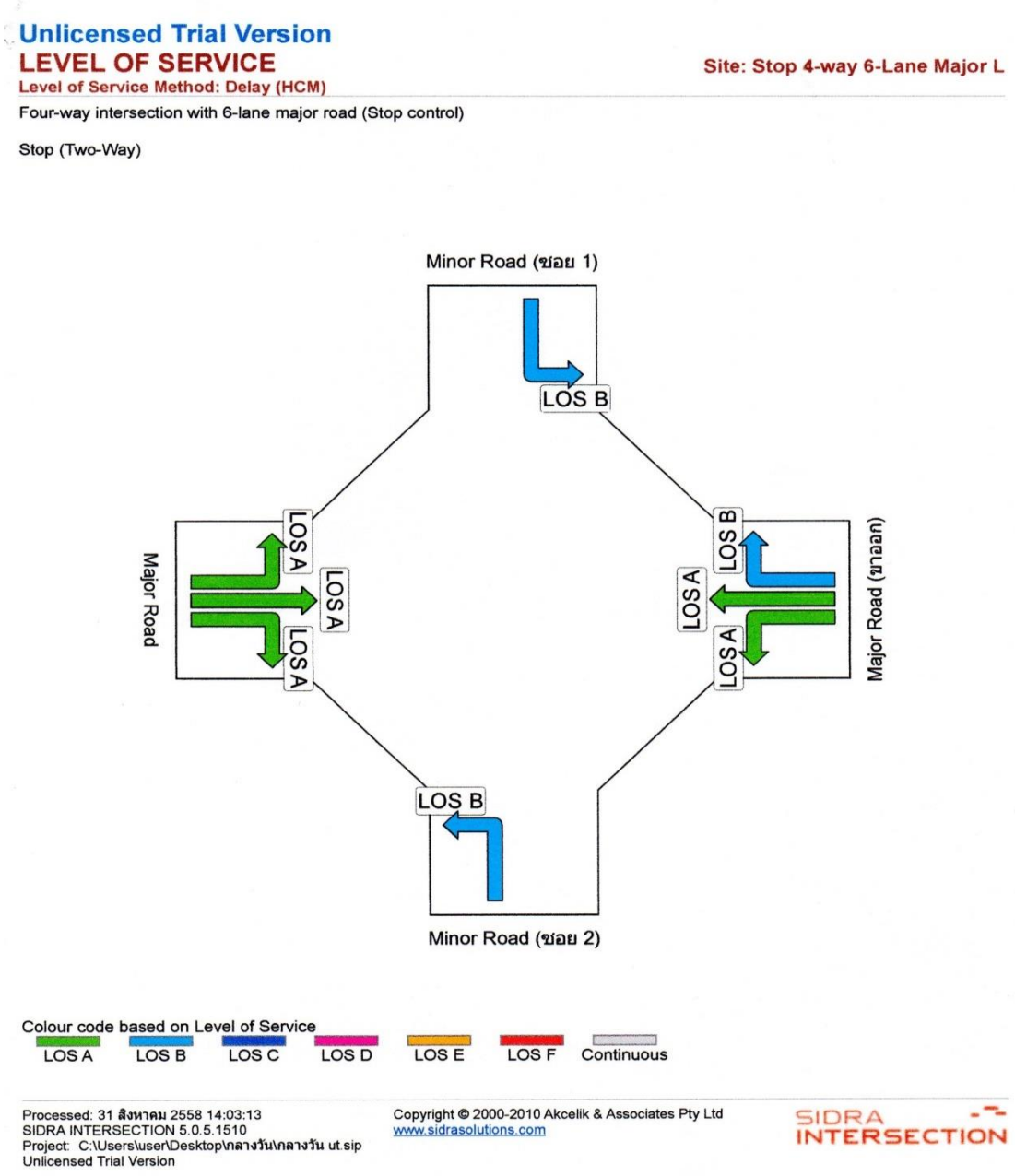
ที่ควบคุมการจราจรทางแยกด้วยป้ายหยุดแบบ 2 ทิศทาง แต่ปรับปรุงลักษณะกายภาพทางแยก โดยเพิ่มช่องจอดรอเลี้ยวขวา (Turn bay) บนทางสายหลักทั้ง 2 ทิศทาง



ภาพภาคผนวกที่ ข-7 การให้บริการทางแยก นอกช่วงเวลาเร่งด่วน (13.00 น. ถึง 14.00 น.)
ที่ควบคุมการจราจรทางแยกด้วยป้ายหยุดแบบ 2 ทิศทาง
แต่ปรับปรุงลักษณะกายภาพทางแยก

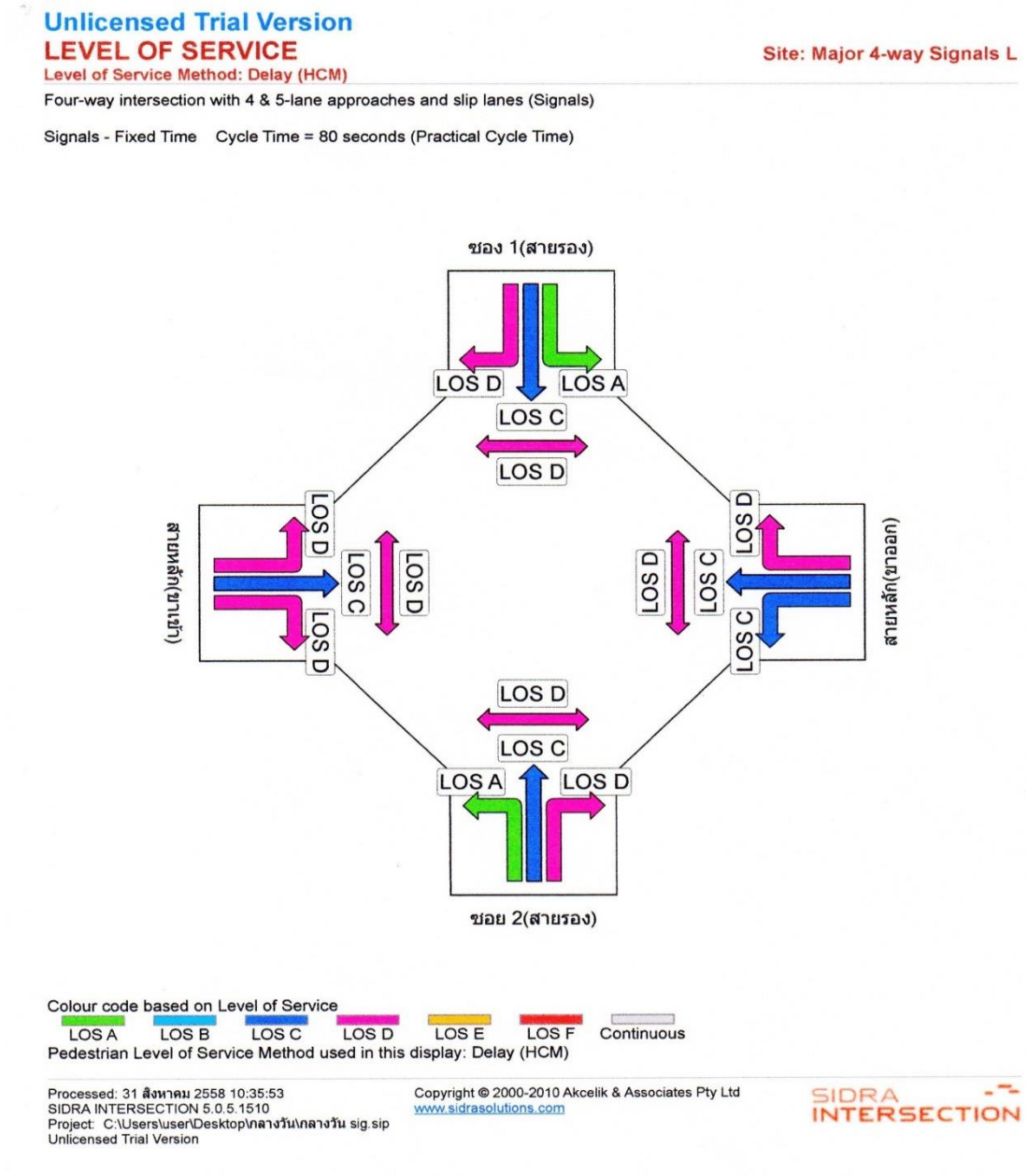
ระดับการให้บริการทางแยก นอกช่วงเวลาเร่งด่วน (13.00 น. ถึง 14.00 น.)

ที่ควบคุมการจราจรทางแยกด้วยป้ายหยุดแบบ 2 ทิศทาง ตามลักษณะกายภาพเดิม แต่จำกัดสิทธิ์รถสายรองให้เลี้ยวซ้ายได้เพียงอย่างเดียว



ภาพภาคผนวกที่ ข-8 การให้บริการทางแยก นอกช่วงเวลาเร่งด่วน (13.00 น. ถึง 14.00 น.)
ที่ควบคุมการจราจรทางแยกด้วยป้ายหยุดแบบ 2 ทิศทาง
ตามลักษณะกายภาพเดิม

ระดับการให้บริการทางแยก นอกช่วงเวลาเร่งด่วน (13.00 น. ถึง 14.00 น.)
ที่ควบคุมการจราจรด้วยสัญญาณไฟจราจร โดยใช้ลักษณะทางกายภาพเดิม



ภาพภาคผนวกที่ ข-9 การให้บริการทางแยก นอกช่วงเวลาเร่งด่วน (13.00 น. ถึง 14.00 น.)
ที่ควบคุมการจราจรด้วยสัญญาณไฟจราจร โดยใช้ลักษณะทางกายภาพเดิม

การจัดเฟสและระยะเวลาสัญญาณไฟจราจรทางแยกนอกช่วงเวลาเร่งด่วน (13.00 น. ถึง 14.00 น.)

Unlicensed Trial Version

PHASING SUMMARY Site: Major 4-way Signals L

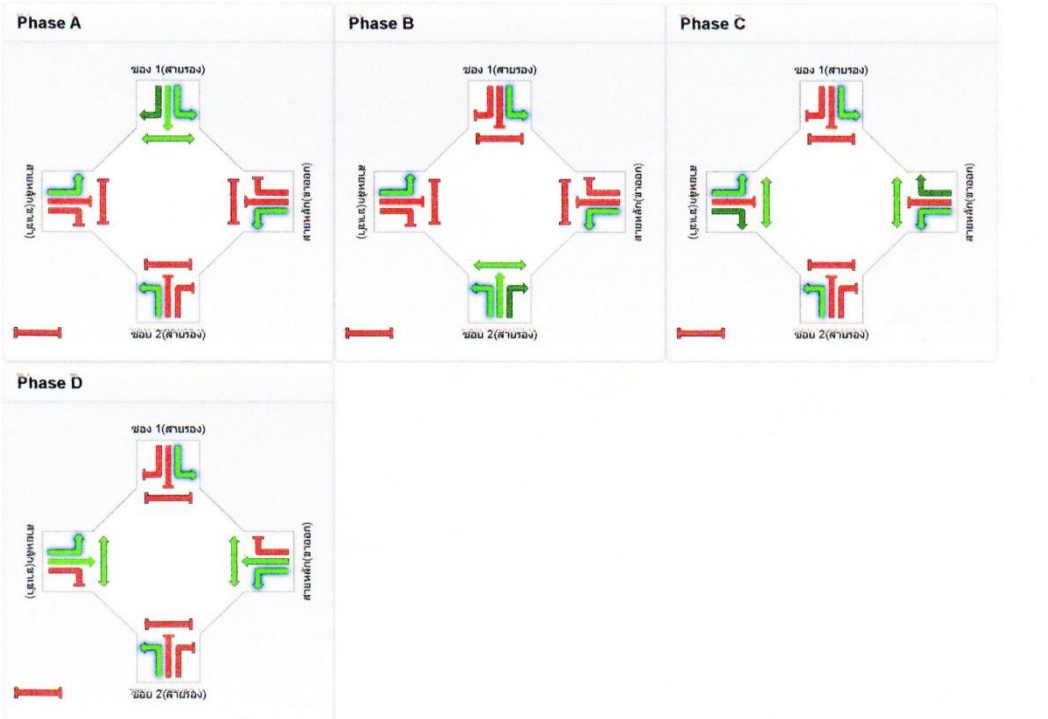
Four-way intersection with 4 & 5-lane approaches and slip lanes (Signals)

Signals - Fixed Time Cycle Time = 80 seconds (Practical Cycle Time)

Phase times determined by the program
Sequence: Four-phase
Input Sequence: A, B, C, D
Output Sequence: A, B, C, D

Phase Timing Results

Phase	A	B	C	D
Green Time (sec)	17	17	6	16
Yellow Time (sec)	4	4	4	4
All-Red Time (sec)	2	2	2	2
Phase Time (sec)	23	23	12	22
Phase Split	29 %	29 %	15 %	28 %



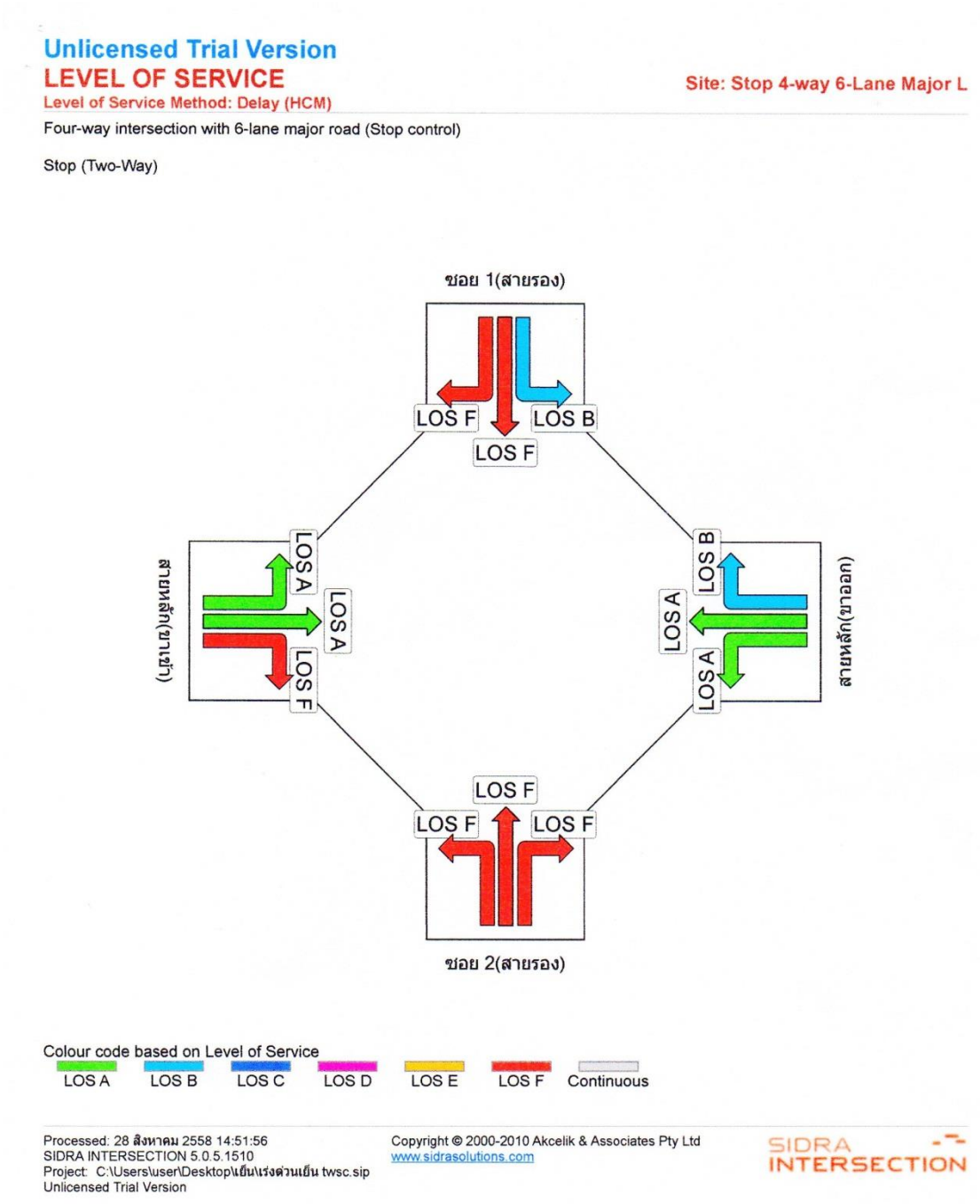
Processed: 29 สิงหาคม 2558 13:23:59
SIDRA INTERSECTION 5.0.5.1510
Project: C:\Users\user\Desktop\กลางวัน sig.sip
Unlicensed Trial Version

Copyright © 2000-2010 Akcelik & Associates Pty Ltd
www.sidrasolutions.com

SIDRA INTERSECTION

ภาพภาคผนวกที่ ข-10 การจัดเฟสและระยะเวลาสัญญาณไฟจราจรทางแยกนอกช่วงเวลาเร่งด่วน (13.00 น. ถึง 14.00 น.)

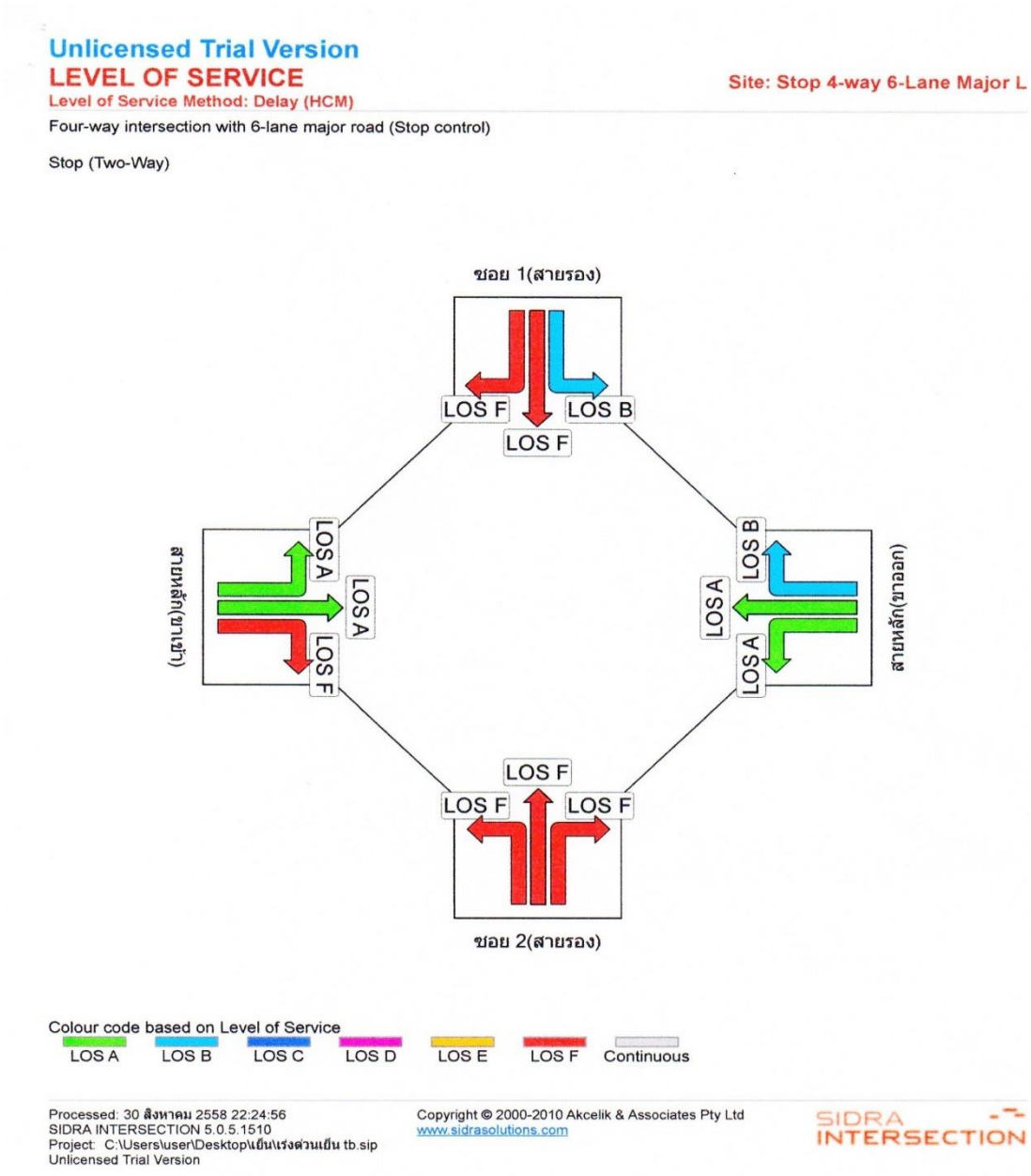
ระดับการให้บริการทางแยก ในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (16.30 น. ถึง 17.30 น.)
ที่ควบคุมการจราจรด้วยป้ายหยุดแบบ 2 ทิศทาง ที่ใช้ในปัจจุบัน



ภาพภาคผนวกที่ ข-11 การให้บริการทางแยก ในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (16.30 น. ถึง 17.30 น.)
ที่ควบคุมการจราจรด้วยป้ายหยุดแบบ 2 ทิศทาง ที่ใช้ในปัจจุบัน

ระดับการให้บริการทางแยก ในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (16.30 น. ถึง 17.30 น.)

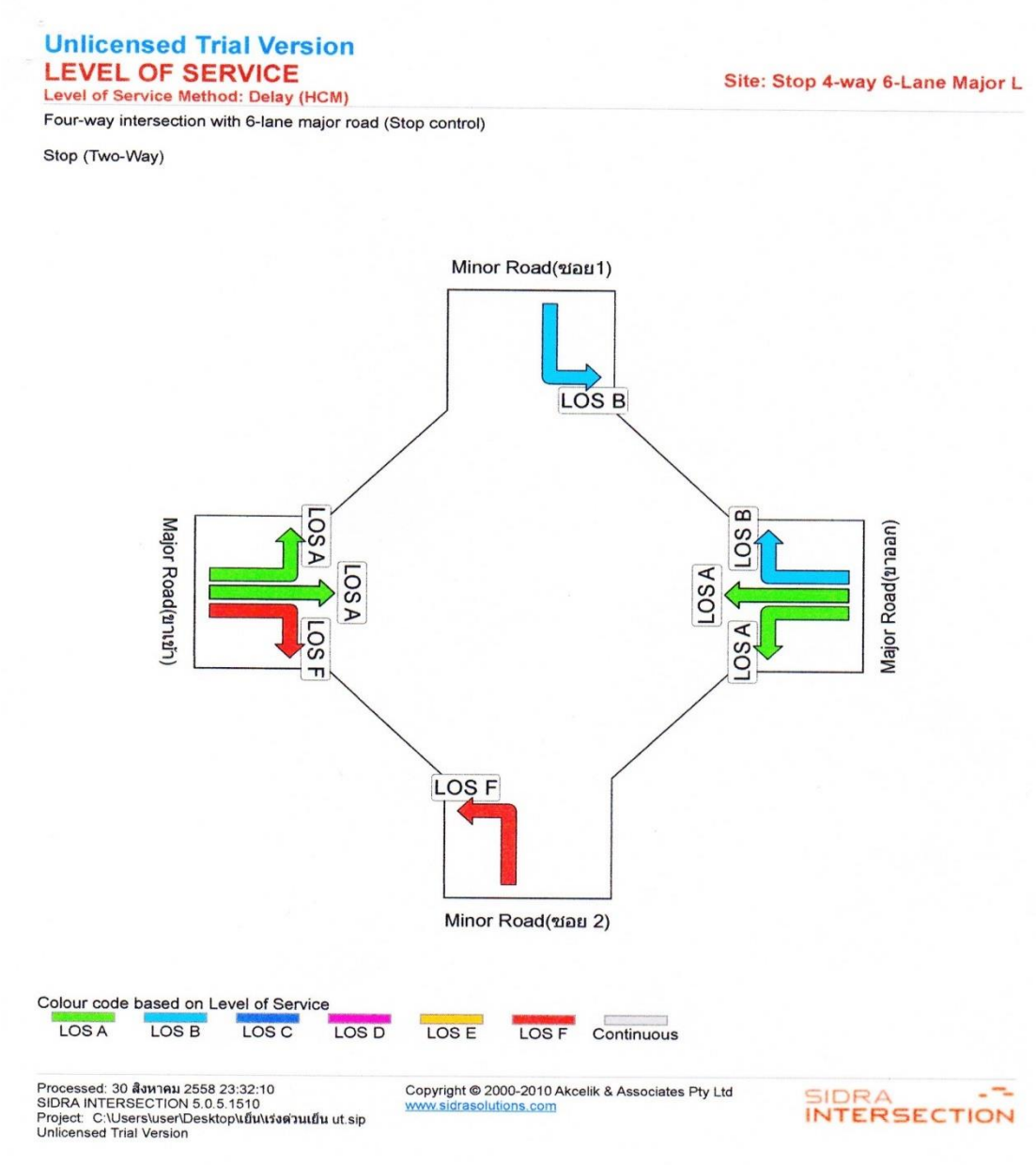
ที่ควบคุมการจราจรทางแยกด้วยป้ายหยุดแบบ 2 ทิศทาง แต่ปรับปรุงลักษณะกายภาพทางแยก โดยเพิ่มช่องจอดรอเลี้ยวขวา (Turn bay) บนทางสายหลักทั้ง 2 ทิศทาง



ภาพภาคผนวกที่ ข-12 การให้บริการทางแยก ในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (16.30 น. ถึง 17.30 น.) ที่ควบคุมการจราจรทางแยกด้วยป้ายหยุดแบบ 2 ทิศทาง แต่ปรับปรุงลักษณะกายภาพทางแยก

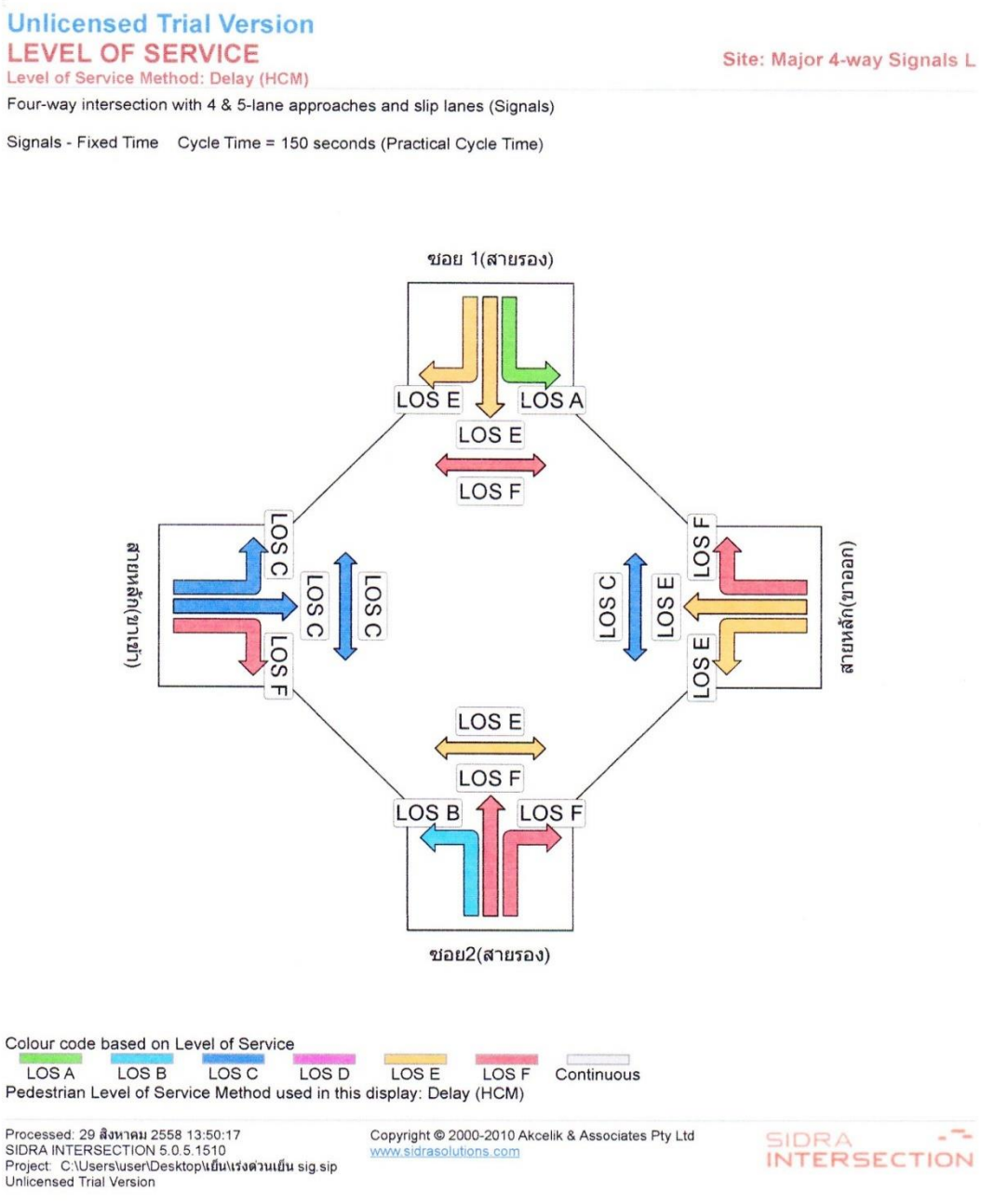
ระดับการให้บริการทางแยกในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (16.30 น. ถึง 17.30 น.)

ที่ควบคุมการจราจรทางแยกด้วยป้ายหยุดแบบ 2 ทิศทาง ตามลักษณะกายภาพเดิม แต่จำกัดสิทธิ์รถสายรองให้เลี้ยวซ้ายได้เพียงอย่างเดียว



ภาพภาคผนวกที่ ข-13 การให้บริการทางแยกในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (16.30 น. ถึง 17.30 น.) ที่ควบคุมการจราจรทางแยกด้วยป้ายหยุดแบบ 2 ทิศทาง ตามลักษณะกายภาพเดิม

ระดับการให้บริการทางแยกในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (16.30 น. ถึง 17.30 น.)
ที่ควบคุมการจราจรด้วยสัญญาณไฟจราจร โดยใช้ลักษณะทางกายภาพเดิมของทางแยก



ภาพภาคผนวกที่ ข-14 การให้บริการทางแยกในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (16.30 น. ถึง 17.30 น.) ที่ควบคุมการจราจรด้วยสัญญาณไฟจราจร โดยใช้ลักษณะทางกายภาพเดิมของทางแยก

การจัดเฟสและระยะเวลาสัญญาณไฟจราจรทางแยก ในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น
(16.30 น. ถึง 17.30 น.)

Unlicensed Trial Version
PHASING SUMMARY
Site: Major 4-way Signals L

Four-way intersection with 4 & 5-lane approaches and slip lanes (Signals)

Signals - Fixed Time Cycle Time = 150 seconds (Practical Cycle Time)

Phase times determined by the program
Sequence: Four-phase
Input Sequence: A, B, C, D
Output Sequence: A, B, C, D

Phase Timing Results

Phase	A	B	C	D
Green Time (sec)	17	31	72	6
Yellow Time (sec)	4	4	4	4
All-Red Time (sec)	2	2	2	2
Phase Time (sec)	23	37	78	12
Phase Split	15 %	25 %	52 %	8 %

Processed: 29 สิงหาคม 2558 13:50:17
SIDRA INTERSECTION 5.0.5.1510
Project: C:\Users\user\Desktop\เย็น\เร่งด่วนเย็น sig.sip
Unlicensed Trial Version

Copyright © 2000-2010 Akcelik & Associates Pty Ltd
www.sidrasolutions.com

SIDRA INTERSECTION

ภาพภาคผนวกที่ ข-15 การจัดเฟสและระยะเวลาสัญญาณไฟจราจรทางแยก ในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น
(16.30 น. ถึง 17.30 น.)

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์หาระดับการให้บริการของทางแยก จากความล่าช้า
จากการหยุดบริเวณทางแยก ด้วยหลักการของ Currin (2001)

ตารางภาคผนวกที่ ค-1 ระดับการให้บริการของทางแยก ที่คำนวณจากความล่าช้าจากการหยุดมาจากถนนสายหลัก (ขาเข้า) เลี้ยวขวาเข้าซอย 2 ช่วงเร่งด่วนเช้า (Currin, 2001)

ทิศทาง: มาจากถนนสายหลัก (ขาเข้า) เลี้ยวขวาเข้าซอย 2 (ช่วงเร่งด่วนเช้า)						
เวลา	จำนวนรถยนต์ที่ล่าช้า (คัน)				ปริมาณจราจร (คัน)	
	0-15 Sec	16-30 Sec	31-45 Sec	46-60 Sec	ที่ล่าช้า	ที่ไม่ล่าช้า
6.45	-	1	-	1	2	8
6.46	2	2	1	1	4	3
6.47	1	-	1	8	9	4
6.48	8	8	8	3	8	2
6.49	2	5	3	1	8	2
6.50	6	8	5	3	13	3
6.51	3	3	-	-	6	2
6.52	3	2	2	1	8	2
6.53	1	-	-	2	3	1
6.54	1	4	3	2	7	2
6.55	2	2	-	4	8	1
6.56	4	-	-	1	5	2
6.57	1	-	-	1	2	2
6.58	2	2	-	4	8	2
6.59	3	2	2	3	10	4
ผลรวมย่อย	39	39	35	35	101	40
ผลรวม	148				141	

ความล่าช้ารวม = 148 x 15 = 2,220 คัน - วินาทีของความล่าช้า

ความล่าช้าเฉลี่ยต่อจำนวนยวดยานที่ล่าช้า = 2,220/ 101 = 21.98 วินาที/ คัน

คำนวณระดับการให้บริการ = (2,220/ 141) x (101/ 40) = 15.74 x 2.53 = 39.82 วินาที/ คัน

สรุประดับการให้บริการ = D (35.1 - 55.0 วินาที/ คัน)

ตารางภาคผนวกที่ ค-2 ระดับการให้บริการของทางแยก ที่คำนวณจากความล่าช้าจากการหยุดมาจากสายหลัก (ขาเข้า) เลี้ยวขวาเข้าซอย 2 ช่วงนอกเร่งด่วน (Currin, 2001)

ทิศทาง: มาจากสายหลัก (ขาเข้า) เลี้ยวขวาเข้าซอย 2 (ช่วงนอกเร่งด่วน)						
	จำนวนรถยนต์ที่ล่าช้า (คัน)				ปริมาณจราจร (คัน)	
เวลา	0-15 Sec	16-30 Sec	31-45 Sec	46-60 Sec	ที่ล่าช้า	ที่ไม่ล่าช้า
13.00	-	-	-	-	-	-
13.01	-	-	-	-	-	-
13.02	-	-	-	-	-	-
13.03	-	1	-	-	1	1
13.04	-	-	-	-	-	-
13.05	1	-	-	-	1	-
13.06	-	-	-	-	-	-
13.07	1	1	-	-	1	1
13.08	-	-	-	-	-	4
13.09	-	-	-	-	-	1
13.10	-	-	1	1	1	-
13.11	-	-	-	-	-	-
13.12	-	-	-	-	-	1
13.13	-	-	-	-	-	1
13.14	-	-	-	-	-	1
ผลรวมย่อย	2	2	1	1	4	10
ผลรวม	6				14	

ความล่าช้ารวม = 6 x 15 = 90 คัน - วินาทีของความล่าช้า

ความล่าช้าเฉลี่ยต่อจำนวนยวดยานที่ล่าช้า = 90/ 4 = 22.50 วินาที/ คัน

คำนวณระดับการให้บริการ = (90/14) x (4/10) = 6.43 x 0.40 = 2.54 วินาที/ คัน

สรุประดับการให้บริการ = A ($\leq$ 10 วินาที/ คัน)

ตารางภาคผนวกที่ ค-3 ระดับการให้บริการของทางแยก ที่คำนวณจากความล่าช้าจากการหยุดมาจากถนนสายหลัก (ขาเข้า) เลี้ยวขวาเข้าซอย 2 ช่วงเร่งด่วนเย็น (Currin, 2001)

ทิศทาง: มาจากถนนสายหลัก (ขาเข้า) เลี้ยวขวาเข้าซอย 2 (ช่วงเร่งด่วนเย็น)						
เวลา	จำนวนรถยนต์ที่ล่าช้า (คัน)				ปริมาณจราจร (คัน)	
	0-15 Sec	16-30 Sec	31-45 Sec	46-60 Sec	ที่ล่าช้า	ที่ไม่ล่าช้า
16.45	-	-	-	-	-	-
16.46	-	-	-	-	-	1
16.47	1	-	-	-	1	-
16.48	1	1	-	-	1	-
16.49	-	-	-	1	1	-
16.50	2	2	2	-	3	-
16.51	-	1	2	2	2	-
16.52	2	2	3	3	5	-
16.53	3	3	3	1	3	1
16.54	-	-	3	2	3	-
16.55	2	1	-	-	2	1
16.56	-	1	-	1	2	1
16.57	1	2	2	-	3	-
16.58	-	-	1	-	1	1
16.59	-	-	-	-	-	-
ผลรวมย่อย	12	13	16	10	27	5
ผลรวม	51				32	

ความล่าช้ารวม = 51 x 15 = 765 คัน - วินาทีของความล่าช้า

ความล่าช้าเฉลี่ยต่อจำนวนยวดยานที่ล่าช้า = 765/ 27 = 28.33 วินาที/ คัน

คำนวณระดับการให้บริการ = (765/ 32) x (27/ 5) = 23.90 x 5.40 =129.06วินาทีต่อคัน

สรุประดับการให้บริการ = F (> 80.0 วินาที/ คัน)

ตารางภาคผนวกที่ ค-4 ระดับการให้บริการของทางแยก ที่คำนวณจากความล่าช้าจากการหยุดมาจากถนนสายหลัก (ขาออก) เลี้ยวขวาเข้าซอย 1 ช่วงเร่งด่วนเช้า (Currin, 2001)

ทิศทาง: มาจากถนนสายหลัก (ขาออก) เลี้ยวขวาเข้าซอย 1 (ช่วงเร่งด่วนเช้า)						
เวลา	จำนวนรถยนต์ที่ล่าช้า (คัน)				ปริมาณจราจร (คัน)	
	0-15 Sec	16-30 Sec	31-45 Sec	46-60 Sec	ที่ล่าช้า	ที่ไม่ล่าช้า
6.45	-	-	-	-	-	-
6.46	-	-	-	-	-	-
6.47	-	-	-	-	-	-
6.48	-	-	-	-	-	-
6.49	-	-	-	-	-	-
6.50	-	-	-	-	-	-
6.51	-	-	-	-	-	1
6.52	-	-	-	-	-	-
6.53	-	-	-	1	1	-
6.54	1	-	-	-	1	-
6.55	-	-	-	-	-	-
6.56	-	-	-	-	-	-
6.57	-	-	-	-	-	-
6.58	-	-	-	-	-	-
6.59	-	-	-	-	-	-
ผลรวมย่อย	1	-	-	1	2	1
ผลรวม	2				3	

ความล่าช้ารวม = 2 x 15 = 30 คัน - วินาทีของความล่าช้า

ความล่าช้าเฉลี่ยต่อจำนวนยวดยานที่ล่าช้า = 30/ 2 = 15 วินาที/ คัน

คำนวณระดับการให้บริการ = (30/ 3) x (2/1) = 10 x 2 = 20 วินาที/ คัน

สรุประดับการให้บริการ = B (10.1 - 20.0 วินาที/ คัน)

ตารางภาคผนวกที่ ค-5 ระดับการให้บริการของทางแยก ที่คำนวณจากความล่าช้าจากการหยุดมาจากสายหลัก (ขาออก) เลี้ยวขวาเข้าซอย 1 ช่วงนอกเร่งด่วน (Currin, 2001)

ทิศทาง: มาจากสายหลัก (ขาออก) เลี้ยวขวาเข้าซอย 1 (ช่วงนอกเร่งด่วน)						
เวลา	จำนวนรถยนต์ที่ล่าช้า (คัน)				ปริมาณจราจร (คัน)	
	0-15 Sec	16-30 Sec	31-45 Sec	46-60 Sec	ที่ล่าช้า	ที่ไม่ล่าช้า
13.00	-	-	-	-	-	-
13.01	-	-	-	-	-	-
13.02	-	-	-	-	-	1
13.03	-	-	-	-	-	-
13.04	-	-	-	-	-	-
13.05	-	-	-	-	-	-
13.06	-	-	-	-	-	-
13.07	-	-	-	-	-	-
13.08	-	-	-	-	-	1
13.09	-	-	-	-	-	-
13.10	-	-	-	-	-	-
13.11	-	-	-	-	-	-
13.12	-	-	-	-	-	1
13.13	-	-	-	-	-	-
13.14	-	-	-	-	-	1
ผลรวมย่อย	-	-	-	-	-	4
ผลรวม	0				4	

ความล่าช้ารวม = - คัน - วินาทีของความล่าช้า

ความล่าช้าเฉลี่ยต่อจำนวนยวดยานที่ล่าช้า = - วินาที/ คัน

คำนวณระดับการให้บริการ = - วินาที/ คัน

สรุประดับการให้บริการ = A (เนื่องจากไม่เกิดการหยุดของรถทั้ง 4 คัน)

ตารางภาคผนวกที่ ค-6 ระดับการให้บริการของทางแยก ที่คำนวณจากความล่าช้าจากการหยุดมาจากสายหลัก (ขาออก) เลี้ยวขวาเข้าซอย 1 ช่วงเร่งด่วนเย็น (Currin, 2001)

ทิศทาง: มาจากสายหลัก (ขาออก) เลี้ยวขวาเข้าซอย 1 (ช่วงเร่งด่วนเย็น)						
เวลา	จำนวนรถยนต์ที่ล่าช้า (คัน)				ปริมาณจราจร (คัน)	
	0-15 Sec	16-30 Sec	31-45 Sec	46-60 Sec	ที่ล่าช้า	ที่ไม่ล่าช้า
16.45	-	1	-	-	1	-
16.46	1	-	-	-	1	-
16.47	-	-	-	-	-	-
16.48	-	-	-	-	-	1
16.49	-	-	-	-	-	-
16.50	-	-	-	1	1	-
16.51	-	-	-	-	-	-
16.52	-	-	-	-	-	-
16.53	-	1	-	-	1	-
16.54	-	-	-	-	-	-
16.55	-	-	-	-	-	-
16.56	-	-	-	-	-	-
16.57	-	-	-	-	-	-
16.58	-	-	-	-	-	-
16.59	-	-	-	-	-	-
ผลรวมย่อย	1	2	-	1	4	1
ผลรวม	4				5	

ความล่าช้ารวม = 4 x 15 = 60 คัน - วินาทีของความล่าช้า

ความล่าช้าเฉลี่ยต่อจำนวนยวดยานที่ล่าช้า = 60/ 4 = 15 วินาที/ คัน

คำนวณระดับการให้บริการ = (60/ 5) x (4/1) = 12 x 4 = 48 วินาที/ คัน

สรุประดับการให้บริการ = D (35.1 - 55.0 วินาที/ คัน)

ตารางภาคผนวกที่ ค-7 ระดับการให้บริการของทางแยก ที่คำนวณจากความล่าช้าจากการหยุดมาจากซอย 1 ตรงเข้าซอย 2 และเลี้ยวขวาเข้าสายหลักขาออก (Currin, 2001)

ทิศทาง: มาจากซอย 1 ตรงเข้าซอย 2 และเลี้ยวขวาเข้าสายหลักขาออก (ช่วงเร่งด่วนเช้า)						
เวลา	จำนวนรถยนต์ที่ล่าช้า (คัน)				ปริมาณจราจร (คัน)	
	0-15 Sec	16-30 Sec	31-45 Sec	46-60 Sec	ที่ล่าช้า	ที่ไม่ล่าช้า
6.45	2	1	3	3	4	-
6.46	3	3	-	-	3	-
6.47	-	1	1	-	1	1
6.48	-	1	-	-	1	-
6.49	-	1	1	1	1	-
6.50	1	2	2	2	3	-
6.51	1	1	-	-	1	-
6.52	-	-	-	1	1	-
6.53	1	-	-	-	1	1
6.54	-	2	1	1	2	-
6.55	1	-	3	3	4	-
6.56	-	1	1	1	2	1
6.57	1	-	1	1	2	-
6.58	-	1	2	2	2	-
6.59	**2**	3	1	-	3	-
ผลรวมย่อย	12	17	16	15	31	3
ผลรวม	60				34	

ความล่าช้ารวม = 60 x 15 = 900 คัน - วินาทีของความล่าช้า

ความล่าช้าเฉลี่ยต่อจำนวนยวดยานที่ล่าช้า = 900/ 31 = 29.03 วินาที/ คัน

คำนวณระดับการให้บริการ = (900/ 34) x (31/ 3) = 26.47 x 10.33 = 273.44 วินาที/ คัน

สรุประดับการให้บริการ = F (> 80.0 วินาที/ คัน)

ตารางภาคผนวกที่ ค-8 ระดับการให้บริการของทางแยก ที่คำนวณจากความล่าช้าจากการหยุดมาจากซอย 1 ตรงเข้าซอย 2 และเลี้ยวขวาเข้าสายหลักขาออก (Currin, 2001)

แนวทางวิ่ง: มาจากซอย 1 ตรงเข้าซอย 2 และเลี้ยวขวาเข้าสายหลักขาออก (ช่วงนอกเร่งด่วน)						
เวลา	จำนวนรถยนต์ที่ล่าช้า (คัน)				ปริมาณจราจร (คัน)	
	0-15 Sec	16-30 Sec	31-45 Sec	46-60 Sec	ที่ล่าช้า	ที่ไม่ล่าช้า
13.00	-	-	-	-	-	-
13.01	-	-	-	1	1	-
13.02	1	-	-	-	1	-
13.03	-	-	-	-	-	-
13.04	-	-	-	-	-	-
13.05	-	-	-	-	-	-
13.06	-	-	-	-	-	-
13.07	-	-	-	-	-	-
13.08	-	-	-	-	-	-
13.09	-	-	-	1	1	-
13.10	1	1	1	-	1	-
13.11	-	-	-	-	-	1
13.12	-	-	-	-	-	-
13.13	-	-	-	-	-	-
13.14	-	-	-	-	-	-
ผลรวมย่อย	2	1	1	2	4	1
ผลรวม	6				5	

ความล่าช้ารวม = 6 x 15 = 90 คัน - วินาทีของความล่าช้า

ความล่าช้าเฉลี่ยต่อจำนวนยวดยานที่ล่าช้า = 90/ 4 = 22.50 วินาที/ คัน

คำนวณระดับการให้บริการ = (90/ 5) x (4/ 1) = 18 x 4 = 72 วินาที/ คัน

สรุประดับการให้บริการ = E (55.1 - 80.0 วินาที/ คัน)

ตารางภาคผนวกที่ ค-9 ระดับการให้บริการของทางแยก ที่คำนวณจากความล่าช้าจากการหยุดมาจากซอย 1 ตรงเข้าซอย 2 และเลี้ยวขวาเข้าสายหลักขาออก (Currin, 2001)

ทิศทาง: มาจากซอย 1 ตรงเข้าซอย 2 และเลี้ยวขวาเข้าสายหลักขาออก (ช่วงเร่งด่วนเย็น)						
เวลา	จำนวนรถยนต์ที่ล่าช้า (คัน)				ปริมาณจราจร (คัน)	
	0-15 Sec	16-30 Sec	31-45 Sec	46-60 Sec	ที่ล่าช้า	ที่ไม่ล่าช้า
16.45	1	1	-	-	1	-
16.46	-	-	-	-	-	-
16.47	-	1	2	2	2	-
16.48	2	1	-	-	2	-
16.49	-	-	-	-	-	-
16.50	-	-	-	1	1	-
16.51	1	-	-	-	1	-
16.52	-	-	-	-	-	-
16.53	-	-	-	-	-	-
16.54	-	-	-	-	-	-
16.55	-	-	-	-	-	-
16.56	-	-	-	-	-	-
16.57	-	-	-	-	-	-
16.58	-	1	1	-	1	1
16.59	-	-	-	-	-	-
ผลรวมย่อย	4	4	3	3	8	1
ผลรวม	14				9	

ความล่าช้ารวม = 14 x 15 = 210 คัน - วินาทีของความล่าช้า

ความล่าช้าเฉลี่ยต่อจำนวนยวดยานที่ล่าช้า = 210/ 8 = 26.25 วินาที/ คัน

คำนวณระดับการให้บริการ = (210/ 9) x (8/1) = 23.33 x 8 = 186.64 วินาที/ คัน

สรุประดับการให้บริการ = F (> 80.0 วินาที/ คัน)

ตารางภาคผนวกที่ ค-10 ระดับการให้บริการของทางแยก ที่คำนวณจากความล่าช้าจากการหยุดมาจากซอย 2 ตรงเข้าซอย 1 และเลี้ยวขวาเข้าสายหลักขาเข้า (Currin, 2001)

ทิศทาง: มาจากซอย 2 ตรงเข้าซอย 1 และเลี้ยวขวาเข้าสายหลักขาเข้า (ช่วงเร่งด่วนเช้า)						
เวลา	จำนวนรถยนต์ที่ล่าช้า (คัน)				ปริมาณจราจร (คัน)	
	0-15 Sec	16-30 Sec	31-45 Sec	46-60 Sec	ที่ล่าช้า	ที่ไม่ล่าช้า
6.45	-	-	-	-	-	-
6.46	-	-	1	2	2	-
6.47	1	-	1	1	2	-
6.48	1	1	-	-	1	-
6.49	-	-	-	-	-	-
6.50	-	-	2	1	2	1
6.51	-	-	2	2	2	-
6.52	2	1	1	-	2	-
6.53	-	-	-	-	-	-
6.54	1	2	1	-	2	-
6.55	-	-	-	-	-	-
6.56	-	-	-	-	-	-
6.57	-	-	-	-	-	-
6.58	-	-	-	-	-	-
6.59	-	-	-	-	-	-
ผลรวมย่อย	5	4	8	6	13	1
ผลรวม	23				14	

ความล่าช้ารวม = 23 x 15 = 345 คัน - วินาทีของความล่าช้า

ความล่าช้าเฉลี่ยต่อจำนวนยวดยานที่ล่าช้า = 345/13 = 26.53 วินาที/ คัน

คำนวณระดับการให้บริการ = (345/14) x (13/1) = 24.64 x 13 = 320.32 วินาที/ คัน

สรุประดับการให้บริการ = F (> 80.0 วินาที/ คัน

ตารางภาคผนวกที่ ค-11 ระดับการให้บริการของทางแยก ที่คำนวณจากความล่าช้าจากการหยุดมาจากซอย 2 ตรงเข้าซอย 1 และเลี้ยวขวาเข้าทางหลักขาเข้า (Currin, 2001)

ทิศทาง: มาจากซอย 2 ตรงเข้าซอย 1 และเลี้ยวขวาเข้าทางหลักขาเข้า (นอกช่วงเร่งด่วน)						
เวลา	จำนวนรถยนต์ที่ล่าช้า (คัน)				ปริมาณจราจร (คัน)	
	0-15 Sec	16-30 Sec	31-45 Sec	46-60 Sec	ที่ล่าช้า	ที่ไม่ล่าช้า
13.00	1	-	-	-	1	-
13.01	-	1	-	-	1	-
13.02	-	-	1	1	1	-
13.03	-	-	-	-	-	1
13.04	-	-	-	-	-	-
13.05	-	-	-	-	-	-
13.06	-	-	-	-	-	-
13.07	-	-	-	-	-	-
13.08	-	-	-	-	-	-
13.09	-	-	-	-	-	-
13.10	-	-	-	1	1	-
13.11	1	-	-	-	-	-
13.12	-	-	-	-	-	-
13.13	-	-	-	-	-	-
13.14	-	-	-	-	-	-
ผลรวมย่อย	2	1	1	2	4	1
ผลรวม	6				5	

ความล่าช้ารวม = 6 x 15 = 90 คัน - วินาทีของความล่าช้า

ความล่าช้าเฉลี่ยต่อจำนวนยวดยานที่ล่าช้า = 90/ 4 = 22.50 วินาที/ คัน

คำนวณระดับการให้บริการ = (90/ 5) x (4/ 1) = 18 x 4 = 72 วินาที/ คัน

สรุประดับการให้บริการ = E (55.1 - 80.0วินาที/ คัน)

ตารางภาคผนวกที่ ค-12 ระดับการให้บริการของทางแยก ที่คำนวณจากความล่าช้าจากการหยุดมาจากซอย 2 ตรงเข้าซอย 1 และเลี้ยวขวาเข้าสายหลักขาเข้า (Currin, 2001)

ทิศทาง: มาจากซอย 2 ตรงเข้าซอย 1 และเลี้ยวขวาเข้าสายหลักขาเข้า (ช่วงเร่งด่วนเย็น)						
เวลา	จำนวนรถยนต์ที่ล่าช้า				ปริมาณจราจร	
	0-15 Sec	16-30 Sec	31-45 Sec	46-60 Sec	ที่ล่าช้า	ที่ไม่ล่าช้า
16.45	-	-	-	-	-	1
16.46	1	1	1	-	1	-
16.47	-	1	2	2	2	-
16.48	4	4	-	-	4	-
16.49	-	3	4	2	4	-
16.50	1	1	-	1	2	-
16.51	1	1	2	2	3	-
16.52	2	2	2	2	2	-
16.53	2	3	-	-	3	-
16.54	1	1	1	2	2	-
16.55	-	-	-	-	-	-
16.56	1	2	2	-	2	-
16.57	-	-	1	1	1	-
16.58	-	-	-	-	-	-
16.59	-	1	-	1	2	1
ผลรวมย่อย	13	20	15	13	28	2
ผลรวม	61				30	

ความล่าช้ารวม = 61 x 15 = 915 คัน - วินาทีของความล่าช้า

ความล่าช้าเฉลี่ยต่อจำนวนยวดยานที่ล่าช้า = 915/ 28 = 32.67 วินาที/ คัน

คำนวณระดับการให้บริการ = (915/ 30) x (28/ 2) = 30.50 x 14 = 427 วินาที/ คัน

สรุประดับการให้บริการ = F (> 80.0 วินาที/ คัน)