การศึกษาและการประยุกต์ใช้โปรแกรมด้านการจราจรระดับจุลภาคสำหรับพื้นที่บริเวณตลาดองครักษ์

THE STUDY AND APPLICATION OF USING TRAFFIC MICROSCOPIC PROGRAM FOR ONGKHARAK MARKET

นายวรกมล ศรีใหม่

นายเจตน์ ธรรมจิต

นางสาวศิริธนา แก้วแหวน

โครงงานวิศวกรรมนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปีการศึกษา 2559

การศึกษาและการประยุกต์ใช้โปรแกรมด้านการจราจรระดับจุลภาคสำหรับพื้นที่บริเวณตลาดองครักษ์

THE STUDY AND APPLICATION OF USING TRAFFIC MICROSCOPIC PROGRAM FOR ONGKHARAK MARKET

นายวรกมล ศรีใหม่

นายเจตน์ ธรรมจิต

นางสาวศิริธนา แก้วแหวน

โครงงานวิศวกรรมนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์เป็นของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษาและการประยุกต์ใช้โปรแกรมด้านการจราจรระดับจุลภาคสำหรับพื้นที่บริเวณตลาดองครักษ์
ปีการศึกษา 2559

โดย

นายวรกมล ศรีใหม่

นายเจตน์ ธรรมจิต

นางสาวศิริธนา แก้วแหวน

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ดร. ธีรพจน์ ศิริไพโรจน์

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันปัญหาการจราจรเป็นปัญหาที่ก่อให้เกิดผลตามมาอย่างมากมายไม่ว่าจะเป็น ความล่าช้าในการเดินทาง การสูญเสียเชื้อเพลิงโดยเปล่าประโยชน์ การเกิดอุบัติเหตุ รวมทั้งการเกิดความเห็นแก่ตัวขึ้น โดยเฉพาะเวลาที่เร่งด่วนหรือรถติดมาก ซึ่งเมื่อการจราจรมีการติดขัดมากขึ้นรวมถึงผู้ใช้รถใช้ถนนมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อเวลาผ่านไป ส่งผลให้ความจุของท้องถนนไม่เพียงพอต่อการจราจร ทำให้ประสิทธิภาพของถนนนั้นลดลง

การศึกษาได้ทำการสำรวจการจราจรทุกแยกบริเวณรอบๆตลาดองครักษ์ในเวลาเร่งด่วน เนื่องจากเวลาเร่งด่วนนั้นจะมีสภาพการจราจรที่ติดขัดมากที่สุด ไม่ว่าจะเป็นเร่งด่วนเช้า (AM PEAK) หรือเร่งด่วนเย็น (PM PEAK) ก็ตาม ซึ่งเมื่อสังเกตจากสถานที่จริง การใช้รถใช้ถนนของคนบริเวณนั้นมากจึงส่งผลให้การจราจรติดขัดมาก ซึ่งทำให้ผู้ใช้รถใช้ถนนบางส่วนมีการเปิดเลนใหม่ซึ่งส่งผลให้การจราจรติดขัดมากขึ้นกว่าเดิม และเป็นอันตรายก่อให้เกิดอุบัติเหตุขึ้น ดังนั้นเราจึงนำปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในปัจจุบันไปวิเคราะห์หาแนวทางการแก้ไขโดยใช้โปรแกรมการจำลองระดับจุลภาคช่วยในการแก้ปัญหาและหาแนวทางที่ดีที่สุดเพื่อที่จะลดปัญหาบนท้องถนนนั้นอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: โปรแกรมจำลองระดับจุลภาค ปัญหาการจราจรติดขัด

THE STUDY AND APPLICATION OF USING TRAFFIC MICROSCOPIC PROGRAM FOR ONGKHARAK MARKET

Academic Year 2016

By

Mr. Worakamol Srimai

Mr. Jet Tummajit

Miss Sirathana Kaewwaen

Advisor

Treerapot Siripairot, Ph.D

Abstract

Traffic congestion can now cause many problems such as travel delay, loss of fuel consumption and traffic accident, These such problems can reduce road capacity and decrease the road performance.

In this study, traffic counts at every intersections of ONKHARAK market during peak period. This period can cause the most traffic congestion (both AM&PM peak). After making traffic observations, many travels made illegal-traffic behaviors such as use of shoulder of the road to travel. Thus, in this study, many traffic improvement plans are proposed and tested by traffic micro-simulation program. These plans should be mannered in the way that traffic problems are solved or relieved

Keywords: Traffic micro-simulation program, Traffic congestion

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากผู้มีพระคุณหลายท่าน คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ธีรพจน์ ศิริไพโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตรวจแก้ไขความเรียบร้อย ตลอดจนการชี้แนะในการหาคำตอบในปัญหาต่างๆ ระหว่างจัดทำโครงงานนี้ ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณผู้อยู่อาศัยบริเวณตลาดองครักษ์ สำนักงานตำรวจอำเภอองครักษ์ ที่ทางคณะผู้จัดทำได้เข้าไปศึกษาวิจัยที่ท่านได้ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูล ความช่วยเหลือ และข้อเสนอแนะต่างๆ ให้กับ คณะผู้จัดทำโครงงาน ทางคณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ท้ายที่สุดนี้ ทางคณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณทุกคนในครอบครัวที่ให้การสนับสนุนให้กำลังใจในการศึกษาตลอดมาและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานวิศวกรรมนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจนำไปศึกษาไม่มากก็น้อยต่อไป ความดีและประโยชน์ใดๆ จากโครงงานวิศวกรรมนี้ ขอมอบให้กับผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้กล่าวมาทั้งหมด

คณะผู้จัดทำโครงงาน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎี	3
2.1.1 ปริมาณจราจรและอัตราการไหล	3
2.1.1.1 การคำนวณหาค่าตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด	5
2.1.1.2 การคำนวณปริมาณจราจรรายวัน	6
2.1.2 ความเร็วและเวลาในการเดินทาง	7
2.1.2.1 Time mean speed และ Space mean speed	8
2.1.3 ระยะห่างและช่วงห่าง	9
2.1.4 ระดับการให้บริการ	10
2.1.4.1 ระดับการให้บริการ A	11
2.1.4.2 ระดับการให้บริการ B	11
2.1.4.3 ระดับการให้บริการ C	12
2.1.4.4 ระดับการให้บริการ D	12
2.1.4.5 ระดับการให้บริการ E	12

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.1.4.6 ระดับการให้บริการ F	12
2.1.5 การสำรวจปริมาณจราจร	13
2.1.5.1 การนับโดยใช้พนักงานเก็บข้อมูล	14
2.1.5.2 อุปกรณ์นับเชิงกลแบบเคลื่อนที่ได้	17
2.1.5.3 อุปกรณ์นับติดตั้งถาวร	19
2.1.6 การสำรวจความเร็ว และเวลาในการเดินทาง	20
2.1.6.1 การสำรวจความเร็ว	20
2.1.6.2 การสำรวจเวลาในการเดินทาง	21
2.1.7 การวิเคราะห์ความล่าช้าในการเดินทางบริเวณสัญญาณไฟจราจร	24
2.1.7.1 การวิเคราะห์ความจุของทางแยก	24
2.1.7.2 เกณฑ์การควบคุมที่ทางแยก	25
2.1.8 การออกแบบรอบสัญญาณไฟจราจร	31
2.1.8.1 ช่วงเวลาเปลี่ยนแปลงไฟเหลือง	31
2.1.8.2 ช่วงเวลาไฟเขียว	32
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	33
2.2.1 งานศึกษาด้านจราจรเพื่อจัดทำแผนแม่บทการพัฒนาระบบเก็บค่าธรรมเนียมบนทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง	33
2.2.1.1 การสำรวจและเก็บข้อมูลสภาพจราจรบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทาง	35
2.2.1.2 แนวทางการพัฒนาแบบจำลองการจราจรเสมือนจริง	38
2.2.1.3 ขั้นตอนการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจรเสมือนจริง	40
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	42
3.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ	42
3.1.1 กำหนดค่าของโครงการ	42
3.1.1.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของโครงงาน	42
3.1.1.2 เลือกวิธีที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหา	43

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.1.2 รวบรวมข้อมูล	43
3.1.2.1 สำรวจปริมาณการจราจรในแต่ละทางแยกบริเวณตลาดองครักษ์	43
3.1.2.2 การทำแผนที่ข้อมูลทางกายภาพ	43
3.1.2.3 การสำรวจข้อมูลอื่นๆ	44
3.1.3 การพัฒนาแบบจำลองกรณีฐาน (ยังไม่ปรับปรุง)	44
3.1.4 ตรวจสอบข้อผิดพลาด	44
3.1.5 เปรียบเทียบข้อมูลกรณีฐานกับกรณีใหม่	44
3.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูลของโปรแกรมแบบจำลองแล้วตัดสินว่ากรณีนี้ยังไม่สามารถยอมรับได้	44
3.1.7 การวิเคราะห์ข้อมูลของโปรแกรมแบบจำลองแล้วตัดสินว่ากรณีนี้ยังสามารยอมรับได้วิเคราะห์ความต้องการในอนาคตและออกแบบค่า LOS (Level of service)	44
3.1.8 สรุปผล	45
3.2 ขั้นตอนการจัดการและแก้ไขจราจรด้วย Flow chart	46
3.3 ระยะเวลาในการดำเนินงาน	47
บทที่ 4 การสำรวจและวิเคราะห์การออกแบบ	48
4.1 ผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนบริเวณตลาดองครักษ์	49
4.1.1 ผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 1	50
4.1.1.1 ทางหลวงชนบท นครนายก 3001 ทิศทางจากสะพานข้ามคลองรังสิตประยูรศักดิ์	51
4.1.1.2 ทางหลวงชนบท นครนายก 3001 ทิศทางจากโลตัสเอ็กเพรส	51
4.1.1.3 ที่ซอย ตลาดองครักษ์ 1 ทิศทางจากตลาดองครักษ์	51
4.1.2 ผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 2	52
4.1.2.1 ทางหลวงชนบท นครนายก 3001 ทิศทางจากโลตัสเอ็กเพรส	53
4.1.2.2 ทางหลวงชนบท นครนายก 3001 ทิศทางจาก 7-11 หน้าตลาดองครักษ์	53

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.1.2.3 ซอย ตลาดองครักษ์ 2 ทิศทางจากตลาดองครักษ์	53
4.1.3 ผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 3	54
4.1.3.1 ทางหลวงชนบท นครนายก 3001 ทิศทางจาก 7-11 หน้าตลาดองครักษ์	55
4.1.3.2 ทางหลวงชนบท นครนายก 3001 ทิศทางจากธนาคารกรุงศรีอยุธยา	55
4.1.3.3 ซอยตลาดองครักษ์ 3 ทิศทางจากตลาดองครักษ์	55
4.1.4 ผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 4	56
4.1.4.1 ซอยตลาดองครักษ์ 1 ทิศทางจากทางหลวงชนบทนครนายก 3001	57
4.1.4.2 ซอยตลาดองครักษ์ 1 ทิศทางจากร้านเคหะภัณฑ์	57
4.1.4.3 ตลาดองครักษ์ ทิศทางจากซอย ตลาดองครักษ์ 2	57
4.1.5 ผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 5	58
4.1.5.1 ซอยตลาดองครักษ์ 2 ทิศทางจากทางหลวงชนบท นครนายก 3001	59
4.1.5.2 ซอย ตลาดองครักษ์ 2 ทิศทางจากร้านศึกษาภัณฑ์	59
4.1.5.3 ตลาดองครักษ์ ทิศทางจากซอย ตลาดองครักษ์ 1	59
4.1.5.4 ตลาดองครักษ์ ทิศทางจากซอย ตลาดองครักษ์ 3	59
4.1.6 ผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 6	60
4.1.6.1 ซอยตลาดองครักษ์ 3 ทิศทางจากทางหลวงชนบท นครนายก 3001	61
4.1.6.2 ซอยตลาดองครักษ์ 3 ทิศทางจากธนาคารไทยพาณิชย์	61
4.1.6.3 ตลาดองครักษ์ ทิศทางจากซอย ตลาดองครักษ์ 2	61
4.1.7 ผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 7	62
4.1.7.1 ซอยตลาดองครักษ์ 1 ทิศทางจากร้านเคหะภัณฑ์	63
4.1.7.2 ในตลาดองครักษ์ ทิศทางจากซอย ตลาดองครักษ์ 2	63
4.1.7.3ซอยตลาดองครักษ์ 1 ทิศทางจากร้านถ่ายเอกสาร	63
4.1.8 ผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 8	64

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.1.8.1 ซอยตลาดองครักษ์ 2 ทิศทางจากร้านศึกษาภัณฑ์	65
4.1.8.2 ซอยตลาดองครักษ์ 2 ทิศทางจากร้านทุกอย่าง 20	65
4.1.8.3 ในตลาดองครักษ์ ทิศทางจากซอย ตลาดองครักษ์ 1	65
4.1.8.4 ตลาดองครักษ์ ทิศทางจากซอย ตลาดองครักษ์ 3	65
4.1.9 ผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 9	66
4.1.9.1 ซอย ตลาดองครักษ์ 3 ทิศทางจากธนาคารไทยพาณิช	67
4.1.9.2 ซอยตลาดองครักษ์ 3 ทิศทางจากร้าน K-Mobile	67
4.1.9.3 ในตลาดองครักษ์ ทิศทางจากซอย ตลาดองครักษ์ 2	67
4.1.10 ผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 10	68
4.1.10.1 ในตลาดองครักษ์ ทิศทางจากซอย ตลาดองครักษ์ 3	69
4.1.10.2 ในตลาดองครักษ์ ทิศทางจากร้านถ่ายเอกสาร	69
4.1.10.3 ซอยตลาดองครักษ์ 2 ทิศทางจากร้านทุกอย่าง 20	69
4.1.11 ผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 11	70
4.1.11.1 ซอย ตลาดองครักษ์ 3 ทิศทางจากร้าน K-Mobile	71
4.1.11.2 ซอยตลาดองครักษ์ 3 ทิศทางจากสถานีตำรวจภูธร	71
4.1.11.3 ในตลาดองครักษ์ ทิศทางจากซอย ตลาดองครักษ์ 2	71
4.2 การใช้แบบจำลองในการบริหารจัดการจราจรในบริเวณตลาดองครักษ์	71
4.2.1 การสร้างแบบจำลองกรณีฐาน (ปัจจุบัน)	71
4.2.2 การสร้างแบบจำลองกรณีปรับปรุง	72
4.2.2.1 การติดตั้งสัญญาณไฟ	73
4.2.2.2 การจัดตั้งการเดินรถทางเดียว	73
4.2.2.3 การเพิ่มเลนผายช่องเลี้ยวซ้าย 1 เลนที่แยกทางหลวง 3001 ตัดกับซอยตลาดองครักษ์ 3	75
4.3 การออกแบบแนวทางการแก้ไขปัญหาและการปรับปรุงจราจรบริเวณตลาดองครักษ์	78
4.3.1 แบบจำลองกรณีฐาน	78
4.3.2 แบบจำลองกรณีปรับปรุง (การติดตั้งสัญญาณไฟ)	78
4.3.2.1 ความกว้างผิวจราจร	78

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.3.2.2 เส้นแบ่งทิศทางจราจรปกติ	79
4.3.2.3 เส้นแบ่งทิศทางจราจรห้ามแซง	79
4.3.2.4 เส้นแบ่งทิศทางห้ามแซงคู่เกาะ	79
4.3.2.5 เส้นขอบทางด้านนอก	80
4.3.2.6 เส้นแนวหยุด	80
4.3.2.7 เส้นทางข้ามหรือทางม้าลาย	80
4.3.2.8 เส้นชะลอความเร็ว	82
4.3.2.9 ป้ายจราจรต่างๆ	82
4.3.2.10 ข้อความบังคับพื้นทาง	87
4.3.2.11 เส้นช่องจอดรถ	87
4.3.2.12 สัญญาณไฟจราจร	88
4.3.3 แบบจำลองกรณีปรับปรุง (การเพิ่มเลนผายที่ทางแยกซอยตลาดองครักษ์ 3)	90
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ	95
5.1 สรุปผล	95
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	100
5.3 ข้อเสนอแนะ	100
เอกสารอ้างอิง	101
ภาคผนวก ก	102
ภาคผนวก ข	132
ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน	135

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณจราจรและอัตราการไหล	4
2.2 การวิเคราะห์การเกิดแถวคอยจากตัวอย่างในตาราง 2.1	4
2.3 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณจราจรรายวัน	6
2.4 ประเภทถนนและค่า K-factor,D-factor	7
2.5 ค่า Passenger Car Unit	14
2.6 ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการวิ่งรถทดสอบ	22
2.7 ระยะการมองเห็นน้อยที่สุด	26
2.8 เวลาไฟเหลืองโดยประมาณ	32
2.9 อัตราการให้บริการจัดเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางของเทคโนโลยีรูปแบบต่างๆ	34
2.10 ผลการสำรวจระยะเวลาการให้บริการ	37
2.11 ผลการสำรวจอัตราการให้บริการ ณ ตู้เก็บค่าผ่านทาง	38
2.12 ผลการปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรเสมือนจริง	39
2.13 แสดงระดับการให้บริการ ณ บริเวณเก็บค่าผ่าน	41
3.1 แผนการดำเนินโครงงานวิศวกรรมโยธา ปีการศึกษา 2559	47
4.1 ตารางสรุปรายละเอียดการปรับปรุงของแต่ละกรณีเมื่อเทียบกับกรณีฐาน	77
5.1 ตารางการเปรียบเทียบกรณีต่างๆเทียบกับกรณีฐาน	97
5.2 สถิติการเกิดอุบัติเหตุ ณ บริเวณรอบตลาดองครักษ์	99

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงระดับการให้บริการ ณ บริเวณเก็บค่าผ่านทาง	9
2.2 ช่วงห่างระหว่างยวดยานที่วิ่งตามกันในกระแสจราจร	10
2.3 แผนภาพจำแนกระดับการให้บริการ	11
2.4 สภาพการจราจรที่ระดับการให้บริการ A ถึง F	13
2.5 ตัวอย่างแบบฟอร์มสำหรับบันทึกจำนวนยวดยานในการนับรถด้วยพนักงาน	15
2.6 ตัวอย่างการบันทึกจำนวนยวดยานบริเวณทางแยก ถนนสาย มหาวิทยาลัยขอนแก่น	16
2.7 เครื่องนับจำนวนสะสม	17
2.8 เครื่องนับยวดยานบริเวณทางแยก	17
2.9 เครื่องนับแบบท่อความดัน	18
2.10 การติดตั้งอุปกรณ์นับรถแบบท่อความดัน	18
2.11 เครื่องตรวจจับแบบคลื่นแม่เหล็ก	20
2.12 การติดตั้งเครื่องตรวจจับแบบคลื่นแม่เหล็ก	20
2.13 กราฟปริมาณการจราจรบนถนนสายหลักและสายรองของปริมาณการจราจร	25
2.14 ป้ายให้ทาง	27
2.15 ป้ายหยุด	27
2.16 ระบบการจัดเก็บแบบเงินสด	35
2.17 ระบบจัดเก็บแบบ ETC	35
2.18 ระบบการจัดเก็บแบบ Multi-Lane Free Flow (MLFF)	35
2.19 ลักษณะกายภาพด่านลาดกระบัง	36
2.20 ลักษณะกายภาพด่านทับช้าง	36
3.1 ภาพถ่ายจากดาวเทียม บริเวณตลาดองครักษ์	42
3.2 ตำแหน่งการสำรวจบริเวณทางแยก 11 จุดทางแยก	43
3.3 ขั้นตอนการจัดการและแก้ไขจราจร	46
4.1 ภาพแสดงสถานที่สำคัญที่ใช้ระบุเส้นทางการเคลื่อนที่ของปริมาณยานพาหนะ ตามแยกต่างๆบริเวณตลาดองครักษ์ (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน)	49
4.2 ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 1 (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน)	50
4.3 ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 2 (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน)	52

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.4 ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 3 (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน) 54
4.5 ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 4 (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน) 56
4.6 ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 5 (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน) 58
4.7 ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 6 (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน) 60
4.8 ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 7 (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน) 62
4.9 ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 8 (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน) 64
4.10 ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 9 (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน) 66
4.11 ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 10 (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน) 68
4.12 ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 11 (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน) 70
4.13 แบบจำลองกรณีฐาน 72
4.14 แบบจำลองกรณีปรับปรุง (กรณีใช้สัญญาณไฟจราจร) 73
4.15 แบบจำลองกรณีปรับปรุง (กรณีเดินรถทางเดียว) 74
4.16 ทิศทางการเข้าออกของกรณีเดินรถทางเดียว 75
4.17 แบบจำลองกรณีปรับปรุง (กรณีเลนผาย) 76
4.18 ตารางมาตรฐานแสดงความกว้างของผิวจราจรและบริเวณที่ควรแบ่งทิศจราจร 78
4.19 ตารางมาตรฐานแสดงความกว้างของผิวจราจรที่จำกัดการห้ามแซง 79
4.20 เส้นแบ่งทิศทางห้ามแซงคู่เกาะ 79
4.21 เส้นขอบทางด้านนอก 80
4.22 เส้นแนวหยุด 80
4.23 เส้นทางข้ามหรือทางม้าลาย 81
4.24 เส้นชะลอความเร็ว (รูปตัดขวาง) 82
4.25 เส้นชะลอความเร็ว (รูปด้านบน) 82
4.26 เงื่อนไขการกำหนดป้าย 83
4.27 ป้ายหยุด 84
4.28 ป้ายให้ทาง 84
4.29 ป้ายห้ามจอดซ้อนคัน 85
4.30 ป้ายเตือนทางแยกบริเวณก่อนถึงทางแยกต่างๆ 85
4.31 ป้ายเตือนระวังคนข้ามถนน 86

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.32 ป้ายจำกัดความเร็ว 86
4.33 ป้ายเตือนลดความเร็ว 87
4.34 ข้อความบังคับพื้นทาง 87
4.35 เส้นช่องจอดรถ 88
4.36 สัญญาณไฟจราจร 89
4.37 เสาสัญญาณไฟจราจร 90
4.38 รูปทางแยกที่ออกแบบหลังปรับปรุงแล้ว 91
4.39 กรณีฐาน (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน) 92
4.40 กรณีปรับปรุง 1 (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน) 93
4.41 กรณีปรับปรุง 2 (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน) 94
5.1 ระดับการให้บริการ ในปัจจุบัน 95
5.2 ระดับการให้บริการ ในกรณีปรับปรุงแล้ว 96
5.3 ระดับการให้บริการ ในกรณีปรับปรุงแล้ว 98
ผ.1 แบบฟอร์มนับจำนวนรถบริเวณทางแยก 103
ผ.2 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีฐาน (1) 104
ผ.3 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีฐาน (2) 105
ผ.4 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีฐาน (3) 106
ผ.5 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีฐาน (4) 107
ผ.6 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีฐาน (5) 108
ผ.7 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีฐาน (6) 109
ผ.8 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีฐาน (7) 110
ผ.9 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีฐาน (8) 111
ผ.10 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีฐาน (9) 112
ผ.11 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีฐาน (10) 113
ผ.12 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีปรับปรุง (1) 114
ผ.13 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีปรับปรุง (2) 115
ผ.14 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีปรับปรุง (3) 116
ผ.15 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีปรับปรุง (4) 117

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ผ.16 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีปรับปรุง (5)	118
ผ.17 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีปรับปรุง (6)	119
ผ.18 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีปรับปรุง (7)	120
ผ.19 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีปรับปรุง (8)	121
ผ.20 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีปรับปรุง (9)	122
ผ.21 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีปรับปรุง (10)	123
ผ.22 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีปรับปรุง (11)	124
ผ.23 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีปรับปรุง (12)	125
ผ.24 วิธีการสร้างแบบจำลองขั้นพื้นฐาน (1)	126
ผ.25 วิธีการสร้างแบบจำลองขั้นพื้นฐาน (2)	126
ผ.26 วิธีการสร้างแบบจำลองขั้นพื้นฐาน (3)	127
ผ.27 วิธีการสร้างแบบจำลองขั้นพื้นฐาน (4)	127
ผ.28 วิธีการสร้างแบบจำลองขั้นพื้นฐาน (5)	128
ผ.29 วิธีการสร้างแบบจำลองขั้นพื้นฐาน (6)	128
ผ.30 วิธีการสร้างแบบจำลองขั้นพื้นฐาน (7)	129
ผ.31 วิธีการสร้างแบบจำลองขั้นพื้นฐาน (8)	129
ผ.32 วิธีการสร้างแบบจำลองขั้นพื้นฐาน (9)	130
ผ.33 วิธีการสร้างแบบจำลองขั้นพื้นฐาน (10)	130
ผ.34 วิธีการสร้างแบบจำลองขั้นพื้นฐาน (11)	131
ผ.35 วิธีการสร้างแบบจำลองขั้นพื้นฐาน (12)	131
ผ.36 บริเวณทางแยกระหว่างทางเข้าซอยตลาดองครักษ์ตัดกับถนนทางหลวงชนบท	133
ผ.37 บริเวณทางแยกระหว่างทางเข้าซอยตลาดองครักษ์คัดกับถนนทางหลวงชนบท	133
ผ.38 ภายในซอยตลาดองครักษ์	134
ผ.39 ทางแยกภายในซอยตลาดองครักษ์	134

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ปัญหาการจราจรที่คับคั่ง ติดขัดในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑลนับเป็นปัญหาที่สำคัญที่ทวีความรุนแรงมากขึ้นเป็นลำดับตามอัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจที่เพิ่มสูงขึ้นการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรจากการย้ายถิ่นที่อยู่เข้าสู่เมืองประกอบกับการที่ระบบขนส่งสาธารณะและโครงข่ายถนนมีไม่เพียงพอและขาดการเชื่อมโยงที่ดี อีกทั้งการขยายตัวของเมืองขาดการควบคุม และการประสานงานในการแก้ไขปัญหายังไม่ดีเท่าที่ควรรวมถึงระเบียบวินัยของผู้ใช้รถใช้ถนนยังมีความบกพร่องซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาการจราจรมากยิ่งขึ้นในปัจจุบัน

จังหวัดนครนายกอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ของกรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นอีกจังหวัดหนึ่งที่ประสบปัญหาการจราจรติดขัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณชุมชนตลาดองครักษ์ เป็นชุมชนที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒน์ องครักษ์ ซึ่งมีจำนวนนิสิตจำนวนมาก รวมถึงแหล่งร้านค้าบริการ เครื่องอุปโภคบริโภค ผู้คนมากมายในละแวกใกล้เคียง ไปมาสัญจรกันอยู่เสมอ

ทางคณะผู้จัดทำได้เล็งเห็นปัญหาการจราจรของตลาดองครักษ์แห่งนี้มีการจราจรที่ติดขัดเป็นอย่างมาก เนื่องจากจำนวนประชากรของนิสิตและพี่น้องประชาชนเพิ่มมากขึ้นทุกวันส่งผลให้บริเวณพื้นที่ดังกล่าวไม่สามารถรองรับการจัดการจราจรที่มีประสิทธิภาพ เช่นบางช่วงมีการจอดซ้อนคันจอดเลยทางที่ให้จอด อีกทั้งยังส่งผลถึงการเกิดอุบัติเหตุในพื้นที่ ทำให้จำนวนของนิสิตหรือพี่น้องประชาชนได้รับอุบัติเหตุเป็นสาเหตุในการเสียชีวิตและบาดเจ็บที่ก่อให้เกิดความเสียหายซึ่งปัญหาเหล่านี้เป็นปัญหาที่มีมานาน และจำเป็นที่จะต้องได้รับการแก้ไขอย่างถูกต้อง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 ลดปัญหาการจราจรโดยรอบบริเวณทางหลวงชนบท 3001 และ ซอยตลาดองครักษ์ 1-3

1.2.2 เพิ่มความปลอดภัยในการสัญจรบนถนนในบริเวณตลาดองครักษ์

1.2.3 ผู้ใช้รถใช้ถนนได้รู้กฎหมายจราจรมากขึ้น และปฏิบัติตามกฎหมายได้อย่างถูกต้อง

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 สำรวจปริมาณการจราจร ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (6.00-9.00 น.) และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (16.00-19.00 น.)

1.3.2 สำรวจข้อมูลกายภาพของการจราจร จำนวนช่องทางจราจร ความกว้างช่องทางจราจร ระยะห่างระหว่างทางแยก

1.3.3 สำรวจคุณลักษณะการเดินทาง ความเร็ว และอัตราการไหลของรถ

1.3.4 ใช้โปรแกรมแสดงแบบจำลองระดับจุลภาคในการวิเคราะห์เปรียบเทียบการจราจรก่อนและหลังการจัดการ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษานี้จะทำให้ทราบถึงปัญหาด้านการจราจรที่เกิดขึ้นภายในตลาดองครักษ์พร้อมทั้งหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขให้มีระดับการบริการที่ดีขึ้น

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี

วิศวกรรมขนส่ง (Transportation Engineering) คือ การประยุกต์หลักการที่เป็นวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้านการขนส่งเข้าด้วยกัน เพื่อการวางแผน ออกแบบ ดำเนินการ และบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานของระบบขนส่งประเภทต่างๆ ที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายคนและสิ่งของ เพื่อให้เกิดความปลอดภัย รวดเร็ว สะดวกสบาย และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ขอบข่ายงานวิศวกรรมขนส่งที่สำคัญอย่างมากสาขาหนึ่ง ได้แก่ วิศวกรรมจราจร (Traffic Engineering) โดยนิยาม วิศวกรรมจราจร คือ สาขาหนึ่งของวิศวกรรม ขนส่งที่เกี่ยวข้องกับการวางแผน การออกแบบทางเรขาคณิตและการควบคุมกระแสจราจรของถนนย่อย ถนนหลัก ทางหลวง โครงข่ายถนน สถานี พื้นที่โดยรอบถนน และความสัมพันธ์ระหว่างการขนส่งประเภทต่างๆ ที่มาใช้เส้นทางร่วมกัน นอกจากนี้วิศวกรรมจราจรยังรวมถึงการศึกษาพฤติกรรมการใช้รถใช้ถนนของผู้เดินทางความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของถนนและพฤติกรรมของผู้ขับขี่และปฏิสัมพันธ์ต่อกันระหว่างยวดยานแต่ละคันในกระแสจราจร ทั้งนี้ ผู้อ่านอาจคิดว่างานด้านวิศวกรรมจราจรนั้น เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของยวดยานประเภทต่างๆ ซึ่งถือได้ว่าเป็นวัตถุ ที่วิ่งอยู่บนถนนหรือในกระแสจราจร แต่ในความเป็นจริง การเคลื่อนที่ของยวดยานเหล่านั้น ล้วนเกิดจากการควบคุมของมนุษย์ซึ่งเป็นคนขับทั้งสิ้น ด้วยเหตุนี้ การศึกษาและขอบข่ายงานด้านวิศวกรรมจราจรจึงต้องเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมและการตัดสินใจของมนุษย์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

2.1.1 ปริมาณจราจรและอัตราการไหล (Traffic volume and flow rate)

ปริมาณจราจร คือ จำนวนยวดยานที่เคลื่อนผ่านตำแหน่งอ้างอิงบนถนน ช่องจราจร หรือทิศทางจราจรในช่วงเวลาที่กำหนด โดยทั่วไปมีหน่วยเป็น คันต่อหน่วยเวลา เช่น คันต่อวัน หรือคันต่อชั่วโมง เป็นต้น สำหรับอัตราการไหลโดยทั่วไปจะมีหน่วยเป็น คันต่อชั่วโมง แต่ปริมาณจราจรที่แสดงนี้ จะเป็นตัวแทนของการไหลของกระแสจราจรในช่วงเวลาที่น้อยกว่าหนึ่งชั่วโมง ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณจราจรและอัตราการไหล

ช่วงเวลา	ปริมาณจราจรในช่วงเวลาย่อย (คัน)	อัตราการไหลในช่วงเวลาย่อย (คันต่อชั่วโมง)
5:00-5:15 PM	1,000	1,000/0.25 = 4,000
5:15-5:30 PM	1,100	1,100/0.25 = 4,400
5:30-5:45 PM	1,200	1,200/0.25 = 4,800
5:45-6:00 PM	900	900/0.25 = 3,600
5:00-6:00 PM	รวม 4,200	4,200 vph = Hourly volume

(**ที่มา:** สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. (2553?). *Traffic engineering*: 2.)

จากตารางที่ 2.1 จะพบว่าในช่วงเวลา 15 นาที แรก (5:00 PM ถึง 5:15 PM) ปริมาณจราจรที่นับได้เท่ากับ 1,000 คัน จะมีอัตราการไหล (Flow rate) เท่ากับ 4,000 คันต่อชั่วโมง (1,000/0.25) และคำนวณช่วงเวลา 15 นาทีที่เหลือลักษณะเดียวกัน จะได้ค่าอัตราการเคลื่อนตัวของยวดยานในแต่ละ 15 นาที เรียกว่า อัตราการไหล ถ้าเรารวมปริมาณจราจรทั้งหมดของแต่ละช่วงเวลาย่อยเข้าด้วยกันจะมีค่าเท่ากับ 4,200 คัน ดังนั้นในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง จะมีปริมาณจราจรวิ่งผ่านช่วงถนนที่เราศึกษาเท่ากับ 4,200 คัน คิดเป็นปริมาณจราจร (Volume) เท่ากับ 4,200 คันต่อชั่วโมง

ตารางที่ 2.2 การวิเคราะห์การเกิดแถวคอยจากตัวอย่างในตาราง 2.1

ช่วงเวลา	ยวดยานที่วิ่งเข้าสู่ระบบ (คัน)	ยวดยานที่วิ่งออกจากระบบ (คัน)	ขนาดของแถวคอย ณ จุดสิ้นสุดของช่วงเวลา (คัน)
5:00-5:15 PM	1,000	1,050	0
5:15-5:30 PM	1,100	1,050	0 + 1,100 – 1,050 = 50
5:30-5:45 PM	1,200	1,050	50 + 1,200 – 1,050 = 200
5:45-6:00 PM	900	1,050	200 + 900 – 1,050 = 50

(**ที่มา:** สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. (2553?). *Traffic engineering*: 3.)

ช่วงเวลาย่อย จะได้ปริมาณจราจรสูงสุดที่ถนนช่วงนี้สามารถรองรับได้ในแต่ละช่วงเวลา 15 นาที เท่ากับ 4,200/4 เท่ากับ 1,050 คันต่อชั่วโมง นั่นคือ ถนนช่วงนี้มีความสามารถรองรับและระบายยวดยานออกจากระบบได้เท่ากับ 1,050 คันต่อชั่วโมง ในช่วงเวลาย่อย 15 นาที ซึ่งเป็นค่าคงที่ ขณะที่ความต้องการใช้ถนนของยวดยานที่วิ่งเข้ามาในระบบนั้น มีค่าที่แปรผันไปตามช่วงเวลา ด้วยเหตุนี้ เมื่อ

พิจารณาจากตารางที่ 2.2 พบว่า จะเกิดแถวคอยขึ้นเท่ากับ 50 200 และ 50 คัน ในช่วงเวลา 5:15-5:30 PM 5:30-5:45 PM และ 5:45-6:00 PM ตามลำดับ

2.1.1.1 การคำนวณหาค่าตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (Peak hour factor, *PHF*)

การหาค่าตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด สามารถใช้ข้อมูลในตารางที่ 2.1 มาคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$PHF = \frac{Hourly\ volume}{Max.rate\ of\ flow} \tag{2.1}$$

สำหรับช่วงเวลามาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ 15 นาที จะได้

$$PHF = \frac{V}{4 \times V_{m15}} \tag{2.2}$$

โดยที่ V = ปริมาณจราจรรายชั่วโมง (Hourly volume) หน่วย คัน (veh)

V_{m15} = ปริมาณจราจรสูงสุดที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาย่อย 15 นาที ใดๆ ภายในชั่วโมงที่สำรวจข้อมูล หน่วย คัน (veh)

ดังนั้น จากตัวอย่างในตารางที่ 2.1 จะได้

$$PHF = \frac{4{,}200}{4 \times 1{,}200} = 0.875 \tag{2.3}$$

ในกรณีที่ทราบค่า PHF และปริมาณจราจรรายชั่วโมง เราสามารถประมาณค่าปริมาณจราจรสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นได้ในช่วงเวลาย่อย 15 นาที ใดๆ ในชั่วโมงที่เราทำการสำรวจข้อมูลได้จากสมการต่อไปนี้

$$v = \frac{V}{PHF} \tag{2.4}$$

โดยที่ v = ค่าประมาณของปริมาณจราจรสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นได้ในช่วงเวลาย่อย 15 นาที ใดๆ ในชั่วโมงที่ทำการสำรวจข้อมูลหน่วยคันต่อชั่วโมง (veh/h)

V = ปริมาณจราจรรายชั่วโมง (Hourly volume) หน่วย คันต่อชั่วโมง (veh/h)

ค่า PHF สามารถนำไปใช้ในการออกแบบสัญญาณไฟจราจร และวิเคราะห์ความสามารถในการรองรับปริมาณจราจรของทางแยกและถนน ค่า PHF สูงสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ เท่ากับ 1.00 ซึ่งจะเกิดขึ้นในกรณีที่มีปริมาณจราจรคงที่ในทุกช่วงเวลา โดยทั่วไป PHF จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.70

2.1.1.2 การคำนวณปริมาณจราจรรายวัน

โดยทั่วไป ปริมาณจราจรรายวันจะพิจารณาเป็นค่ารวมตลอดทั้งช่วงถนนที่ศึกษา จะไม่จำแนกตามทิศทาง หรือช่องจราจร ตัวอย่างการคำนวณปริมาณจราจรรายวัน ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณจราจรรายวัน

1. เดือน	2. จำนวนวันในช่วงสัปดาห์ของแต่ละเดือน (วัน)	3. จำนวนวันทั้งหมดของแต่ละเดือน (วัน)	4. จำนวนยวดยานทั้งหมดที่นับได้ในแต่ละเดือน (คัน)	5. จำนวนยวดยานทั้งหมดที่นับได้ในวันระหว่างสัปดาห์ของแต่ละเดือน (คัน)	6. AWT (5/2) (คันต่อวัน)	7. ADT (4/3) (คันต่อวัน)
มกราคม	22	31	425,000	208,000	9,455	13,710
กุมภาพันธ์	20	28	410,000	220,000	11,000	14,643
มีนาคม	22	31	385,000	185,000	8,409	12,419
เมษายน	22	30	400,000	200,000	9,091	13,333
พฤษภาคม	21	31	450,000	215,000	10,238	14,516
มิถุนายน	22	30	500,000	230,000	10,455	16,667
กรกฎาคม	23	31	580,000	260,000	11,304	18,710
สิงหาคม	21	31	570,000	260,000	12,381	18,387
กันยายน	22	30	490,000	205,000	9,318	16,333
ตุลาคม	22	31	420,000	190,000	8,636	13,548
พฤศจิกายน	21	30	415,000	200,000	9,524	13,833
ธันวาคม	22	31	400,000	210,000	9,545	12,903
รวม	260	365	5,445,000	2,583,000	-	-

(**ที่มา:** สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. (2553?). *Traffic engineering*: 5.)

จากตารางที่ 2.3 จะได้

$$AADT = 5{,}445{,}000/365 = 14{,}918 \text{ คันต่อวัน}$$

$$AAWT = 2{,}583{,}000/260 = 9{,}935 \text{ คันต่อวัน}$$

ในการออกแบบ ค่าปริมาณจราจรสูงสุดรายชั่วโมง (Peak-hour volumes) สามารถประมาณได้จากค่า *AADT* โดยจะพิจารณาทิศทางที่เกิดปริมาณจราจรสูงสุด ค่าดังกล่าวได้แก่ ปริมาณจราจรรายชั่วโมงสำหรับออกแบบจำแนกทิศทาง (Directional design hour volume, *DDHV*) ซึ่งสามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$DDHV = AADT \times K \times D \qquad (2.5)$$

โดยที่ K = ค่าสัดส่วนของปริมาณจราจรรายวันที่เกิดขึ้นในชั่วโมงที่มีปริมาณจราจรสูงสุด

D = ค่าสัดส่วนของปริมาณจราจรในชั่วโมงที่มีปริมาณจราจรสูงสุดที่เดินทางในทิศทางที่มีปริมาณจราจรสูงสุดเกิดขึ้นค่าของ *K* และ *D* แปรผันตามลักษณะของพื้นที่ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ประเภทถนนและค่า K-factor, D-factor

ประเภทถนน	ช่วงของค่า	
	K-factor	*D*-factor
ถนนชนบท	0.15-0.25	0.65-0.80
ถนนชานเมือง	0.12-0.15	0.55-0.65
ถนนในเมือง		
- ถนนตามแนวรัศมี	0.07-0.12	0.55-0.60
- ถนนตามเส้นรอบวง	0.07-0.12	0.50-0.55

(**ที่มา:** สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. (2553?). *Traffic engineering*: 6.)

สมมติว่าในการออกแบบทางหลวงชนบทเส้นทางหนึ่ง จากการสำรวจข้อมูลวิเคราะห์ได้ค่าคาดการณ์ของ *AADT* ในอีก 20 ปี ข้างหน้า เท่ากับ 30,000 คันต่อวัน จากตารางที่ 4.4 สามารถหาช่วงวงของค่า *DDHV* ที่ใช้ในการออกแบบได้จากช่วงของค่า *K* และ *D* ดังนี้

$$\mathrm{DDHV_{LOW}} = 30{,}000 \times 0.15 \times 0.65 = 2{,}925 \quad \text{คันต่อชั่วโมง}$$

$$\mathrm{DDHV_{HIGH}} = 30{,}000 \times 0.25 \times 0.85 = 6{,}000 \quad \text{คันต่อชั่วโมง}$$

2.1.2 ความเร็วและเวลาในการเดินทาง (Speed and Travel time)

โดยนิยามแล้ว ความเร็ว คือ อัตราการเคลื่อนที่ในหน่วยระยะทางต่อเวลา หรือคือส่วนกลับของเวลาที่ยวดยานใช้ในการเคลื่อนที่ในระยะทางที่กำหนด คูณด้วยระยะทางนั้น โดยสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$S = \frac{d}{t} \tag{2.6}$$

โดยที่ s = ความเร็ว หน่วย ไมล์ต่อชั่วโมง (mph) กิโลเมตรต่อชั่วโมง (km/h) หรือฟุตต่อวินาที (fps)

d = ระยะทางที่เดินทางได้ หน่วย ไมล์ (mi) กิโลเมตร (km) หรือ ฟุต (f)

t = เวลาที่ใช้ในการเดินทาง หน่วย ชั่วโมง (h) หรือ วินาที (s)

ในกระแสจราจร ยวดยานแต่ละคันจะวิ่งด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน การอธิบายคุณสมบัติความเร็วของกระแสจราจรจึงใช้ลักษณะการกระจายตัวของความเร็วของยวดยานในกระแจราจรในการอธิบายคุณสมบัติดังกล่าว และจำเป็นต้องใช้ค่าความเร็วเฉลี่ยเป็นตัวแทนความเร็วของยวดยานทั้งหมดในกระแสจราจร สำหรับอธิบายลักษณะของกระแสจราจรนั้น

2.1.2.1 Time mean speed และ Space mean speed

ความเร็วเฉลี่ยสามารถคำนวณหาได้ 2 วิธี และให้ค่าที่แตกต่างกัน ได้แก่ Time mean speed (*TMS*) คือ ค่าเฉลี่ยความเร็วของยวดยานทั้งหมดที่วิ่งผ่านตำแหน่งใดๆ บนถนนหรือช่องจราจรในช่วงเวลาที่กำหนด สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$TMS = \frac{\sum_i \frac{d}{t_i}}{n} \tag{2.7}$$

Space mean speed (*SMS*) คือ ค่าเฉลี่ยความเร็วของยวดยานทั้งหมดที่ครอบครองช่วงถนนที่พิจารณาในช่วงเวลาที่กำหนด สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$SMS = \frac{d}{\frac{\sum_i t_i}{n}} = \frac{nd}{\sum_i t_i} \tag{2.8}$$

โดยที่ n = จำนวนข้อมูลเวลาในการเดินทางที่สังเกตได้

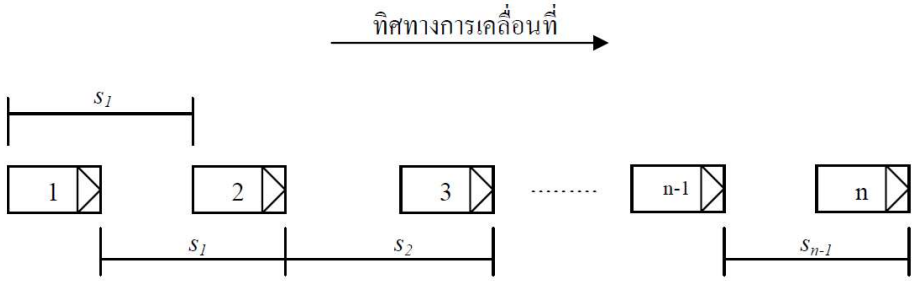
d = ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ หน่วย ไมล์ (mi) กิโลเมตร (km) หรือ ฟุต (f)

t_i = เวลาที่ใช้ในการเดินทางของยวดยานคันที่ *i* หน่วย ชั่วโมง (h) หรือวินาที (s)

จากหลักคณิตศาสตร์ *TMS* เป็นการหาค่าเฉลี่ยในลักษณะของค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic mean) และ *SMS* เป็นการหาค่าเฉลี่ยในลักษณะค่าเฉลี่ยฮาโมนิค (Harmonic mean) ในการวิเคราะห์ด้านวิศวกรรมจราจรส่วนมากจะใช้ค่า *SMS* เป็นหลัก

2.1.3 ระยะห่างและช่วงห่าง (Spacing and Headway)

ปริมาณจราจร ความเร็ว และความหนาแน่น เป็นค่าที่ใช้อธิบายกระแสจราจรในลักษณะมหภาค (Macroscopic descriptors) การอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของยวดยานที่ย่อยลงมาระดับรถแต่ละคันที่วิ่งอยู่ในกระแสจราจร หรือในระดับจุลภาค (Microscopic descriptors) นั้นจะใช้ระยะห่าง (Spacing) และช่วงห่าง (Headway) ในการอธิบายลักษณะของกระแสจราจร



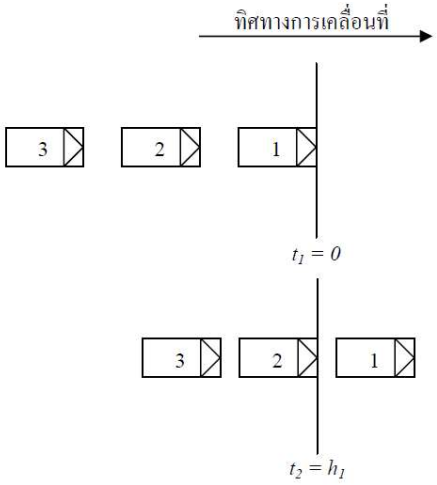
รูปที่ 2.1 ระยะห่างระหว่างยวดยานที่วิ่งตามกันในกระแสจราจร
(**ที่มา:** สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. (2553?). *Traffic engineering*: 11.)

ระยะห่าง (Spacing) คือ ระยะระหว่างยวดยาน (ส่วนมาก ได้แก่ รถยนต์) ที่วิ่งติดกันมาในกระแสจราจร โดยวัดจากตำแหน่งอ้างอิงที่แน่นอนบนตัวรถคันหนึ่งถึงตำแหน่งเดียวกันบนตัวรถคันถัดไปที่วิ่งตามกันมา อาทิ จากกันชนหน้าถึงกันชนหน้า กันชนท้ายถึงกันชนท้าย หรือเพลาหน้าถึงเพลาหน้าเป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ค่าเฉลี่ยของระยะห่างในแต่ละช่องจราจรสามารถคำนวณได้โดยตรงจากความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$S_a = \frac{5{,}280}{k} \quad \text{หรือ} \quad S_a = \frac{1}{k} \tag{2.9}$$

โดยที่ S_a = ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างยวดยานในแต่ละช่องจราจร หน่วย ฟุต (ft)

k = ความหนาแน่นกระแสจราจร หน่วย คันต่อไมล์ต่อช่องจราจร (veh/mi/ln)



รูปที่ 2.2 ช่วงห่างระหว่างยวดยานที่วิ่งตามกันในกระแสจราจร
(**ที่มา:** สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. (2553?). *Traffic engineering*: 11.)

ช่วงห่าง (Headway) คือ ระยะห่างของช่วงเวลาระหว่างยวดยานที่วิ่งติดกันมาซึ่งผ่านตำแหน่งหรือแนวอ้างอิงที่กำหนดไว้บนถนนหรือช่องจราจร โดยสังเกตจากเวลาที่ตำแหน่งอ้างอิงบนตัวรถคันหนึ่งวิ่งผ่านจุดที่กำหนดไว้ ถึงเวลาที่ตำแหน่งอ้างอิงเดียวกันบนรถคันถัดไปที่วิ่งตามกันมาผ่านจุดที่กำหนดนั้นเช่นกัน ตำแหน่งบนตัวรถที่นิยมใช้ในการอ้างอิง อาทิ กันชนหน้า กันชนท้าย หรือเพลาหน้า เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.2 พบว่า ช่วงห่างระหว่างรถคันที่ 1 และคันที่ 2 มีค่าเท่ากับ *h1* ค่าเฉลี่ยของช่วงห่างในแต่ละช่องจราจรสามารถคำนวณได้โดยตรงจากความสัมพันธ์ต่อไปนี้

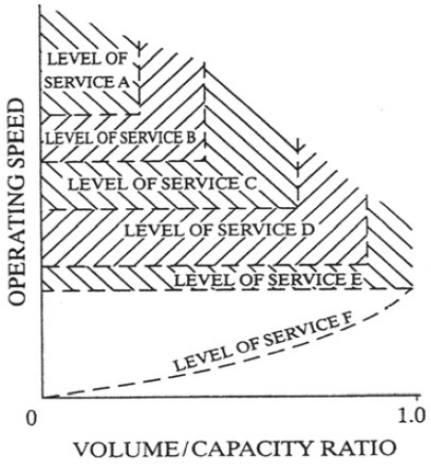
$$\mathbf{h_a} = \frac{3{,}600}{\mathbf{q}} \quad \text{หรือ} \quad \mathbf{h_a} = \frac{1}{\mathbf{q}} \tag{2.10}$$

โดยที่ $\mathbf{h_a}$ = ช่วงห่างเฉลี่ยระหว่างยวดยานในแต่ละช่องจราจร หน่วย วินาที (s)

$\mathbf{q}$ = อัตราการไหลของกระแสจราจร หน่วย คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร (veh/h/ln)

2.1.4 ระดับการให้บริการ (Level of service, LOS)

ระดับการให้บริการ เป็นค่าสัดส่วนระหว่างปริมาณจราจรต่อความสามารถรองรับปริมาณจราจร (Volume/capacity or v/c ratio) ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แผนภาพจำแนกระดับการให้บริการ
(**ที่มา:** สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. (2553?). *Traffic engineering*: 19.)

พื้นที่ภายในขอบเขตเส้นกราฟ จะถูกแบ่งออกเป็น 6 พื้นที่ย่อย แทนขอบเขตของระดับการให้บริการจาก A ถึง F โดยมีคำอธิบายของระดับการให้บริการแต่ละชั้น ดังนี้

2.1.4.1 ระดับการให้บริการ A (Level of service A)

ระดับการให้บริการที่ยวดยานสามารถเคลื่อนที่ได้โดยอิสระ ด้วยความเร็วอิสระ (Free-flow speed) นั่นคือผู้ขับขี่ยวดยานสามารถเลือกความเร็วในการสัญจรได้โดยอิสระโดยไม่ได้รับอิทธิพลจากยวดยานคันอื่นในกระแสจราจร การสัญจรของยวดยานจะไม่ได้ถูกรบกวนจากยวดยานคันอื่น แม้ในสภาพการจราจรที่มีความหนาแน่นสูงสุดของระดับการให้บริการ A ระยะห่างเฉลี่ยระหว่าง ยวดยานจะมีค่าประมาณ 167 เมตร (550 ฟุต) หรือเทียบเท่ากับความยาวโดยประมาณของรถยนต์ 27 คัน เป็นระดับการให้บริการที่ทำให้เกิดความสบายในการขับขี่มากที่สุด อุบัติเหตุและสภาพถนน ที่เป็นอุปสรรคต่อการขับขี่จะไม่ส่งผลกระทบมากนักที่ระดับการให้บริการนี้

2.1.4.2 ระดับการให้บริการ B (Level of service B)

ยังเป็นระดับการให้บริการที่ยวดยานสามารถเคลื่อนที่ได้โดยอิสระ และยังสามารถเลือกใช้ความเร็วในการสัญจรได้โดยอิสระ ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างยวดยานจะมีค่าประมาณ 100 เมตร (330ฟุต) หรือเทียบได้กับความยาวของรถยนต์ 16 คัน การเปลี่ยนช่องจราจรอาจถูกจำกัดบ้างเพียงเล็กน้อย โดยรวมแล้วยังคงเป็นระดับการให้บริการที่ทำให้เกิดความสบายในการขับขี่ เช่นเดียวกับระดับการให้บริการ A อุบัติเหตุและสภาพถนนที่เป็นอุปสรรคต่อการขับขี่จะไม่ส่งกระทบต่อสภาพการจราจรมากนักที่ระดับการให้บริการนี้

2.1.4.3 ระดับการให้บริการ C (Level of service C)

เป็นระดับการให้บริการที่สามารถใช้ความเร็วในการสัญจรได้ใกล้เคียงความเร็วอิสระ ความมีอิสระในการสัญจรจะถูกจำกัดมากขึ้น ผู้ขับขี่ต้องให้ความระมัดระวังขณะเปลี่ยนช่องจราจรมากขึ้น ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างยวดยานมีค่าประมาณ 67 เมตร (220 ฟุต) หรือเทียบได้กับความยาวของรถยนต์ 11 คัน อุบัติเหตุบนท้องถนนยังไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพการจราจรมากนัก แต่สภาพถนนที่เป็นอุปสรรคต่อการขับขี่อาจเริ่มส่งผลกระทบมากขึ้น และอาจทำให้เกิดแถวคอยหรือรถติดได้ในตำแหน่งที่สภาพถนนเป็นอุปสรรคต่อการสัญจรอย่างมีนัยสำคัญ

2.1.4.4 ระดับการให้บริการ D (Level of service D)

เป็นระดับการให้บริการที่ความเร็วในการสัญจรเริ่มลดลงเล็กน้อย ขณะที่ปริมาณจราจรและความหนาแน่นเริ่มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ความมีอิสระในการสัญจรในกระแสจราจรถูกจำกัดมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ทำให้ความสบายในการขับขี่ลดลงและเกิดความเครียดในการขับขี่เพิ่มขึ้น อุบัติเหตุเพียงเล็กน้อยก็ทำให้เกิดการจราจรติดขัดขึ้นได้ที่ระดับการให้บริการนี้ เพราะมีพื้นที่ในการสัญจรและใช้ในการหลบหลีกลดลง ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างยวดยานเท่ากับ 50 เมตร (160 ฟุต) หรือเทียบได้กับความยาวของรถยนต์ 8 คัน

2.1.4.5 ระดับการให้บริการ E (Level of service E)

เป็นระดับการให้บริการที่ระดับสูงสุดที่ถนนจะสามารถรองรับปริมาณจราจรได้ การสัญจรเป็นได้ด้วยความยากลำบาก ช่วงห่างระหว่างยวดยานไม่แน่นอน โดยประมาณแล้วเทียบได้กับความยาวของรถยนต์ 6 คัน ทำให้มีพื้นที่ในการสัญจรและเปลี่ยนช่องจราจรน้อยลง ยังคงใช้ความเร็วได้มากกว่า 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (50 ไมล์ต่อชั่วโมง) การขัดกระแสจราจรเพียงเล็กน้อยไม่ว่าจะเป็น การเปลี่ยนช่องจราจร หรือการที่รถวิ่งออกจากทางเชื่อมเข้ามาในกระแสจราจรหลักฯลฯ สามารถทำให้เกิดกระแสการจราจรติดขัด (Shockwave) ย้อนกลับไปยังกระแสจราจรต้นทางได้ ที่ระดับการจราจรสูงสุดนี้ ถ้ามีอุบัติเหตุเกิดขึ้นแม้เพียงเล็กน้อย ก็สามารถทำให้เกิดการจราจรติดขัดอย่างรุนแรงได้ เนื่องจากไม่มีพื้นที่เพียงพอสำหรับระบายการจราจร และเป็นสภาพการจราจรที่ส่งผลให้เกิดความอึดอัดและความเครียดต่อผู้ขับขี่เป็นอย่างมาก

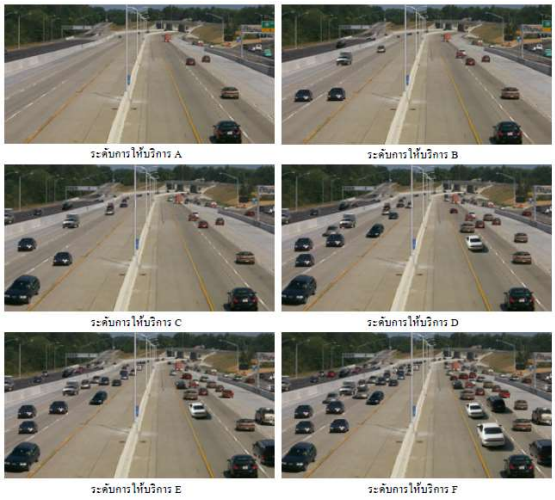
2.1.4.6 ระดับการให้บริการ F (Level of service F)

เป็นระดับการให้บริการที่เกิดสภาพการจราจรติดขัดของกระแสจราจร ซึ่งโดยทั่วไปจะสังเกตได้จากแถวคอยที่เกิดขึ้นด้านหลังจุดที่เกิดการติดขัด การติดขัดของกระแสจราจรเกิดจากสาเหตุหลักดังนี้

(1) อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นชั่วขณะ ส่งผลให้ถนนช่วงที่เกิดอุบัติเหตุนั้นมีความสามารถในการรองรับปริมาณจราจรลดลง นั่นคือจำนวนรถยนต์ที่วิ่งเข้ามามากกว่าจำนวนรถยนต์ที่ถูกระบายออกไปจากจุดดังกล่าว

(2) มีปริมาณจราจรวิ่งเข้าสู่ตำแหน่งที่เกิดการขัดแย้งกันของกระแสจราจร อาทิ ตำแหน่งที่กระแสจราจรรวมเข้าด้วยกัน (Merging) ตัดกัน (Weaving) หรือตำแหน่งที่จำนวนช่องจราจรลดลง (Lane drop) ฯลฯ มากกว่าปริมาณจราจรที่วิ่งออกจากตำแหน่งนั้น

(3) การคาดการณ์ปริมาณจราจรที่ผิดพลาดทำให้ปริมาณจราจรสูงสุดในชั่วโมง (Peak-hour flow rate) สูงเกินกว่าความสามารถรองรับปริมาณจราจรของถนน



รูปที่ 2.4 สภาพการจราจรที่ระดับการให้บริการ A ถึง F
(**ที่มา:** สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. (2553?). *Traffic engineering*: 20.)

2.1.5 การสำรวจปริมาณจราจร

การสำรวจจราจรในบริเวณที่ต้องการทราบค่าแบ่งเป็น 2 บริเวณที่สำรวจคือ กลางถนนและบริเวณแยก โดยการสำรวจทางแยกมีจุดประสงค์ต้องการทราบถึงปริมาณการจราจรที่เข้ามาทางแยกนั้น ทิศทางที่ยวดยานเคลื่อนที่ ปริมาณการจราจร โดยจะนำไปออกแบบทางแยก วิเคราะห์ความจุ ออกแบบสัญญาณไฟรูปการนำเสนอนั้นจะแสดงในรูปของตาราง PCU (passenger car unit) โดยทั่วไปการสำรวจปริมาณจราจรสามารถดำเนินการได้ 3 แนวทาง ได้แก่

1) การนับโดยใช้พนักงานเก็บข้อมูล (Manual counting methods)
2) เครื่องนับเชิงกลแบบเคลื่อนย้ายได้ (Portable mechanical counters)
3) เครื่องนับติดตั้งถาวร (Permanent counters)

ตาราง 2.5 ค่า Passenger Car Unit (Hobbs, F.D., Planning and Engineering)

ประเภทของรถ	ค่า PCU			
	ถนนในเมือง	ถนนนอกเมือง	วงเวียน	ทางแยกสัญญาณไฟ
รถยนต์ 4 ล้อ	1.00	1.00	1.00	1.00
รถมอเตอร์ไซค์	0.75	1.00	0.75	0.33
รถบรรทุกขนาดกลาง ถึงใหญ่	2.00	3.00	2.80	1.75
รถประจำทาง	3.00	3.00	2.80	2.25

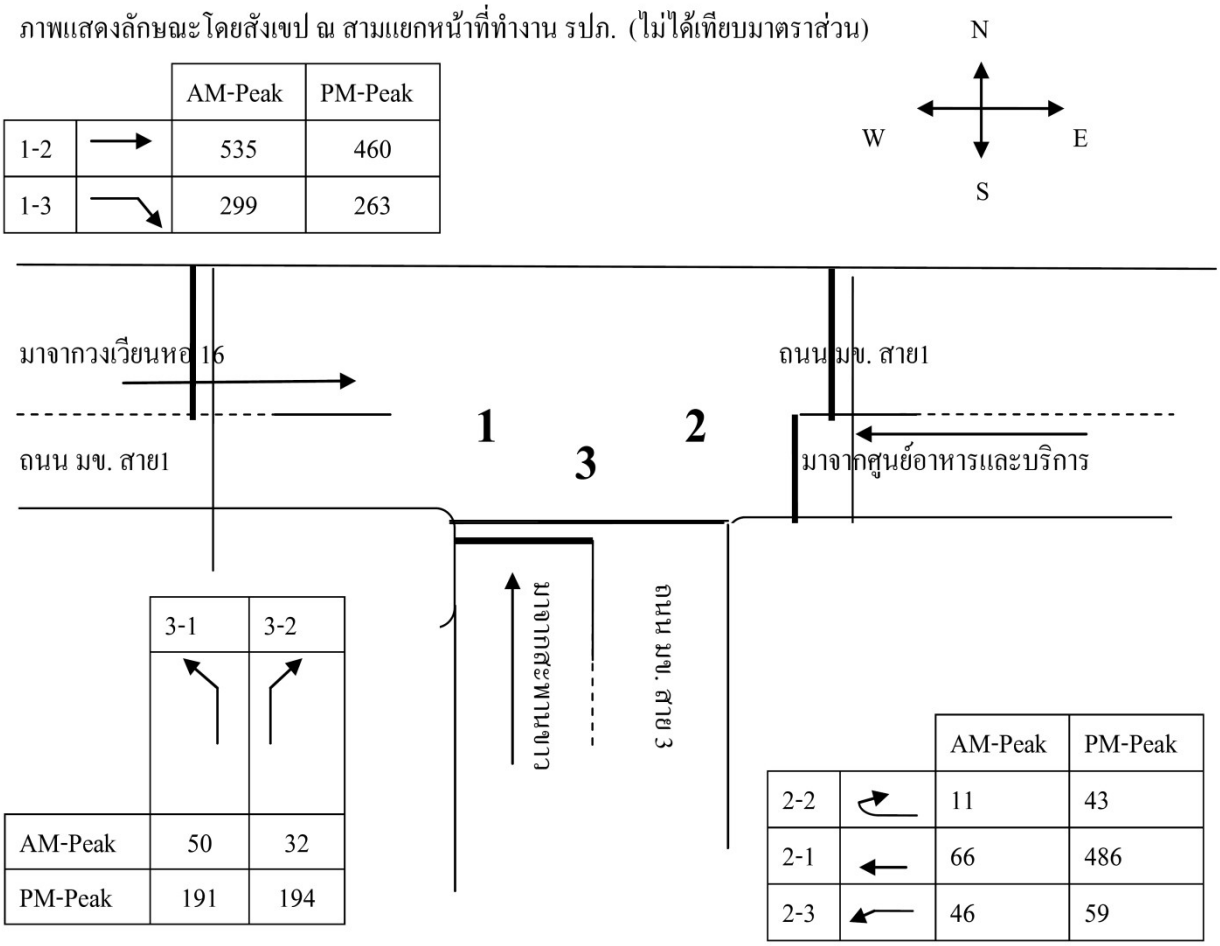
(**ที่มา:** ณัฐวัฒน์ พันธ์เพ็ง; รัชภูมิ สังฆกาโร; และ วิษุวัติ แก้วไกรสร. (2554). *การศึกษาปริมาณจราจรบริเวณสองทางแยกภายในม.ขอนแก่น*: 16.)

2.1.5.1 การนับโดยใช้พนักงานเก็บข้อมูล (Manual counting methods)

การสำรวจปริมาณจราจรด้วยวิธีการที่เรียกกันโดยทั่วไปว่าการนับรถนั้น หลายกรณีเป็นต้องใช้การนับด้วยแรงงานมนุษย์ เนื่องจากในบางกรณี การสำรวจปริมาณ จราจรที่ใช้เวลาในการสำรวจน้อยกว่า 8 หรือ 10 ชั่วโมงนั้น ในกรณีดังกล่าว การนำอุปกรณ์สำหรับ นับรถแบบติดตั้งถาวร หรือการนำอุปกรณ์นับรถแบบเคลื่อนย้ายได้มาใช้นั้นอาจไม่สะดวกในการดำเนินงานและไม่คุ้มค่ากับค่าใช้จ่ายที่เสียไป ด้วยเหตุนี้ แทนการใช้อุปกรณ์ดังกล่าวการนับรถโดยใช้พนักงานจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมเนื่องจากความสะดวกรวดเร็ว และไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่ยุ่งยากซับซ้อนอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการสำรวจข้อมูล ได้แก่ แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลจำนวนยวดยานแบบแยกประเภท และอาจใช้อุปกรณ์เสริม ได้แก่ เครื่องนับจำนวนสะสม (Accumulating handcounters) ดังแสดงในรูปที่ 2.5 และ 2.6 ตามลำดับ และรูปที่ 2.7 เป็นตัวอย่างของเครื่องนับด้วยพนักงานสำหรับเก็บข้อมูลปริมาณจราจรบริเวณทางแยก

ประเภทยวดยาน / ช่วงเวลา	รถยนต์ส่วนบุคคล	รถจักรยานยนต์	รถโดยสารประจำทาง	รถตู้	รถแท็กซี่	รถบรรทุก
08.00 – 08.15	𝍸 𝍸	𝍸 |||				
08.15 – 08.30						
08.30 – 08.45						
08.45 – 09.00						
09.00 – 09.15						
09.15 – 09.30						
09.30 – 09.45						
09.45 – 10.00						
รวม						

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างแบบฟอร์มสำหรับบันทึกจำนวนยวดยานในการนับรถด้วยพนักงาน
(**ที่มา:** ณัฐวัฒน์ พันธ์เพ็ง; รัชภูมิ สังฆกาโร; และ วิษุวัติ แก้วไกรสร. (2554). *การศึกษาปริมาณจราจรบริเวณสองทางแยกภายในม.ขอนแก่น*: 23.)



		AM-Peak	PM-Peak
1-2	→	535	460
1-3	↘	299	263

	3-1	3-2
	↖	↗
AM-Peak	50	32
PM-Peak	191	194

		AM-Peak	PM-Peak
2-2	↱	11	43
2-1	←	66	486
2-3	↙	46	59

ความยาวรอบสัญญาณไฟเท่ากับ 68 วินาที

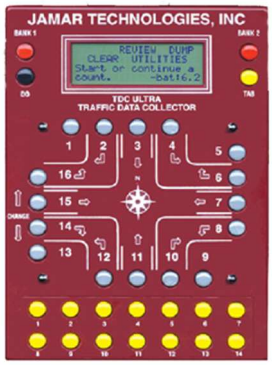
เฟส	A	B	C
เขียว	18	15	20
เหลือง	3	3	3
แดงทุกเฟส	2	2	2

Legend:	
2-1	Movement
↗	Direction
100	Vehicle (PCU)
AM-Peak	08:00 – 09:00
PM-Peak	16:00 – 17:00

รูปที่ 2.6 ตัวอย่างการบันทึกจำนวนยวดยานบริเวณทางแยก ถนนสายมหาวิทยาลัยขอนแก่น (**ที่มา:** ณัฐวัฒน์ พันธ์เพ็ง; รัชภูมิ สังฆกาโร; และ วิษุวัติ แก้วไกรสร. (2554). *การศึกษาปริมาณจราจรบริเวณสองทางแยกภายในม.ขอนแก่น*: 55.)

โดยการสำรวจปริมาณการจราจรผู้บันทึกจะต้องทำการแยกประเภทของยวดยานซึ่งอาจแบ่งโดยง่ายเป็น 5 ประเภทคือ พาหนะ 2 ล้อ (รถจักรยานยนต์ รถจักรยาน) พาหนะ 3ล้อ พาหนะ 4 ล้อ (รถกระบะ รถยนต์) พาหนะ 6ล้อ (รถบรรทุก) และพาหนะ 10 ล้อขึ้นไป (รถบรรทุกใหญ่ รถพ่วง) ซึ่งการสำรวจมักจะกำหนดช่วงเวลาที่เร่งด่วนมีการจราจรติดขัดมาก เช่น ในช่วงเช้า และช่วงเย็น

รูปที่ 2.7 เครื่องนับจ้านวนสะสม (Accumulating hand counters)
(**ที่มา**: https://www.tarad.com/product/5847784)



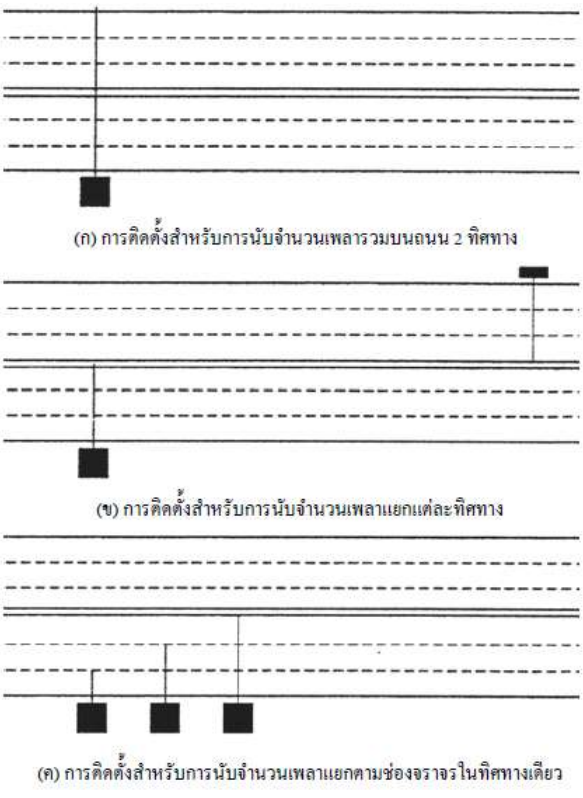
รูปที่ 2.8 เครื่องนับยวดยานบริเวณทางแยก
(**ที่มา**: http://www.northlinecanada.com/Counters.aspx)

2.1.5.2 อุปกรณ์นับเชิงกลแบบเคลื่อนย้ายได้ (Portable mechanical counters)

อุปกรณ์นับรถประเภทนี้ใช้หลักการของการส่งสัญญาณความดัน (Pneumatic pulse) ซึ่งเกิดจากการที่ยวดยานวิ่งผ่านท่อยางที่วางพาดตามความกว้างของช่องจราจร (Pneumatic road tube) ความดันที่เกิดขึ้นจะถูกส่งจากท่อผ่านไปยังเครื่องนับแบบสะสม (Accumulating counters) ซึ่งจะทำการบันทึกจำนวนครั้งของการวิ่งผ่านท่อของยวดยานในช่วงเวลาที่ทำการสำรวจข้อมูล นอกจากนี้ยังมีเครื่อง

นับแบบรายงานผลด้วยการพิมพ์ (Printed-tape counters) ซึ่งจะทำการพิมพ์จำนวนครั้งของการวิ่งผ่านท่อโดยอัตโนมัติ ทุกช่วงเวลาที่ตั้งค่าไว้ ตัวอย่างเครื่องนับดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 2.7 2.8 และรูปแบบการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อวัตถุประสงค์ในการสำรวจข้อมูลจราจรที่แตกต่างกันดังแสดงในรูปที่ 2.9

รูปที่ 2.9 เครื่องนับแบบท่อความดัน (Pneumatic road tube)
(**ที่มา**: http://around-fct.weebly.com/fieldwork.html)



รูปที่ 2.10 การติดตั้งอุปกรณ์นับรถแบบท่อความดัน
(**ที่มา:** สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. (2553?). *Traffic engineering*: 25.)

2.1.5.3 อุปกรณ์นับติดตั้งถาวร (Permanent counters)

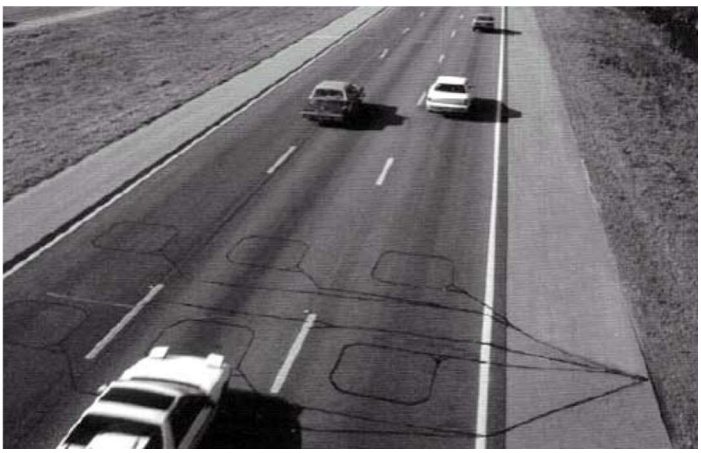
การสำรวจข้อมูลปริมาณจราจรบางประเภท อาทิ การสำรวจปริมาณจราจรระดับจังหวัดและภูมิภาค ฯลฯ จำเป็นต้องดำเนินการสำรวจข้อมูลอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งวัน (24 ชั่วโมง) หรือตลอดทั้งปี (365 วัน) กรณีดังกล่าว ต้องการอุปกรณ์ที่สามารถตรวจสอบปริมาณจราจรได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่ต้องใช้พนักงานในการควบคุมอุปกรณ์ดังกล่าวตลอดเวลา ในกรณีเช่นนี้ เครื่องนับปริมาณจราจรแบบติดตั้งถาวรจะถูกนำมาใช้ ซึ่งจะประกอบด้วยอุปกรณ์ตรวจจับยวดยาน (Detectors) อุปกรณ์บันทึกข้อมูล และอุปกรณ์ประมวลผล ที่ถูกติดตั้งไว้อย่างถาวรบนช่วงถนน

หลักที่จำเป็นต้องใช้การสำรวจข้อมูลในลักษณะดังกล่าว อาทิ บนถนนสายหลัก หรือทางแยกขนาดใหญ่ เป็นต้น อุปกรณ์นับรถแบบติดตั้งถาวร สามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่

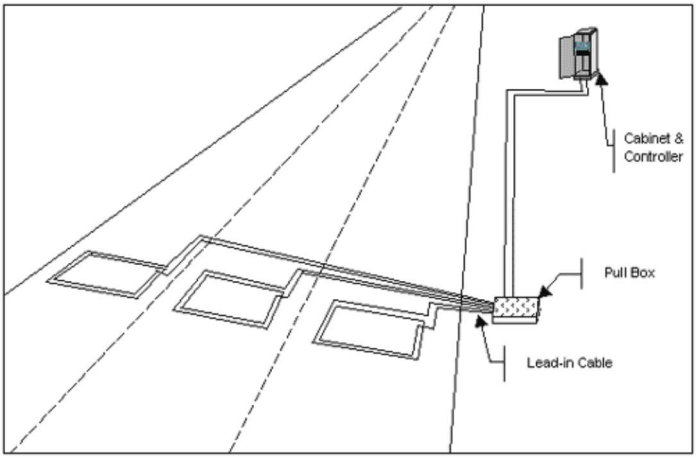
(1) เครื่องตรวจจับแบบแผ่นความดัน (Pressure-plate detector) เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยแผ่นโลหะสองแผ่นประกบกันฝังอยู่ในพื้นผิวจราจร ระหว่างแผ่นโลหะทั้งสองจะมีสปริงและวัสดุรองรับการกระแทกติดตั้งไว้ เมื่อยวดยานวิ่งผ่านผิวจราจรที่มีแผ่นโลหะดังกล่าวฝังอยู่ น้ำหนักยวดยานจะทำให้แผ่นโลหะทั้งสองติดกันชั่วคราวก่อให้เกิดสัญญาที่มีลักษณะเป็นกระแสไฟฟ้าส่งไปยังเครื่องรับเพื่อทำการบันทึกข้อมูลต่อไป

(2) เครื่องตรวจจับแบบคลื่นแม่เหล็ก (Magnetic loop detector) วงรอบที่ทำขึ้นจากลวดจะถูกฝังไว้ในพื้นผิวจราจร วงรอบนี้จะถูกเชื่อมต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นโดยรอบวงรอบนี้ เมื่อมียวดยานวิ่งผ่านพื้นผิวจราจรในบริเวณที่มีวงรอบดังกล่าวฝังอยู่จะมีการรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดขึ้น สัญญาณที่เกิดจากการรบกวนนี้จะถูกส่งไปยังเครื่องรับเพื่อบันทึกเป็นข้อมูลปริมาณจราจรต่อไป

(3) เครื่องตรวจจับแบบคลื่น (Sonic detector) เครื่องรับส่งคลื่นจะถูกติดตั้งบริเวณริมถนนหรือเหนือช่องจราจร คลื่นที่ถูกส่งออกไปเมื่อกระทบกับยวดยานก็จะสะท้อนกลับมายังเครื่องรับ และบันทึกเป็นข้อมูลปริมาณจราจรลักษณะของข้อมูลที่บันทึกโดยอุปกรณ์ทั้งสามประเภทนี้มีความแตกต่างกัน เครื่องตรวจจับแบบแผ่นความดันจะบันทึกข้อมูลเป็นจำนวนเพลาของยวดยานที่วิ่งผ่าน ขณะที่เครื่องตรวจจับแบบคลื่นแม่เหล็ก และเครื่องตรวจจับแบบคลื่น จะบันทึกข้อมูลเป็นจำนวนยวดยานที่วิ่งผ่าน ตัวอย่างของอุปกรณ์ตรวจจับ ดังแสดงในรูปที่ 2.10 และ 2.11



รูปที่ 2.11 เครื่องตรวจจับแบบคลื่นแม่เหล็ก (Magnetic loop detector)
(**ที่มา**: https://ops.fhwa.dot.gov/freewaymgmt/publications/frwy_mgmt_handbook/chapter 15_01.htm)



รูปที่ 2.12 การติดตั้งเครื่องตรวจจับแบบคลื่นแม่เหล็ก
(**ที่มา**: https://ops.fhwa.dot.gov/freewaymgmt/publications/frwy_mgmt_handbook/chapter 15_01.htm)

2.1.6 การสำรวจความเร็ว และเวลาในการเดินทาง

ข้อมูลการจราจรในกลุ่มนี้มีความเกี่ยวเนื่องกัน และสามารถตรวจสอบได้พร้อมๆ กันดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1.6.1 การสำรวจความเร็ว

อุปกรณ์ที่ใช้สำรวจความเร็วยวดยานมีหลายประเภท ได้แก่ นาฬิกาจับเวลาคอมพิวเตอร์แบบพกพา เครื่องตรวจจับแบบคลื่นแม่เหล็ก ปืนเรดาร์ และกล้องวิดีโอ ซึ่งอุปกรณ์แต่ละประเภทจะมี

ความเหมาะสมสำหรับลักษณะงานที่แตกต่างกันไป ในการศึกษาด้านวิศวกรรมจราจร ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับความเร็วที่สำคัญ ได้แก่

(1) ความเร็วที่จุด (Spot speed) คือ ความเร็วที่วัดได้ขณะที่ยวดยานวิ่งผ่านตำแหน่งใดๆบนถนน

(2) Time mean speed (TMS) คือ ค่าเฉลี่ยความเร็วของยวดยานทั้งหมดที่วิ่งผ่านตำแหน่งใดๆบนถนนหรือช่องจราจรในช่วงเวลาที่กำหนด

(3) Space mean speed (SMS) คือ ค่าเฉลี่ยความเร็วของยวดยานทั้งหมดที่ครอบครองช่วงถนนที่พิจารณาในช่วงเวลาที่กำหนด

(4) ความเร็วแนะนำ (Advisory speed) คือ ความเร็วที่แสดงบนป้ายจราจรประเภทป้ายแนะเพื่อแนะนำความเร็วที่เหมาะสมสำหรับการสัญจรบนช่วงถนนนั้นๆ เช่น บริเวณทางโค้ง หรือบริเวณทางลาดชัน เป็นต้นความเร็วของยวดยานสามารถตรวจสอบได้โดยวิธีการพื้นฐานต่อไปนี้

(5) มาตรวัดเรดาร์ (Radar meter) การตรวจจับความเร็วของยวดยานที่กำลังวิ่งผ่านจุดคงที่ใดๆ บนถนนโดยใช้อุปกรณ์เรดาร์ หรืออุปกรณ์ตรวจจับความเร็วอื่นๆ ซึ่งทำให้สามารถวัดค่าความเร็วยวดยานได้โดยตรง

(6) กำหนดช่วงสั้นๆ ขึ้นบนถนนโดยกำหนดแนวอ้างอิงขึ้น 2 แนว ตามความกว้างถนนในตำแหน่งที่ต้องการสำรวจความเร็ว และทำการบันทึกเวลาที่รถแต่ละคันใช้ในการวิ่งบนช่วงถนนนั้น

(7) กำหนดช่วงถนนที่มีความระยะทางพอสมควร จากนั้นบันทึกเวลาในการเดินทางที่ยวดยานใช้ในการเดินทางในช่วงถนนนั้น

(8) ใช้รถทดสอบ (Test-car) วิ่งบนช่วงถนนที่กำหนดไว้ โดยทำการบันทึกเวลาในการเดินทางที่ใช้ในการวิ่งแต่ละรอบ จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณหาความเร็ว

2.1.6.2 การสำรวจเวลาในการเดินทาง เวลาในการเดินทาง (Travel time) คือ เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการสัญจรในช่วงถนนใดๆ หรือจากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทางที่กำหนดไว้

ตารางที่ 2.6 ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการวิ่งรถทดสอบ

รอบที่	เวลาในการเดินทาง (T_n) (นาที)	จำนวนรถที่วิ่งสวน (M_s)	จำนวนรถที่แซง (O_n)	จำนวนรถที่ถูกแซง (P_n)
มุ่งทิศ เหนือ				
1N	2.65	112	1	0
2N	2.70	113	3	2
3N	2.35	119	0	2
4N	3.00	120	2	0
5N	2.42	105	1	1
6N	2.54	100	2	1
รวม	15.66	669	9	6
เฉลี่ย	2.61	111.5	1.5	1.0
รอบที่	เวลาในการเดินทาง (T_s) (นาที)	จำนวนรถที่วิ่งสวน (M_n)	จำนวนรถที่แซง (O_s)	จำนวนรถที่ถูกแซง (P_s)
มุ่งทิศใต้				
1S	2.33	85	2	0
2S	2.30	83	0	2
3S	2.71	77	0	0
4S	2.16	85	1	1
5S	2.54	90	0	2
6S	2.48	84	0	1
รวม	14.52	504	3	6
เฉลี่ย	2.42	84.0	0.5	1.0

(**ที่มา:** สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. (2553?). *Traffic engineering*: 38.)

เมื่อทำการวิ่งรถทดสอบจนได้จำนวนรอบของการสำรวจข้อมูลตามที่ต้องการแล้ว จะนำข้อมูลต่างๆ มาคำนวณเพื่อหาค่าปริมาณจราจร เวลาในการเดินทางเฉลี่ย และ ความเร็วเฉลี่ย ได้จากสมการต่อไปนี้

ปริมาณจราจรต่อชั่วโมง (Hourly volume)

$$v_n = 60\left(\frac{M_s+O_n-P_n}{T_n+T_s}\right) \tag{2.11}$$

เวลาในการเดินทางเฉลี่ย (Average travel time)

$$T_n = T_n - \frac{60(O_n-P_n)}{V_n} \tag{2.12}$$

ความเร็วเฉลี่ย (Space mean speed)

$$S_n = \frac{60d}{T_n} \tag{2.13}$$

โดยที่ v_n = ปริมาณจราจรต่อชั่วโมง ในกรณีที่รถทดสอบมุ่งหน้าสู่ทิศเหนือ

M_s= จำนวนรถที่วิ่งสวนทางบนถนนฝั่งตรงข้ามซึ่งนับได้ในกรณีที่รถทดสอบมุ่งหน้าสู่ทิศใต้

O_n = จำนวนรถที่วิ่งแซงรถทดสอบในกรณีที่รถทดสอบมุ่งหน้าสู่ทิศเหนือ

P_n = จำนวนรถที่ถูกแซงโดยรถทดสอบในกรณีที่รถทดสอบมุ่งหน้าสู่ทิศเหนือ

T_n = เวลาในการเดินทางเฉลี่ยของกระแสจราจรในกรณีที่รถทดสอบมุ่งหน้าสู่ทิศเหนือ หน่วย (นาที)

T_s = เวลาในการเดินทางเฉลี่ยของกระแสจราจรในกรณีที่รถทดสอบมุ่งหน้าสู่ ทิศใต้ หน่วย (นาที)

S_n = ความเร็วเฉลี่ยของกระแสจราจรในกรณีที่รถทดสอบมุ่งหน้าสู่ทิศเหนือหน่วย กิโลเมตรต่อชั่วโมง (km/h) หรือ ไมล์ต่อชั่วโมง (mph)

d = ระยะทางของช่วงถนนที่ใช้ทดสอบ หน่วย กิโลเมตร (km) หรือ ไมล์ (miles)

กำหนดให้ระยะทางระหว่างเส้นอ้างอิง *A-A* ถึง *B-B* มีค่าเท่ากับ 0.75 กิโลเมตรจะได้ปริมาณจราจรในทิศมุ่งหน้าสู่ทิศเหนือและทิศใต้ ดังนี้

กรณีรถทดสอบมุ่งหน้าสู่ทิศเหนือ $V_n = 60\left(\frac{111.5+1.5-1.0}{2.61+2.42}\right) = 1{,}336$ คันต่อชั่วโมง

กรณีรถทดสอบมุ่งหน้าสู่ทิศใต้ $V_n = 60\left(\frac{84.0+0.5-1.0}{2.42+2.61}\right) = 996$ คันต่อชั่วโมง

จากสมการที่ (2.12) จะได้เวลาในการเดินทางเฉลี่ยในทิศมุ่งหน้าสู่ทิศเหนือและทิศใต้ ดังนี้

กรณีรถทดสอบมุ่งหน้าสู่ทิศเหนือ $T_n = 2.61 - \frac{60(1.5-1.0)}{1{,}336} = 2.59$ นาที

กรณีรถทดสอบมุ่งหน้าสู่ทิศใต้ $T_n = 2.42 - \frac{60(0.5-1.0)}{996} = 2.45$ นาที

จากสมการที่ (2.13) จะได้ความเร็วเฉลี่ย (Space mean speed) ในทิศมุ่งหน้าสู่ทิศเหนือและทิศใต้ ดังนี้

กรณีรถทดสอบมุ่งหน้าสู่ทิศเหนือ $S_n = 60\left(\frac{0.75}{2.59}\right) = 17.4$ กิโลเมตรต่อชั่วโมง

กรณีรถทดสอบมุ่งหน้าสู่ทิศใต้ $S_n = 60\left(\frac{0.75}{2.45}\right) = 18.4$ กิโลเมตรต่อชั่วโมง

จากตัวอย่างจะเห็นได้ว่า ถ้าเป็นกรณีที่รถทดสอบวิ่งไปทางทิศใต้ รูปแบบสมการจะยังคงเดิมแต่สัญลักษณ์แสดงทิศทางจะเปลี่ยนเป็นตรงกันข้ามในทุกตำแหน่ง การแทนค่าในสมการจึงควรระมัดระวังในจุดนี้ด้วย

2.1.7 การวิเคราะห์ความล่าช้าในการเดินทางบริเวณสัญญาณไฟจราจร

วัตถุประสงค์หลักในการวิเคราะห์ความจุ คือ ความต้องการทราบจำนวนรถยนต์ที่มากที่สุดที่สามารถผ่านทางแยกสัญญาณไฟจราจร โดยการวิเคราะห์ความจุของทางแยกไฟจราจรต้องพิจารณาดังนี้ คือ

(1) ปริมาณจราจรแยกตามทิศทางและชนิดของยานพาหนะ

(2) สภาพทางเรขาคณิตของทางแยก

(3) ลักษณะของสัญญาณไฟจราจรซึ่งแบ่งได้ดังนี้คือ

1) รอบเวลา คือ ช่วงเวลาทั้งหมดสำหรับแสดงจังหวะสัญญาณไฟจราจรจนครบทุกเฟส

2) เฟส คือ ส่วนของรอบเวลาที่แบ่งให้จราจรในแต่ละส่วนได้รับสิทธิในการเคลื่อนที่

3) สัดส่วนเฟส คือ สัดส่วนไฟเขียวต่อรอบเวลา

4) ค่าเวลาสูญเสีย ช่วงเวลาไฟเขียวที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ โดยจะเป็นช่วงเปลี่ยนเฟสเริ่มเฟส

5) ค่าเหลื่อมเวลา ระยะเวลาไฟเขียวของจังหวะเริ่มต้นของทางแยกที่ติดกัน

6) อัตราอิ่มตัว คือ อัตราการไหลของจราจรที่สามารถผ่านทางแยกได้ในลักษณะแถวคอยต่อกัน

2.1.7.1 การวิเคราะห์ความจุของทางแยก

การวิเคราะห์หาความจุของทางแยกจะพิจารณาจากกลุ่มของช่องจราจรเมื่อได้รับสัญญาณไฟเขียว สามารถเคลื่อนไปพร้อมกัน เรียกรวมกันว่า Lane group โดยความจุสามารถคำนวณได้ดังนี้คือ

$$C_i = S_i\left(\frac{g_i}{C}\right) \qquad 2.14)$$

โดยที่ C_i คือ ความจุกลุ่มจราจร

S_i คือ อัตราการไหลอิ่มตัว

g_i คือ ระยะไฟเขียวที่ใช้ประโยชน์

C คือ ค่ารอบเวลา วินาที

อัตราส่วนระหว่างปริมาณจราจรต่อความจุจะใช้ในการบ่งบอกถึงระดับความอิ่มตัว (Degree of saturation) ของแต่ละกลุ่มจราจร สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$X_i = \frac{V_i}{C_i} = \frac{V_i C}{S_i G_i} \qquad (2.15)$$

โดยที่ X_i คือ ระยะการอิ่มตัวของกลุ่มจราจร

V_i คือ ปริมาณจราจรของกลุ่มจราจร

ในกรณีของทางแยก 2 จังหวะสัญญาณไฟ เช่น ทิศเหนือและใต้ เคลื่อนที่พร้อมกันจะต้องพิจารณากลุ่มเคลื่อนที่นั้นในแต่ละเฟสที่มีความอิ่มตัววิกฤต ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$X_c = \sum \frac{V_i}{X_i}\left(\frac{C}{C-L}\right) \quad 2.16)$$

โดยที่ X_c คือ ความอิ่มตัวของทางแยก

V_i/X_i คือ อัตราส่วนปริมาณการจราจรต่ออัตราการไหลอิ่มตัวของกลุ่มจราจร

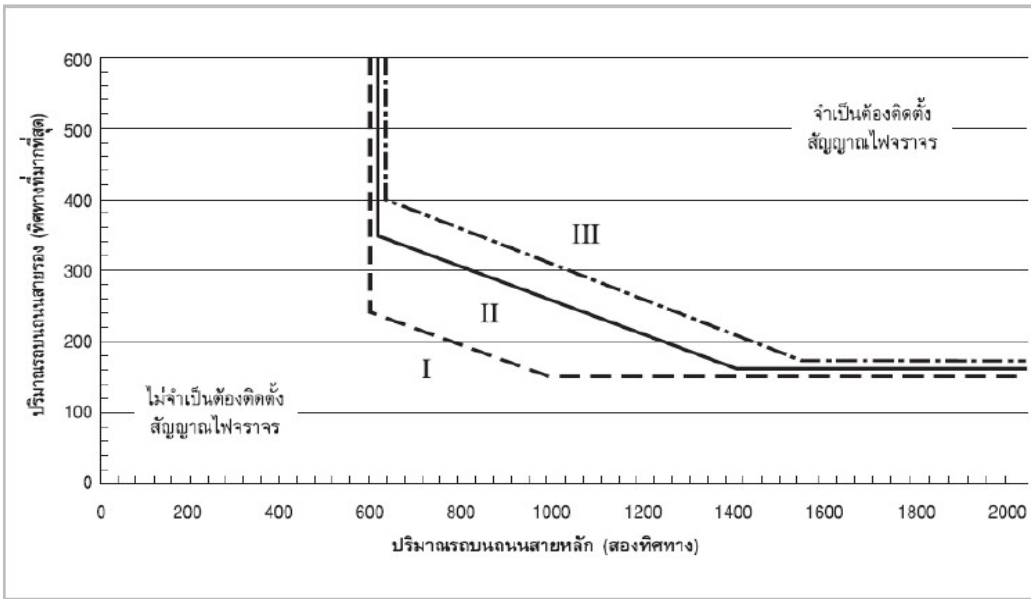
L คือ เวลาการสูญเสีย

C คือ ค่ารอบเวลา

ถ้าค่าระดับความอิ่มตัวน้อยกว่า 1.0 ทางแยกสามารถรองรับปริมาณการจราจรได้ตามเวลาที่ออกแบบของถนนสายนั้น

2.1.7.2 เกณฑ์การควบคุมที่ทางแยก

เป็นการวิเคราะห์รูปแบบทางแยกโดยพิจารณาจากกราฟของปริมาณการจราจรบนถนนสายรองและปริมาณการจราจรบนถนนสายหลัก



รูปที่ 2.13 กราฟปริมาณการจราจรบนถนนสายหลักและสายรองของปริมาณการจราจร

(**ที่มา**: กระทรวงคมนาคม. (2546). *คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร ภาคที่ 1 เล่มที่ 3 (สนข.)*: 12.)

เพื่อการควบคุมทางแยกมีประสิทธิภาพสูงสุดก่อนที่จะพิจารณาติดตั้งสัญญาณควบคุมป้าย สามารถพิจารณาป้ายให้ทางได้ และระดับการควบคุมมี 5 ระดับคือ

1) ควบคุมเพียงติดตั้งป้ายแนะนำหรือป้ายเตือนทางแยก

2) ป้ายให้ทาง

3) ป้ายหยุด

4) วงเวียน

5) สัญญาณไฟจราจร

(1) การควบคุมป้ายแนะนำหรือป้ายเตือนทางแยก

เหมาะแก่ทางแยกที่มีปริมาณการจราจรน้อย ไม่มีปัญหาด้านกระแสจราจร รถทางซ้ายอนุญาตให้รถทางขวาไปก่อน ไม่มีปัญหาด้านจุดขัดแย้ง ระยะมองเห็นเพียงพอ โดยระยะมองเห็นที่เพียงพอนั้น AASTO ได้แนะนำระยะการมองเห็นที่น้อยที่สุด

ตารางที่ 2.7 ระยะการมองเห็นน้อยที่สุด

ความเร็ว (ไมล์ต่อชั่วโมง)	**ระยะการมองเห็นที่น้อยทีสุด (ฟุต)**
15	70
20	90
25	115
30	140
35	165
40	195
45	220
50	245
55	285

(**ที่มา:** ณัฐวัฒน์ พันธ์เพ็ง; รัชภูมิ สังฆกาโร; และ วิษุวัติ แก้วไกรสร. (2554). *การศึกษาปริมาณจราจรบริเวณสองทางแยกภายในม.ขอนแก่น*: 55.)

รูปที่ 2.14 ป้ายให้ทาง

(**ที่มา:** https://car.kapook.com/view63172.html)

(2) ควบคุมโดยใช้ป้ายให้ทาง

การควบคุมการจราจรด้วยความเร็วที่ต่ำ มีปัญหาระยะการมองเห็น หรือใช้ควบคุมทางโทวิ่งเข้าสู่ทางแยกที่มีความเร็วสูง Federal Highway Administration (FHWA) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้แนะนำเกณฑ์การเลือกวิธีควบคุมจราจรโดยใช้ป้ายบอกทางแทนป้ายหยุดได้โดยมีข้อกำหนดดังนี้

1) ติดตั้งก่อนเข้าแยกทางด่วนที่มีความยาวไม่เพียงพอสำหรับเร่งความเร็วหรือแยกที่มองไม่เห็นระยะที่เพียงพอ

2) รถที่วิ่งจากทางโทเข้าสู่ทางเอกที่มีความกว้างของถนนมากกว่า 9 เมตร หรือทางด่วนเพื่อข้ามไปยังฝั่งตรงข้าม ให้ติดตั้งป้ายบริเวณทางโท

3) ทางแยกที่มีปัญหาจราจรเมื่อมีการติดตั้งป้ายให้สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้

4) ควรติดตั้งป้ายให้สำหรับช่องทางเลี้ยงซ้ายซึ่งมีข้อกำหนดการมองเห็น

5) ติดตั้งเพื่อเข้าสู่วงเวียนเพื่อเตือนให้ชะลอความเร็ว

รูปที่ 2.15 ป้ายหยุด

(**ที่มา:** https://car.kapook.com/view63172.html)

(3) ควบคุมโดยใช้ป้ายหยุด

1) ป้ายหยุดแบบสองทิศทาง (Two-way stop control, TWSC)

Highway Capacity Manual (2000) การติดตั้งจะติดตั้งป้ายหยุดเพื่อควบคุมรถที่เข้าสู่ทางแยกจากทางโทเพื่อป้องกันการขัดแย้งของการะแสจราจรที่วิ่งจากทางเอกและป้องกันอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากการตัดกันของกระแสจราจร

2) ป้ายหยุดแบบทุกทิศทาง (All-way stop control, AWSC)

MUTCD (2003) แนะนำการติดตั้งป้ายหยุดทุกทิศทางเพื่อเพิ่มความปลอดภัยสำหรับทางแยกซึ่งมีปริมาณจราจรในแต่ละทิศทางใกล้เคียงกัน เงื่อนไขในการติดตั้งป้ายหยุดมีดังนี้

- ติดตั้งป้ายหยุดระหว่างรอการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร
- เกิดอุบัติเหตุ 5 ครั้งขึ้นไปภายใน 12 เดือน สามารถแก้ไขอุบัติเหตุได้หากติดตั้งป้ายหยุดทุกทิศทาง
- ปริมาณการจราจรจากทางเอกทั้งสองทิศทางโดยเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 300 คันต่อชั่วโมงของ 8 ชั่วโมงใดๆ ในวันปกติ
- ผลรวมของจำนวนยวดยาน คนเดินเท้า และจำนวนผู้ขับขี่จักรยานที่วิ่งเข้าสู่ทางแยกในทางโททั้งสองทิศทางไม่น้อยกว่า 200 หน่วยต่อชั่วโมง ของ 8 ชั่วโมง ใดๆ ในวันปกติ และรถวิ่งเข้าสู่ทางแยกจากทางโทมีความล่าช้าเฉลี่ยของการจราจรไม่น้อยกว่า 30 วินาทีต่อคัน ในช่วงปริมาณสูงสุด
- การจราจรทางโทมีความเร็ว 85 มากกว่า 65 กิโลเมตรต่อชั่วโมงให้ลดเกณฑ์ปริมาณจราจรที่น้อยที่สุดเหลือเพียง 70 จากที่กำหนด

(4) ควบคุมโดยใช้วงเวียน (Roundabout control)

การติดตั้งวงเวียนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพหรือแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากกระแสจราจรที่ทางแยกนั้นได้ดียิ่งขึ้น สามารถลดความล่าช้า มีความปลอดภัยและประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่าการใช้สัญญาณไฟจราจร แก้ปัญหาจราจรทางแยกได้หลายกรณี เช่น ความต่อเนื่องของกระแสจราจร การเกิดอุบัติเหตุที่ทางแยก ความเร็วเมื่อเข้าสู่ทางแยกในเขตชุมชน เป็นต้น

Federal highway administration (2008) ได้จัดทำหนังสือ Roundabout: An informational guide เพื่อนำนำวิธีการเลือกใช้และประเมินความเหมาะสมในการติดตั้งวงเวียนเพื่อใช้ควบคุมกระแสจราจรที่ทางแยก ซึ่งมีลำดับวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1) พื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งมีขนาดเพียงพอต่อการติดตั้งหรือไม่

2) ประเมินจำนวนช่องจราจรภายในวงเวียนที่เหมาะสมต่อความจุปริมาณจราจรที่เข้าสู่วงเวียน

3) การติดตั้งวงเวียนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพหรือแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากกระแสจราจรที่ทางแยกนั้นได้ดียิ่งขึ้น เช่น ความต่อเนื่องของกระแสจราจร ปัญหาการเกิดอุบัติเหตุ ความเร็วเมื่อเข้าสู่ทางแยกในเขตชุมชน เป็นต้น

4) เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของทางเลือกอื่นๆ

5) ประเมินรัศมีวงเวียนที่เพียงพอกับรถที่วิ่งภายในวงเวียนอาจจำเป็นต้องใช้วงเวียนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางค่อนข้างใหญ่ ทำให้ไม่คุ้มค่ากับการลงทุน

6) หากการประเมินช่องว่างที่เพียงพอกับรถที่วิ่งภายในวงเวียน วงเวียนที่ได้มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ใหญ่มากเกินไป มีความเหมาะสมกับพื้นที่ และคุ้มค่าต่อการลงทุน ก็สามารถติดตั้งวงเวียนที่ทางแยกนั้นได้

(5) ควบคุมโดยใช้สัญญาณไฟจราจร (Signalize control)

เป็นลำดับสุดท้ายในการควบคุมการจราจรที่ทางแยก มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับการคุมกับวิธีอื่นๆ หากติดตั้งในทางแยกที่ไม่เหมาะสม อาจทำให้เกิดปัญหาความล่าช้าที่เพิ่มสูงขึ้น การฝ่าฝืนสัญญาณไฟและสิ้นเปลืองโดยไม่จำเป็น ตามมาตรฐาน MUTCD (2003) ประเทศสหรัฐอเมริกา สรุปเกณฑ์การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรไว้ 8 หัวข้อ หากเข้าเกณฑ์ข้อใดข้อหนึ่ง ก็ควรติดตั้งสัญญาณไฟจราจร รายละเอียดของเกณฑ์ต่างๆ สามารถสรุปได้ดังนี้

1) เกณฑ์ปริมาณจราจรใน 8 ชั่วโมง (Eight-hour vehicular volume) เกณฑ์นี้จะพิจารณาจากปริมาณจราจรใน 8 ชั่วโมงใดๆ ของวันให้ค่าจราจรสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ เกณฑ์ที่กล่าวนี้จะลดความเข้มข้นลงเมื่อความเร็วที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 85 ของการจราจรบนสายหลักเกิน 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เกณฑ์นี้หากปริมาณจราจรต่อชั่วโมงแต่ละทิศทางมีมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ สามารถใช้ค่าจากจราจร 100 เปอร์เซ็นต์แทนได้ เกณฑ์ปริมาณจราจรใน 8 ชั่วโมงสามารถแบ่งออกได้ 2 เกณฑ์ย่อย คือ เกณฑ์ปริมาณจราจรต่ำสุด (Minimum vehicular volume) และเกณฑ์ความต่อเนื่องของกระแสจราจร (Interruption of continuous traffic) ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

- เกณฑ์ปริมาณการจราจร (Minimum vehicular volume) พิจารณาจากปริมาณจราจรรายชั่วโมงทั้งบนถนนสายหลักและถนนสายรองที่ได้จากการนับต่อเนื่อง 8 ชั่วโมง ในวันปกติต้องไม่น้อยกว่าค่าที่แนะนำ

- เกณฑ์ความต่อเนื่องของกระแสจราจร (Interruption of continuous traffic) หากปริมาณจราจรบนสายถนนหลักมีปริมาณสูงและยานพาหนะบนถนนสายรองที่ตัดก่อให้เกิดความไม่ต่อเนื่องของกระแสการจราจรบนถนนสายหลัก หรือการจราจรในทางโทต้องรอนานเกินไปกว่าจะ

ผ่านเข้าไปในทางแยกได้ ทำให้เกิดความล่าช้าสูงและอาจเป็นอันตรายต่อรถทั้งสองทิศทาง จึงควรพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟจราจรไม่น้อยกว่าเกณฑ์ปริมาณจราจรทางเอกและทางโท ในแต่ละชั่วโมงต่อเนื่องกันเป็นเวลา 8 ชั่วโมงใดๆ ในวันปกติ

2) เกณฑ์ปริมาณจราจรใน 4 ชั่วโมง (Four-hour vehicular volume) เกณฑ์นี้จะพิจารณาจากปริมาณจราจรใน 4 ชั่วโมงใดๆ ของวัน ให้ค่าปริมาณจราจรสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้สัมพันธ์กับจำนวนช่องจราจรมุ่งเข้าสู่ทางแยกของทางเอกและทางโท สำหรับปริมาณจราจรในทางเอกทั้งสองทิศทางและทางโทในทิศด้านมากเพียงทิศเดียวในแต่ละ 4 ชั่วโมงเดียวกัน

3) เกณฑ์ชั่วโมงเร่งด่วน (Peak hour) พิจารณาเมื่อการจราจรบนถนนสายรองเกิดความ6ล่าช้าหรืออาจจะได้รับอันตรายจากการข้ามผ่านถนนสายหลัก เกณฑ์การพิจารณานี้จะพิจารณาปริมาณจราจรที่เกิดจากถนนสายหลักและถนนสายรองในช่วงเวลา 15 นาที ใดๆ ของชั่วโมงเร่งด่วน ถ้าปริมาณจราจรมีมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ก็จะต้องทำการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร

4) เกณฑ์ปริมาณคนข้ามถนน (Pedestrian volume) สัญญาณไฟจราจรสำหรับคนข้ามทั้งบริเวณระหว่างช่วงถนนและที่ทางแยก จะช่วยเพิ่มความปลอดภัยในการข้ามทาง

5) เกณฑ์ทางข้ามบริเวณหน้าโรงเรียน (School crossing) เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการข้ามถนนของเด็กนักเรียน ทางข้ามบริเวณที่มีช่วงระยะเวลาข้ามไม่เพียงพอ การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรเพื่อใช้ในการข้ามถนน โดยเฉพาะบริเวณที่มีช่วงระยะเวลาข้ามไม่เพียงพอ การติดตั้งควรพิจารณาจากปริมาณคนข้ามถนนในแต่ละชั่วโมงใน 4 ชั่วโมงใดๆ ในวันปกติต้องไม่น้อยกว่า 100 คนต่อชั่วโมง

6) เกณฑ์ความสัมพันธ์ของระบบสัญญาณ (Coordinated signal systems) เพื่อทำให้การจราจรของยวดยานมีการไหลต่อเนื่อง ไม่ติดขัดจากการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรอย่างไม่จำเป็น เกณฑ์นี้ใช้เมื่อสัญญาณไฟจราจรข้างเคียงอยู่ใกล้กัน

7) เกณฑ์อัตราการเกิดอุบัติเหตุ (Crash experience) การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรจะช่วยลดอัตราเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุลงได้ โดยการพิจารณาการติดตั้งดังนี้

- อัตราการเกิดอุบัติเหตุถึงขั้นบาดเจ็บหรือทรัพย์สินเสียหายตั้งแต่ 5 ครั้งขึ้นไป ภายในรอบ 12 เดือน
- ปริมาณการจราจรต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของเกณฑ์ปริมาณจราจรใน 8 ชั่วโมง
- ปริมาณคนข้ามถนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของเกณฑ์ปริมาณคนข้ามถนน

8) เกณฑ์โครงข่ายถนน (Roadway network) การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรบางแยกต้องติดตั้งเพื่อช่วยจัดระบบการจราจรให้ดีขึ้น

2.1.8 การออกแบบรอบสัญญาณไฟจราจร

สัญญาณไฟจราจรที่ออกแบบควรทำให้ความล่าช้าของยวดยานโดยรวมลดลง และลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุสัญญาณจราจรควรลดการขัดแย้งของกระแสจราจรให้เหลือน้อยที่สุด การออกแบบสัญญาณไฟจราจรที่ทางแยกเดี่ยว มีข้อแนะนำในทางปฏิบัติจาก Underwood มีดังนี้

1) เวลาไฟเขียวไม่ควรน้อยกว่า 5 วินาที

2) เวลาไฟเขียวสำหรับคนข้ามถนนไม่ควรน้อยกว่า 6 วินาที

3) เวลาไฟเขียวนานที่สุดไม่ควรเกิน 80 วินาที

4) รอบสัญญาณไฟจราจรไม่ควรนานเกิน 120 วินาที สำหรับกรณีมีสองจังหวะและไม่ควรเกิน 200 วินาที สำหรับกรณีมีมากกว่า 2 จังหวะ

การออกแบบสัญญาณไฟจราจร เริ่มจากการคำนวณหาอัตราการไหลอิ่มตัวของทางแยกโดยใช้การปรับเทียบค่ารถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger car unit, PCU) แล้วทำการคัดเลือกจังหวะ (Phase) ของสัญญาณไฟ แล้วทำการคำนวณช่วงเวลาของจังหวะไฟต่างๆ ประกอบด้วย จังหวะไฟแดง ไฟแดงทุกทิศทาง ไฟเหลือง และไฟเขียว

วิธีการคำนวณหาอัตราการไหลอิ่มตัว รอบสัญญาณไฟจราจร ช่วงเวลาเปลี่ยนแปลงไฟเหลือง ช่วงเวลาไฟแดงทุกทิศทาง และช่วงเวลาไฟเขียว มีรายละเอียดและสมการคำนวณดังต่อไปนี้

2.1.8.1 ช่วงเวลาเปลี่ยนแปลงไฟเหลือง (Change interval)

ต้องพอดีทำให้ผู้ขับขี่สามารถหยุดรถได้ทันด้วยความหน่วงที่ทั้งคนขับและผู้โดยสารในรถรู้สึกสบายก่อนถึงเส้นหยุดอย่างนุ่มนวลหรือสามารถผ่านทางแยกด้วยความเร็วซึ่งเท่ากับขีดจำกัดความเร็วโดยไม่ต้องเร่ง สัญญาณไฟเหลืองไม่ควรสั้นเกิน 3 วินาที และไม่ควรนานเกิน 5 วินาที ในกรณีที่การคำนวณไฟเหลืองนานเกิน 5 วินาที ให้กำหนดเวลาที่เกินนั้นเป็นเวลาไฟแดงทุกด้าน (All red) คำนวณระยะเวลาของสัญญาณไฟเหลืองได้ โดยสมการที่ 2.17

$$CP = t + \frac{V}{2a} + \frac{W+L}{V} \qquad (2.17)$$

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 2.8 เวลาไฟเหลืองโดยประมาณ

ความเร็วเข้าสู่ทางแยก (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	เวลาไฟเหลือง (วินาที)
≤ 56	3.0
57 - 64	3.5
65 - 72	4.0
73 - 80	4.5
> 80	5.0

(**ที่มา:** ณัฐวัฒน์ พันธ์เพ็ง; รัชภูมิ สังฆกาโร; และ วิษุวัติ แก้วไกรสร. (2554). *การศึกษาปริมาณจราจรบริเวณสองทางแยกภายในม.ขอนแก่น*: 29.)

2.1.8.2 ช่วงเวลาไฟเขียว (Green Interval)

การให้เวลาไฟเขียวนานเกินไปจนกระทั่งยวดยานในกระแสจราจรเริ่มทิ้งช่วงห่างกันมากหรือไม่มี ถ้ามากเกินไปจะเป็นไฟเขียวอย่างไม่มีประสิทธิภาพ จะก่อให้เกิดความล่าช้าโดยใช่เหตุ การพิจารณาช่วงเวลาไฟเขียว ประกอบด้วยเวลาไฟเขียวน้อยที่สุดโดยพิจารณาจากการข้ามถนนของคนเดินเท้าและเวลาไฟเขียวประสิทธิผลซึ่งจะต้องไม่น้อยกว่าเวลาไฟเขียวที่น้อยที่สุด ช่วงเวลาไฟเขียวมีรายละเอียดดังนี้

1) เวลาไฟเขียวที่น้อยที่สุด (Minimum green time) จะต้องคำนึงถึงการอำนวยความสะดวกในการข้ามถนนพอเหมาะกับจำนวนของผู้ข้าม เพื่อให้คนข้ามถนนสามารถข้ามถนนได้อย่างปลอดภัย HCM 2000 กำหนดช่วงเวลาไฟเขียวที่น้อยที่สุดสามารถคำนวณได้ดังแสดงในสมการที่ 2.18 และ 2.19

$$G_p = 3.2 + \frac{L}{S} + 2.70\left(\frac{N_{ped}}{W_e}\right) \quad (2.18)$$

$$G_p = 3.2 + \frac{L}{S} + 2.70\left(N_{ped}\right) \quad (2.19)$$

โดยที่ G_p คือ เวลาไฟเขียวน้อยที่สุด (วินาที)

L คือ ความยาวของทางข้าม (เมตร)

3.2 คือ ความเร็วเฉลี่ยของคนข้าม ปกติใช้ 1.2 เมตรต่อวินาที

W_e คือ ความกว้างประสิทธิผลของทางข้าม (เมตร)

2) เวลาไฟเขียวประสิทธิผลจาก HCM 2000 สามารถคำนวณ

$$G_i = \left(\frac{V}{S}\right) i \times \left(\frac{C}{X}\right) i \quad (2.20)$$

โดยที่ G_i คือ เวลาไฟเขียวประสิทธิผลในจังหวะ i (วินาที)

$\left(\frac{V}{S}\right) i$ คือ อัตราส่วนการไหลของกลุ่มช่องจราจรในจังหวะ i

C คือ ความยาวรอบสัญญาณไฟ (วินาที)

X_i คือ อัตราส่วนปริมาณจราจรต่อความจุของกลุ่มช่องจราจรในจังหวะ i (0.90)

เวลาไฟเขียวทั้งหมดจะต้องรวมถึง เวลาสูญเสีย (Lost time) เข้าไปด้วยเพื่อช่วยในการระบายรถได้ เหมาะสมกับสภาพที่เกิดขึ้นจริงจากการจราจรซึ่งเวลาสูญเสีย หมายถึง เวลาที่สูญเสียจากการเปลี่ยนจังหวะของสัญญาณไฟจราจรในแต่ละจังหวะ ซึ่งเมื่อสัญญาณไฟจราจรเปลี่ยนจากแดงเป็นเขียว เวลาสูญเสียทั้งหมดสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.21

$$L = \sum_i^{\emptyset} l_i + R \quad (2.21)$$

โดยที่ L คือ เวลาสูญเสียทั้งหมดต่อรอบสัญญาณ (วินาที)

l_i คือ เวลาสูญเสียในจังหวะ i (วินาที)

R คือ เวลาไฟแดงทุกด้านทั้งหมดในหนึ่งรอบสัญญาณ (วินาที)

$\emptyset$ คือ จำนวนรอบ

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 งานศึกษาด้านจราจรเพื่อจัดทำแผนแม่บทการพัฒนาระบบเก็บค่าธรรมเนียมบนทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง

ทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหมายเลข 7 และ หมายเลข 9 ได้เปิดให้บริการมามากกว่า 10 ปี และมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมากเพื่อรองรับการเพิ่มปริมาณการจราจรตลอดเวลาโดยในขั้นต้นกรมทางหลวงได้ดำเนินการเพิ่มจำนวนช่องจราจรจากเดิมในแต่ละด่านฯ ซึ่งมีเพียง 14 ช่องเก็บเงิน ได้ขยายเพิ่มเป็น 20 ช่องเก็บเงินต่อด่านฯ หากแต่ปริมาณการจราจรผู้ใช้ทางหลวงพิเศษระหว่าง เมืองยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากปริมาณการจราจรที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้มีการจราจรคับคั่ง เกิดความล่าช้าและเกิดการชะลอตัวบริเวณหน้าด่านเก็บเงินผ่านทางส่งผลให้เกิดความไม่สะดวกและสิ้นเปลืองพลังงาน เทคโนโลยีในการเพิ่มขีดความสามารถในการจัดเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทาง เช่น เปลี่ยนระบบการจัดเก็บจากแบบเงินสดมาเป็นระบบการจัดเก็บค่าผ่านทางแบบ Electronic toll collection system (ETC) ซึ่งสามารถเพิ่มอัตราการให้บริการจากระบบเดิม (300-450 คัน/ชั่วโมง/ช่อง) เพิ่มขึ้นเป็น (1,000-1,800 คัน/ชั่วโมง/ช่อง)โดยระบบจัดเก็บฯ แบบ ETC จะช่วยลดเวลาการจัดเก็บ (service time) เมื่อเปรียบเทียบกับระบบจัดเก็บที่ใช้อยู่เดิมเป็นอย่างมาก เนื่องจากระบบจะหักค่าผ่าน

ทางผ่าน Tag และบัตรที่อยู่ในรถอัตโนมัติ เช่น บัตร Easy-pass (สำหรับการทางพิเศษแห่งประเทศไทย) และ บัตร M-pass (สำหรับทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง) รายละเอียดเพิ่มเติมดังตารางดังนี้

ตารางที่ 2.9 อัตราการให้บริการจัดเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางของเทคโนโลยีรูปแบบต่างๆ

รูปแบบการจัดเก็บค่าผ่านทาง	**คัน/ชั่วโมง**
เก็บเงินสด	300 - 450
คูปอง	500 - 800
ระบบ ETC 1 ช่อง (SLFF)	1,000 - 1,800
ระบบ Multi-Lane Free Flow (MLFF)	2,300

(**ที่มา**: ธีรพจน์ ศิริไพโรจน์. (2559). *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีที่ 11 ฉบับที่ 1*: 2.)

1. ระบบ ETC

คือระบบการจัดเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติโดยติดตั้ง Tag ไว้ที่ยานพาหนะและติดเครื่องอ่าน Tag ไว้ที่ตู้เก็บค่าผ่านทางตัวอย่างเช่นระบบ M-pass และ ระบบ Easy-pass เป็นต้น

2. ระบบ SLFF

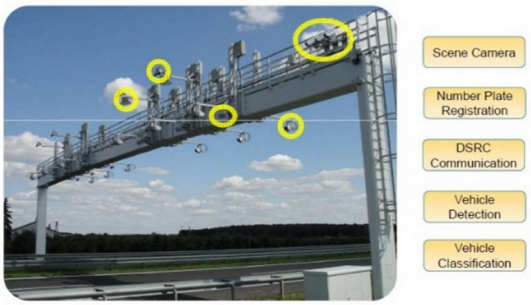
เป็นหนึ่งในระบบการจัดเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติแบบ 1 ช่องจราจร (ETC) ในกรณีเอาไม้กั้นรถออก (อัตราการให้บริการ = 1600-1800 คัน/ชม.)

3. ระบบ Multi-lane free flows (MLFF)

คือระบบจัดเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติซึ่งรถสามารถวิ่งผ่านช่องเก็บค่าผ่านทางได้จำนวนหลายช่องจราจรโดยไม่ต้องชะลอความเร็วเพื่อผ่านด่าน เหมือนปัญหาที่พบได้จากระบบเก็บค่าผ่านทางในปัจจุบัน (แบบชำระเงินสด)

รูปที่ 2.16 ระบบการจัดเก็บแบบเงินสด

รูปที่ 2.17 ระบบจัดเก็บแบบ ETC



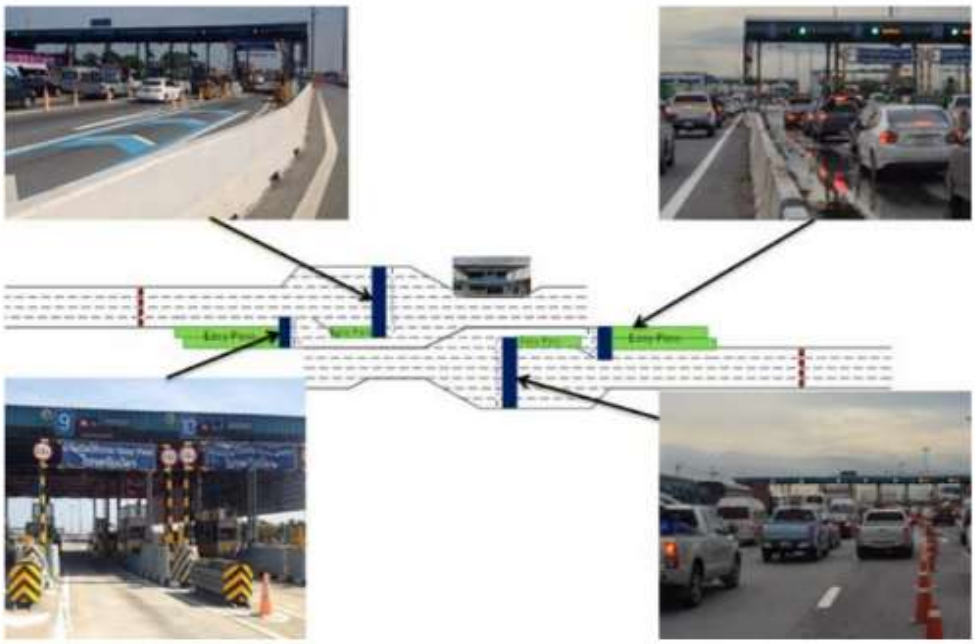
รูปที่ 2.18 ระบบการจัดเก็บแบบ Multi-Lane Free Flow (MLFF)
(**ที่มา**: ธีรพจน์ ศิริไพโรจน์. (2559). *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีที่ 11 ฉบับที่ 1*: 3.)

2.2.1.1 การสำรวจและเก็บข้อมูลสภาพจราจรบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทาง

1) ข้อมูล Road/Toll booth inventory

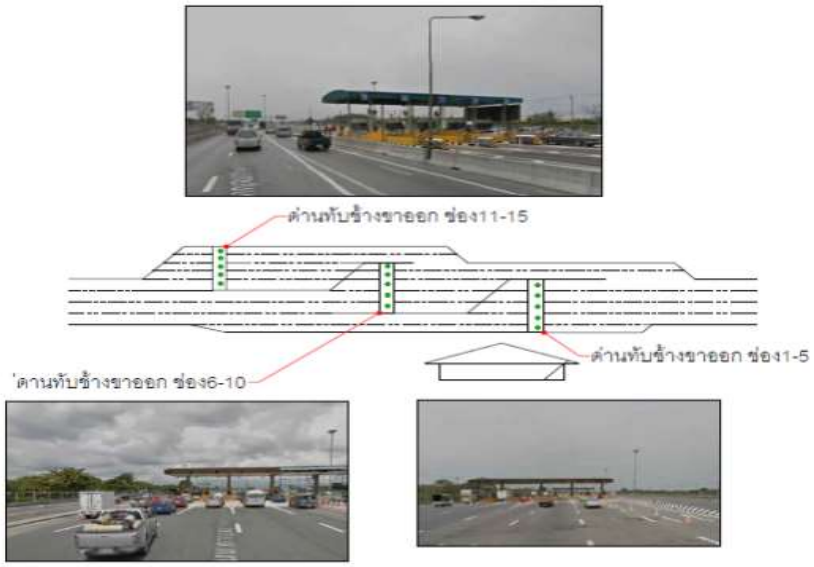
ข้อมูลทางกายภาพด่านลาดกระบัง (ขาออก กทม.) ถนน 4 ช่องทาง ด่านที่ 1 และ 2 มีช่องเก็บค่าผ่านทาง 3 และ 7 ช่องทางตามลำดับช่องทางซ้ายสุดจำนวน 2 ช่องเก็บค่าผ่านทางของรถบรรทุก ส่วนด่านลาดกระบัง (ขาเข้า กทม.) เป็น ถนน 4 ช่องทาง ด่านที่ 1 และ 2 มีช่องเก็บค่าผ่านทาง 3 และ 9 ช่องทาง ตามลำดับ ช่องทางซ้ายสุดจำนวน 2 ช่องเป็นช่องเก็บค่าผ่านทางของรถบรรทุก

ข้อมูลทางกายภาพด่านทับช้าง (ขาออก กทม.) เป็นถนน 4 ช่องทาง มีช่องเก็บเงิน 2 ด่าน แต่ละด่านมี 7 ช่องทางเก็บค่าผ่านทาง ช่องทางซ้ายสุดเก็บค่าผ่านทางสำหรับรถบรรทุก ส่วนด่านทับช้าง (ขาเข้า กทม.) ถนน 4 ช่องทาง มีทั้งสิ้น 3 ด่าน มีช่องเก็บค่าผ่านทาง 5 ช่องทาง



รูปที่ 2.19 ลักษณะกายภาพด่านลาดกระบัง (ก่อนปรับปรุงปี 2547)

(**ที่มา**: ธีรพจน์ ศิริไพโรจน์. (2559). *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีที่ 11 ฉบับที่ 1*: 4.)



รูปที่ 2.20 ลักษณะกายภาพด่านทับช้าง

(**ที่มา**: ธีรพจน์ ศิริไพโรจน์. (2559). *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีที่ 11 ฉบับที่ 1*: 4.)

2) ข้อมูลปริมาณรถเข้าด่าน โดยช่วงเวลาเช้า ปริมาณรถในทิศเข้า กทม. มีค่าสูงในเวลา (7.00-10.00 น.) และปริมาณรถในทิศออก กทม. ช่วงเวลา (18.00-20.00 น.) มีค่าสูง โดยทั้งสองช่องทาง หลวงหมายเลข 7 และ 9

3) ข้อมูลระยะเวลาให้บริการ (Service time) ของด่านเนื่องจากความสามารถในการให้บริการ ณ บริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางขึ้นอยู่กับวิธีการเก็บค่าผ่านทางบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 9 เป็นระบบชำระค่าผ่านทางแบบเงินสด แบบระบบเปิด และวิธีการเก็บค่าผ่านทาง บนทางหลวงพิเศษหมายเลย 7 เป็นระบบชำระค่าผ่านทางโดยใช้เงินสดแบบระบบปิดรายละเอียดผลสำรวจ ระยะเวลาให้บริการ (Service time) ณ ตู้เก็บค่าผ่าน ทาง ณ ด่านลาดกระบัง และ ด่านทับช้างแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.10 ผลการสำรวจระยะเวลาการให้บริการ

ด่าน	**ประเภทช่องเก็บค่าผ่านทาง**	**ระยะเวลาให้บริการ**	
		Mean	**SD.**
ลาดกระบัง	รถ 4 ล้อ	8.3	7.9
	รถบรรทุก	14.8	7.8
ทับช้าง	รถ 4 ล้อ	6.4	3.7
	รถบรรทุก	11.1	5.8

(**ที่มา**: ธีรพจน์ ศิริไพโรจน์. (2559). *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีที่ 11 ฉบับที่ 1*: 5.)

4) ข้อมูลอัตราการให้บริการของด่าน (Service rate)

ตารางที่ 2.11 ผลการสำรวจอัตราการให้บริการ (Service rate) ณ ตู้เก็บค่าผ่านทาง

ด่าน	ประเภทช่องเก็บค่าผ่านทาง	อัตราการให้บริการ
ลาดกระบัง	รถ 4 ล้อ	431±40
	รถบรรทุก	243±20
ทับช้าง	รถ 4 ล้อ	558±70
	รถบรรทุก	325±30
ทับช้าง	รถ 4 ล้อ	525[C]
	รถบรรทุก	290[C]
-	ETC Single Lane	1,000-1,800[D]
	Multi-Lane Free	>2,300[D]

(**ที่มา**: ธีรพจน์ ศิริไพโรจน์. (2559). *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีที่ 11 ฉบับที่ 1*: 6.)

2.2.1.2 แนวทางการพัฒนาแบบจำลองการจราจรเสมือนจริง

การศึกษานี้ได้มีการประยุกต์ใช้แบบจำลองเสมือนจริงระดับจุลภาค ในการจำลองสภาพจราจร ณ ด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางของกรมทางหลวงหมายเลข 7 และหมายเลข 9 การพัฒนาแบบจำลองเสมือนจริงนี้ได้ใช้โปรแกรม Vissim เป็นเครื่องมือในการสร้างแบบจำลองเพื่อให้แบบจำลองน่าเชื่อถือและเหมาะสมเพื่อวิเคราะห์สภาพการจราจรตามแผนปรับปรุงจราจร ค่าสถิติ GEH ควรมีค่า <5 ตัวอย่างผลการปรับเทียบอัตราการให้บริการ ซึ่งมีค่าสถิติ GEH อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แสดงดังนี้

$$GEH\ static = \sqrt{\frac{2(M-C)^2}{M+C}} \qquad (2.22)$$

โดยที่ M = อัตราการให้บริการ (ต่อ 1 ตู้บริการ) ที่ได้จากแบบจำลอง

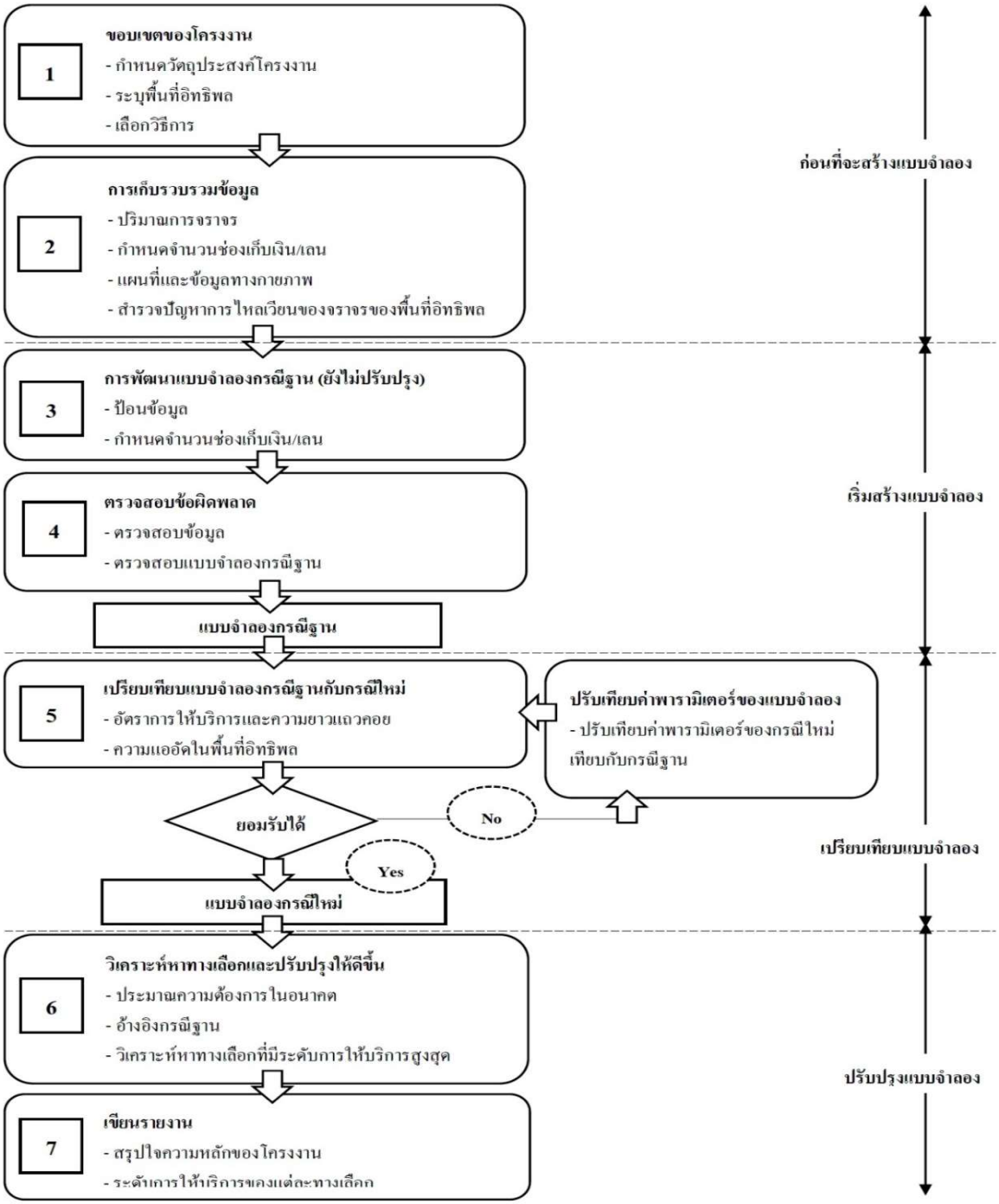
C = อัตราการให้บริการ (ต่อ 1 ตู้บริการ) ที่ได้จากการสำรวจ

ตารางที่ 2.12 ผลการปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรเสมือนจริง

ด่าน	ประเภทช่อง	อัตราการให้บริการ		GEH
		model	สำรวจ	
ลาดกระบัง	รถ 4 ล้อ	441	431	0.48
	รถบรรทุก	240	243	0.19
ทับช้าง	รถ 4 ล้อ	514	558	1.90
	รถบรรทุก	329	325	0.22

(**ที่มา**: ธีรพจน์ ศิริไพโรจน์. (2559). *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีที่ 11 ฉบับที่ 1*: 6.)

2.2.1.3 ขั้นตอนการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจรเสมือนจริง



รูปที่ 2.21 ขั้นตอนการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจรเสมือนจริง
(**ที่มา**: ธีรพจน์ ศิริไพโรจน์. (2559). *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีที่ 11 ฉบับที่ 1*: 7.)

เนื่องจากความต้องการบนถนนหมายเลข 7 และ 9 มีความต้องการที่เพิ่มขึ้น จึงต้องหาวิธีการโดยใช้หลักเกณฑ์ทางวิศวกรรมออกแบบ คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณจราจร/ความจุน้อยกว่า 1 หากมากกว่า 1 สภาพการจราจรจะติดขัด โดยผลการวิเคราะห์หากสามารถเพิ่มประสิทธิภาพ การจัดเก็บค่าธรรมเนียมแบบ Multilane free flow ในส่วนด่านทับช้าง จะยกระดับการให้บริการได้ดีขึ้น โดยในปี 2567 หากมีผู้ใช้ ETC เพิ่มขึ้น 50% จะทำให้ยกระดับจาก F ในปัจจุบัน เป็น C และในส่วนของด่านลาดกระบัง จะสามารถรักษาระดับการให้บริการ B จนถึงปี 2567 ซึ่งเป็นระดับการให้บริการที่ล่าช้าเพียงเล็กน้อยระดับการให้บริการแสดงตามตารางดังนี้

ตารางที่ 2.13 แสดงระดับการให้บริการ (Level of service) ณ บริเวณเก็บค่าผ่านทาง

ระดับการให้บริการ	ความล่าช้าในการเดินทาง
A	≤ 14
B	14 - 28
C	28 - 49
D	49 - 77
E	77 - 112
F	≥ 112

(**ที่มา**: ธีรพจน์ ศิริไพโรจน์. (2559). *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีที่ 11 ฉบับที่ 1*: 8.)

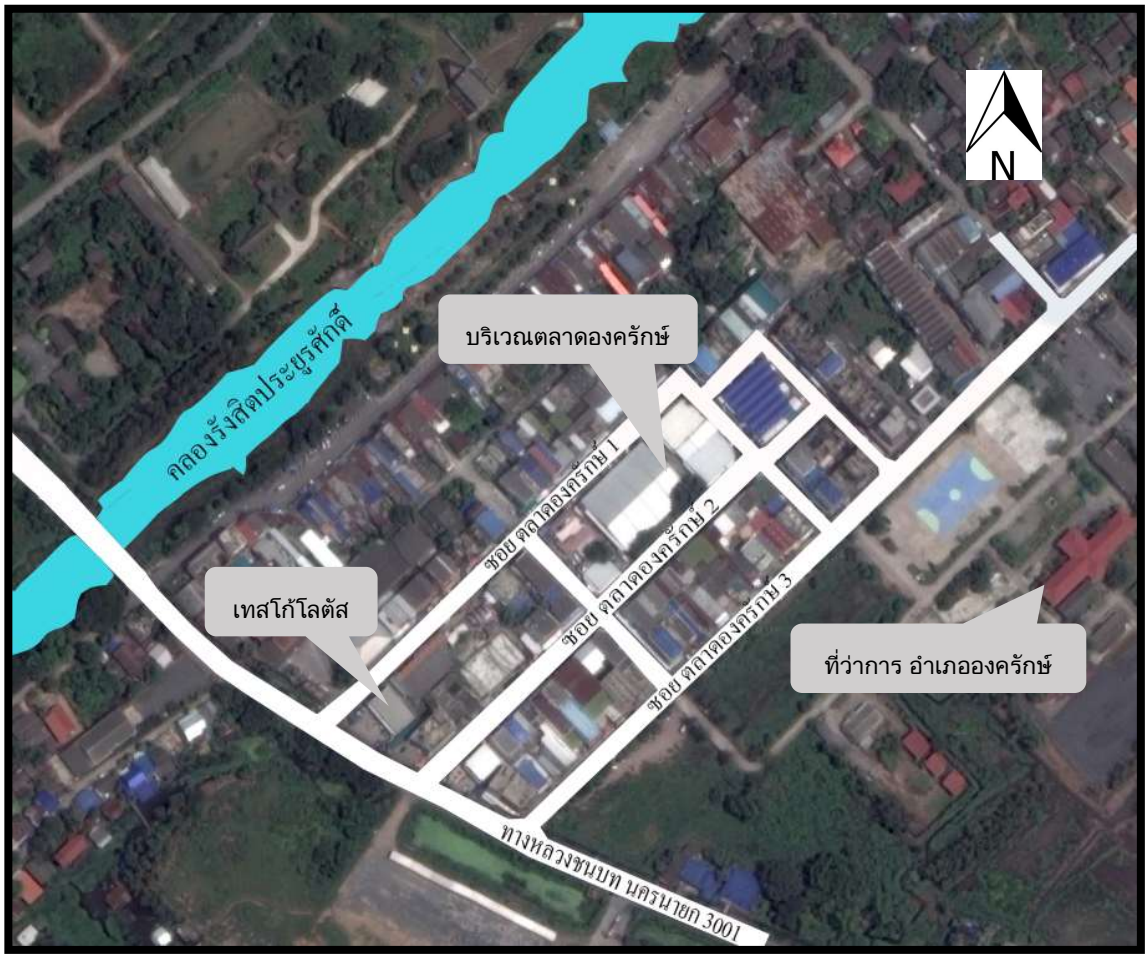
บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

3.1.1 กำหนดค่าของโครงงาน

3.1.1.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของโครงงาน

โครงงานนี้จะมุ่งเน้นจุดประสงค์ในการแก้ปัญหาการจราจรติดขัด ที่ตำแหน่งต่างๆ บริเวณทางแยกของตลาดองครักษ์ โดยปัญหาหลักจะอยู่ที่ทางหลวงชนบท นครนายกหมายเลข 3001 ซอย ตลาดองครักษ์



รูปที่ 3.1 ภาพถ่ายจากดาวเทียม บริเวณตลาดองครักษ์

(**ที่มา** : https://www.google.co.th/maps/place/ตลาดองครักษ์)

3.1.1.2 เลือกวิธีที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหา

การแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับการลดจำนวนแถวคอยและจุดขัดแย้งในบริเวณที่มีการจราจรติดขัดมีหลายหลายวิธีเช่น

1. การติดตั้งไฟจราจร เพื่อลดอัตราความขัดแย้งที่ทางแยก
2. กำหนดการสัญจรในตลาดองครักษ์บางส่วนให้เป็นการเดินรถทางเดียว
3. จัดการจอดรถในตลาดองครักษ์ให้เป็นระเบียบมากขึ้น เพื่อป้องกันการติดขัดของจราจรที่เกิดจากการจอดรถทับเส้นทางสัญจร

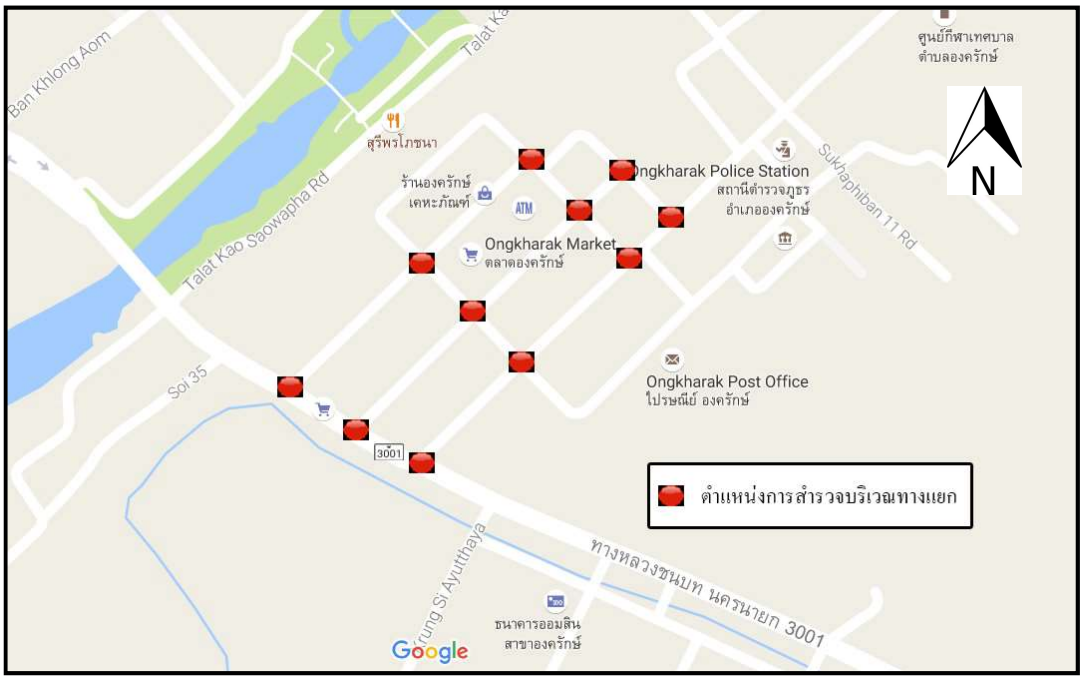
3.1.2 รวบรวมข้อมูล

3.1.2.1 สำรวจปริมาณการจราจรในแต่ละทางแยกบริเวณตลาดองครักษ์

การสำรวจปริมาณจราจร คือการวัดจำนวนยวดยานในหน่วยคันทุก 15 นาที หรือเรียกว่า “อัตราการไหล” โดยจะมีวิธีการเก็บข้อมูลด้วยกัน 2 วิธีคือ การเก็บข้อมูลด้วยพนักงานนับ และการเก็บข้อมูลโดยใช้อุปกรณ์เชิงกลแบบเคลื่อนย้ายได้ เพื่อความสะดวกในการเก็บข้อมูล

3.1.2.2 การทำแผนที่ข้อมูลทางกายภาพ

การทำข้อมูลแผนที่ทางกายภาพเพื่อให้สะดวกต่อการกำหนดตำแหน่งการเก็บรวบรวมข้อมูล และเพื่อให้มีความเข้าใจง่ายต่อการทำโครงงานมากขึ้น โดยการกำหนดจุดในการสำรวจการจราจรในทางแยกดังในรูป



รูปที่ 3.2 ตำแหน่งการสำรวจบริเวณทางแยก 11 จุดทางแยก

(**ที่มา** : https://www.google.co.th/maps/place/ตลาดองครักษ์)

3.1.2.3 การสำรวจข้อมูลอื่นๆ

การสำรวจข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อให้มีการวิเคราะห์ที่แม่นยำขึ้นและแก้ปัญหาได้ตรงจุดมากยิ่งขึ้น โดยการเก็บข้อมูลจะประกอบไปด้วย

1) Time mean speed หรือความเร็วยวดยานที่ผ่านตำแหน่งที่กำหนด

2) Space mean speed หรือระยะห่างของยวดยานในแต่คันที่ผ่านจุดที่กำหนด

3.1.3 การพัฒนาแบบจำลองกรณีฐาน (ยังไม่ปรับปรุง)

นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมาป้อนใส่โปรแกรมสร้างแบบจำลองทางจราจรที่ได้เตรียมไว้และกำหนดค่า เช่น จำนวนเลน ทิศทางเลน ทางแยก เป็นต้น

3.1.4 ตรวจสอบข้อผิดพลาด

ทำการตรวจสอบข้อผิดพลาดเพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลที่นำมากรอกใส่โปรแกรมแบบจำลองไม่ผิดไปจากข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจมา

3.1.5 เปรียบเทียบข้อมูลกรณีฐานกับกรณีใหม่

ทำการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์กรณีฐานกับกรณีใหม่ตามรูปแบบการแก้ปัญหา 3.1.1.2 โดยจะหาวิธีที่ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากการลดลงของปริมาณแถวคอย การติดขัดของจราจร เป็นต้น

3.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูลของโปรแกรมแบบจำลองแล้วตัดสินว่ากรณีนี้ยังไม่สามารถยอมรับได้

วิธีการปรับแก้มีวิธีการดังนี้

การปรับเทียบค่าพารามิเตอร์

โดยจะทำการปรับเทียบค่าในกรณีใหม่ เพื่อให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้นแล้วทำการสำรวจและตรวจสอบข้อผิดพลาดอีกครั้ง (หัวข้อ 3.4) เพื่อทำการคำนวณและวิเคราะห์ค่าใหม่เพื่อให้ผลลัพธ์ออกเป็นที่ยอมรับได้

3.1.7 การวิเคราะห์ข้อมูลของโปรแกรมแบบจำลองแล้วตัดสินว่ากรณีนี้ยังสามารยอมรับได้

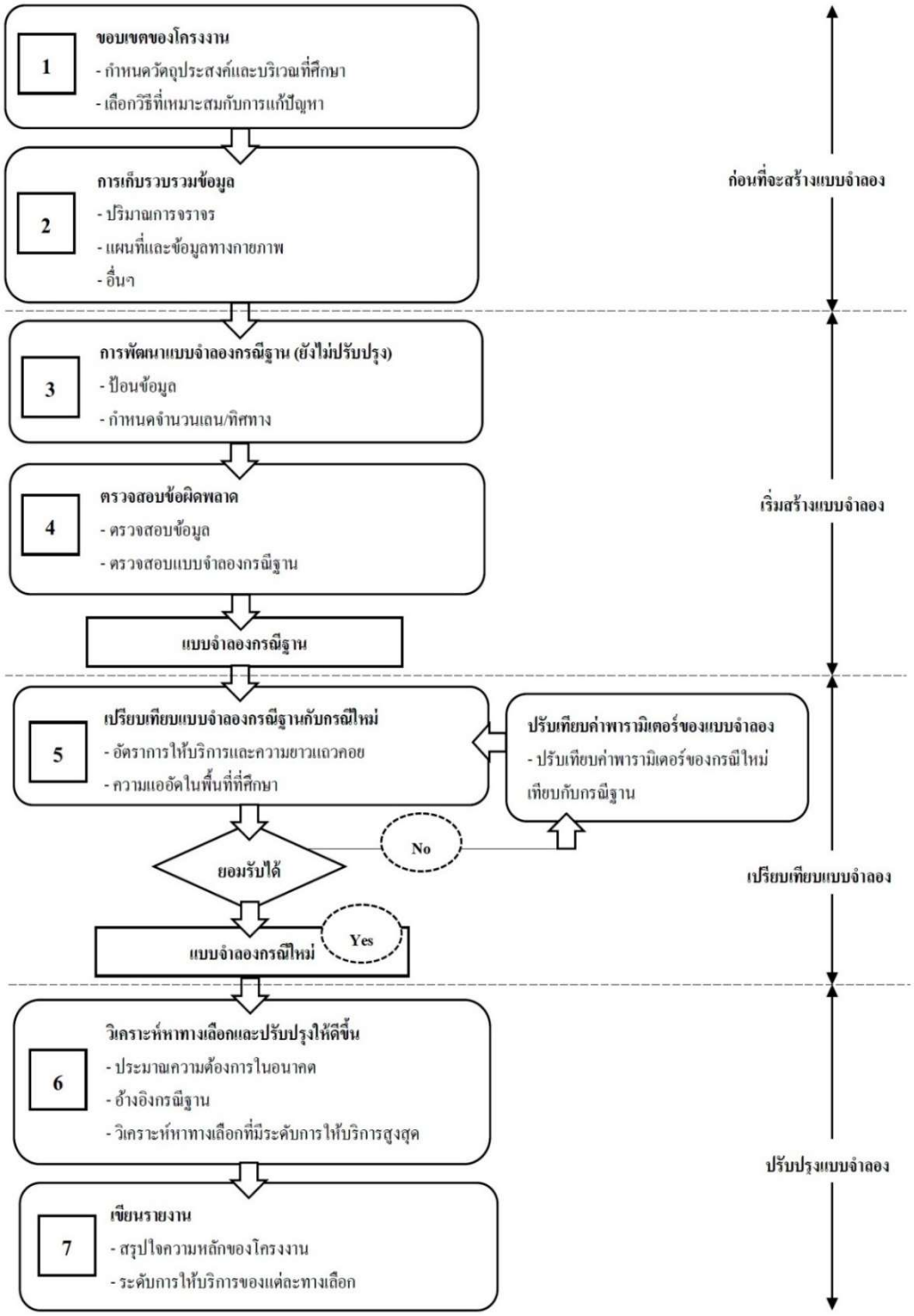
วิเคราะห์ความต้องการในอนาคตและออกแบบค่า LOS (Level of service)

การออกแบบการจราจรต้องตระหนักถึงการจราจรในปัจจุบันและอนาคตเป็นหลัก เนื่องจากเวลาผ่านไปการจราจรในอนาคตก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วยดังนั้นการออกแบบการจราจรให้รองรับอนาคตนั้นสำคัญมาก และเมื่อรู้ความต้องการในอนาคตแล้วจำเป็นต้องออกแบบค่าระดับบริการ (LOS) ด้วยเพื่อให้เหมาะกับการใช้งาน ถ้าออกแบบให้ระดับบริการต่ำเกินความต้องการจะเกิดปัญหาติดขัดขึ้น และถ้าออกแบบให้ ระดับบริการมีค่าสูงเกินความจำเป็นจะทำให้เปลืองค่าใช้จ่ายโดยใช้เหตุ

3.1.8 สรุปผล

นำค่าระดับบริการที่ออกแบบพร้อมวิธีการแก้ไขการจราจรมานำเสนอพร้อมทั้งนำไปให้ผู้ที่สามารถแก้ไขปัญหาการจราจรได้ เช่น กรมทางหลวง สถานีตำรวจ เป็นต้น

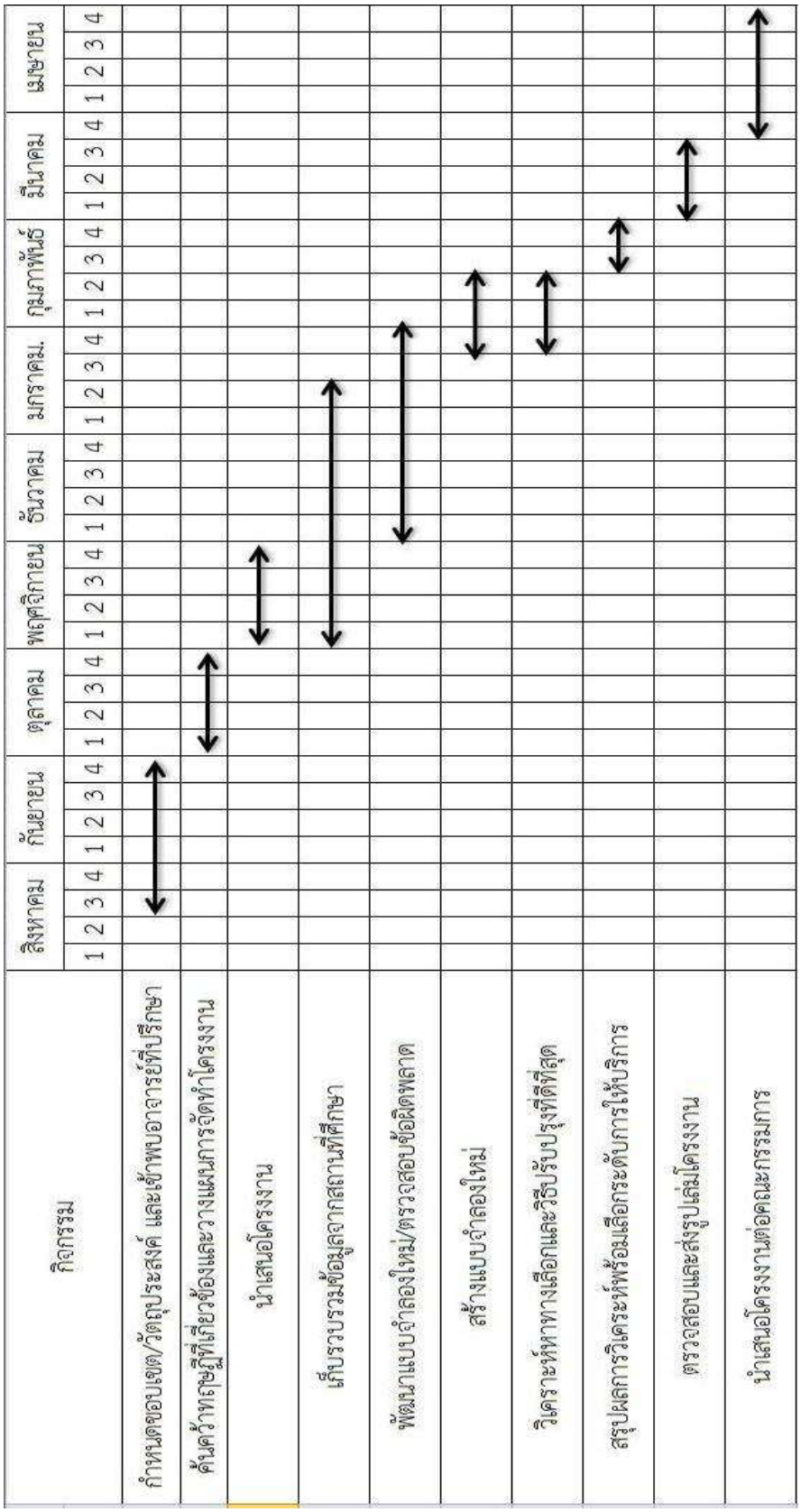
3.2 ขั้นตอนการจัดการและแก้ไขจราจรด้วย Flow chart



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการจัดการและแก้ไขจราจร

3.3 ระยะเวลาในการดำเนินงาน

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินโครงงานวิศวกรรมโยธา ปีการศึกษา 2559



บทที่ 4
การสำรวจและวิเคราะห์การออกแบบ

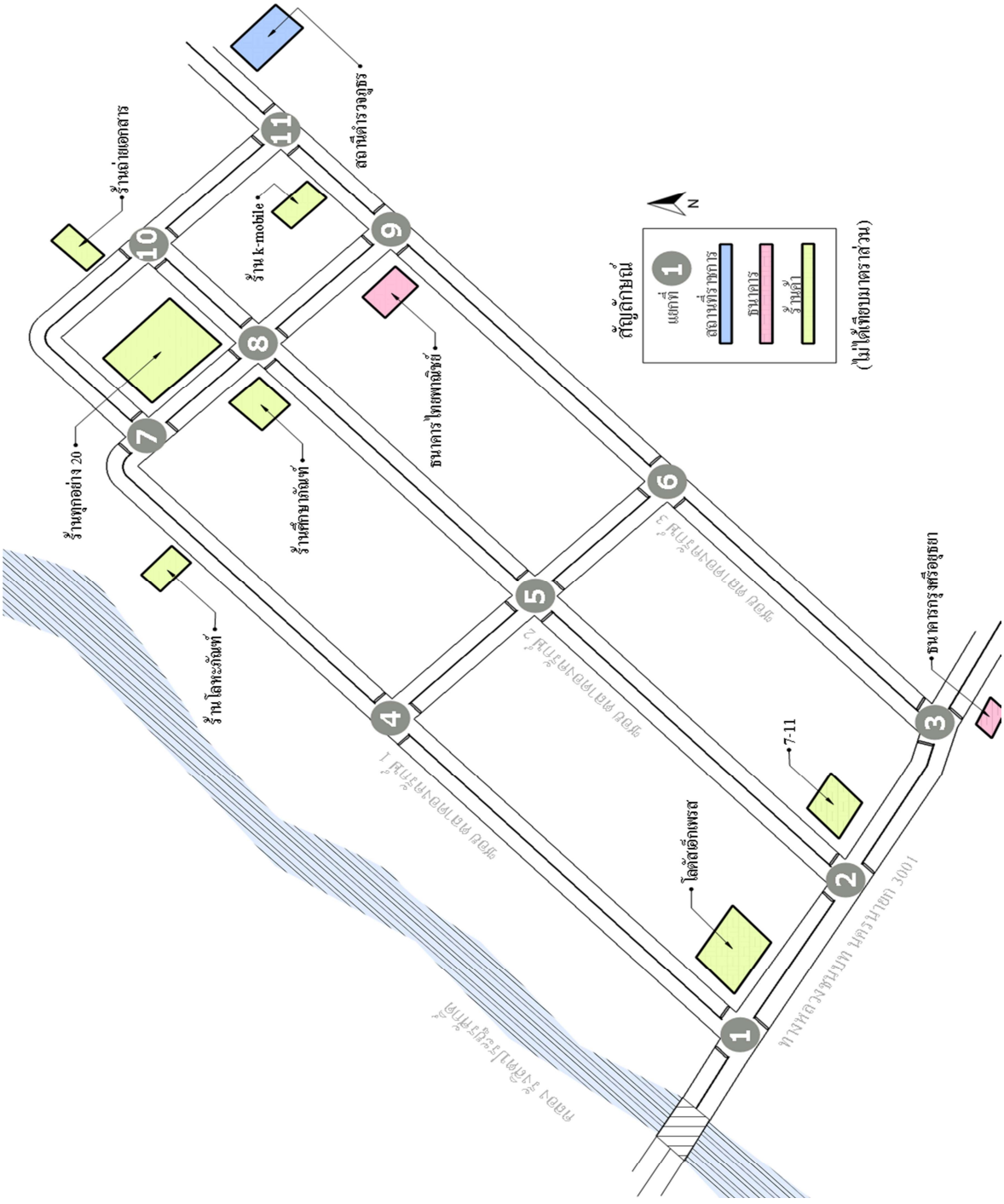
ในส่วนของการสำรวจนั้นผู้ออกแบบได้จัดเก็บข้อมูลดังนี้

- การสำรวจปริมาณยานพาหนะจำแนกตามชนิดและทิศทางการเคลื่อนที่ ในเวลาเร่งด่วนเช้า และเร่งด่วนเย็น
- การเก็บความเร็วเฉลี่ยจากแยกหนึ่งไปยังอีกแยกหนึ่งของ ทางหลวงชนบท นครนายก 3001

โดยระยะเวลาในการเก็บนั้นจะอยู่ในช่วงเดือน ธ.ค.-ม.ค. พ.ศ. 2556-2557 โดยในการเก็บสำรวจปริมาณยานพาหนะนั้นจะเก็บในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า 6.00 น.-9.00 น. และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น 16.00 น.-19.00 น. โดยในการเก็บสำรวจนั้นจะแยกเก็บตามทิศทาง โดยความถี่ในการสำรวจคือแยกละ 1 ครั้ง ตัวอย่างเช่น การสำรวจปริมาณจราจรในทิศทางจากทางหลวงชนบท นครนายก 3001 ไป ซอยตลาดองครักษ์ 1 ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า ก็จะเก็บเพียงครั้งเดียวเป็นต้น

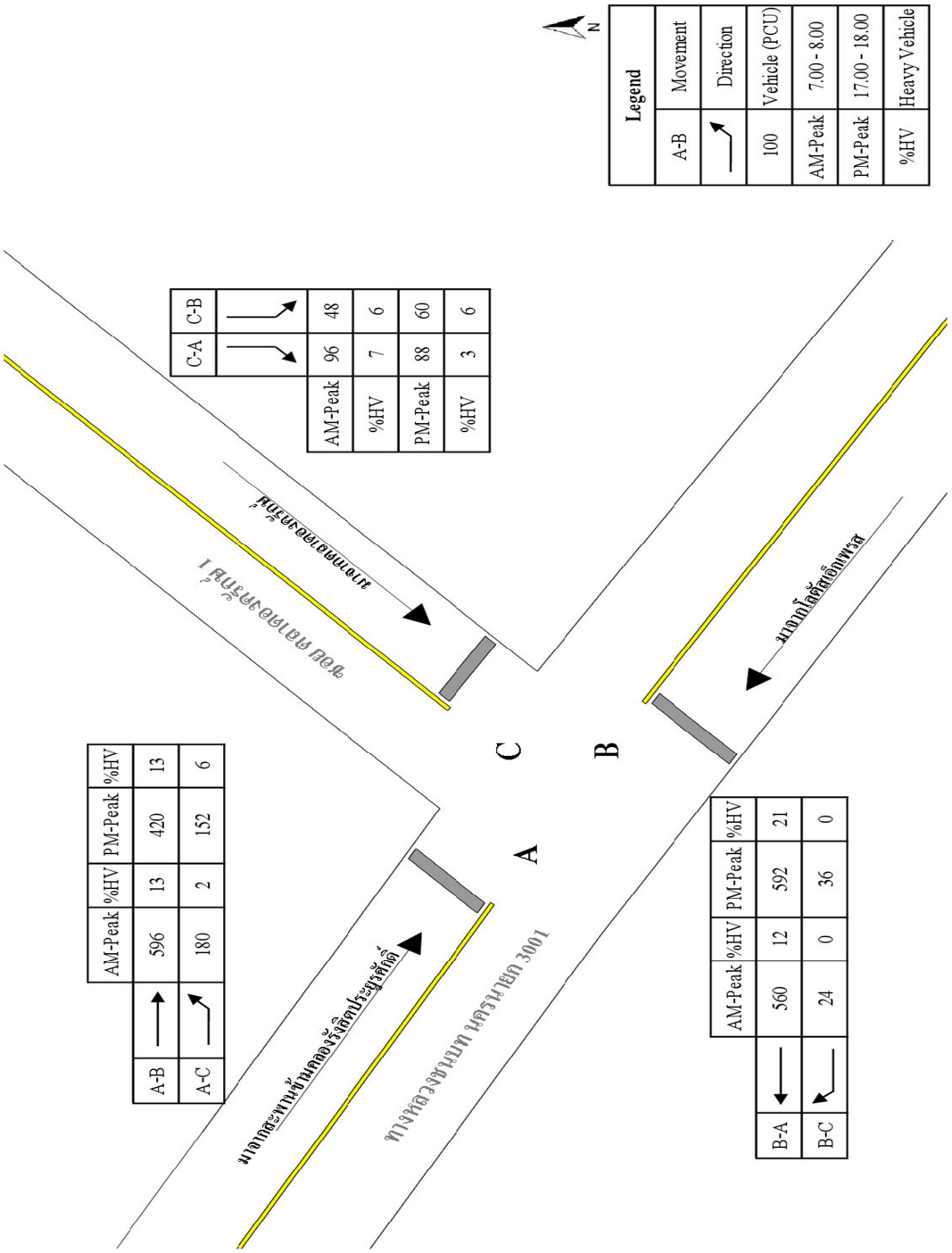
วันที่เก็บสำรวจนั้นจะต้องเป็นวันธรรมดา ไม่ตรงกับวันหยุดนักขัตฤกษ์ หรือ เสาร์-อาทิตย์ และไม่ใกล้กับวันหยุด เช่น ก่อนเทศกาลปีใหม่ 5 วัน และหลังเทศกาลปีใหม่ 5 วัน เป็นต้น เพื่อไม่ให้มีการแปรปรวนของข้อมูลมากนัก

4.1 ผลการสำรวจปริมาณจราจรชั่วโมงเร่งด่วนบริเวณตลาดองครักษ์



รูปที่ 4.1 ภาพแสดงสถานที่สำคัญที่ใช้ระบุเส้นทางการเคลื่อนที่ของปริมาณยานพาหนะตามแยกต่างๆ บริเวณตลาดองครักษ์ (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน)

4.1.1 ผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 1



รูปที่ 4.2 ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 1 (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน)

จากผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงแร่งด่วนของแยกที่ 1 รูปที่ 4.2 ตามภาพแสดงสถานที่สำคัญที่ใช้ระบุเส้นทางการเคลื่อนที่ของปริมาณยานพาหนะตามแยกต่างๆ บริเวณตลาดองครักษ์ รูปที่ 4.1 เป็น 3 แยก บริเวณทิศตะวันตกเฉียงใต้ของตลาดองครักษ์ โดยวิเคราะห์ได้ดังนี้

4.1.1.1 ทางหลวงชนบท นครนายก 3001 ทิศทางจากสะพานข้ามคลองรังสิตประยูรศักดิ์

มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงมากที่สุด เลี้ยวซ้ายค่อนข้างเยอะ และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปเยอะมาก ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงมาก เลี้ยวซ้ายค่อนข้างเยอะ แต่น้อยกว่าช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปเยอะมากที่สุด

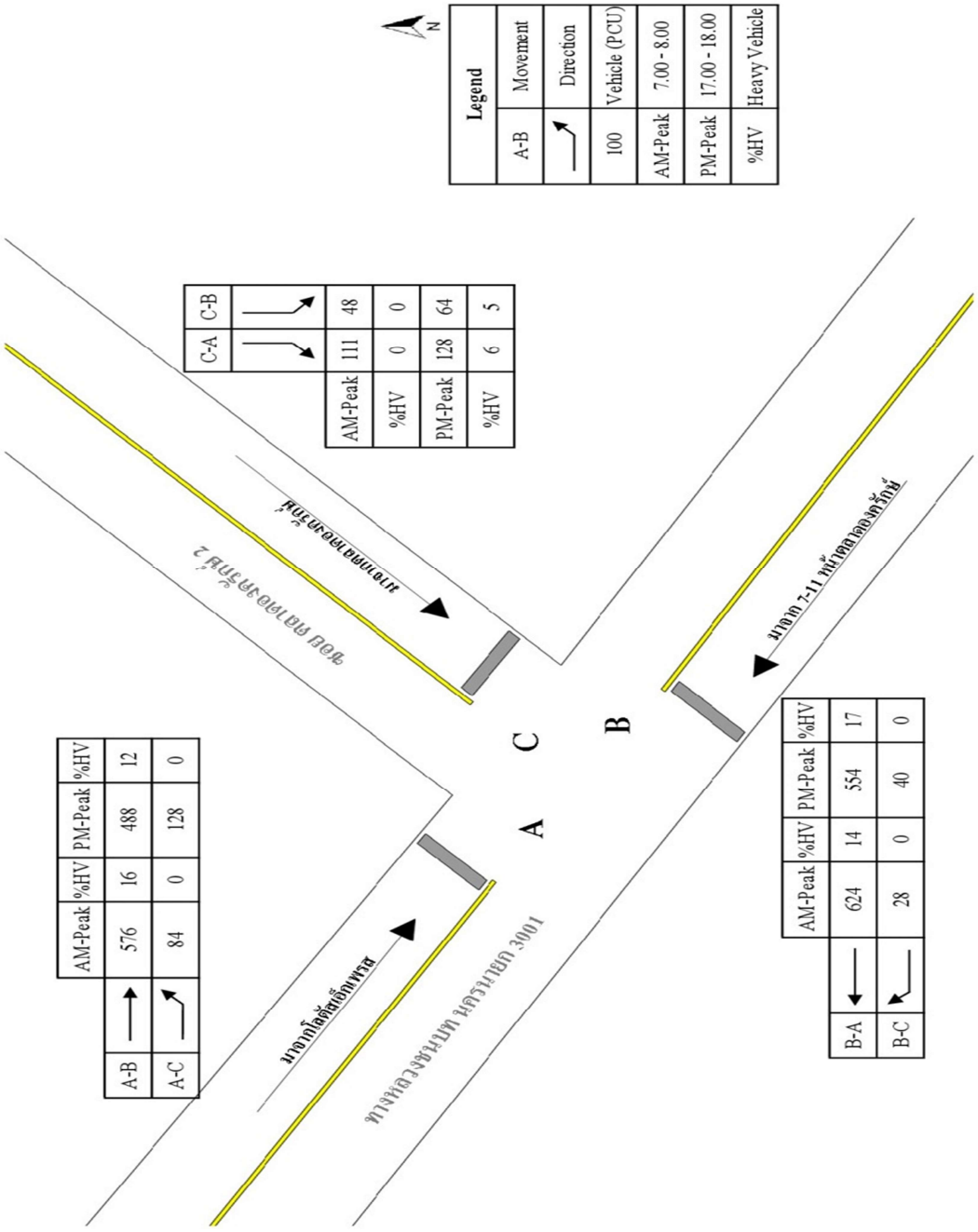
4.1.1.2 ทางหลวงชนบท นครนายก 3001 ทิศทางจากโลตัสเอ็กเพรส

มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงมาก เลี้ยวขวาค่อนข้างน้อย และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปค่อนข้างเยอะ ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงมาก เลี้ยวขวาค่อนข้างเยอะ มากกว่าช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปเยอะมากที่ทางตรง

4.1.1.3 ที่ซอยตลาดองครักษ์ 1 ทิศทางจากตลาดองครักษ์

มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของเลี้ยวขวาเยอะ เลี้ยวซ้ายค่อนข้างเยอะ และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปเยอะ ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของเลี้ยวขวามาก เลี้ยวซ้ายเยอะ และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปน้อยที่สุด

4.1.2 ผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 2



รูปที่ 4.3 ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 2 (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน)

จากผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงแร่งด่วนของแยกที่ 2 รูปที่ 4.3 ตามภาพแสดงสถานที่สำคัญที่ใช้ระบุเส้นทางการเคลื่อนที่ของปริมาณยานพาหนะตามแยกต่างๆ บริเวณตลาดองครักษ์ รูปที่ 4.1 เป็น 3 แยก บริเวณทิศใต้ของตลาดองครักษ์ โดยวิเคราะห์ได้ดังนี้

4.1.2.1 ทางหลวงชนบท นครนายก 3001 ทิศทางจากโลตัสเอ็กเพรส

มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงมาก เลี้ยวซ้ายค่อนข้างเยอะ และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปเยอะมากที่ทางตรง ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงมาก เลี้ยวซ้ายเยอะกว่าช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปเยอะที่ทางตรง

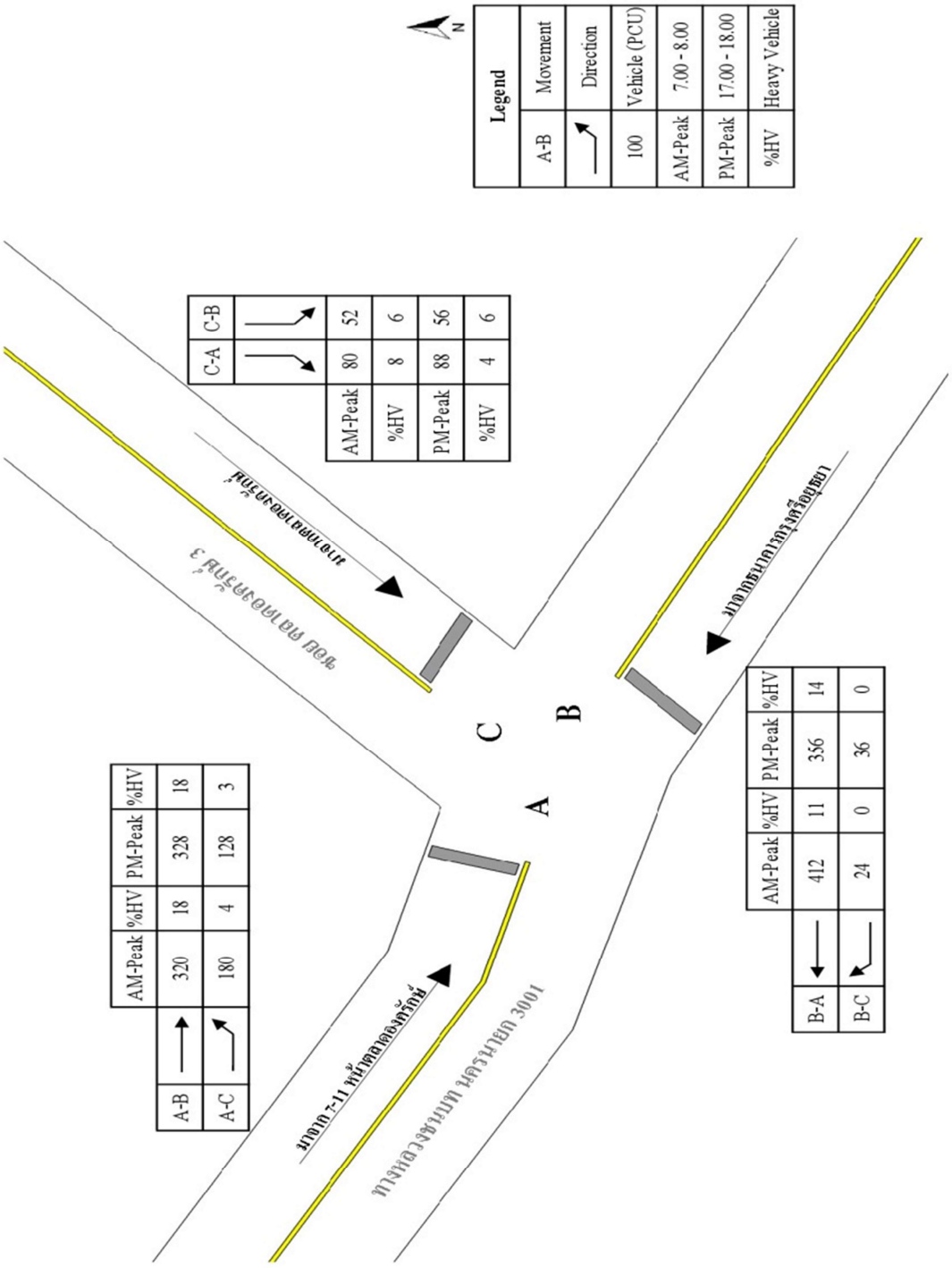
4.1.2.2 ทางหลวงชนบท นครนายก 3001 ทิศทางจาก ร้านสะดวกซื้อ 7- Eleven สาขาตลาดองครักษ์ บริเวณหน้าตลาดองครักษ์

มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงมากที่สุด เลี้ยวขวาค่อนข้างน้อย และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปค่อนข้างเยอะที่ทางตรง ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงมาก เลี้ยวขวาค่อนข้างเยอะ มากกว่าช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปเยอะมากที่ทางตรง

4.1.2.3 ซอย ตลาดองครักษ์ 2 ทิศทางจากตลาดองครักษ์

จะมีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของเลี้ยวขวาเยอะ เลี้ยวซ้ายค่อนข้างเยอะ และไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของเลี้ยวขวามาก เลี้ยวซ้ายเยอะ และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปส่วนหนึ่ง

4.1.3 ผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 3



รูปที่ 4.4 ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 3 (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน)

จากผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงแร่งด่วนของแยกที่ 3 รูปที่ 4.4 ตามภาพแสดงสถานที่สำคัญที่ใช้ระบุเส้นทางการเคลื่อนที่ของปริมาณยานพาหนะตามแยกต่างๆ บริเวณตลาดองครักษ์ รูปที่ 4.1 เป็น 3 แยก บริเวณทิศตะวันออกเฉียงใต้ของตลาดองครักษ์ โดยวิเคราะห์ได้ดังนี้

4.1.3.1 ทางหลวงชนบท นครนายก 3001 ทิศทางจากร้านสะดวกซื้อ 7- Eleven สาขาตลาดองครักษ์ บริเวณหน้าตลาดองครักษ์

มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงมาก เลี้ยวซ้ายค่อนข้างมาก และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปมาก ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงมากที่สุด เลี้ยวซ้ายค่อนข้างมาก และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปมาก

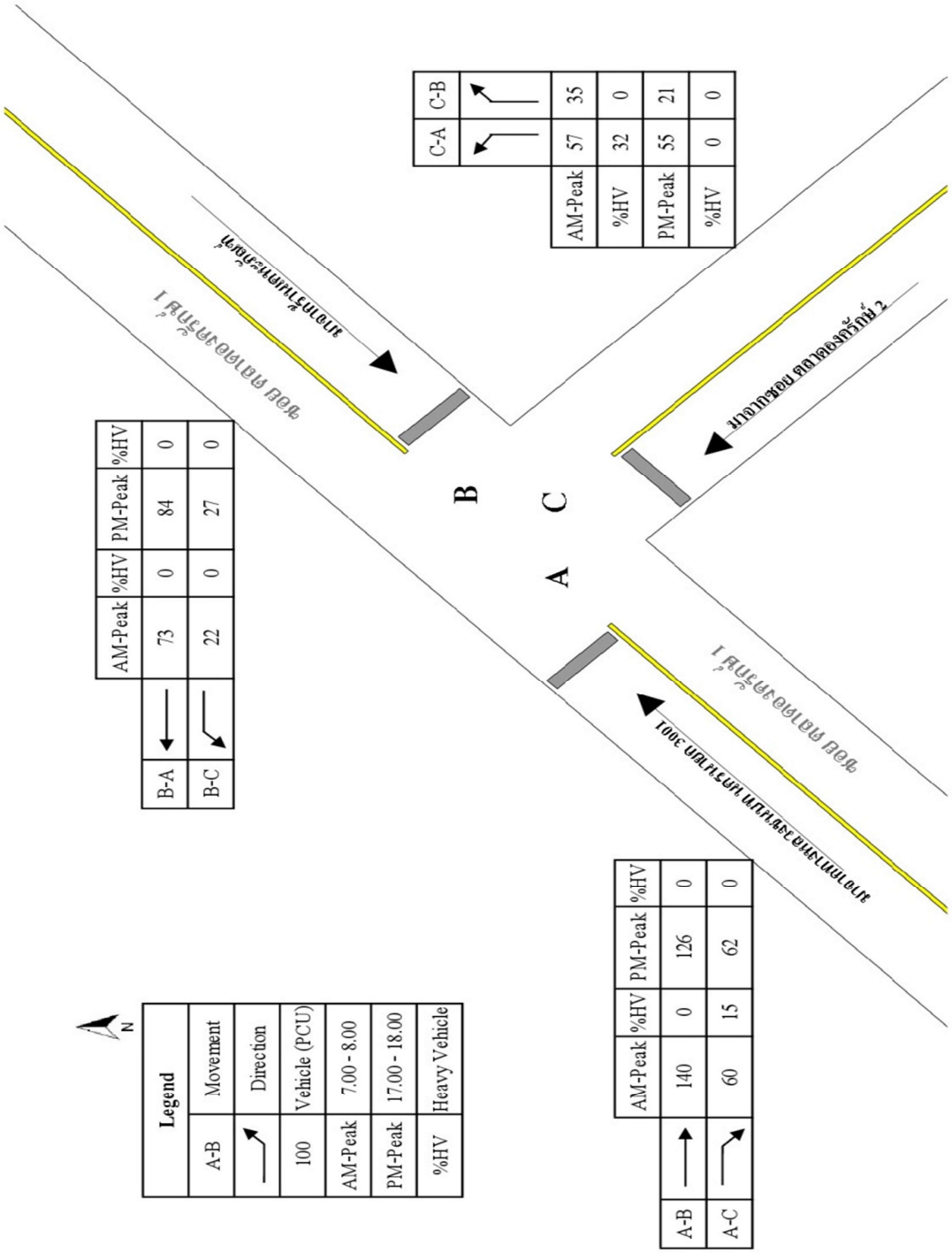
4.1.3.2 ทางหลวงชนบท นครนายก 3001 ทิศทางจากธนาคารกรุงศรีอยุธยา

มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงมากที่สุด เลี้ยวขวาน้อย และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปค่อนข้างมาก ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงมาก เลี้ยวขวาค่อนข้างน้อย และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปค่อนข้างมาก

4.1.3.3 ซอยตลาดองครักษ์ 3 ทิศทางจากตลาดองครักษ์

มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของเลี้ยวขวาค่อนข้างน้อย เลี้ยวซ้ายค่อนข้างน้อย และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปน้อย ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของเลี้ยวขวามากที่สุด เลี้ยวซ้ายค่อนข้างน้อย และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปน้อย

4.1.4 ผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 4



รูปที่ 4.5 ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 4 (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน)

จากผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงแร่งด่วนของแยกที่ 4 รูปที่ 4.5 ตามภาพแสดงสถานที่สำคัญที่ใช้ระบุเส้นทางการเคลื่อนที่ของปริมาณยานพาหนะตามแยกต่างๆ บริเวณตลาดองครักษ์ รูปที่ 4.1 เป็น 3 แยก บริเวณทิศตะวันตกของตลาดองครักษ์ โดยวิเคราะห์ได้ดังนี้

4.1.4.1 ซอยตลาดองครักษ์ 1 ทิศทางจากทางหลวงชนบท นครนายก 3001

จะมีปริมาณจราจรในชั่งโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงมากที่สุด เลี้ยวขวาค่อนข้างน้อย และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปค่อนข้างมาก ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงค่อนข้างมาก เลี้ยวขวาค่อนข้างน้อย และไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป

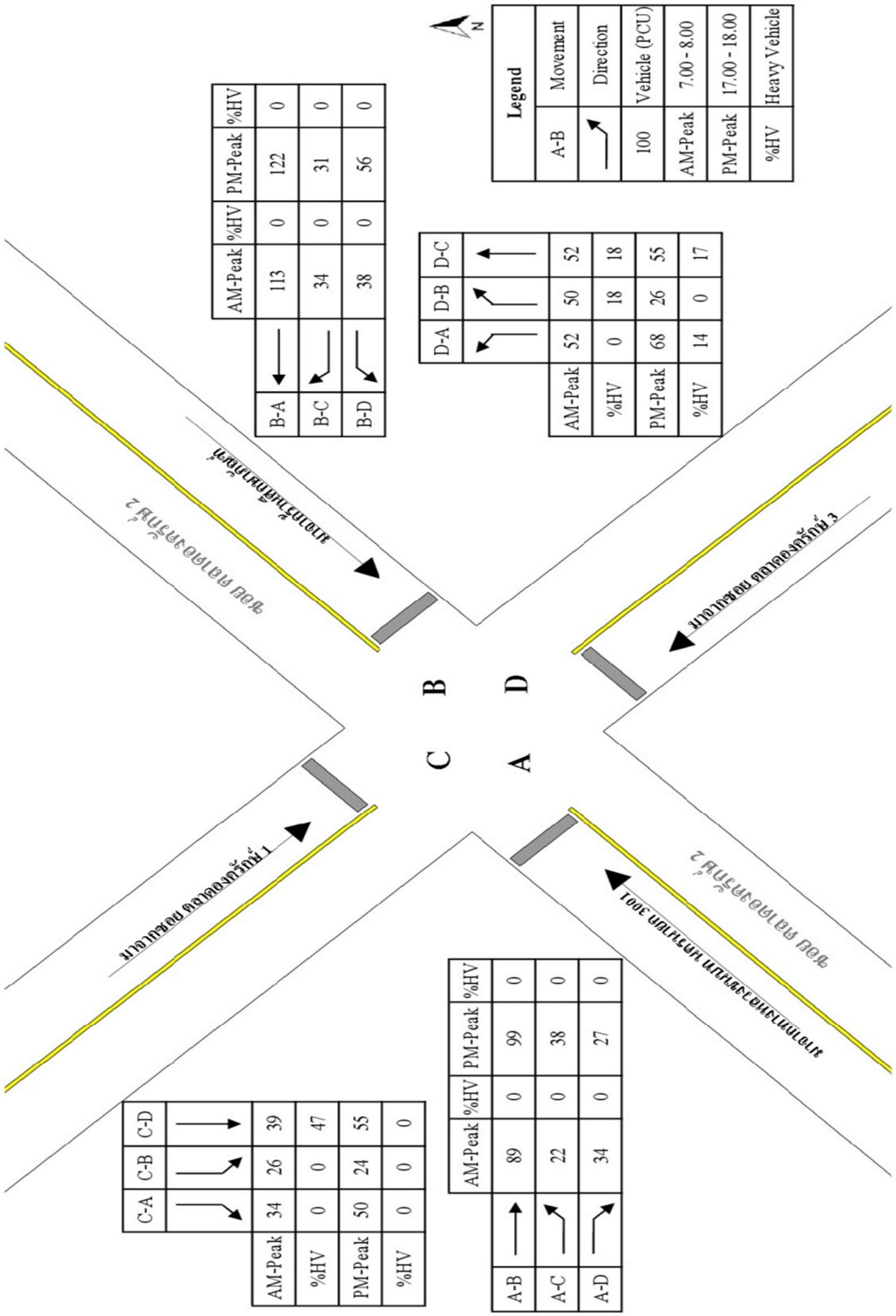
4.1.4.2 ซอยตลาดองครักษ์ 1 ทิศทางจากร้านเคหะภัณฑ์

จะมีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงค่อนข้างน้อย เลี้ยวซ้ายน้อย และไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงมากที่สุด เลี้ยวซ้ายน้อย และไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป

4.1.4.3 ตลาดองครักษ์ ทิศทางจากซอย ตลาดองครักษ์ 2

มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของเลี้ยวซ้ายมากที่สุด เลี้ยวขวาค่อนข้างน้อย และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปมาก ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของเลี้ยวซ้ายค่อนข้างน้อย เลี้ยวขวาน้อย และไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป

4.1.5 ผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 5



รูปที่ 4.6 ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 5 (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน)

จากผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงแร่งด่วนของแยกที่ 5 รูปที่ 4.6 ตามภาพแสดงสถานที่สำคัญที่ใช้ระบุเส้นทางการเคลื่อนที่ของปริมาณยานพาหนะตามแยกต่างๆ บริเวณตลาดองครักษ์ รูปที่ 4.1 เป็น 4 แยก บริเวณกึ่งกลางของตลาดองครักษ์ โดยวิเคราะห์ได้ดังนี้

4.1.5.1 ซอยตลาดองครักษ์ 2 ทิศทางจากทางหลวงชนบท นครนายก 3001

มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงค่อนข้างน้อย เลี้ยวซ้ายน้อย เลี้ยวขวาค่อนข้างน้อย และไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงมากที่สุด เลี้ยวซ้ายค่อนข้างน้อย เลี้ยวขวาน้อย และไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป

4.1.5.2 ซอย ตลาดองครักษ์ 2 ทิศทางจากร้านศึกษาภัณฑ์

มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงค่อนข้างมาก เลี้ยวซ้ายค่อนข้างน้อย เลี้ยวขวาค่อนข้างน้อย และไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงมากที่สุด เลี้ยวซ้ายค่อนข้างน้อย เลี้ยวขวาค่อนข้างมาก และไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป

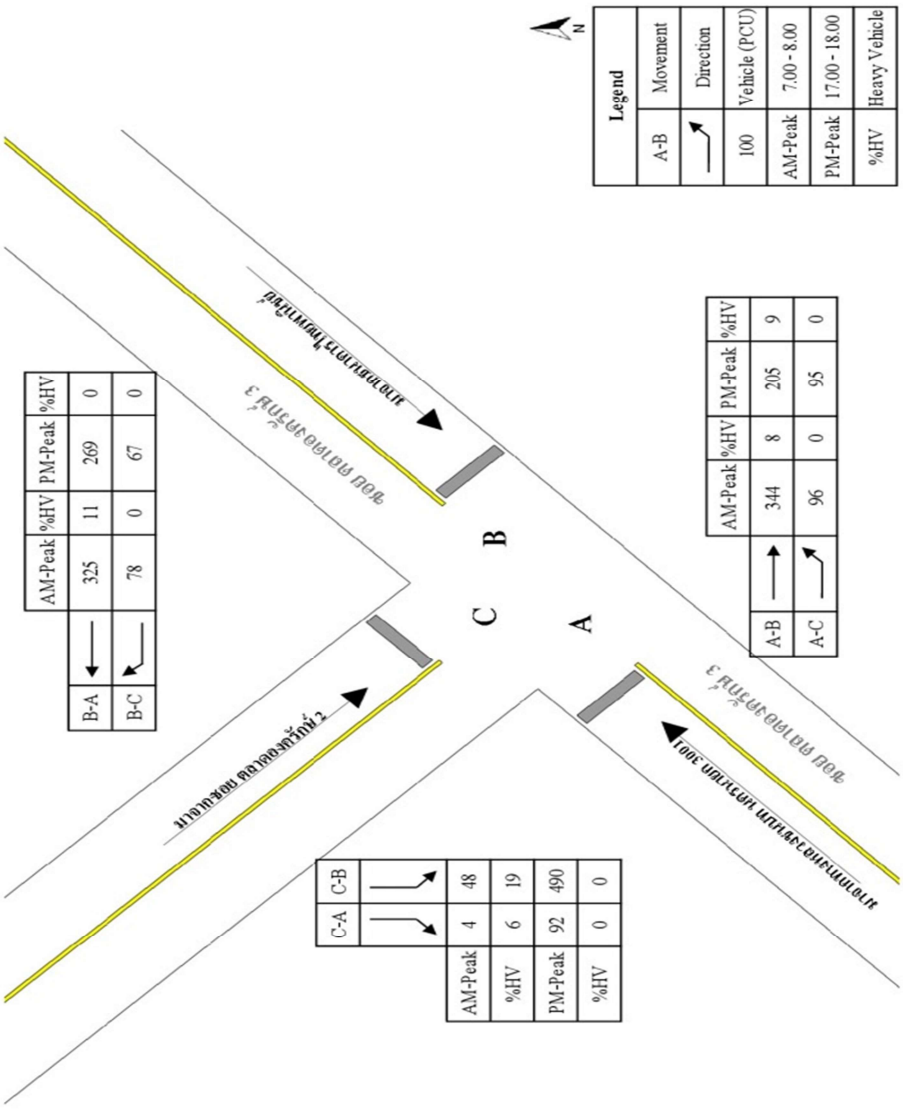
4.1.5.3 ตลาดองครักษ์ ทิศทางจากซอย ตลาดองครักษ์ 1

มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงค่อนข้างน้อย เลี้ยวซ้ายค่อนข้างน้อย เลี้ยวน้อย และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปมาก ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงมากที่สุด เลี้ยวซ้ายค่อนข้างน้อย เลี้ยวขวาน้อย และไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป

4.1.5.4 ตลาดองครักษ์ ทิศทางจากซอย ตลาดองครักษ์ 3

มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงค่อนข้างน้อย เลี้ยวซ้ายค่อนข้างน้อย เลี้ยวขวาค่อนข้างน้อย และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปมาก ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงค่อนข้างน้อย เลี้ยวซ้ายมากที่สุด เลี้ยวขวาน้อย และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปค่อนข้าง

4.1.6 ผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 6



รูปที่ 4.7 ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 6 (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน)

จากผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงแร่งด่วนของแยกที่ 6 รูปที่ 4.7 ตามภาพแสดงสถานที่สำคัญที่ใช้ระบุเส้นทางการเคลื่อนที่ของปริมาณยานพาหนะตามแยกต่างๆ บริเวณตลาดองครักษ์ รูปที่ 4.1 เป็น 3 แยก บริเวณทิศตะวันออกของตลาดองครักษ์ โดยวิเคราะห์ได้ดังนี้

4.1.6.1 ซอยตลาดองครักษ์ 3 ทิศทางจากทางหลวงชนบท นครนายก 3001

มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงมากที่สุด เลี้ยวซ้ายค่อนข้างน้อย และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปน้อย ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงค่อนข้างมาก เลี้ยวซ้ายค่อนข้างน้อย และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปน้อย

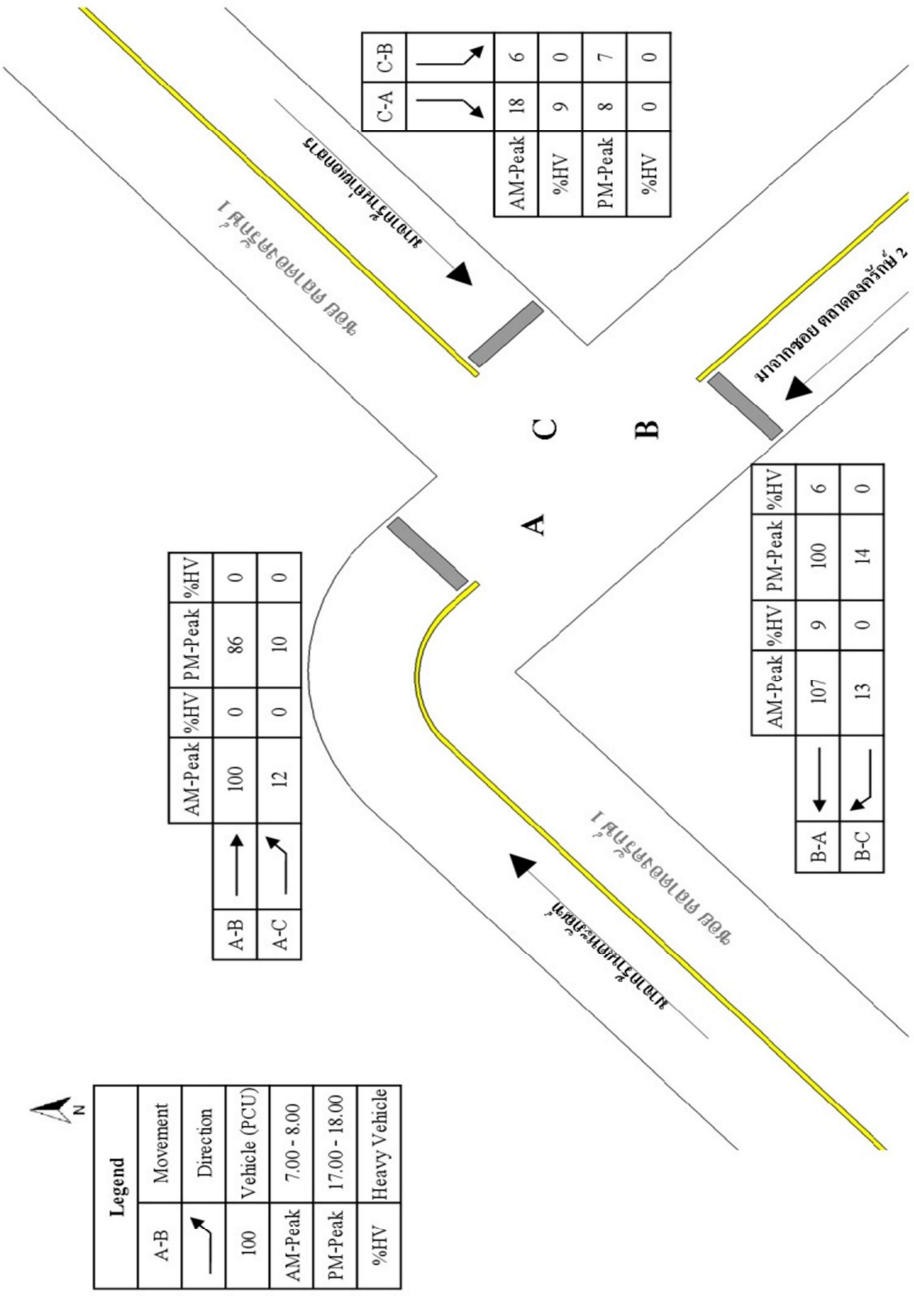
4.1.6.2 ซอยตลาดองครักษ์ 3 ทิศทางจากธนาคารไทยพาณิชย์

มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงมากที่สุด เลี้ยวขวาค่อนข้างมาก และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปมาก ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงค่อนข้างมาก เลี้ยวขวาค่อนข้างน้อย และไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป

4.1.6.3 ตลาดองครักษ์ ทิศทางจากซอย ตลาดองครักษ์ 2

มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของเลี้ยวขวาน้อย เลี้ยวซ้ายค่อนข้างน้อย และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปมาก ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของเลี้ยวขวาค่อนข้างน้อย เลี้ยวซ้ายมากที่สุด และไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป

4.1.7 ผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 7



รูปที่ 4.8 ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 7 (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน)

จากผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงแร่งด่วนของแยกที่ 7 รูปที่ 4.8 ตามภาพแสดงสถานที่สำคัญที่ใช้ระบุเส้นทางการเคลื่อนที่ของปริมาณยานพาหนะตามแยกต่างๆ บริเวณตลาดองครักษ์ รูปที่ 4.1 เป็น 3 แยก บริเวณทิศตะวันตกเฉียงเหนือของตลาดองครักษ์ โดยวิเคราะห์ได้ดังนี้

4.1.7.1 ซอยตลาดองครักษ์ 1 ทิศทางจากร้านเคหะภัณฑ์

มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงมากที่สุดเลี้ยวซ้ายน้อยและไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงค่อนข้างน้อย เลี้ยวซ้ายน้อยและไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป

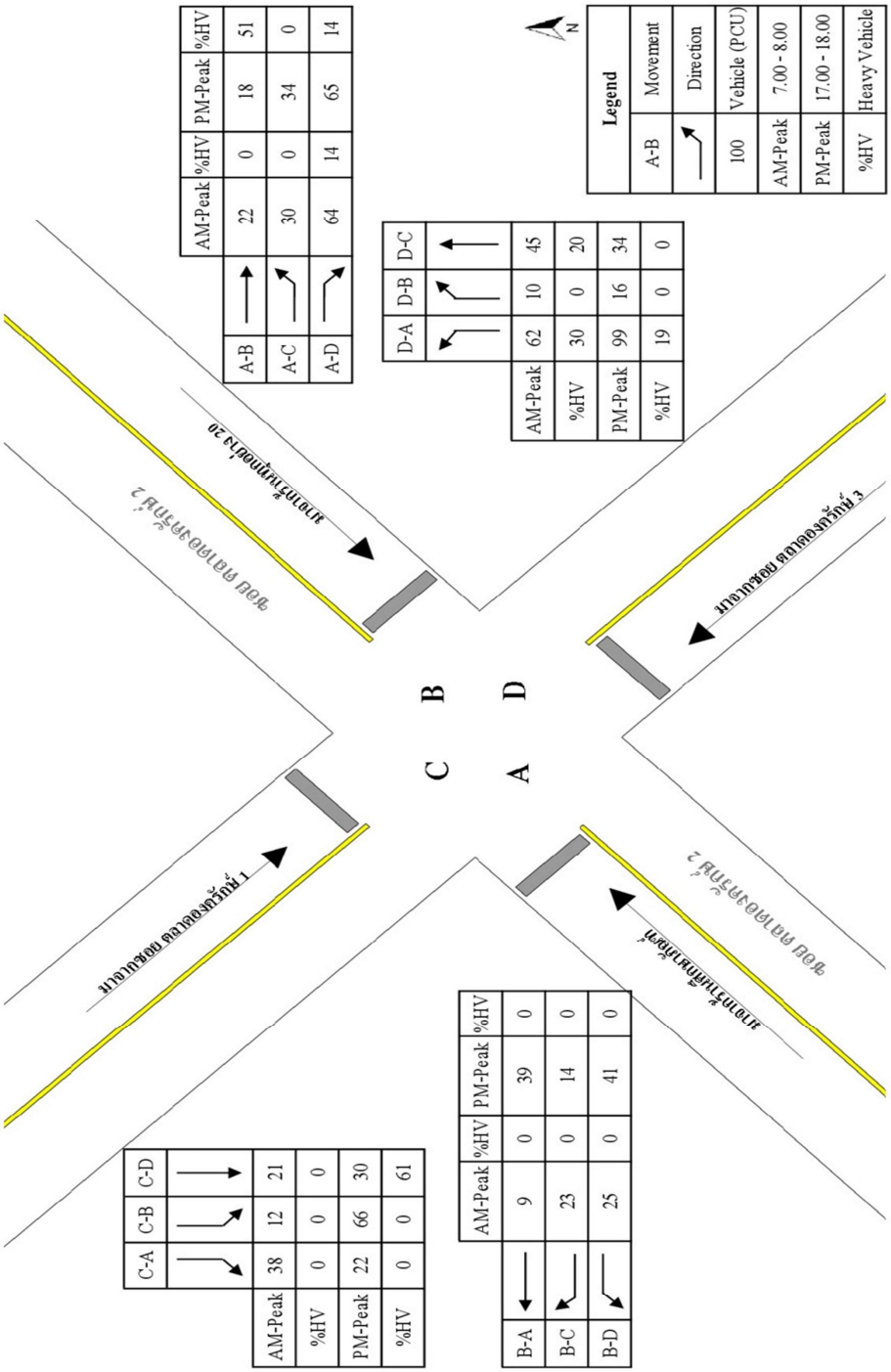
4.1.7.2 ในตลาดองครักษ์ ทิศทางจากซอย ตลาดองครักษ์ 2

มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงมากที่สุด เลี้ยวขวาค่อนข้างมาก และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปน้อย ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงน้อย เลี้ยวขวาน้อยและมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปน้อย

4.1.7.3 ซอยตลาดองครักษ์ 1 ทิศทางจากร้านถ่ายเอกสาร

จะมีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของเลี้ยวขวามากที่สุด เลี้ยวซ้ายน้อย และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปน้อย ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของเลี้ยวขวาน้อย เลี้ยวซ้ายน้อยและไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป

4.1.8 ผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 8



รูปที่ 4.9 ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 8 (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน)

จากผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงแร่งด่วนของแยกที่ 8 รูปที่ 4.9 ตามภาพแสดงสถานที่สำคัญที่ใช้ระบุเส้นทางการเคลื่อนที่ของปริมาณยานพาหนะตามแยกต่างๆ บริเวณตลาดองครักษ์ รูปที่ 4.1 เป็น 4 แยก บริเวณทิศเหนือของตลาดองครักษ์ โดยวิเคราะห์ได้ดังนี้

4.1.8.1 ซอยตลาดองครักษ์ 2 ทิศทางจากร้านศึกษาภัณฑ์

จะมีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงน้อย เลี้ยวซ้ายน้อย เลี้ยวขวาค่อนข้าง และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปค่อนข้างมาก ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงน้อย เลี้ยวซ้ายค่อนข้างน้อย เลี้ยวขวามากที่สุด และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปมาก

4.1.8.2 ซอยตลาดองครักษ์ 2 ทิศทางจากร้านทุกอย่าง 20

จะมีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงน้อย เลี้ยวซ้ายน้อย เลี้ยวขวาน้อย และไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงค่อนข้างน้อย เลี้ยวซ้ายน้อย เลี้ยวขวามากที่สุด และไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป

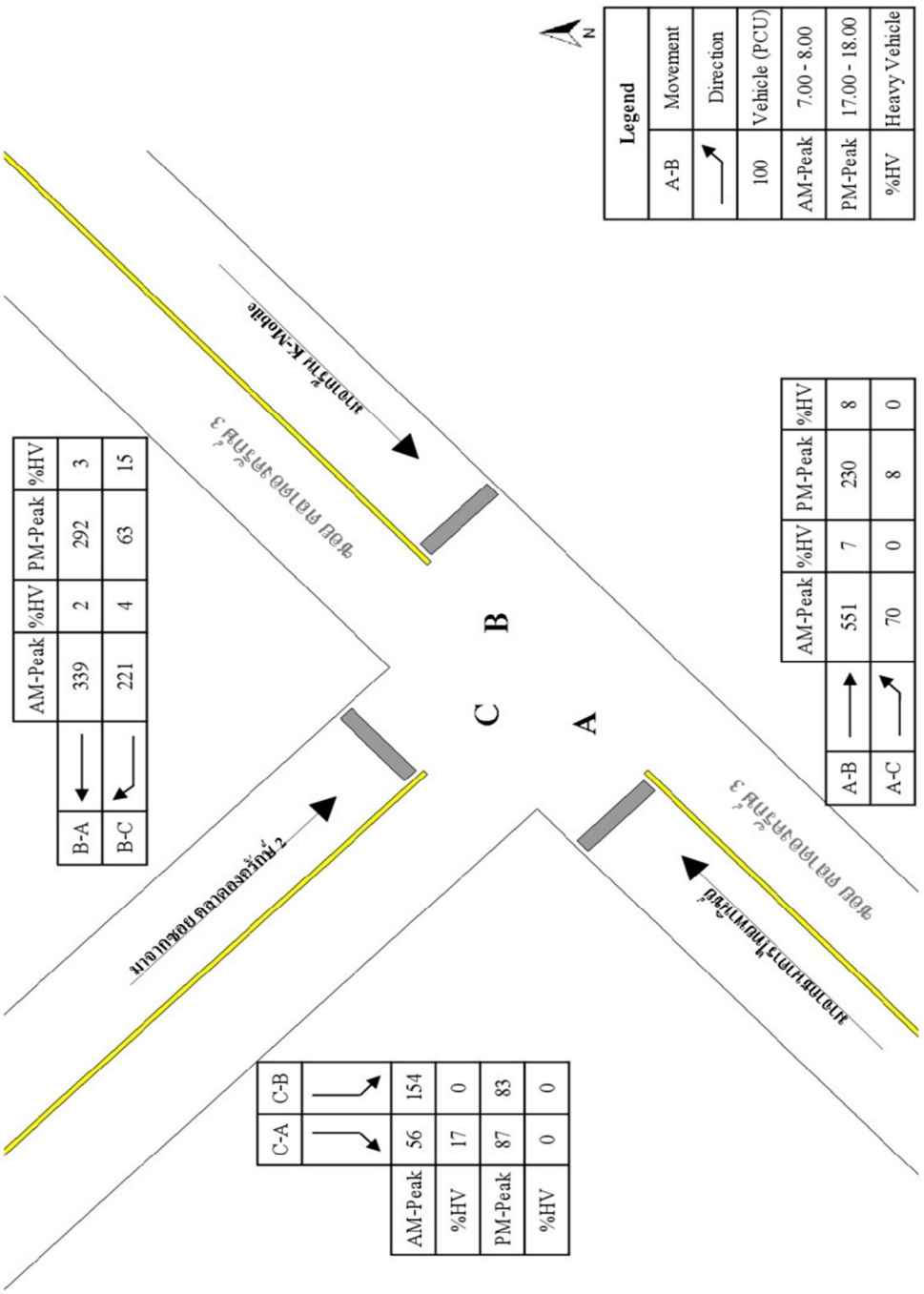
4.1.8.3 ในตลาดองครักษ์ ทิศทางจากซอย ตลาดองครักษ์ 1

มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงน้อย เลี้ยวซ้ายน้อย เลี้ยวขวาค่อนข้างน้อย และไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงค่อนข้างน้อย เลี้ยวซ้ายมากที่สุด เลี้ยวขวาน้อย และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปมาก

4.1.8.4 ตลาดองครักษ์ ทิศทางจากซอย ตลาดองครักษ์ 3

มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงค่อนข้างน้อย เลี้ยวซ้ายค่อนข้างน้อย เลี้ยวขวาน้อย และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปมาก ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงค่อนข้างน้อย เลี้ยวซ้ายมากที่สุด เลี้ยวขวาค่อนข้างน้อยและมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปมาก

4.1.9 ผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 9



รูปที่ 4.10 ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 9 (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน)

จากผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงแร่งด่วนของแยกที่ 9 รูปที่ 4.10 ตามภาพแสดงสถานที่สำคัญที่ใช้ระบุเส้นทางการเคลื่อนที่ของปริมาณยานพาหนะตามแยกต่างๆ บริเวณตลาดองครักษ์ รูปที่ 4.1 เป็น 3 แยก บริเวณทิศตะวันออกเฉียงเหนือของตลาดองครักษ์ โดยวิเคราะห์ได้ดังนี้

4.1.9.1 ซอย ตลาดองครักษ์ 3 ทิศทางจากธนาคารไทยพาณิชย์

มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงมากที่สุด เลี้ยวซ้ายค่อนข้างน้อย และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปน้อย ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงค่อนข้างมาก เลี้ยวซ้ายน้อย และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปน้อย

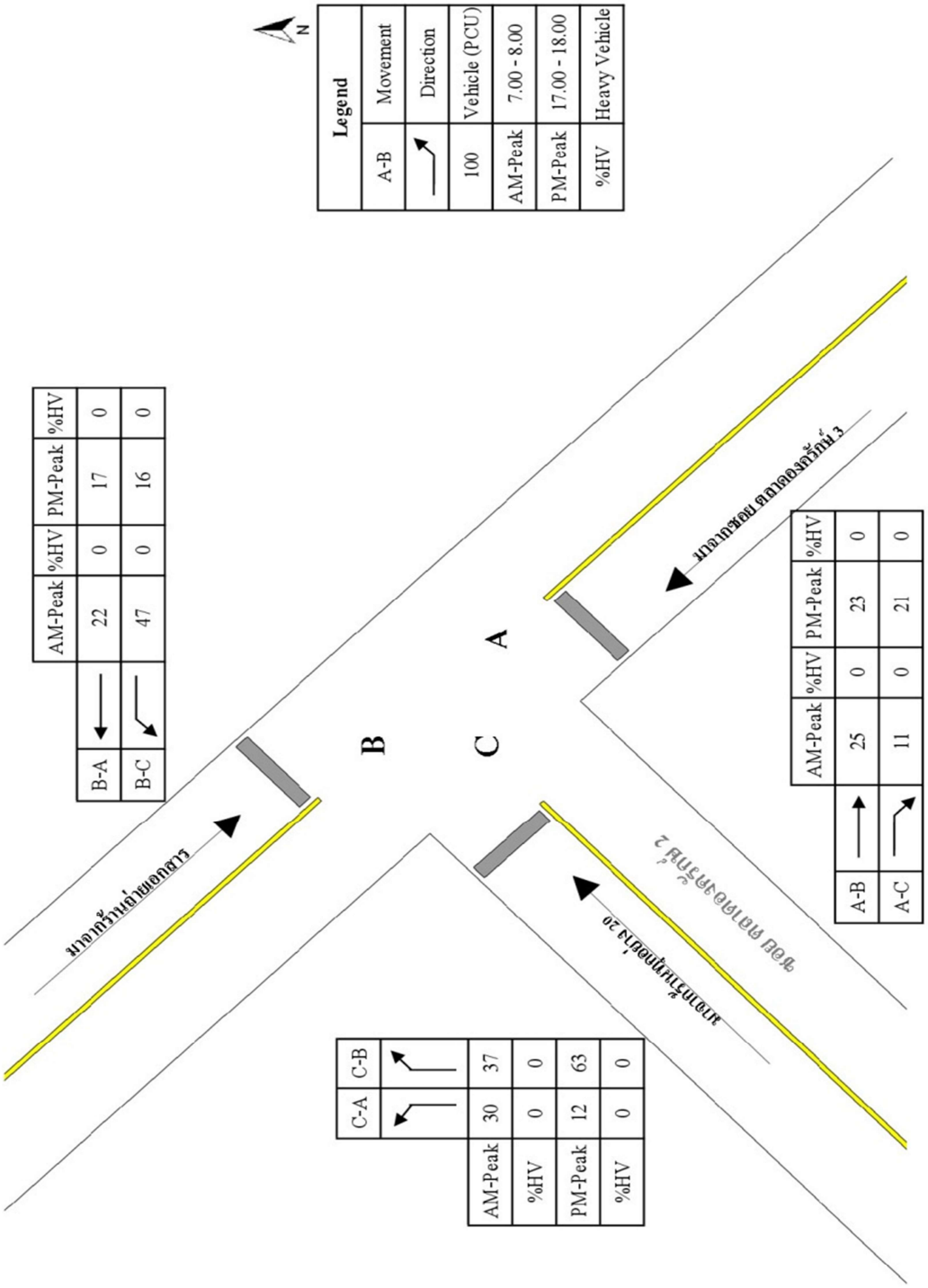
4.1.9.2 ซอยตลาดองครักษ์ 3 ทิศทางจากร้าน K-Mobile

มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงมากที่สุด เลี้ยวขวาค่อนข้างมาก และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปน้อย ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงค่อนข้างมาก เลี้ยวขวาค่อนข้างน้อย และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปมาก

4.1.9.3 ในตลาดองครักษ์ ทิศทางจากซอย ตลาดองครักษ์ 2

มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของเลี้ยวขวาค่อนข้างน้อย เลี้ยวซ้ายมากที่สุด และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปมาก ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของเลี้ยวขวาค่อนข้างน้อย เลี้ยวซ้ายค่อนข้างน้อยและไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป

4.1.10 ผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 10



รูปที่ 4.11 ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 10 (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน)

จากผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงแร่งด่วนของแยกที่ 10 รูปที่ 4.11 ตามภาพแสดงสถานที่สำคัญที่ใช้ระบุเส้นทางการเคลื่อนที่ของปริมาณยานพาหนะตามแยกต่างๆ บริเวณตลาดองครักษ์ รูปที่ 4.1 เป็น 3 แยก บริเวณทิศเหนือของตลาดองครักษ์ โดยวิเคราะห์ได้ดังนี้

4.1.10.1 ในตลาดองครักษ์ ทิศทางจากซอย ตลาดองครักษ์ 3

จะมีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงมากที่สุด เลี้ยวซ้ายน้อย และไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงน้อย เลี้ยวซ้ายน้อย และไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป

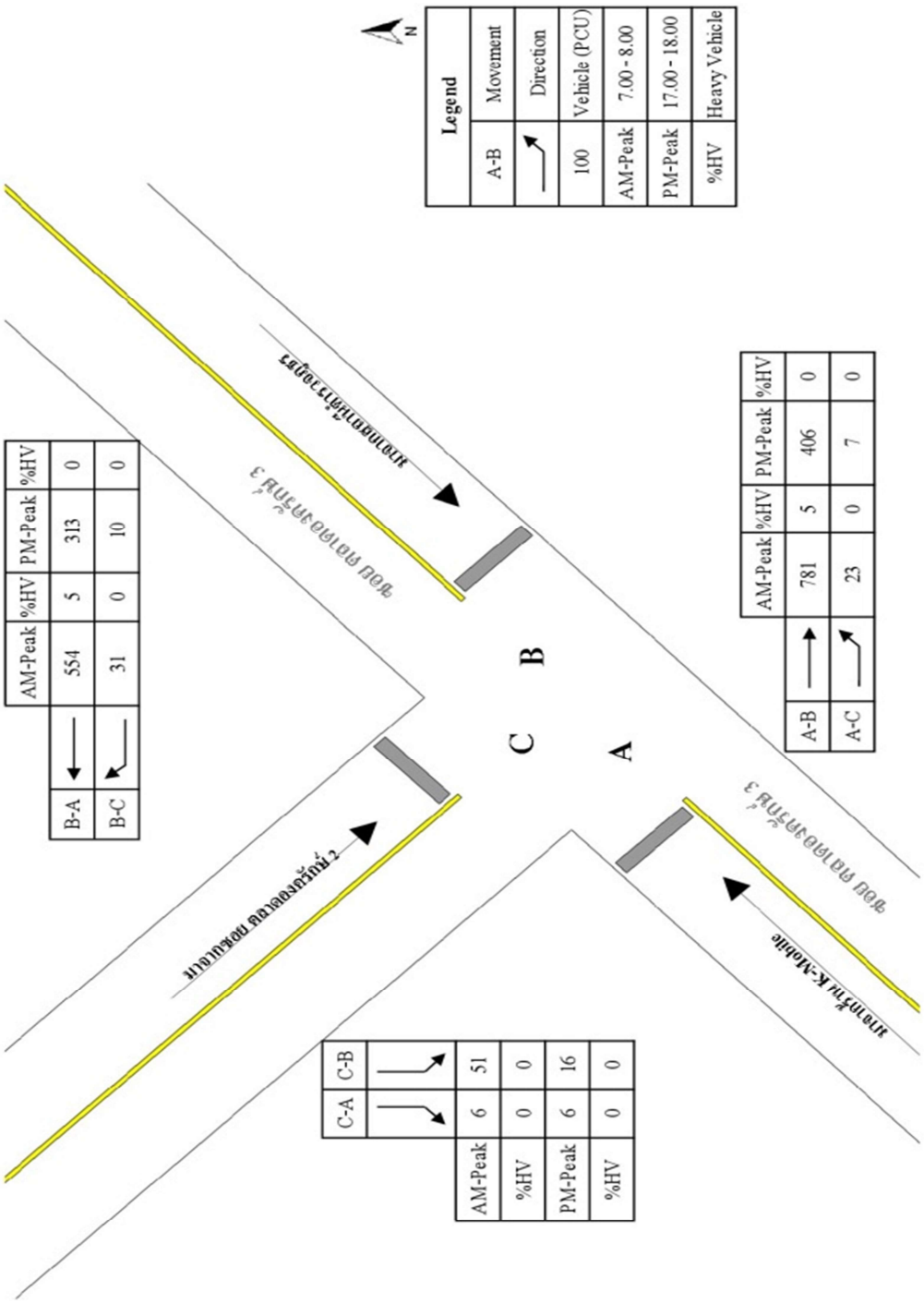
4.1.10.2 ในตลาดองครักษ์ ทิศทางจากร้านถ่ายเอกสาร

จะมีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงน้อย เลี้ยวขวามากที่สุด และไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงน้อย เลี้ยวขวาน้อย และไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป

4.1.10.3 ซอยตลาดองครักษ์ 2 ทิศทางจากร้านทุกอย่าง 20

มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของเลี้ยวซ้ายค่อนข้างน้อย เลี้ยวขวาค่อนข้างน้อย และไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของเลี้ยวซ้ายน้อย เลี้ยวขวามากที่สุดและไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป

4.1.11 ผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 11



รูปที่ 4.12 ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ณ แยกที่ 11 (ไม่ได้เทียบมาตราส่วน)

จากผลการสำรวจปริมาณจราจรในชั่วโมงแร่งด่วนของแยกที่ 11 รูปที่ 4.12 ตามภาพแสดงสถานที่สำคัญที่ใช้ระบุเส้นทางการเคลื่อนที่ของปริมาณยานพาหนะตามแยกต่างๆ บริเวณตลาดองครักษ์ รูปที่ 4.1 เป็น 3 แยก บริเวณทิศตะวันออกเฉียงเหนือของตลาดองครักษ์ โดยวิเคราะห์ได้ดังนี้

4.1.11.1 ซอย ตลาดองครักษ์ 3 ทิศทางจากร้าน K-Mobile

จะมีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงมากที่สุด เลี้ยวซ้ายน้อย และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปน้อย ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงมาก เลี้ยวซ้ายน้อย และไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป

4.1.11.2 ซอยตลาดองครักษ์ 3 ทิศทางจากสถานีตำรวจภูธร

จะมีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางตรงมากที่สุด เลี้ยวขวาน้อย และมียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไปน้อย ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของทางตรงมาก เลี้ยวขวามาก และไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป

4.1.11.3 ในตลาดองครักษ์ ทิศทางจากซอย ตลาดองครักษ์ 2

มีปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของเลี้ยวขวาน้อย เลี้ยวซ้ายมากที่สุด และไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของเลี้ยวขวาน้อย เลี้ยวซ้ายน้อย และไม่มียานพาหนะตั้งแต่หกล้อขึ้นไป

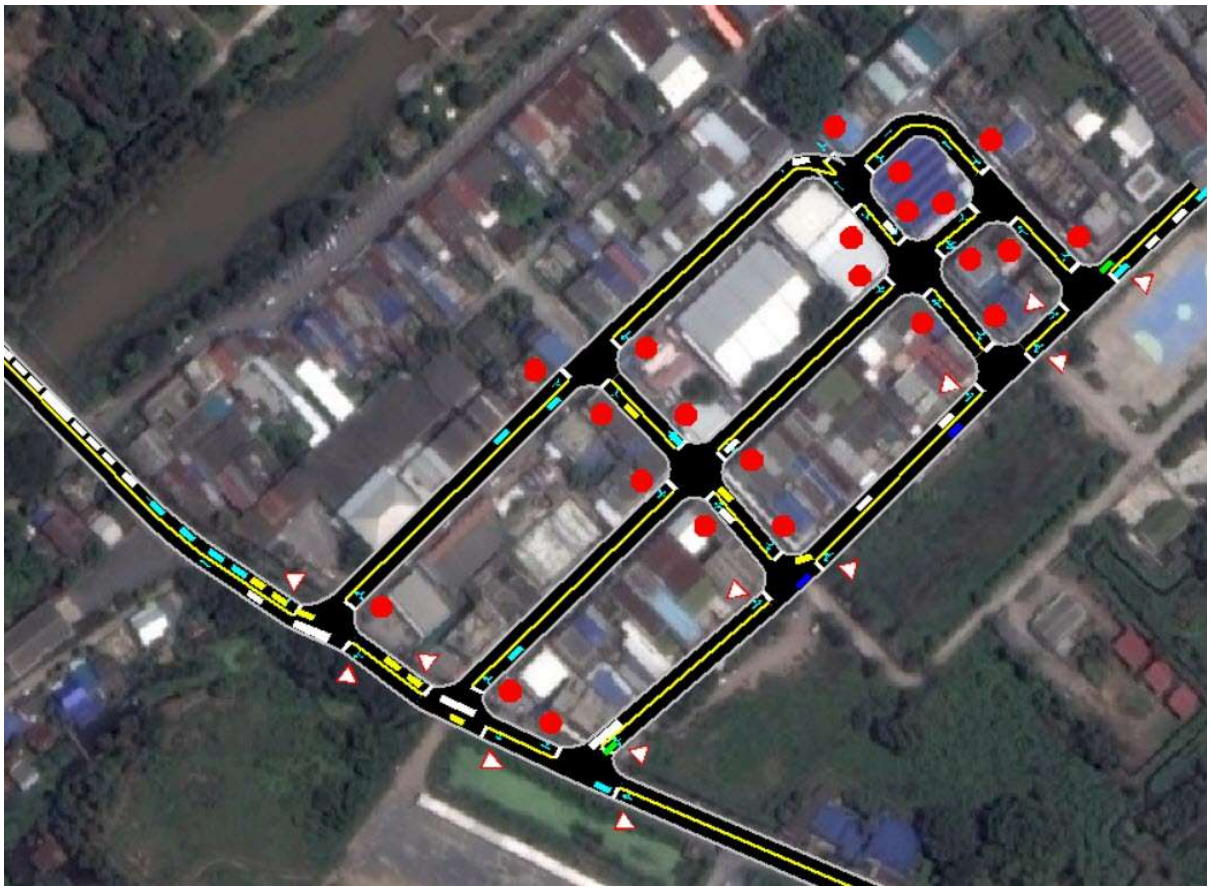
4.2 การใช้แบบจำลองในการบริหารจัดการจราจรในบริเวณตลาดองครักษ์

4.2.1 การสร้างแบบจำลองกรณีฐาน (กรณีปัจจุบัน)

จากการสำรวจปริมาณรถที่สัญจรบริเวณภายในและรอบๆตลาดองครักษ์ ความเร็วของรถที่ทิศทางขาเข้าตลาดองครักษ์และในตลาดองครักษ์ สัญลักษณ์และป้ายจราจรบริเวณตลาดองครักษ์ รวมถึงความยาว และความกว้างของถนน (แสดงในภาคผนวก ก) โดยเมื่อได้ผลข้อมูลจากการสำรวจแล้วจะนำข้อมูลนั้นไปทำการกรอกใส่แบบทดลองเพื่อทำข้อมูลกรณีฐานสิ่งที่จำเป็นในการใส่ค่ามีดังนี้คือ

- ลักษณะทางกายภาพเช่น ทางแยก เส้นถนน
- ทิศทางการจราจรของถนนแต่ละเลน
- ความเร็วเฉลี่ยที่รถใช้ในการขับที่ถนนนั้นๆ
- ความกว้างเลนและจำนวนช่องจราจร
- ปริมาณรถที่วิ่งสัญจร ณ บริเวณถนนที่ได้ทำการสำรวจและสร้างแบบจำลอง รวมถึงการคำนวณเปอร์เซ็นต์ของ Heavy vehicles (%HV)

เมื่อนำค่าที่กล่าวมาข้างต้นใส่ลงในโปรแกรมสร้างแบบจำลองจะได้ผลลัพธ์ดังนี้



รูปที่ 4.13 แบบจำลองกรณีฐาน

จากรูปที่ 4.13 เมื่อสังเกตจะพบว่าการจราจรที่ถนนทางหลวง 3001 ตัดกับทางเข้าซอยทั้ง 3 จุด มีการติดขัดของจราจรมาก ส่งผลให้มีแถวคอยที่ยาว และมีการติดขัดเกิดขึ้นมาก เราจึงเห็นปัญหาหลังที่บริเวณหน้าตลาดองครักษ์ทำให้ผู้จัดทำคิดวิธีการแก้ปัญหาคือ การติดตั้งสัญญาณไฟ การเดินรถทางเดียว และการเพิ่มเลนทางออกซอยอีกจำนวน 1 เลนโดยทุกกรณีนั้นจะเพิ่ม ถนนเลนหลักเป็นการเดินรถทิศทางอย่างละ 2 เลน

4.2.2 การสร้างแบบจำลองกรณีปรับปรุง

เมื่อทำการวิธีการแก้ไขปัญหาการจราจรดังหัวข้อ 4.2.1 เรียบร้อยแล้ว เราจึงนำไปออกแบบตามแผนที่วางไว้ดังนี้

4.2.2.1 การติดตั้งสัญญาณไฟ

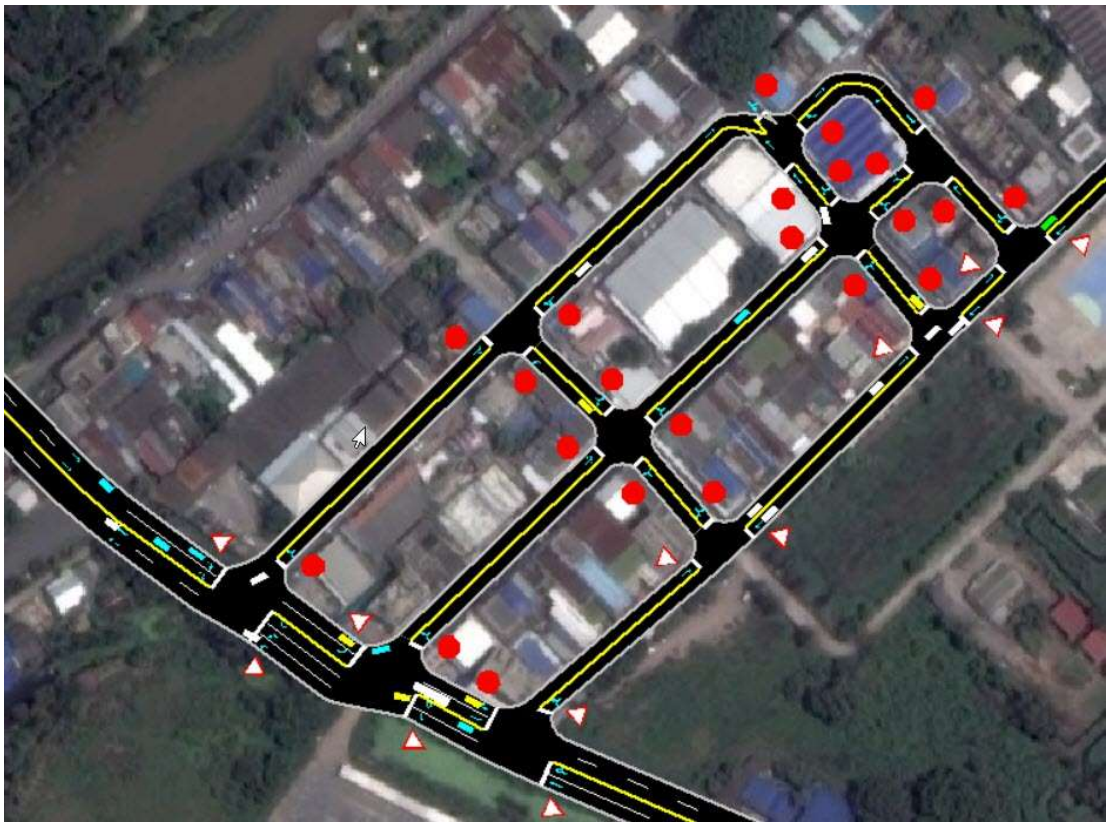
สำหรับการติดตั้งสัญญาณไฟนั้นเราจะทำการเพิ่มสัญญาณไฟจราจรที่ทางหลวงหมายเลข 3001 ตัดกับทางเข้าซอยตลาดองครักษ์ทั้ง 3 จุดโดยจะทำการประสานสัญญาณไฟจราจรให้เข้ากันเพื่อที่จะลดระยะเวลาที่สูญเสียของสัญญาณไฟจราจร และได้ทำการเพิ่มช่องทางถนนหลักเป็นจำนวน 2 ช่องทางซึ่งผลลัพธ์การจราจรสร้างแบบจำลองนั้นจะได้รูปดังนี้

รูปที่ 4.14 แบบจำลองกรณีปรับปรุง (กรณีใช้สัญญาณไฟจราจร)

จากรูปที่ 4.2 สังเกตได้ว่ามีการจราจรติดขัดมากกว่าเดิมและทำให้รถภายในตลาดองครักษ์ติดขัดตามไปด้วยเพราะว่ารถที่สัญจรผ่านนั้นมีการรอสัญญาณไฟเพื่อที่จะผ่านทางแยกไปซึ่งสิ่งที่ทำให้รถติดกว่ากรณีปัจจุบันนั้นเพราะว่าจำนวนรถที่สัญจรผ่านไม่เหมาะแก่การตั้งสัญญาณไฟจราจร (รถที่สัญจรมีปริมาณน้อยกว่าความจำเป็นที่ต้องใช้สัญญาณไฟจราจร)จึงเป็นผลทำให้มีการติดขัดมากกว่ากรณีปัจจุบัน

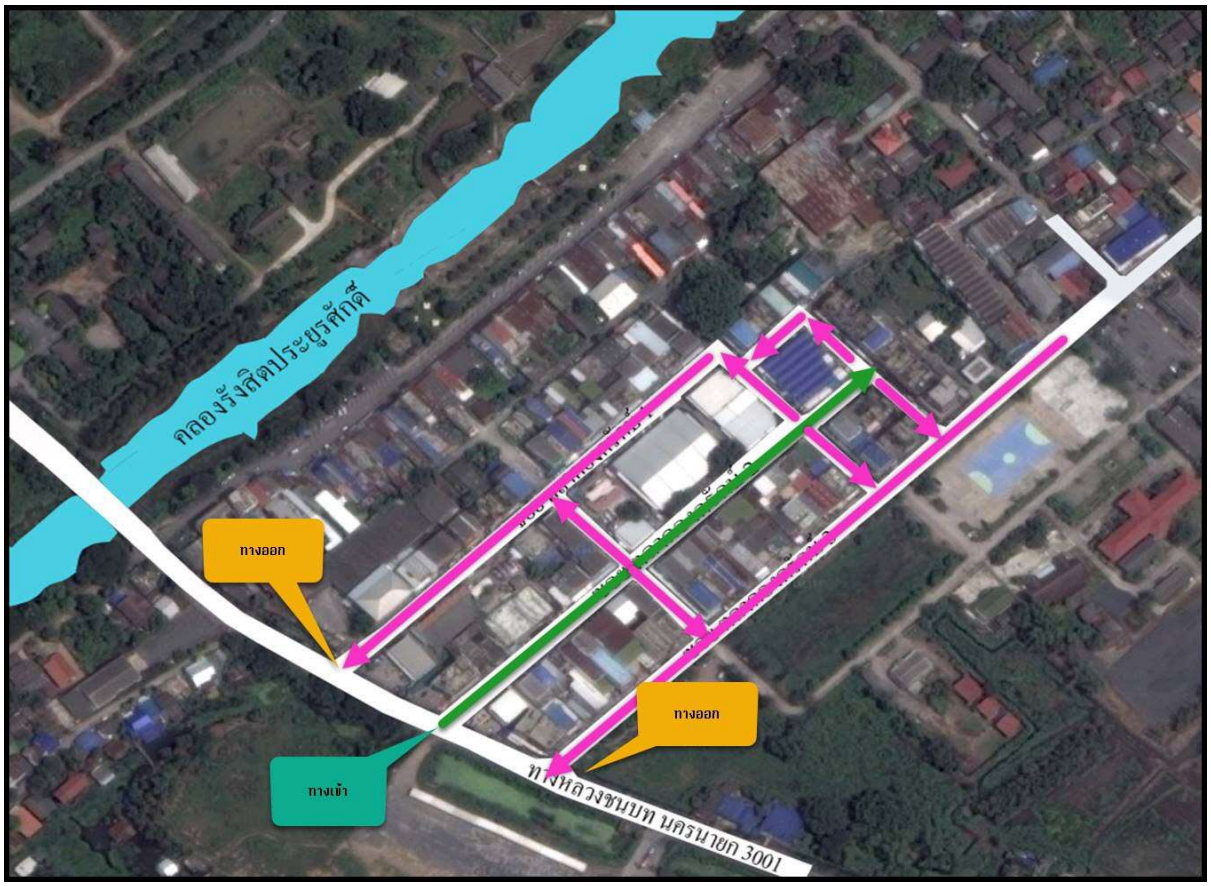
4.2.2.2 การจัดตั้งการเดินรถทางเดียว

สำหรับการติดตั้งทางเดียวนั้นเป็นตัวเลือกหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับการแก้ปัญหาการจราจรบริเวณตลาดองครักษ์ซึ่งเราจะทำการกำหนดทางเข้าและทางออกในบริเวณตลาดองครักษ์เท่านั้นเพราะถนนหลักไม่สามารถบังคับรถที่ผ่านทางสัญจรให้เดินรถทางเดียวได้โดยสังเกตได้จากรูปดังนี้



รูปที่ 4.15 แบบจำลองกรณีปรับปรุง (กรณีเดินรถทางเดียว)

จากรูปที่ 4.15 เป็นการจัดการจราจรที่ใช้การเดินรถทางเดียวโดยทางผู้จัดทำใช้วิธีการให้รถเข้าตลาดองครักษ์แค่เพียงทางเดียวเท่านั้นคือบริเวณทางแยกของถนนหลักทางหลวง 3001 ตัดกับซอยตลาดองครักษ์หมายเลข 2 โดยจะให้รถนั้นวิ่งออกทางถนนหลักหมายเลข 1 และ 3 ซึ่งจะมีทิศทางแสดงในรูปที่ 4.16

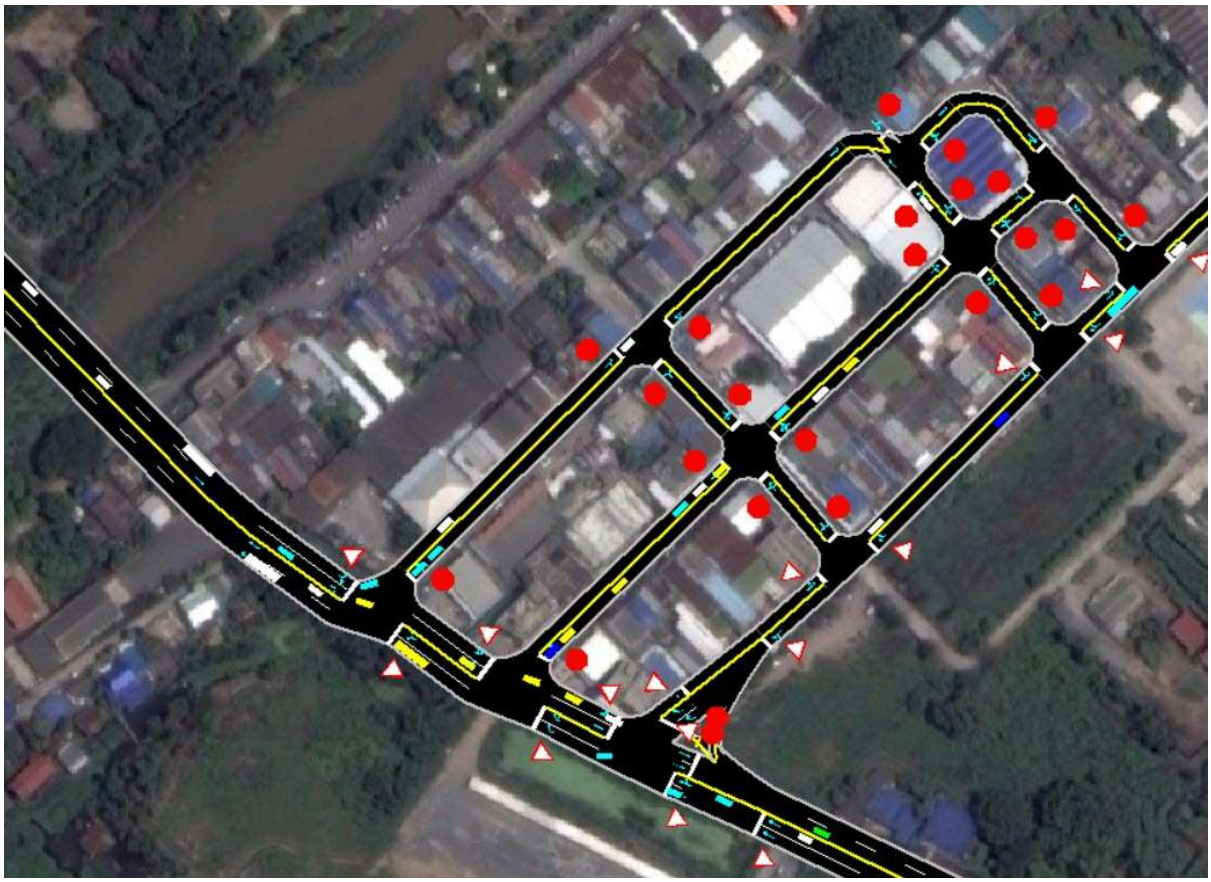


รูปที่ 4.16 ทิศทางการเข้าออกของกรณีเดินรถทางเดียว

จากรูปข้างต้นเราจะเห็นว่าเส้นสีเขียวคือทางเข้าซึ่งเราจะกำหนดไว้ที่แยกซอยตลาดองครักษ์ที่ 2 และได้กำหนดทางออกเป็น แยกตลาดองครักษ์ที่ 1 และ 3 ซึ่งจะใช้ลูกศรสีชมพู

4.2.2.3 การเพิ่มเลนผายเลี้ยวซ้ายขึ้นจำนวน 1 เลนที่แยกทางหลวง 3001 ตัดกับซอยตลาดองครักษ์ 3

โดยจะทำการเพิ่มเลนผายช่องเลี้ยวซ้ายขึ้นมาจำนวน 1 เลนทำให้ทางแยกนั้นมีจำนวน 3 เลนโดยจะกำหนดเป็นเลี้ยวขวาจำนวน 2 เลนและเลี้ยวซ้ายจำนวน 1 เลนเพราะจากการสำรวจนั้นทางเราพบว่ามีรถเลี้ยวขวามากกว่ารถเลี้ยวซ้าย ซึ่งจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 แบบจำลองกรณีปรับปรุง (กรณีเลนผาย)

จากรูปที่ 4.17 จะสังเกตได้ว่าทางเรานั้นได้ทำการเพิ่มเลนผายจันวน 1 เลนที่บริเวณทางแยกเป็นเลนที่ใช้สำหรับการเลี้ยวซ้ายเท่านั้นเพื่อนให้ลดนั้นเลี่ยงการติดขัดที่บริเวณทางแยกโดยเราจะใช้เกาะสีเป็นการกั้นแบ่งเลนผายและจะกำหนดเลนที่เหลือจำนวน 2 เลนนั้นเป็นเลนเลี้ยวขวาเท่านั้น

จากการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมทั้ง 3 กรณีปรับปรุง จึงได้ทำตารางสรุปรายละเอียดการปรับปรุงของแต่ละกรณีเมื่อเทียบกับกรณีฐานซึ่งจะแสดงได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางสรุปรายละเอียดการปรับปรุงของแต่ละกรณีเมื่อเทียบกับกรณีฐาน

สถานที่	กรณีฐาน	กรณีปรับปรุง		
		สัญญาณไฟ	เดินรถทางเดียว	เพิ่มเลนผาย
ทางหลวงชนบท 3001ตัดกับซอยตลาดองครักษ์ที่ 1	-	เพิ่มสัญญาณไฟจราจรที่ทางแยก	-	-
ทางหลวงชนบท 3001ตัดกับซอยตลาดองครักษ์ที่ 2	-	เพิ่มสัญญาณไฟจราจรที่ทางแยก	-	-
ทางหลวงชนบท 3001ตัดกับซอยตลาดองครักษ์ที่ 3	-	เพิ่มสัญญาณไฟจราจรที่ทางแยก	-	เพิ่มเลนผายที่ขึ้นและมีความยาวก่อนถึงทางแยก 50 เมตร และหลังทาง และออกจากทางแยก 50 เมตร โดยมีเกาะกลางมีพื้นที่ 33x33 เมตร
จำนวนช่องทางทางหลวงชนบท 3001	จำนวน 1 ช่องทางจราจรขาไป-กลับ	จำนวน 2 ช่องทางจราจรขาไป-กลับ	จำนวน 2 ช่องทางจราจรขาไป-กลับ	จำนวน 2 ช่องทางจราจรขาไป-กลับ

เนื่องจากการปรับปรุงด้วยกรณีเดินรถทางเดียวมีความแม่นยำที่น้อยมาก เพราะไม่สามารถคาดเดาได้ว่าทิศทางการจราจรของรถจะเป็นไปในรูปแบบใด ทางผู้จัดทำจึงได้ทำการเลือกวิธีที่มีความแม่นยำเพียง 2 วิธีเพื่อนำมาออกแบบในรูปของแผนที่กรณีปรับปรุงด้วยสัญญาณไฟและกรณีเพิ่มเลนผาย

4.3 การออกแบบแนวทางการแก้ไขปัญหาและการปรับปรุงจราจรบริเวณตลาดองครักษ์

4.3.1 แบบจำลองกรณีฐาน

แบบจำลองกรณีฐานมีช่องทางเดินรถบริเวณตลาดองครักษ์ เป็นช่องทางการเดินรถแบบสวนทางกัน ขนาดความกว้างของถนนอยู่ที่ 5 เมตร/1ช่องทางเดินรถบริเวณถนนหลวงชนบทหมายเลข 3001 มีทางม้าลายระหว่าง ซอยตลาดองครักษ์ 1 และซอยตลาดองครักษ์ 2 สามารถรองรับการจอดรถตามพื้นที่ที่ให้จอดโดยรถยนต์ส่วนบุคคลได้ประมาณ 160 คัน และรถจักรยานยนต์ได้ประมาณ 45 คัน มีพื้นที่จอดรถชั่วคราว 2 ที่บริเวณซอยตลาดองครักษ์ 1 ป้ายจราจรโดยรอบตลาดองครักษ์ไม่มี

4.3.2 แบบจำลองกรณีปรับปรุง (การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร)

แบบจำลองกรณีปรับปรุง โดยการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรจะมีการเปลี่ยนรูปแบบดังนี้

4.3.2.1 ความกว้างผิวจราจร

ความกว้างผิวจราจรบนถนนหลวงชนบทหมายเลข 3001 และถนนซอยตลาดองครักษ์ 1 ถึงซอยตลาดองครักษ์ 3 สำหรับทางหลวงหรือถนนหลวงตั้งแต่ 2 ช่องจราจรขึ้นไปและมีรถวิ่งสวนทางกันกำหนดความกว้างของถนน 5 เมตร

จำนวนช่องจราจรทั้งสองทิศทาง	ความกว้างผิวจราจร (เมตร)	บริเวณที่ควรใช้เส้นแบ่งทิศทางจราจร
4 หรือมากกว่าที่ไม่ใช่ทางคู่	ทุกขนาด	ตลอดสาย
2	5.5 ม. ขึ้นไป	ตลอดสาย
2	5 - 5.5 ม. (ปริมาณจราจร 300 คันต่อวันขึ้นไป)	ก. บริเวณย่านชุมชนและที่อยู่อาศัย ข. บริเวณห้ามแซง ค. ระยะ 30 เมตร ก่อนถึงและภายในโค้งที่มีรัศมีต่ำกว่า 300 เมตร ง. ระยะ 30 เมตร ก่อนถึงป้ายหยุด จ. บริเวณที่มีอุบัติเหตุบ่อยครั้ง

รูปที่ 4.18 ตารางมาตรฐานแสดงความกว้างของผิวจราจรและบริเวณที่ควรแบ่งทิศจราจร (**ที่มา**: กระทรวงคมนาคม. (2546). *คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร ภาคที่ 1 เล่มที่ 3 (สนข.)*: 31.)

4.3.2.2 เส้นแบ่งทิศทางจราจรปกติ

เส้นแบ่งทิศทางจราจรปกติบนถนนหลวงชนบทหมายเลข 3001 ถนนบริเวณซอยตลาดองครักษ์ 1 ถึงซอยตลาดองครักษ์ 3 ในพื้นที่บริเวณนี้จะมีการใช้ความเร็วในการสัญจรที่ต่ำจึงกำหนดลักษณะเป็นเส้นปะสีเหลืองขนาดความกว้าง 10 เซนติเมตร เส้นยาว 1 เมตร และห่างกัน 3 เมตร โดยอ้างอิงจากมาตรฐานเครื่องหมายจราจรสำนักงานนโยบายการขนส่งและจราจร (สนข.) กระทรวงคมนาคม

4.3.2.3 เส้นแบ่งทิศทางจราจรห้ามแซง

ความกว้างของผิวจราจรรวม 2 ทิศทางน้อยกว่า 14 เมตร และปริมาณการจราจรมากกว่า 800 คัน/วัน กำหนดลักษณะเป็นเส้นทึบสีเหลือง ขนาดความกว้าง 10 เซนติเมตร

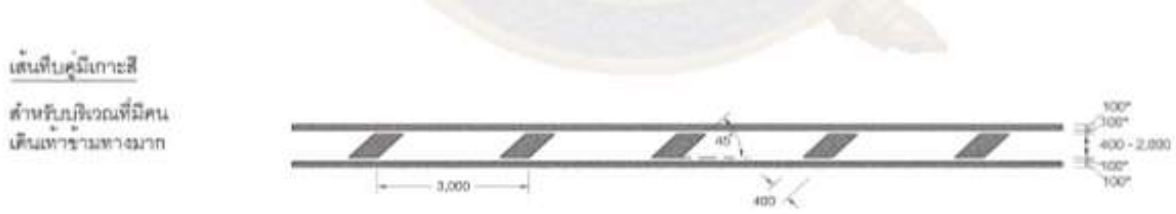
ปริมาณการจราจร (คัน/วัน)	ความกว้างของผิวจราจรรวมสองทิศทาง		
	น้อยกว่า 14 เมตร	14 เมตร	มากกว่า 14 เมตร
มากกว่า 800	กว้าง 10	กว้าง 10	กว้าง 10
	ระยะห่าง 10	ระยะห่าง 10	ระยะห่าง 10
มากกว่า 16,000	กว้าง 10	กว้าง 15	กว้าง 15
	ระยะห่าง 10	ระยะห่าง 15	ระยะห่าง 30-60
มากกว่า 32,000	กว้าง 15	กว้าง 20	กว้าง 20
	ระยะห่าง 15	ระยะห่าง 20	ระยะห่าง 40-80

รูปที่ 4.19 ตารางมาตรฐานแสดงความกว้างของผิวจราจรที่จำกัดการห้ามแซง

(**ที่มา**: กระทรวงคมนาคม. (2546). *คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร ภาคที่ 1 เล่มที่ 3 (สนข.)*: 33.)

4.3.2.4 เส้นแบ่งทิศทางห้ามแซงคู่เกาะ

มีลักษณะเป็นเส้นทึบสีเหลืองคู่ขนานมีความกว้าง 10 เซนติเมตร ตลอดความยาว โดยเส้นทั้งสองมีระยะห่าง 40 เซนติเมตร และให้ตีเส้นทแยงระหว่างเส้นทึบคู่เป็นเกาะสี ซึ่งความกว้างของเส้นกว้าง 40 เซนติเมตร และเอียงทำมุม 45 องศา ห่างกัน 3 เมตร ตลอดความยาว



รูปที่ 4.20 เส้นแบ่งทิศทางห้ามแซงคู่เกาะ

(**ที่มา**: กระทรวงคมนาคม. (2546). *คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร ภาคที่ 1 เล่มที่ 3 (สนข.)*: 35.)

4.3.2.5 เส้นขอบทางด้านนอก

มีลักษณะเป็นเส้นทึบสีขาวตลอดความยาวของถนน กำหนดให้มีความกว้างของเส้น 10 เซนติเมตร

รูปที่ 4.21 เส้นขอบทางด้านนอก

(**ที่มา**: กระทรวงคมนาคม. (2546). *คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร ภาคที่ 1 เล่มที่ 3 (สนข.)*: 43.)

4.3.2.6 เส้นแนวหยุด

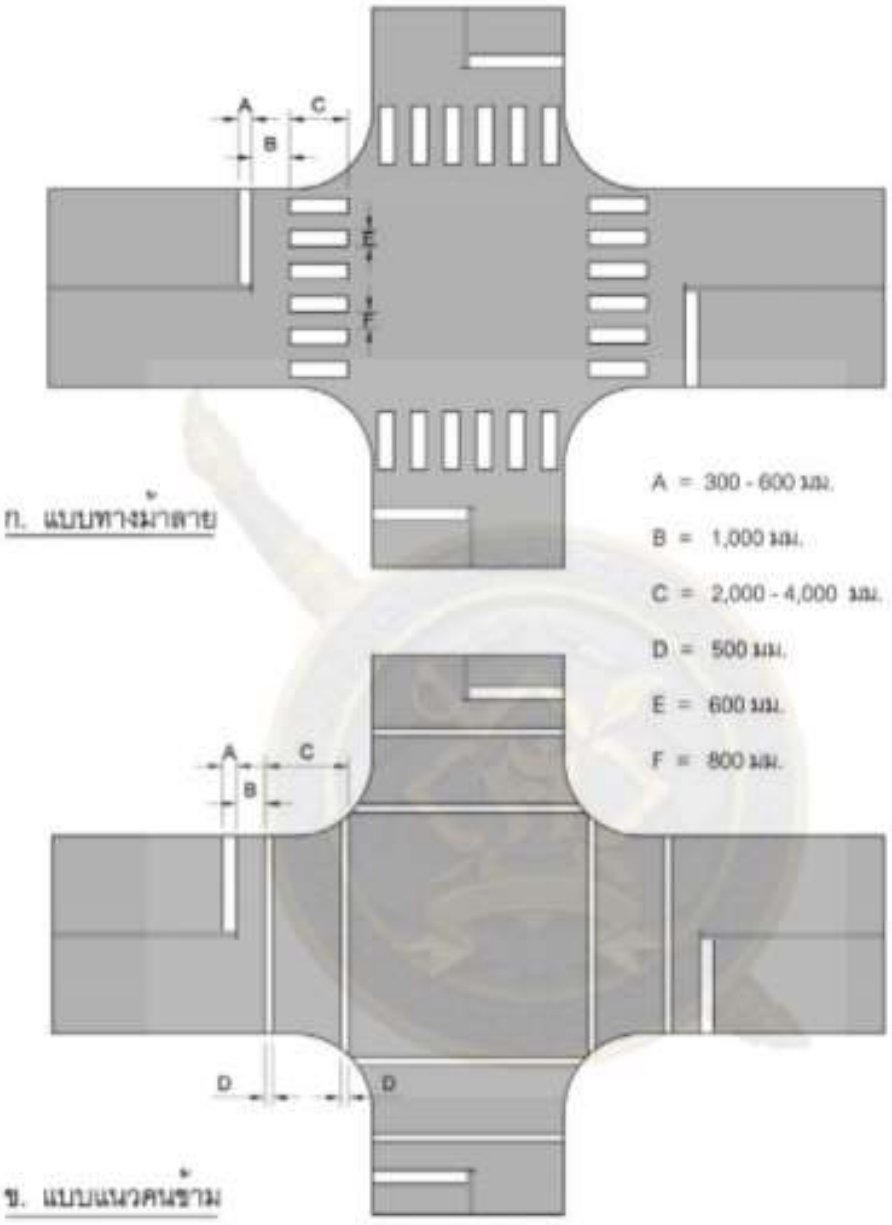
เส้นแนวหยุดจะมีลักษณะเป็นเส้นทึบสีเหลือง ขนาดความกว้าง 30 เซนติเมตร

รูปที่ 4.22 เส้นแนวหยุด

(**ที่มา**: กระทรวงคมนาคม. (2546). *คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร ภาคที่ 1 เล่มที่ 3 (สนข.)*: 47.)

4.3.2.7 เส้นทางข้ามหรือทางม้าลาย

เส้นทางข้ามหรือทางม้าลายกำหนดให้มีเส้นทางข้ามด้วยกัน 2 จุด บริเวณถนนหลวงชนบทหมายเลข 3001 ระหว่างซอยตลาดองครักษ์ 1 ถึงซอยตลาดองครักษ์ 2 และระหว่างซอยตลาดองครักษ์ 2 ถึงซอยตลาดอครักษ์ 3 ในกรณีที่รถใช้ความเร็วน้อยกว่า 60 กิโลเมตร/ชั่วโมง จะกำหนดลักษณะความกว้างของเส้นทางข้ามกว้าง 2.5 เมตรและยาว 20.5 เมตร โดยที่เส้นทึบขาวมีความกว้างและยาว 60*250 เซนติเมตร ห่างกัน 80 เซนติเมตร

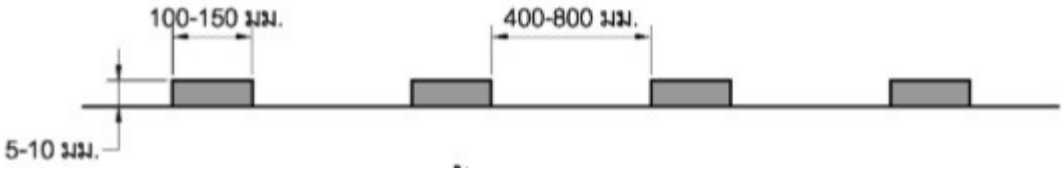


รูปที่ 4.23 เส้นทางข้ามหรือทางม้าลาย

(**ที่มา**: กระทรวงคมนาคม. (2546). *คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร ภาคที่ 1 เล่มที่ 3 (สนข.)*: 51.)

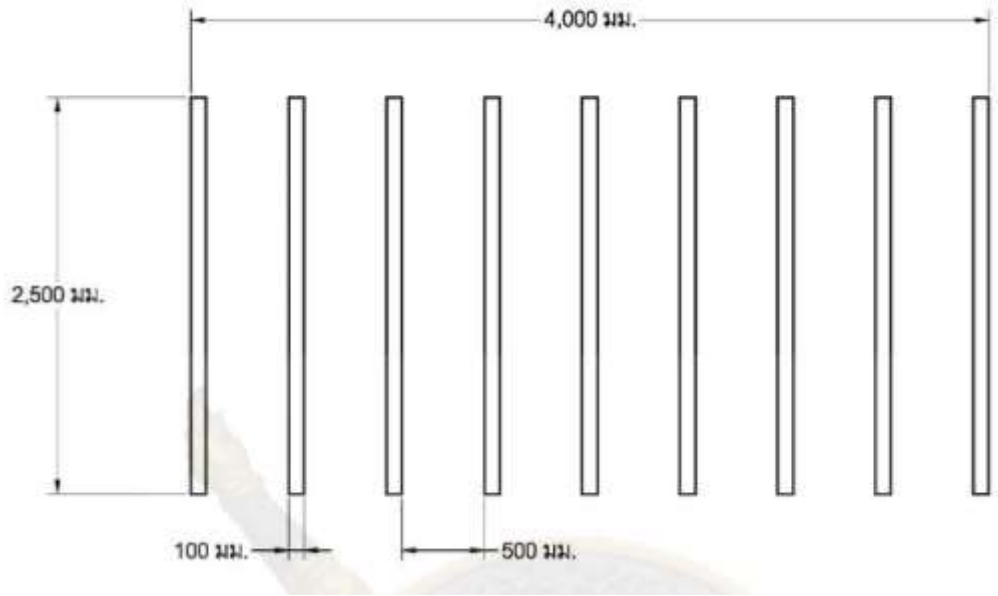
4.3.2.8 เส้นชะลอความเร็ว

จะใช้วัสดุโพลิเมอร์ปลาสติกสีขาวในการปรับปรุงโดยมีลักษณะความกว้าง 2.5 เมตร ยาว 4 เมตร แต่ละเส้นหนา 10 เซนติเมตร และห่างกัน 50 เซนติเมตร



รูปที่ 4.24 เส้นชะลอความเร็ว (รูปตัดขวาง)

(**ที่มา**: กระทรวงคมนาคม. (2546). *คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร ภาคที่ 1 เล่มที่ 3 (สนข.)*: 75.)



รูปที่ 4.25 เส้นชะลอความเร็ว (รูปด้านบน)

(**ที่มา**: กระทรวงคมนาคม. (2546). *คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร ภาคที่ 1 เล่มที่ 3 (สนข.)*: 76.)

4.3.2.9 ป้ายจราจรต่างๆ

กำหนดขนาดและเงื่อนไขการใช้ป้าย โดยบริเวณถนนหลวงชนบทหมายเลข 3001 และบริเวณซอยตลาดองครักษ์ 1-3 มีความเร็วในการใช้ถนนที่ต่ำกว่า 60 กิโลเมตร/ชั่วโมง จึงกำหนดให้ป้ายมีขนาด 600 มิลลิเมตร ตามมาตรฐานป้ายจราจรดังนี้

ขนาด (ม.ม.)	เงื่อนไขการกำหนดขนาดป้าย	
	ประเภททาง	ความเร็วสำคัญ (ก.ม./ชม.)
≤ 450 (เล็กที่สุด)	สำหรับทางหลวงชนบทขนาดเล็ก ตรอก ซอย หรือถนนในเมืองที่มีเขตทางจำกัด และการจราจรใช้ความเร็วต่ำ	≤ 40
600 (เล็ก)	สำหรับทางหลวงแผ่นดินเขตเมือง ทางขนาน ทางหลวงชนบทชั้นที่ 2 และ3 ทางหลวงเทศบาลชั้นที่ 1 ถึง 4 และทางหลวงสุขาภิบาล ชั้นที่ 1 ถึง 3	≤ 60
750 (กลาง)	สำหรับทางหลวงแผ่นดินสายรอง ทางหลวงแผ่นดินสายรองระหว่างอำเภอ ทางหลวงชนบท ถนนในเมือง มาตรฐานทางที่มีจำนวนช่องจราจรไม่เกิน 4 ช่องจราจร	≤ 80
900 (ใหญ่)	สำหรับทางหลวงแผ่นดินสายหลักและสายรอง ทางด่วนของการทางพิเศษ และถนนสายหลักในเมือง และทางอื่นๆ มาตรฐานทางเป็นทางคู่ (Divided Highway) หรือทางหลายช่องจราจร ที่มีจำนวนช่องจราจร ตั้งแต่ 4 ช่องจราจรขึ้นไป	≤ 90
≥ 1200 (ใหญ่พิเศษ)	สำหรับทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง ทางหลวงแผ่นดินสายประธาน ทางหลวงสัมปทาน มาตรฐานทางเป็นทางคู่ (Divided Highway) ที่มีจำนวนช่องจราจรรวมทั้งสิ้นตั้งแต่ 6 ช่องจราจรขึ้นไป และ/หรือ การจราจรใช้ความเร็วต่อเนื่องสูง	≤ 120

รูปที่ 4.26 เงื่อนไขการกำหนดป้าย

(**ที่มา**: กระทรวงคมนาคม. (2546). *คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร ภาคที่ 1 เล่มที่ 3 (สนข.)*: 37.)

(1) ป้ายหยุด

มีลักษณะเป็นรูปแปดเหลี่ยมด้านเท่า เส้นขอบป้ายสีขาว มีตัวอักษรคำว่า “หยุด” สีขาวสูงประมาณ 1/3 เท่าของความสูงป้ายทั้งหมด ติดบริเวณตามแยกต่างๆของตลาดองครักษ์

รูปที่ 4.27 ป้ายหยุด

(**ที่มา**: กระทรวงคมนาคม. (2546). *คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร ภาคที่ 1 เล่มที่ 3 (สนข.)*: 44.)

(2) ป้ายให้ทาง

โดยมีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า มุมแหลมอยู่ล่าง พื้นป้ายสีขาว เส้นขอบป้ายสีแดง มีอักษรคำว่า “ให้ทาง” สีดำอยู่ภายใน ติดบริเวณตามแยกต่างๆของตลาดองครักษ์

รูปที่ 4.28 ป้ายให้ทาง

(**ที่มา**: กระทรวงคมนาคม. (2546). *คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร ภาคที่ 1 เล่มที่ 3 (สนข.)*: 53.)

(3) ป้ายห้ามจอดซ้อนคัน

จะมีลักษณะเป็นรูปวงกลม พื้นป้ายสีน้ำเงิน เส้นขอบป้ายสีแดง มีขีดสีแดงทำมุม 45 องศา จากทางซ้ายของป้ายลงมาด้านขวาของป้าย จะติดป้ายบริเวณต่างๆตามจุดที่กำหนด

รูปที่ 4.29 ป้ายห้ามจอดซ้อนคัน

(**ที่มา**: กระทรวงคมนาคม. (2546). *คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร ภาคที่ 1 เล่มที่ 3 (สนข.)*: 71.)

(4) ป้ายเตือนทางแยกบริเวณก่อนถึงทางแยกต่างๆ

กำหนดให้ห่างจากทางแยก 45 เมตร ตามมาตรฐานป้ายจราจร มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสตั้งมุมขึ้น พื้นป้ายสีเหลือง เส้นขอบป้ายสีดำภายในบรรจุสัญลักษณ์สีดำเป็นลักษณะทางแยกต่างๆ

ประเภททางหลวง/ถนน	ในเขตเมือง/ย่านชุมชน	ทางนอกเมือง
ทาง 2 ช่องจราจร	40 — 120 ม.	120 — 160 ม.

ที่มา 4.30 ป้ายเตือนทางแยกบริเวณก่อนถึงทางแยกต่างๆ

(**ที่มา**: กระทรวงคมนาคม. (2546). *คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร ภาคที่ 1 เล่มที่ 3 (สนข.)*: 95.)

(5) ป้ายเตือนระวังคนข้ามถนน

มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสตั้งมุมขึ้น พื้นป้ายสีเหลือง เส้นขอบป้ายสีดำ ภายในบรรจุสัญลักษณ์รูปคนกำลังเดินข้ามถนนสีดำ ติดบริเวณก่อนถึงทางม้าลายห่างจากทางม้าลาย 40 เมตร

รูปที่ 4.31 ป้ายเตือนระวังคนข้ามถนน

(**ที่มา**: กระทรวงคมนาคม. (2546). *คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร ภาคที่ 1 เล่มที่ 3 (สนข.)*: 127.)

(6) ป้ายจำกัดความเร็ว

มีลักษณะเป็นรูปวงกลม พื้นป้ายสีขาว เส้นขอบป้ายสีแดง ตัวหนังสือตรงกลางสีดำ กำหนดให้วิ่งด้วยความเร็ว 40 กิโลเมตร/ชั่วโมง เนื่องจากบริเวณนี้เป็นเขตชุมชนซึ่งมีรถสัญจรหนาแน่น จะติดป้ายบริเวณถนนหลวงชนบทหมายเลข 3001 ซึ่งห่างจากเส้นหยุดรถ 125 เมตร

รูปที่ 4.32 ป้ายจำกัดความเร็ว

(**ที่มา**: กระทรวงคมนาคม. (2546). *คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร ภาคที่ 1 เล่มที่ 3 (สนข.)*: 36.)

(7) ป้ายเตือนลดความเร็ว

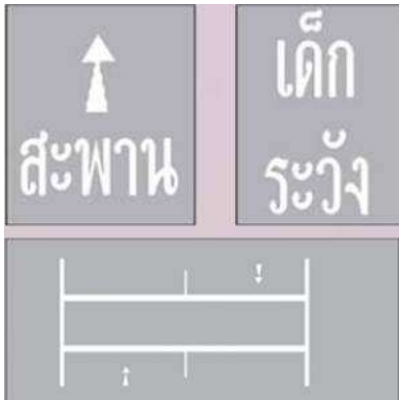
มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 1.5*1.8 เมตร พื้นป้ายสีเหลือง เส้นขอบป้ายสีดำ ตัวหนังสือภายในเขียนว่า “เขตชุมชนลดความเร็ว” ตัวหนังสือสีดำ ติดป้ายบริเวณถนนหลวงชนบทหมายเลข 3001ซึ่งจะติดห่างจากป้ายจำกัดความเร็ว 125 เมตร

รูปที่ 4.33 ป้ายเตือนลดความเร็ว

(**ที่มา:** https://e-org.e-tech.ac.th/e-org/depart/mechanic/images/stories/t053.gif)

4.3.2.10 ข้อความบังคับพื้นทาง

มีลักษณะเขียนข้อความบนพื้นทางด้วยตัวหนังสือ “ลดความเร็ว” สีขาว โดยตัวหนังสือมีความสูง 3 เมตร ใช้สำหรับทางหลวงในเมืองหรือย่านชุมชน จะอยู่บริเวณทางหลวงชนบทหมายเลข 3001

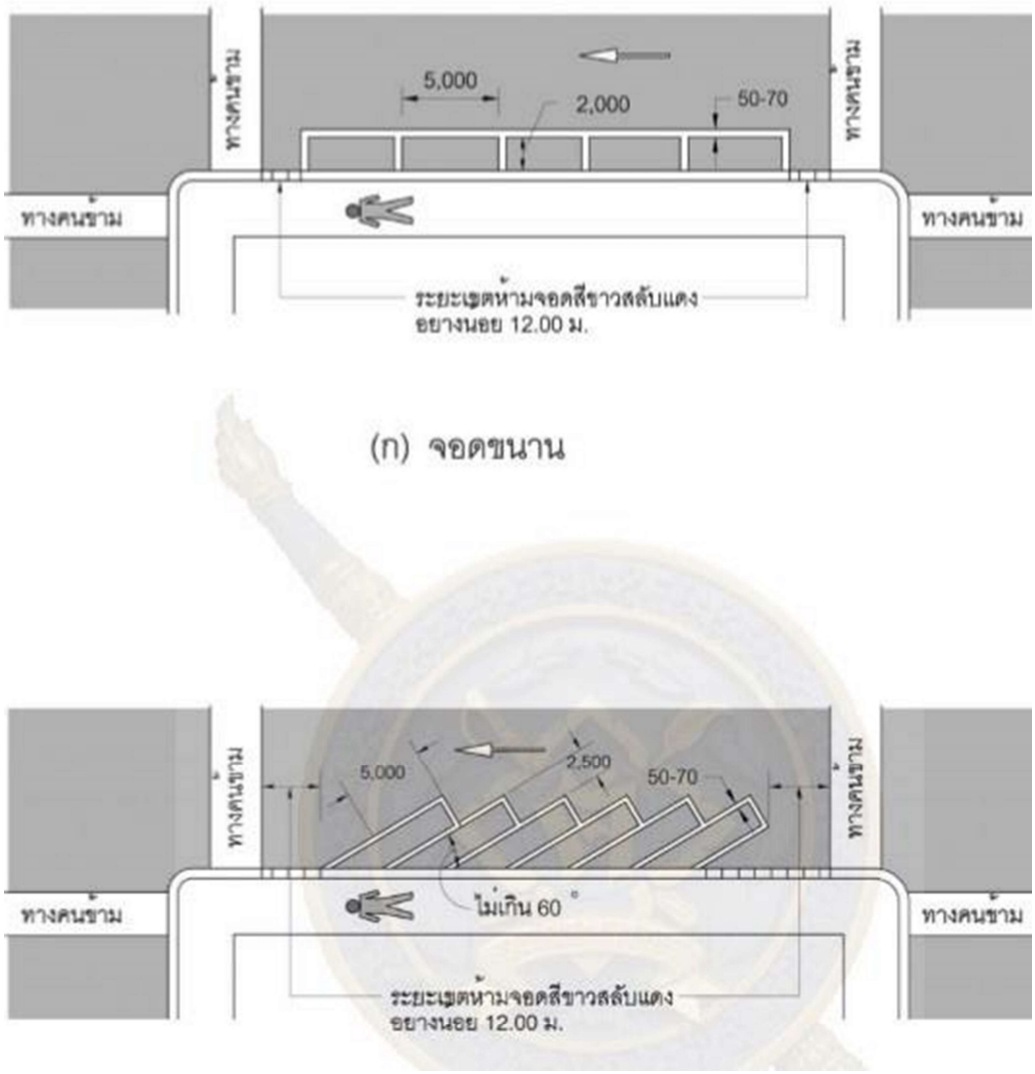


รูปที่ 4.34 ข้อความบังคับพื้นทาง

(**ที่มา:** http://ข้อสอบใบขับขี่.blogspot.com/2016/06/blog-post_27.html)

4.3.2.11 เส้นช่องจอดรถ

มีลักษณะเป็นเส้นทึบสีขาวแสดงขอบเขตของช่องจอดรถ โดยจะมีความหนาของเส้นทึบ 5-7 เซนติเมตร จะมีเส้นช่องจอดรถบริเวณซอยตลาดองครักษ์ 1-3 โดยมีเส้นช่องจอดรถสองแบบดังนี้

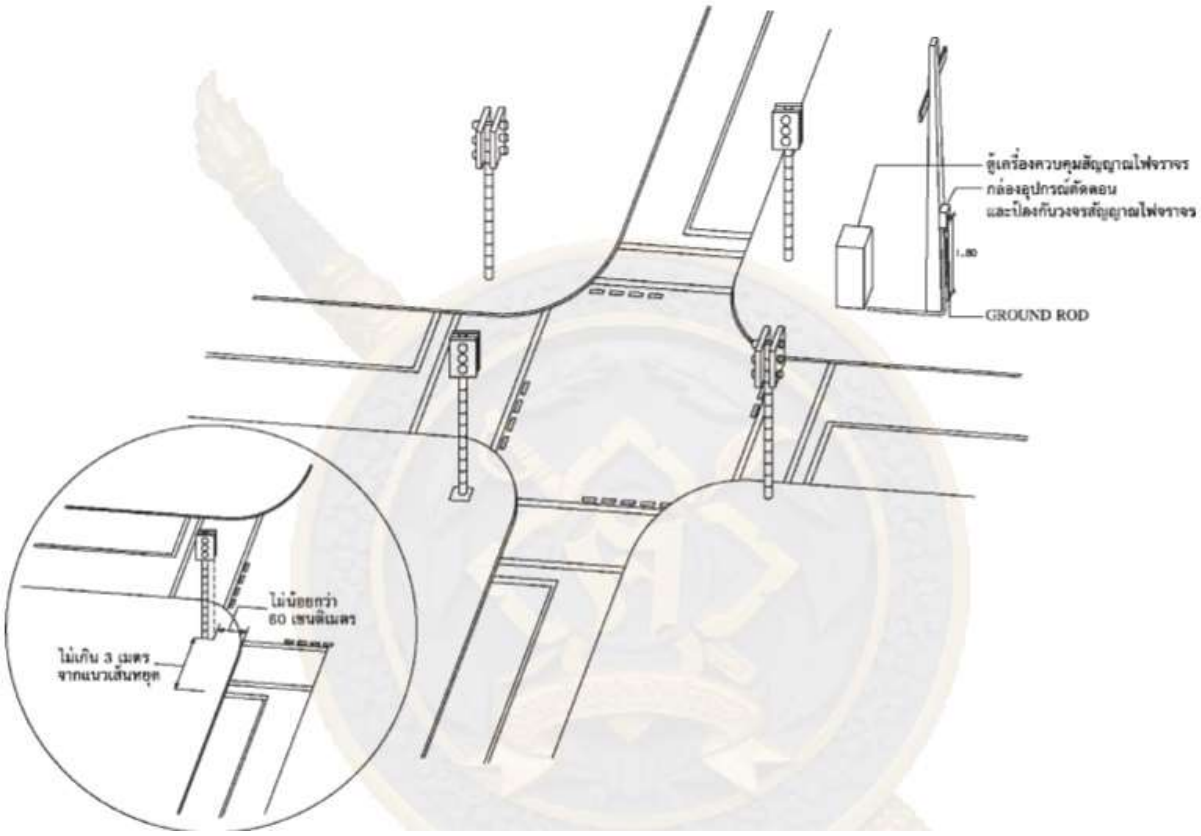


รูปที่ 4.35 เส้นช่องจอดรถ

(**ที่มา**: กระทรวงคมนาคม. (2546). *คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร ภาคที่ 1 เล่มที่ 3 (สนข.)*: 55.)

4.3.2.12 สัญญาณไฟจราจร

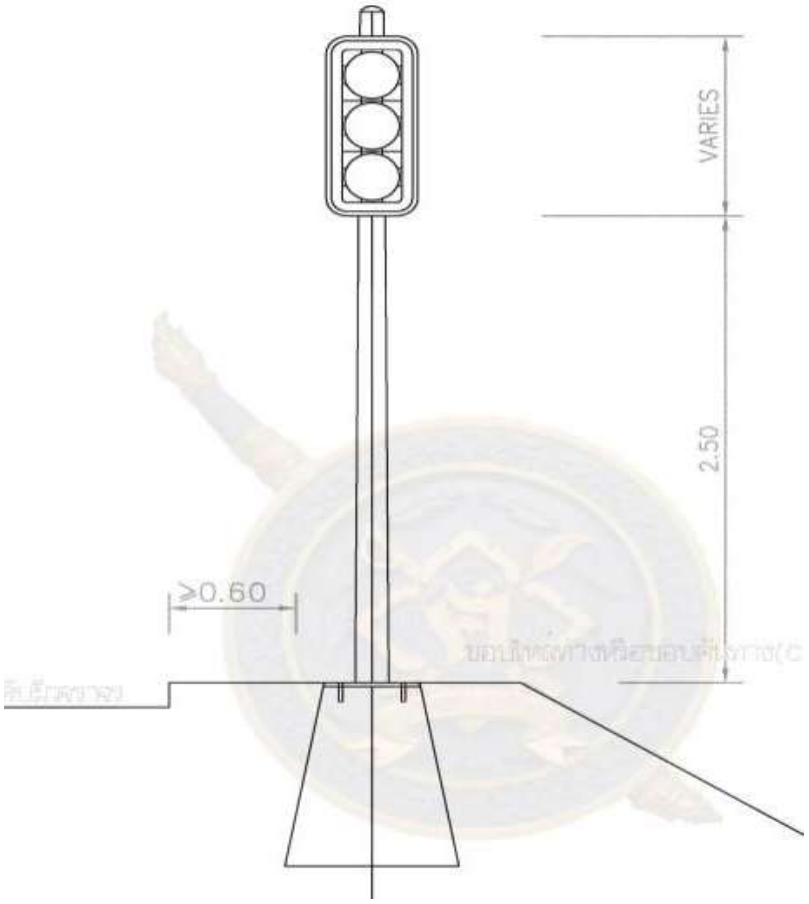
โดยติดตั้งบริเวณแยกถนนหลวงชนบทหมายเลข 3001 เพียงสายเดียว มีทั้งหมด 3 จุด ด้วยกันที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรจุดที่ 1 แยกระหว่างถนนหลวงชนบท 3001 กับซอยตลาดองครักษ์1 จุดที่ 2 แยกระหว่างถนนหลวงชนบท 3001 กับซอยตลาดองครักษ์ 2 จุดที่ 3 แยกระหว่างถนนหลวงชนบท 3001 กับซอยตลาดองครักษ์ 3 จะมีลักษณะการติดตั้งดังรูปที่ 4.36



รูปที่ 4.36 สัญญาณไฟจราจร

(**ที่มา**: กระทรวงคมนาคม. (2546). *คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร ภาคที่ 1 เล่มที่ 3 (สนข.)*: 19.)

.

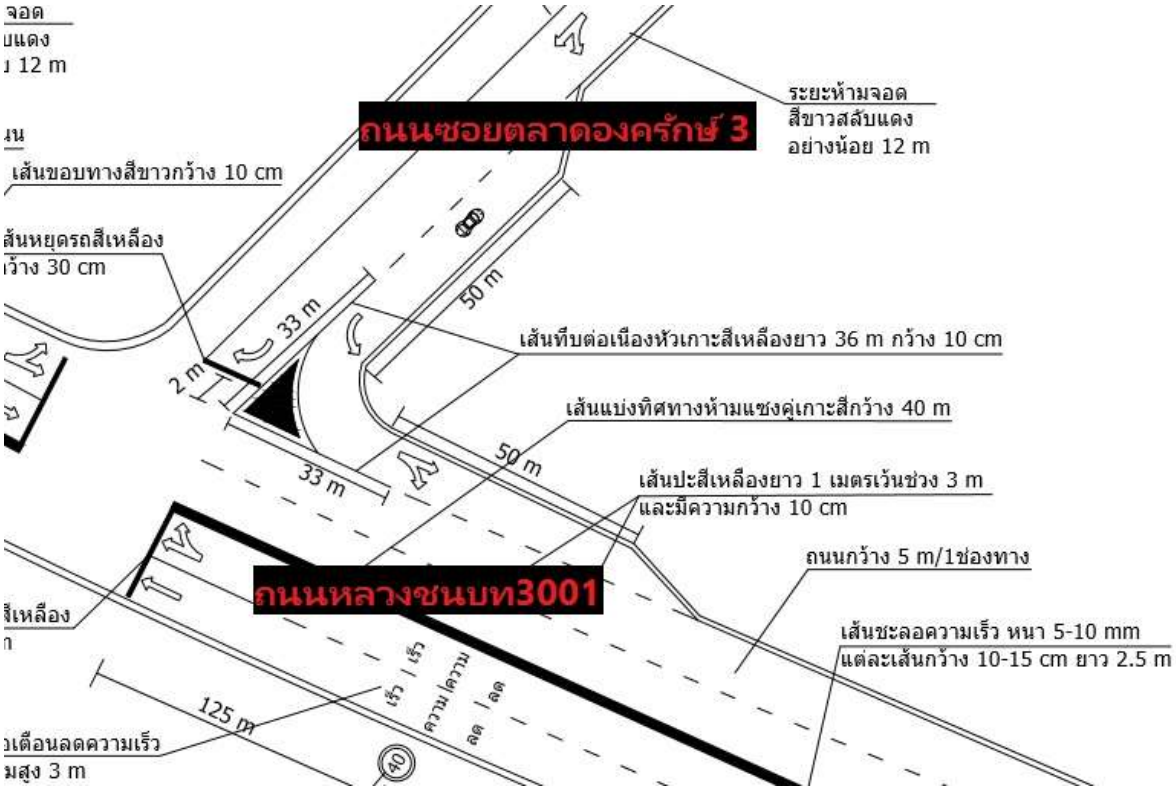


รูปที่ 4.37 เสาสัญญาณไฟจราจร

(**ที่มา**: กระทรวงคมนาคม. (2546). *คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร ภาคที่ 1 เล่ม ที่ 3 (สนข.)*: 24.)

4.3.3 แบบจำลองกรณีปรับปรุง (การเพิ่มเลนผายที่ทางแยกซอยตลาดองครักษ์ 3)

แบบจำลองกรณีปรับปรุงส่วนนี้ได้มีการจัดตั้งรูปแบบป้ายจราจรและเส้นถนนต่างๆตามรูปแบบของแบบจำลองกรณีปรับปรุง(การติดสัญญาณไฟจราจร)และได้เพิ่มเลนผายบริเวณถนนหลวงชนบทหมายเลข 3001 และถนนซอยตลาดองครักษ์ซึ่งมีความยาว 50 เมตรในแต่ละเส้นถนน และความกว้างของถนน 5 เมตร ในส่วนเกาะกลางถนนเป็นรูปสามเหลี่ยมขนาดพื้นที่ 128 ตารางเมตร เส้นทึบต่อเนื่องหัวเกาะสีเหลืองมีความยาว 33 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.38-4.41

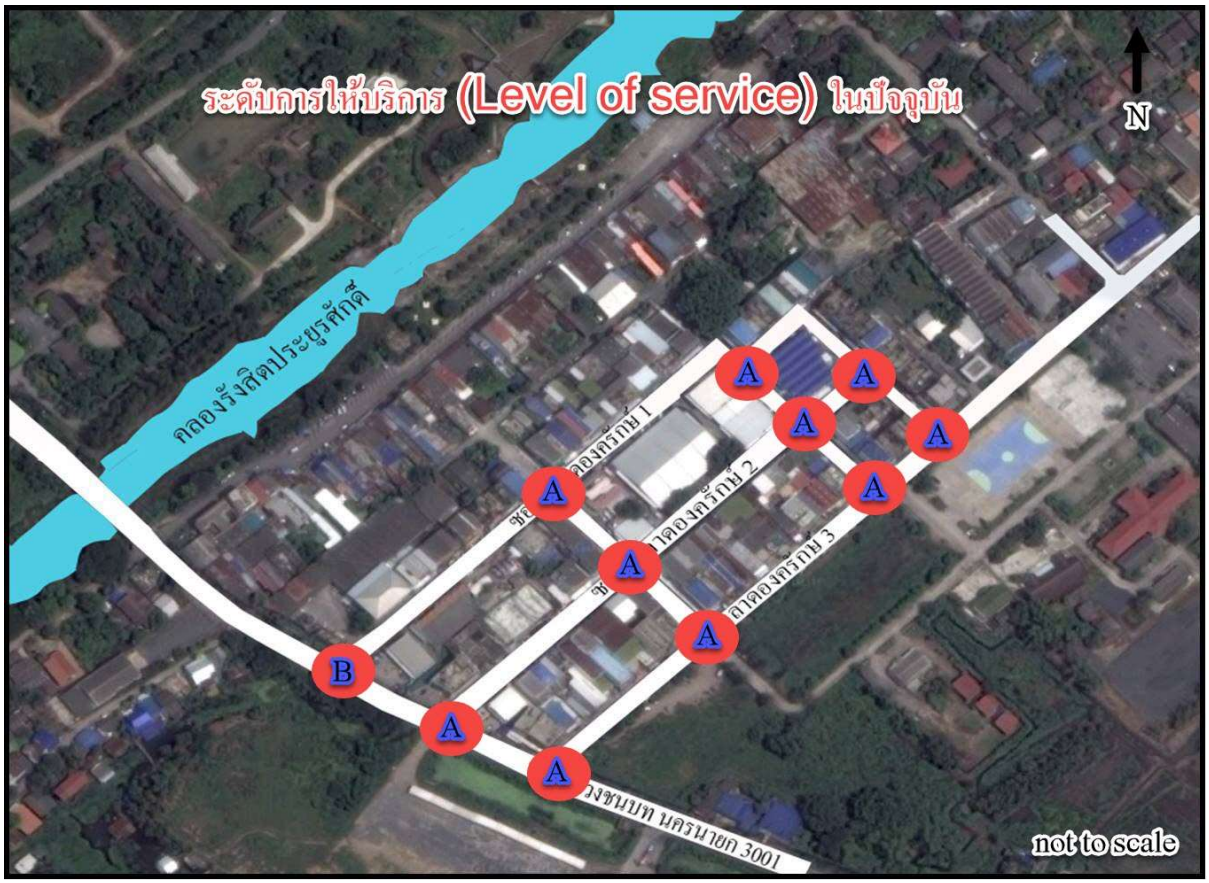


รูปที่ 4.38 รูปทางแยกที่ออกแบบหลังปรับปรุงแล้ว

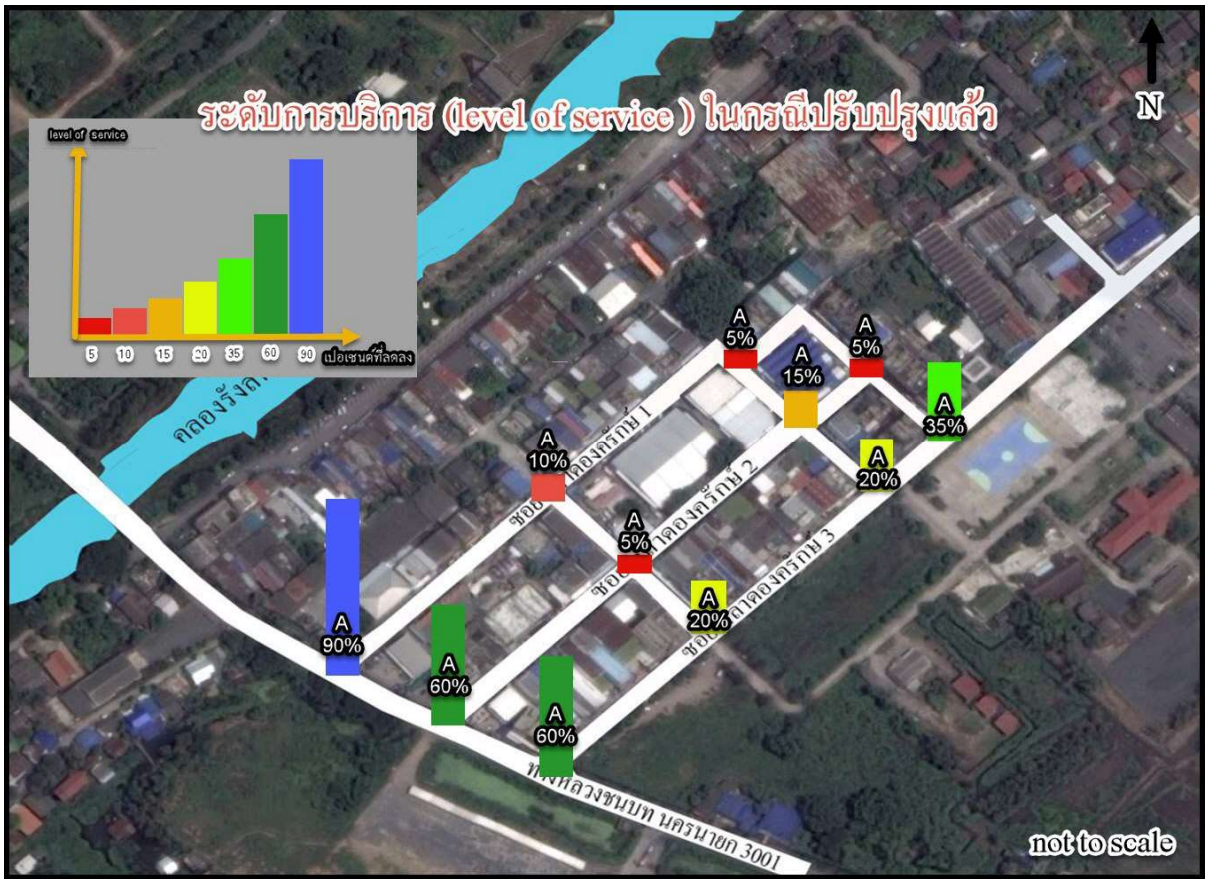
บทที่ 5
สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดบริเวณแยกในตลาดองครักษ์ โดยเราจะใช้หลักการของ Highway capacity manual 2000 (HCM2000)



รูปที่ 5.1 ระดับการให้บริการ ในปัจจุบัน (ก่อนปรับแก้)



รูปที่ 5.2 ระดับการให้บริการ ในกรณีปรับปรุงแล้ว (หลังการปรับแก้)

จากรูปที่ 5.1 จะแสดงค่าความล่าช้า (Delay) และ ระดับการให้บริการ (LOS) ก่อนทำการปรับแก้ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น ก่อนทำการเพิ่มเลนและเพิ่มช่องการเลี้ยวอีกจำนวน 1 ช่อง จะเห็นว่าช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า มีรถปริมาณมากกว่าช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นและทุกช่องจราจรจะมีระดับการให้บริการ ใน ระดับ A คือสภาพการจราจรดีแต่ค่าความล่าช้า (Delay) ที่ถนนทางหลวงชนบท 3001 ยังมีค่ามากอยู่โดยเฉพาะทางแยกตลาดองครักษ์หมายเลข 1 และทางแยกตลาดองครักษ์หมายเลข 2 ซึ่งในปริมาณกรจราจรบริเวณแยกนี้มีปริมาณการจราจรที่อยู่ในระดับการบริการ B (หรือใกล้ B) นั่นหมายถึงรถเริ่มไม่คล่องตัวและเกิดการติดขัดของการแสจราจร

จากรูปที่ 5.2 จะแสดงค่าความล่าช้าและระดับการให้บริการหลังทำการปรับแก้ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า โดยทำการเพิ่มจำนวนเลนอีก1ช่องทางในบริเวณตลาดองครักษ์ ทางหลวงหมายเลข 3001 และทำการเพิ่มเลนผายออกจำนวน 1 เลน ณ บริเวณทางออกของถนนตลาดองครักษ์หมายเลข 3 จะเห็นว่าค่าระดับการให้บริการจะมีค่าเท่ากับ A เช่นเดิมแต่ค่าการปรับแก้ของ Delay ลดลงมากโดยเฉพาะ ทางแยกตลาดองครักษ์ หมายเลข 1 บริเวณทางเข้าตลาด มีค่าความล่าช้าลดลงปริมาณ ร้อยละ 90 และ ค่าความล่าช้าของทางแยกตลาดองครักษ์ หมายเลข 2 และ 3 บริเวณทางเข้าตลาด ลดลงมาร้อยละ 60 ของ

ปริมาณจราจรก่อนการปรับแก้ซึ่งเป็นการแก้ไขที่สามารถแก้การจราจรติดขัดได้ในเวลาเร่งด่วนและทำให้การจราจรคล่องตัวขึ้น

เมื่อการจราจรเกิดคล่องตัวมากขึ้นย่อมส่งผลดีจามมาให้การเดินทางสะดวกมากขึ้นลดระยะเวลาการเดินทาง ลดการเสียเวลาการเดินทาง ลดการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดจากการเดินทางและที่สำคัญคือลดการใช้พลังงานน้ำมันจากการเดินทางอีกด้วย เป็นผลให้สุขภาพจิตของผู้ใช้รถใช้ถนนดีอีกด้วย

จากที่กล่าวมาข้างต้นหลังจากการทดลองการปรับปรุงซึ่งใช้วิธีการหลายวิธีเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบและหาวิธีที่ดีที่สุดในการปรับปรุงการจราจรเราจึงเลือกวิธีที่คาดว่าเหมาะสมมาสรุปเป็นตารางดังนี้

ตารางที่ 5.1 ตารางการเปรียบเทียบกรณีต่างๆ เทียบกับกรณีฐาน

	กรณีปัจจุบัน	กรณีทางแยกสัญญาณไฟประสาน (เลนผาย) และเพิ่มถนนหลักเป็น 2 เลน	กรณีเพิ่มทางเลี้ยวซ้าย และ เพิ่มถนนหลักเป็น 2 เลน
ระยะทางรวม (กม.)	177.2	172.6	173.3
ระยะเวลาการเดินทาง (ชม.)	8.4	8.7	6.5
ความล่าช้ารวม (ชม.)	3.7	4.1	1.8
ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.)	22	20	27
ความล่าช้า/คัน (วินาที)	26	29.1	13.6

จะสังเกตว่าทางผู้จัดทำได้นำเอากรณีที่คาดว่าจะสามารถนำมาปรับปรุงตลาดองครักษ์ได้นั่นคือกรณีการใช้สัญญาณไฟจราจรทั้ง 3 ทางแยก ณ บริเวณทางเข้าตลาดองครักษ์ตัดกับถนนทางหลวงหมายเลข 3001 และเพิ่มถนนสายหลักเป็นจำนวน 2 เลน และกรณีการเพิ่มช่องทางการเลี้ยวซ้ายขึ้นมาจำนวน 1 เลนพร้อมทั้งเพิ่มจำนวนทางหลวงเป็นจำนวน 2 เลน จะสรุปได้ว่า เมื่อนำมาเทียบทั้ง 2 กรณีปรับปรุงกับกรณีปัจจุบันแล้วปรากฏว่า วิธีการใช้สัญญาณไฟจราจรที่บริเวณนั้นไม่เหมาะกับการนำมาปรับปรุงที่บริเวณตลาดองครักษ์เพราะว่า จำนวนรถที่สัญจรในตลาดองครักษ์มีจำนวนน้อยซึ่งไม่เหมาะกับการนำวิธีการแก้สัญญาณไฟมาใช้ ซึ่งผลออกมานั้นจะพบว่า ความล่าช้ารวมเพิ่มขึ้นกว่ากรณีเก่า ความเร็ว

เฉลี่ยของรถแต่ละคันน้อยลง ความล่าช้าของแต่ละคันมาปริมาณเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การจราจรติดมากกว่าเดิมจึงไม่เหมาะกับการนำวิธีนี้มาใช้ ส่วนการใช้หลักการเดินรถทางเดียวนั้นไม่ได้นำมาแสดงในตาราง ซึ่งผลออกมานั้นค่าความล่าช้า ความเร็วเฉลี่ยเท่ากับกรณีในปัจจุบัน แต่ระยะการเดินทางรวมกลับมากกว่ากรณีปัจจุบันซึ่งไม่เหมาะนำวิธีนี้มาใช้ในกรณีปรับปรุงเช่นกัน

ในทางกลับกัน ถ้าเราได้นำวิธีการเพิ่มเลนเลี้ยวซ้ายที่ซอยตลาดองครักษ์และเพิ่มจำนวนเลยถนนหลักเป็นจำนวน 2 เลนแต่ยังใช้เป็นทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟอยู่ จะพบว่าระยะเวลาการเดินทางลดลงจากกรณีปัจจุบันมาก ความล่าช้ารวม ลดลงมาก และรถแต่ละคันมีความเร็วเพิ่มขึ้นส่งผลให้การจราจรติดขัดลดลงอย่างเห็นได้ชัดดังรูปภาพที่ 5.2

ในส่วนของการศึกษาการเก็บข้อมูลของการเกิดอุบัติเหตุ ณ บริเวณตลาดองครักษ์พบว่า การเกิดอุบัติเหตุบริเวณรอบตลาดองครักษ์รวมไปถึงถนนทางหลวงหมายเลข 3001 ในช่วง 4 ปี ที่ผ่านมามีการเกิดอุบัติเหตุน้อยมากและส่วนใหญ่เกิดมากจากการติดขัดของจราจรบริเวณตลาดทางเข้าตลาดองครักษ์โดยจะแสดงเป็นรูปภาพดังนี้

รูปที่ 5.3 ระดับการให้บริการ ในกรณีปรับปรุงแล้ว

จากรูปที่ 5.3 พบว่าการเกิดอุบัติเหตุส่วนใหญ่เกิดที่บริเวณทางเข้าตลาดองครักษ์ทางเข้าซอยตลาดองครักษ์ตัดกับถนนทางหลวงชนบท 3001 มีจำนวน 7 ครั้งซึ่งสามารถดูได้จาดตารางดังนี้

ตารางที่ 5.2 สถิติการเกิดอุบัติเหตุ ณ บริเวณรอบตลาดองครักษ์

บริเวณแยก	รายละเอียด	จำนวน(ครั้ง)	จำนวนทั้งหมด(ครั้ง)
ทางหลวงตัดกับซอยตลาดองครักษ์ 2	จักรยานต์ยนต์กับจักรยานต์ยนต์	2	7
	จักรยานต์ยนต์กับรถกระบะ	1	
	จักรยานต์ยนต์กับรถบรรทุก	2	
	รถบรรทุกกับรถบรรทุก	2	
ทางหลวงตัดกับซอยตลาดองครักษ์ 1	จักรยานต์ยนต์กับรถกระบะ	1	3
	จักรยานต์ยนต์กับรถตู้	1	
	รถกระบะกับรถบรรทุก	1	
ทางหลวงตัดกับซอยตลาดองครักษ์ 3	รถกระบะกับรถบรรทุก	1	1
บริเวณสี่แยกในซอยตลาดองครักษ์ 2	จักรยานต์ยนต์กับรถกระบะ	1	1
ใกล้ธนาคารไทยพาณิชย์	จักรยานต์ยนต์กับจักรยานต์ยนต์	1	1

(**ที่มา:** กรมตำรวจภูธร ตลาดองครักษ์. (2560: สัมภาษณ์))

จะสังเกตได้ว่าตลาดองครักษ์ไม่ค่อยมีปัญหาด้านการเกิดอุบัติเหตุ และจากการสอบถามทางหน่วยงานการจราจรสถานีตำรวจภูธร ตลาดองครักษ์พบว่า การเกิดอุบัติเหตุทั้งสิ้นล้วนมาจากการประมาท การติดขัดทางท้องถนน และมารยาทผู้ขับขี่

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

ในการศึกษาการจราจรบริเวณตลาดองครักษ์ในขั้นตอนการเก็บข้อมูลมีปัญหาดังนี้คือ

5.2.1 สถานที่ตั้งจุดเก็บจำนวนรถไม่เอื้ออำนวย

5.2.2 ใช้คนนับแทนอุปกรณ์ในการใช้นับรถและจับความเร็วของพาหนะ จึงทำให้ค่าที่ได้อาจคลาดเคลื่อน และไม่แม่นยำ

5.2.3 ชาวบ้านที่อยู่ละแวกนั้นไม่ให้ความร่วมมือในการปฏิบัติหน้าที่

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาวิจัยทำให้ทราบว่าการจราจรในพื้นที่บริเวณ ตลาดองครักษ์ นั้นมี 2 ปัจจัยหลักของการเกิดปัญหาจราจรติดขัด คือ การมีการจัดการของจำนวนเลนถนนไม่เพียงพอ และ มารยาทของผู้ใช้รถใช้ถนน ซึ่งเกิดจากความเคยชิน ดังนั้นทางผู้ศึกษาได้มีแนวทางการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการเพิ่มเลนและจัดการจรจรแล้ว ซึ่งจะเหลือแต่การให้ความรู้แก่ผู้ใช้รถใช้ถนน จึงควรมีการณรงค์ให้รู้จักกฎหมายและมารยาทการใช้รถใช้ถนนให้ถูกต้อง

2. งานวิจัยชิ้นนี้สามารถทำไปศึกษาต่อยอดเพื่อเปรียบเทียบ หรือนำไปเป็นต้นแบบการแก้ปัญหาของบริเวณทางแยกอื่นๆ ได้

เอกสารอ้างอิง

กรมตำรวจภูธร ตลาดองครักษ์. (2560). สัมภาษณ์โดย วรกมล ศรีใหม่ ที่กรมตำรวจภูธร ตลาดองครักษ์

การติดตั้งเครื่องตรวจจับแบบคลื่นแม่เหล็ก. สืบค้นเมื่อ ตุลาคม, 2559, จาก https://ops.fhwa.dot.gov/freewaymgmt/publications/frwy_mgmt_handbook/chapter15_01.htm

เครื่องนับยวดยานบริเวณทางแยก. สืบค้นเมื่อ ตุลาคม, 2559, จาก http://www.northlinecanada.com/Counters.aspx

ณัฐวัฒน์ พันธ์เพ็ง; รัชภูมิ สังฆกาโร; และ วิษุวัติ แก้วไกรสร. (2554). *การศึกษาปริมาณจราจรบริเวณสองทางแยกภายในม.ขอนแก่นเพื่อปรับปรุงการควบคุมที่ทางแยก.* ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ธีรพจน์ ศิริไพโรจน์. (2559). *งานศึกษาด้านจราจรเพื่อจัดทำแผนแม่บทด้านการพัฒนาระบบจัดเก็บค่าธรรมเนียมบนทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง.* พิมพ์ครั้งที่ 1. นครนายก: วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ป้ายให้ทาง. สืบค้นเมื่อ ตุลาคม, 2559, จาก https://car.kapook.com/view63172.html

ป้ายหยุด. สืบค้นเมื่อ ตุลาคม, 2559, จาก https://car.kapook.com/view63172.html

สำนักนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.). (2546). *คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง.* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ: กระทรวงคมนาคม.

สำนักนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.). (2546). *คู่มือและมาตรฐาน ป้ายจราจร.* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ: กระทรวงคมนาคม.

สำนักนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.). (2546). *คู่มือและมาตรฐานสัญญาณไฟจราจร.* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ: กระทรวงคมนาคม.

สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. (2553?). *Traffic engineering*. (เอกสารประกอบคำสอน). ชลบุรี: ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

Accumulating hand counters. สืบค้นเมื่อ ตุลาคม, 2559, จาก https://www.tarad.com/product/5847784

Brin, S.; & Page, L. ภาพถ่ายจากดาวเทียม บริเวณตลาดองครักษ์ สืบค้นเมื่อ ตุลาคม, 2559, จาก https://www.google.co.th/maps/place/ตลาดองครักษ์

Magnetic loop detector. สืบค้นเมื่อ ตุลาคม, 2559, จาก https://ops.fhwa.dot.gov/freewaymgmt/publications/frwy_mgmt_handbook/chapter15_01.htm

Pneumatic road tube. สืบค้นเมื่อ ตุลาคม, 2559, จาก http://around.weebly.com/work.html

ภาคผนวก ก
(รายละเอียดและผลการจำลองกรณีปรับปรุง)

แบบฟอร์มสำรวจนับปริมาณจราจรบริเวณทางแยก (Turning Movement Count : TMC)

วันที่สำรวจ _____

ชื่อผู้สำรวจ _____

จุดสำรวจ _____ ทิศทาง _____ สภาพอากาศ _____

เวลา/ประเภท	รถเล็ก 2-3 ล้อ	รถ 4 ล้อ	รถ 6 ล้อ	รถ 6 ล้อขึ้นไป
6.00-6.05				
6.05-6.10				
6.10-6.15				
6.15-6.20				
6.20-6.25				
6.25-6.30				
6.30-6.35				
6.35-6.40				
6.40-6.45				
6.45-6.50				
6.50-6.55				
6.55-7.00				
7.00-7.05				
7.05-7.10				
7.10-7.15				

รูปที่ ผ.1 แบบฟอร์มนับจำนวนรถบริเวณทางแยก

ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีฐาน4

SimTraffic Simulation Summary
Baseline 28/3/2017

Summary of Entire Run	
Start Time	6:57
End Time	7:10
Total Time (min)	13
Time Recorded (min)	10
# of Intervals	2
# of Recorded Intvls	1
Vehs Entered	530
Vehs Exited	508
Starting Vehs	36
Ending Vehs	58
Denied Entry Before	0
Denied Entry After	0
Travel Distance (km)	177
Travel Time (hr)	8.4
Total Delay (hr)	3.7
Total Stops	966
Fuel Used (l)	126.6

Interval #0 Information Seeding	
Start Time	6:57
End Time	7:00
Total Time (min)	3
Volumes adjusted by Growth Factors.	
No data recorded this interval.	

Interval #1 Information Recording	
Start Time	7:00
End Time	7:10
Total Time (min)	10
Volumes adjusted by Growth Factors.	
Vehs Entered	530
Vehs Exited	508
Starting Vehs	36
Ending Vehs	58
Denied Entry Before	0
Denied Entry After	0
Travel Distance (km)	177
Travel Time (hr)	8.4
Total Delay (hr)	3.7
Total Stops	966
Fuel Used (l)	126.6

รูปที่ ผ.2 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีฐาน (1)

SimTraffic Performance Report
Baseline 28/3/2017

1: Int Intersection Performance

	WB	SE	NE	Total
Total Delay (hr)	0.5	0.1	0.1	0.7
Delay / Veh (s)	15.2	11.0	2.2	9.0
Total Stops	90	21	21	132
Travel Dist (km)	5.9	2.2	5.0	13.2
Travel Time (hr)	0.7	0.1	0.3	1.1
Avg Speed (kph)	8	17	18	12
Fuel Used (l)	2.4	0.7	1.3	4.4
HC Emissions (g)	2	1	1	3
CO Emissions (g)	27	26	19	72
NOx Emissions (g)	4	2	3	8
Vehicles Entered	126	22	119	267
Vehicles Exited	123	21	118	262
Hourly Exit Rate	738	126	708	1572
Denied Entry Before	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0

2: Int Intersection Performance

	EB	SE	SW	Total
Total Delay (hr)	0.1	0.1	0.2	0.4
Delay / Veh (s)	4.2	7.0	7.7	6.0
Total Stops	26	22	75	123
Travel Dist (km)	3.6	2.4	4.3	10.2
Travel Time (hr)	0.3	0.1	0.4	0.8
Avg Speed (kph)	17	18	11	14
Fuel Used (l)	1.4	0.8	1.7	3.9
HC Emissions (g)	1	1	1	3
CO Emissions (g)	18	30	22	70
NOx Emissions (g)	4	3	3	10
Vehicles Entered	113	29	107	249
Vehicles Exited	112	30	106	248
Hourly Exit Rate	672	180	636	1488
Denied Entry Before	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0

รูปที่ ผ.3 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีฐาน (2)

SimTraffic Performance Report
Baseline 28/3/2017

3: Int Intersection Performance

	EB	WB	SE	Total
Total Delay (hr)	0.1	0.1	0.0	0.3
Delay / Veh (s)	6.4	3.6	1.8	3.9
Total Stops	21	63	10	94
Travel Dist (km)	6.9	3.7	3.9	14.5
Travel Time (hr)	0.3	0.3	0.1	0.7
Avg Speed (kph)	23	12	29	20
Fuel Used (l)	2.8	1.5	2.5	6.8
HC Emissions (g)	2	1	1	5
CO Emissions (g)	77	19	75	172
NOx Emissions (g)	10	3	5	18
Vehicles Entered	71	102	67	240
Vehicles Exited	70	100	68	238
Hourly Exit Rate	420	600	408	1428
Denied Entry Before	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0

4: Int Intersection Performance

	SE	NW	NE	Total
Total Delay (hr)	0.0	0.0	0.0	0.1
Delay / Veh (s)	4.3	5.1	3.4	4.4
Total Stops	25	31	14	70
Travel Dist (km)	1.9	3.2	0.6	5.7
Travel Time (hr)	0.1	0.2	0.0	0.3
Avg Speed (kph)	22	21	16	21
Fuel Used (l)	0.4	0.8	0.2	1.5
HC Emissions (g)	0	1	0	1
CO Emissions (g)	16	29	6	50
NOx Emissions (g)	1	3	1	5
Vehicles Entered	25	32	17	74
Vehicles Exited	25	31	16	72
Hourly Exit Rate	150	186	96	432
Denied Entry Before	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0

รูปที่ ผ.4 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีฐาน (3)

SimTraffic Performance Report
Baseline 28/3/2017

5: Int Intersection Performance

	SE	NW	NE	SW	Total
Total Delay (hr)	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
Delay / Veh (s)	4.1	6.4	2.8	3.1	4.2
Total Stops	30	35	29	16	110
Travel Dist (km)	1.7	2.7	1.3	0.8	6.4
Travel Time (hr)	0.1	0.2	0.1	0.1	0.4
Avg Speed (kph)	17	18	16	15	17
Fuel Used (l)	0.6	0.8	0.3	0.3	2.0
HC Emissions (g)	1	1	0	0	2
CO Emissions (g)	15	21	6	7	50
NOx Emissions (g)	2	2	1	1	6
Vehicles Entered	33	34	35	22	124
Vehicles Exited	32	35	35	21	123
Hourly Exit Rate	192	210	210	126	738
Denied Entry Before	0	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0	0

6: Int Intersection Performance

	SE	NW	SW	Total
Total Delay (hr)	0.1	0.1	0.0	0.2
Delay / Veh (s)	3.7	3.1	4.7	3.6
Total Stops	5	9	15	29
Travel Dist (km)	7.4	3.4	0.6	11.3
Travel Time (hr)	0.3	0.2	0.0	0.5
Avg Speed (kph)	27	20	13	23
Fuel Used (l)	2.4	1.4	0.2	4.0
HC Emissions (g)	2	1	0	3
CO Emissions (g)	86	34	4	123
NOx Emissions (g)	10	5	1	15
Vehicles Entered	97	62	15	174
Vehicles Exited	98	62	15	175
Hourly Exit Rate	588	372	90	1050
Denied Entry Before	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0

รูปที่ ผ.5 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีฐาน (4)

SimTraffic Performance Report
Baseline 28/3/2017

7: Int Intersection Performance

	SE	NE	SW	Total
Total Delay (hr)	0.0	0.0	0.0	0.0
Delay / Veh (s)	1.6	3.5	2.3	2.7
Total Stops	6	16	21	43
Travel Dist (km)	0.2	0.5	0.3	1.0
Travel Time (hr)	0.0	0.0	0.0	0.1
Avg Speed (kph)	14	13	12	13
Fuel Used (l)	0.0	0.3	0.1	0.4
HC Emissions (g)	0	0	0	0
CO Emissions (g)	0	4	3	6
NOx Emissions (g)	0	1	0	1
Vehicles Entered	8	22	26	56
Vehicles Exited	8	22	26	56
Hourly Exit Rate	48	132	156	336
Denied Entry Before	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0

8: Int Intersection Performance

	SE	NW	NE	SW	Total
Total Delay (hr)	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
Delay / Veh (s)	2.2	4.4	1.8	3.2	3.1
Total Stops	11	35	16	11	73
Travel Dist (km)	0.3	3.5	1.4	0.6	5.8
Travel Time (hr)	0.0	0.2	0.1	0.0	0.3
Avg Speed (kph)	12	21	17	16	19
Fuel Used (l)	0.1	1.2	0.6	0.3	2.2
HC Emissions (g)	0	1	1	0	2
CO Emissions (g)	2	42	23	14	80
NOx Emissions (g)	0	4	2	1	8
Vehicles Entered	12	49	51	21	133
Vehicles Exited	12	50	51	22	135
Hourly Exit Rate	72	300	306	132	810
Denied Entry Before	0	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0	0

รูปที่ ผ.6 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีฐาน (5)

SimTraffic Performance Report
Baseline 28/3/2017

9: Int Intersection Performance

	SE	NW	SW	Total
Total Delay (hr)	0.2	0.3	0.1	0.6
Delay / Veh (s)	4.9	11.3	10.0	8.2
Total Stops	43	58	32	133
Travel Dist (km)	3.4	6.1	1.4	10.9
Travel Time (hr)	0.2	0.5	0.2	0.9
Avg Speed (kph)	16	14	8	13
Fuel Used (l)	1.3	2.1	0.7	4.1
HC Emissions (g)	1	2	0	3
CO Emissions (g)	23	39	9	71
NOx Emissions (g)	4	5	2	10
Vehicles Entered	119	99	50	268
Vehicles Exited	118	97	49	264
Hourly Exit Rate	708	582	294	1584
Denied Entry Before	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0

10: Int Intersection Performance

	NW	NE	SW	Total
Total Delay (hr)	0.0	0.0	0.0	0.0
Delay / Veh (s)	2.2	1.9	2.0	2.0
Total Stops	8	10	3	21
Travel Dist (km)	0.3	0.4	0.1	0.7
Travel Time (hr)	0.0	0.0	0.0	0.1
Avg Speed (kph)	13	14	14	14
Fuel Used (l)	0.1	0.1	0.0	0.2
HC Emissions (g)	0	0	0	0
CO Emissions (g)	2	2	0	4
NOx Emissions (g)	0	0	0	1
Vehicles Entered	12	13	3	28
Vehicles Exited	12	12	3	27
Hourly Exit Rate	72	72	18	162
Denied Entry Before	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0

รูปที่ ผ.7 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีฐาน (6)

SimTraffic Performance Report
Baseline 28/3/2017

11: Int Intersection Performance

	SE	NW	SW	Total
Total Delay (hr)	0.2	0.1	0.0	0.3
Delay / Veh (s)	5.5	3.1	3.5	4.1
Total Stops	24	10	8	42
Travel Dist (km)	3.6	3.9	0.3	7.8
Travel Time (hr)	0.3	0.2	0.0	0.6
Avg Speed (kph)	13	18	12	15
Fuel Used (l)	1.5	2.0	0.1	3.7
HC Emissions (g)	1	2	0	3
CO Emissions (g)	26	46	2	74
NOx Emissions (g)	4	8	0	13
Vehicles Entered	107	145	9	261
Vehicles Exited	107	145	10	262
Hourly Exit Rate	642	870	60	1572
Denied Entry Before	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0

13: External Intersection Performance

	WB	Total
Total Delay (hr)	0.1	0.1
Delay / Veh (s)	3.7	3.7
Total Stops	0	0
Travel Dist (km)	7.6	7.6
Travel Time (hr)	0.2	0.2
Avg Speed (kph)	37	37
Fuel Used (l)	28.7	28.7
HC Emissions (g)	5	5
CO Emissions (g)	286	286
NOx Emissions (g)	25	25
Vehicles Entered	64	64
Vehicles Exited	64	64
Hourly Exit Rate	384	384
Denied Entry Before	0	0
Denied Entry After	0	0

รูปที่ ผ.8 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีฐาน (7)

SimTraffic Performance Report
Baseline 28/3/2017

16: External Intersection Performance

	NW	Total
Total Delay (hr)	0.0	0.0
Delay / Veh (s)	0.9	0.9
Total Stops	0	0
Travel Dist (km)	7.4	7.4
Travel Time (hr)	0.2	0.2
Avg Speed (kph)	38	38
Fuel Used (l)	5.9	5.9
HC Emissions (g)	5	5
CO Emissions (g)	319	319
NOx Emissions (g)	19	19
Vehicles Entered	148	148
Vehicles Exited	148	148
Hourly Exit Rate	888	888
Denied Entry Before	0	0
Denied Entry After	0	0

17: External Intersection Performance

	NE	Total
Total Delay (hr)	0.0	0.0
Delay / Veh (s)	0.6	0.6
Total Stops	0	0
Travel Dist (km)	31.0	31.0
Travel Time (hr)	0.5	0.5
Avg Speed (kph)	63	63
Fuel Used (l)	27.2	27.2
HC Emissions (g)	9	9
CO Emissions (g)	616	616
NOx Emissions (g)	39	39
Vehicles Entered	110	110
Vehicles Exited	111	111
Hourly Exit Rate	666	666
Denied Entry Before	0	0
Denied Entry After	0	0

รูปที่ ผ.9 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีฐาน (8)

SimTraffic Performance Report
Baseline 28/3/2017

Bend #101 Intersection Performance

	EB	SW	Total
Total Delay (hr)	0.0	0.8	0.8
Delay / Veh (s)	0.5	20.9	11.7
Total Stops	0	96	96
Travel Dist (km)	5.5	35.6	41.1
Travel Time (hr)	0.3	1.4	1.7
Avg Speed (kph)	22	25	25
Fuel Used (l)	3.2	27.5	30.7
HC Emissions (g)	3	9	12
CO Emissions (g)	136	374	511
NOx Emissions (g)	14	38	51
Vehicles Entered	109	138	247
Vehicles Exited	110	126	236
Hourly Exit Rate	660	756	1416
Denied Entry Before	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0

Bend #102 Intersection Performance

	NW	NE	Total
Total Delay (hr)	0.0	0.0	0.0
Delay / Veh (s)	2.9	1.3	2.1
Total Stops	0	0	0
Travel Dist (km)	2.2	0.3	2.5
Travel Time (hr)	0.1	0.0	0.1
Avg Speed (kph)	28	18	26
Fuel Used (l)	0.7	0.2	0.9
HC Emissions (g)	1	0	1
CO Emissions (g)	31	6	37
NOx Emissions (g)	3	1	4
Vehicles Entered	26	23	49
Vehicles Exited	26	23	49
Hourly Exit Rate	156	138	294
Denied Entry Before	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0

รูปที่ ผ.10 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีฐาน (9)

SimTraffic Performance Report
Baseline 28/3/2017

Bend #103 Intersection Performance

	NW	NE	Total
Total Delay (hr)	0.0	0.0	0.0
Delay / Veh (s)	0.2	0.3	0.3
Total Stops	0	0	0
Travel Dist (km)	0.1	0.2	0.3
Travel Time (hr)	0.0	0.0	0.0
Avg Speed (kph)	17	18	18
Fuel Used (l)	0.0	0.1	0.1
HC Emissions (g)	0	0	0
CO Emissions (g)	0	1	1
NOx Emissions (g)	0	0	0
Vehicles Entered	3	8	11
Vehicles Exited	3	8	11
Hourly Exit Rate	18	48	66
Denied Entry Before	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0

Total Network Performance

	All
Total Delay (hr)	3.7
Delay / Veh (s)	26.0
Total Stops	966
Travel Dist (km)	177.2
Travel Time (hr)	8.4
Avg Speed (kph)	22
Fuel Used (l)	126.6
HC Emissions (g)	58
CO Emissions (g)	2542
NOx Emissions (g)	234
Vehicles Entered	530
Vehicles Exited	508
Hourly Exit Rate	3048
Denied Entry Before	0
Denied Entry After	0

รูปที่ ผ.11 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีฐาน (10)

ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีปรับปรุง

SimTraffic Simulation Summary
Baseline 28/3/2017

Summary of Entire Run	
Start Time	6:57
End Time	7:10
Total Time (min)	13
Time Recorded (min)	10
# of Intervals	2
# of Recorded Intvls	1
Vehs Entered	474
Vehs Exited	478
Starting Vehs	38
Ending Vehs	34
Denied Entry Before	3
Denied Entry After	1
Travel Distance (km)	166
Travel Time (hr)	6.3
Total Delay (hr)	1.7
Total Stops	549
Fuel Used (l)	87.7

Interval #0 Information Seeding	
Start Time	6:57
End Time	7:00
Total Time (min)	3
Volumes adjusted by Growth Factors.	
No data recorded this interval.	

Interval #1 Information Recording	
Start Time	7:00
End Time	7:10
Total Time (min)	10
Volumes adjusted by Growth Factors.	
Vehs Entered	474
Vehs Exited	478
Starting Vehs	38
Ending Vehs	34
Denied Entry Before	3
Denied Entry After	1
Travel Distance (km)	166
Travel Time (hr)	6.3
Total Delay (hr)	1.7
Total Stops	549
Fuel Used (l)	87.7

รูปที่ ผ.12 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีปรับปรุง (1)

SimTraffic Performance Report
Baseline 28/3/2017

1: Int Intersection Performance

	WB	SE	NE	Total
Total Delay (hr)	0.1	0.1	0.0	0.2
Delay / Veh (s)	1.9	7.5	1.4	2.3
Total Stops	20	28	8	56
Travel Dist (km)	5.9	2.5	4.8	13.2
Travel Time (hr)	0.2	0.1	0.2	0.6
Avg Speed (kph)	24	19	20	21
Fuel Used (l)	0.9	0.8	1.2	2.9
HC Emissions (g)	1	1	1	2
CO Emissions (g)	11	24	24	59
NOx Emissions (g)	2	3	3	7
Vehicles Entered	127	28	113	268
Vehicles Exited	124	28	109	261
Hourly Exit Rate	744	168	654	1566
Denied Entry Before	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0

2: Int Intersection Performance

	EB	SE	SW	Total
Total Delay (hr)	0.0	0.1	0.1	0.2
Delay / Veh (s)	1.6	8.0	1.9	2.5
Total Stops	11	23	18	52
Travel Dist (km)	3.0	2.2	4.3	9.5
Travel Time (hr)	0.1	0.1	0.2	0.5
Avg Speed (kph)	21	17	18	19
Fuel Used (l)	0.9	0.7	1.0	2.6
HC Emissions (g)	1	1	1	2
CO Emissions (g)	14	22	12	49
NOx Emissions (g)	3	2	2	7
Vehicles Entered	95	27	105	227
Vehicles Exited	95	28	105	228
Hourly Exit Rate	570	168	630	1368
Denied Entry Before	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0

รูปที่ ผ.13 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีปรับปรุง (2)

SimTraffic Performance Report
Baseline 28/3/2017

3: Int Intersection Performance

	EB	WB	SE	Total
Total Delay (hr)	0.0	0.0	0.0	0.1
Delay / Veh (s)	2.6	0.9	1.1	1.5
Total Stops	2	4	8	14
Travel Dist (km)	1.9	3.8	0.9	6.6
Travel Time (hr)	0.1	0.2	0.0	0.4
Avg Speed (kph)	23	16	26	19
Fuel Used (l)	0.7	1.5	0.3	2.5
HC Emissions (g)	1	1	0	2
CO Emissions (g)	24	21	26	70
NOx Emissions (g)	3	4	1	8
Vehicles Entered	66	101	32	199
Vehicles Exited	66	103	33	202
Hourly Exit Rate	396	618	198	1212
Denied Entry Before	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0

4: Int Intersection Performance

	SE	NW	NE	Total
Total Delay (hr)	0.0	0.0	0.0	0.1
Delay / Veh (s)	4.6	5.2	4.4	4.8
Total Stops	23	34	17	74
Travel Dist (km)	1.7	3.4	0.7	5.8
Travel Time (hr)	0.1	0.2	0.0	0.3
Avg Speed (kph)	23	20	15	20
Fuel Used (l)	0.4	0.9	0.2	1.5
HC Emissions (g)	0	1	0	1
CO Emissions (g)	16	29	5	50
NOx Emissions (g)	1	3	1	5
Vehicles Entered	22	35	16	73
Vehicles Exited	23	34	17	74
Hourly Exit Rate	138	204	102	444
Denied Entry Before	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0

รูปที่ ผ.14 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีปรับปรุง (3)

.

SimTraffic Performance Report
Baseline 28/3/2017

5: Int Intersection Performance

	SE	NW	NE	SW	Total
Total Delay (hr)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Delay / Veh (s)	4.5	4.3	3.7	3.4	4.0
Total Stops	24	20	20	13	77
Travel Dist (km)	1.4	1.3	0.8	0.6	4.1
Travel Time (hr)	0.1	0.1	0.1	0.0	0.3
Avg Speed (kph)	17	18	14	16	17
Fuel Used (l)	0.6	0.4	0.2	0.2	1.4
HC Emissions (g)	0	0	0	0	1
CO Emissions (g)	13	10	3	5	32
NOx Emissions (g)	2	1	0	1	4
Vehicles Entered	29	20	24	15	88
Vehicles Exited	28	20	25	15	88
Hourly Exit Rate	168	120	150	90	528
Denied Entry Before	0	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0	0

6: Int Intersection Performance

	SE	NW	SW	Total
Total Delay (hr)	0.1	0.0	0.0	0.1
Delay / Veh (s)	2.8	2.3	4.2	2.7
Total Stops	2	5	13	20
Travel Dist (km)	5.4	1.9	0.5	7.8
Travel Time (hr)	0.2	0.1	0.0	0.3
Avg Speed (kph)	27	22	14	24
Fuel Used (l)	1.7	0.7	0.2	2.5
HC Emissions (g)	1	1	0	2
CO Emissions (g)	55	18	4	78
NOx Emissions (g)	6	2	1	9
Vehicles Entered	68	61	13	142
Vehicles Exited	68	60	15	143
Hourly Exit Rate	408	360	90	858
Denied Entry Before	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0

รูปที่ ผ.15 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีปรับปรุง (4)

SimTraffic Performance Report
Baseline 28/3/2017

7: Int Intersection Performance

	SE	NE	SW	Total
Total Delay (hr)	0.0	0.0	0.0	0.0
Delay / Veh (s)	1.9	3.3	2.5	2.7
Total Stops	5	17	29	51
Travel Dist (km)	0.2	0.5	0.4	1.1
Travel Time (hr)	0.0	0.0	0.0	0.1
Avg Speed (kph)	13	13	11	12
Fuel Used (l)	0.0	0.3	0.1	0.4
HC Emissions (g)	0	0	0	0
CO Emissions (g)	0	4	1	6
NOx Emissions (g)	0	1	0	1
Vehicles Entered	7	22	35	64
Vehicles Exited	8	23	35	66
Hourly Exit Rate	48	138	210	396
Denied Entry Before	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0

8: Int Intersection Performance

	SE	NW	NE	SW	Total
Total Delay (hr)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Delay / Veh (s)	1.9	3.6	1.5	2.3	2.2
Total Stops	8	17	15	5	45
Travel Dist (km)	0.2	1.8	1.4	0.7	4.2
Travel Time (hr)	0.0	0.1	0.1	0.0	0.2
Avg Speed (kph)	12	22	18	21	19
Fuel Used (l)	0.1	0.7	0.6	0.4	1.8
HC Emissions (g)	0	1	1	0	2
CO Emissions (g)	1	22	25	24	73
NOx Emissions (g)	0	2	2	2	7
Vehicles Entered	10	26	52	26	114
Vehicles Exited	10	26	53	26	115
Hourly Exit Rate	60	156	318	156	690
Denied Entry Before	0	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0	0

รูปที่ ผ.16 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีปรับปรุง (5)

SimTraffic Performance Report
Baseline 28/3/2017

9: Int Intersection Performance

	SE	NW	SW	Total
Total Delay (hr)	0.1	0.2	0.1	0.4
Delay / Veh (s)	3.6	7.4	6.0	5.6
Total Stops	27	49	13	89
Travel Dist (km)	2.8	5.9	0.8	9.4
Travel Time (hr)	0.2	0.4	0.1	0.7
Avg Speed (kph)	17	16	8	15
Fuel Used (l)	1.1	1.9	0.4	3.4
HC Emissions (g)	1	1	0	2
CO Emissions (g)	22	34	5	61
NOx Emissions (g)	4	5	1	9
Vehicles Entered	99	97	40	236
Vehicles Exited	100	98	40	238
Hourly Exit Rate	600	588	240	1428
Denied Entry Before	0	0	0	0
Denied Entry After	0	1	0	1

10: Int Intersection Performance

	NW	NE	SW	Total
Total Delay (hr)	0.0	0.0	0.0	0.0
Delay / Veh (s)	1.7	1.9	1.7	1.8
Total Stops	3	7	7	17
Travel Dist (km)	0.1	0.3	0.3	0.7
Travel Time (hr)	0.0	0.0	0.0	0.0
Avg Speed (kph)	12	14	14	14
Fuel Used (l)	0.1	0.1	0.1	0.2
HC Emissions (g)	0	0	0	0
CO Emissions (g)	1	1	1	2
NOx Emissions (g)	0	0	0	0
Vehicles Entered	8	9	11	28
Vehicles Exited	8	9	11	28
Hourly Exit Rate	48	54	66	168
Denied Entry Before	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0

รูปที่ ผ.17 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีปรับปรุง (6)

SimTraffic Performance Report
Baseline 28/3/2017

11: Int Intersection Performance

	SE	NW	SW	Total
Total Delay (hr)	0.1	0.1	0.0	0.2
Delay / Veh (s)	4.4	3.0	4.0	3.6
Total Stops	19	14	12	45
Travel Dist (km)	3.0	3.7	0.5	7.1
Travel Time (hr)	0.2	0.2	0.0	0.5
Avg Speed (kph)	14	18	12	16
Fuel Used (l)	1.4	1.9	0.2	3.4
HC Emissions (g)	1	1	0	3
CO Emissions (g)	25	37	2	64
NOx Emissions (g)	4	7	0	12
Vehicles Entered	87	133	14	234
Vehicles Exited	88	134	15	237
Hourly Exit Rate	528	804	90	1422
Denied Entry Before	0	3	0	3
Denied Entry After	0	0	0	0

12: Int Intersection Performance

	SE	NW	Total
Total Delay (hr)	0.0	0.0	0.0
Delay / Veh (s)	1.9	0.6	1.3
Total Stops	0	0	0
Travel Dist (km)	2.1	1.2	3.3
Travel Time (hr)	0.1	0.1	0.2
Avg Speed (kph)	25	18	22
Fuel Used (l)	0.8	0.6	1.3
HC Emissions (g)	1	1	1
CO Emissions (g)	39	18	57
NOx Emissions (g)	3	2	5
Vehicles Entered	59	43	102
Vehicles Exited	59	42	101
Hourly Exit Rate	354	252	606
Denied Entry Before	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0

รูปที่ ผ.18 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีปรับปรุง (7)

SimTraffic Performance Report
Baseline 28/3/2017

13: Int Intersection Performance

	EB	WB	SW	Total
Total Delay (hr)	0.1	0.0	0.0	0.1
Delay / Veh (s)	3.2	1.9	1.1	2.6
Total Stops	0	1	0	1
Travel Dist (km)	7.4	1.0	0.0	8.4
Travel Time (hr)	0.2	0.0	0.0	0.3
Avg Speed (kph)	30	23	5	28
Fuel Used (l)	2.6	0.5	0.0	3.1
HC Emissions (g)	2	1	0	3
CO Emissions (g)	108	23	0	131
NOx Emissions (g)	10	2	0	12
Vehicles Entered	63	43	8	114
Vehicles Exited	64	43	8	115
Hourly Exit Rate	384	258	48	690
Denied Entry Before	0	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0	0

14: External Intersection Performance

	WB	Total
Total Delay (hr)	0.0	0.0
Delay / Veh (s)	0.6	0.6
Total Stops	0	0
Travel Dist (km)	7.0	7.0
Travel Time (hr)	0.2	0.2
Avg Speed (kph)	42	42
Fuel Used (l)	2.4	2.4
HC Emissions (g)	2	2
CO Emissions (g)	119	119
NOx Emissions (g)	6	6
Vehicles Entered	51	51
Vehicles Exited	49	49
Hourly Exit Rate	294	294
Denied Entry Before	0	0
Denied Entry After	0	0

รูปที่ ผ.19 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีปรับปรุง (8)

SimTraffic Performance Report
Baseline 28/3/2017

Bend #15 Intersection Performance

	SB	Total
Total Delay (hr)	0.0	0.0
Delay / Veh (s)	0.7	0.7
Total Stops	8	8
Travel Dist (km)	0.2	0.2
Travel Time (hr)	0.0	0.0
Avg Speed (kph)	14	14
Fuel Used (l)	0.0	0.0
HC Emissions (g)	0	0
CO Emissions (g)	0	0
NOx Emissions (g)	0	0
Vehicles Entered	9	9
Vehicles Exited	8	8
Hourly Exit Rate	48	48
Denied Entry Before	0	0
Denied Entry After	0	0

16: External Intersection Performance

	NW	Total
Total Delay (hr)	0.0	0.0
Delay / Veh (s)	0.7	0.7
Total Stops	0	0
Travel Dist (km)	7.1	7.1
Travel Time (hr)	0.2	0.2
Avg Speed (kph)	33	33
Fuel Used (l)	4.1	4.1
HC Emissions (g)	2	2
CO Emissions (g)	126	126
NOx Emissions (g)	11	11
Vehicles Entered	144	144
Vehicles Exited	144	144
Hourly Exit Rate	864	864
Denied Entry Before	0	0
Denied Entry After	0	0

รูปที่ ผ.20 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีปรับปรุง (9)

SimTraffic Performance Report
Baseline 28/3/2017

17: External Intersection Performance

	NE	Total
Total Delay (hr)	0.0	0.0
Delay / Veh (s)	0.6	0.6
Total Stops	0	0
Travel Dist (km)	28.0	28.0
Travel Time (hr)	0.5	0.5
Avg Speed (kph)	60	60
Fuel Used (l)	22.0	22.0
HC Emissions (g)	7	7
CO Emissions (g)	474	474
NOx Emissions (g)	28	28
Vehicles Entered	101	101
Vehicles Exited	100	100
Hourly Exit Rate	600	600
Denied Entry Before	0	0
Denied Entry After	0	0

Bend #101 Intersection Performance

	EB	SW	Total
Total Delay (hr)	0.0	0.1	0.1
Delay / Veh (s)	0.5	2.1	1.4
Total Stops	0	0	0
Travel Dist (km)	5.2	33.4	38.6
Travel Time (hr)	0.2	0.7	0.9
Avg Speed (kph)	22	47	41
Fuel Used (l)	2.9	27.9	30.8
HC Emissions (g)	3	12	14
CO Emissions (g)	133	692	824
NOx Emissions (g)	12	47	59
Vehicles Entered	101	127	228
Vehicles Exited	101	127	228
Hourly Exit Rate	606	762	1368
Denied Entry Before	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0

รูปที่ ผ.21 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีปรับปรุง (10)

SimTraffic Performance Report
Baseline 28/3/2017

Bend #102 Intersection Performance

	NW	NE	Total
Total Delay (hr)	0.0	0.0	0.0
Delay / Veh (s)	3.0	1.2	2.3
Total Stops	0	0	0
Travel Dist (km)	3.0	0.2	3.2
Travel Time (hr)	0.1	0.0	0.1
Avg Speed (kph)	27	19	26
Fuel Used (l)	0.9	0.2	1.1
HC Emissions (g)	1	0	1
CO Emissions (g)	35	7	43
NOx Emissions (g)	3	1	4
Vehicles Entered	34	21	55
Vehicles Exited	35	21	56
Hourly Exit Rate	210	126	336
Denied Entry Before	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0

Bend #103 Intersection Performance

	NW	NE	Total
Total Delay (hr)	0.0	0.0	0.0
Delay / Veh (s)	0.2	0.3	0.3
Total Stops	0	0	0
Travel Dist (km)	0.2	0.2	0.4
Travel Time (hr)	0.0	0.0	0.0
Avg Speed (kph)	18	18	18
Fuel Used (l)	0.1	0.1	0.1
HC Emissions (g)	0	0	0
CO Emissions (g)	1	1	2
NOx Emissions (g)	0	0	0
Vehicles Entered	8	7	15
Vehicles Exited	8	7	15
Hourly Exit Rate	48	42	90
Denied Entry Before	0	0	0
Denied Entry After	0	0	0

รูปที่ ผ.22 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีปรับปรุง (11)

SimTraffic Performance Report
Baseline 28/3/2017

Total Network Performance

	All
Total Delay (hr)	1.7
Delay / Veh (s)	13.2
Total Stops	549
Travel Dist (km)	165.8
Travel Time (hr)	6.3
Avg Speed (kph)	27
Fuel Used (l)	87.7
HC Emissions (g)	49
CO Emissions (g)	2319
NOx Emissions (g)	197
Vehicles Entered	474
Vehicles Exited	478
Hourly Exit Rate	2868
Denied Entry Before	3
Denied Entry After	1

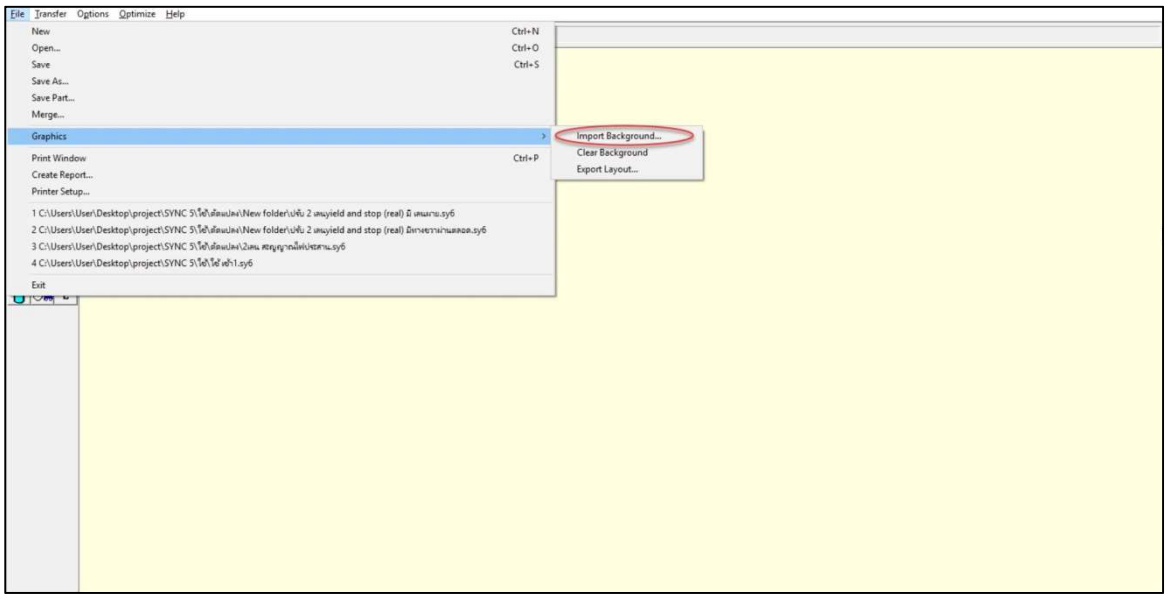
รูปที่ ผ.23 ผลลัพธ์แบบจำลองกรณีปรับปรุง (12)

วิธีการสร้างแบบจำลองขั้นพื้นฐาน

1. ทำการเปิดโปรแกรม แบบจำลอง

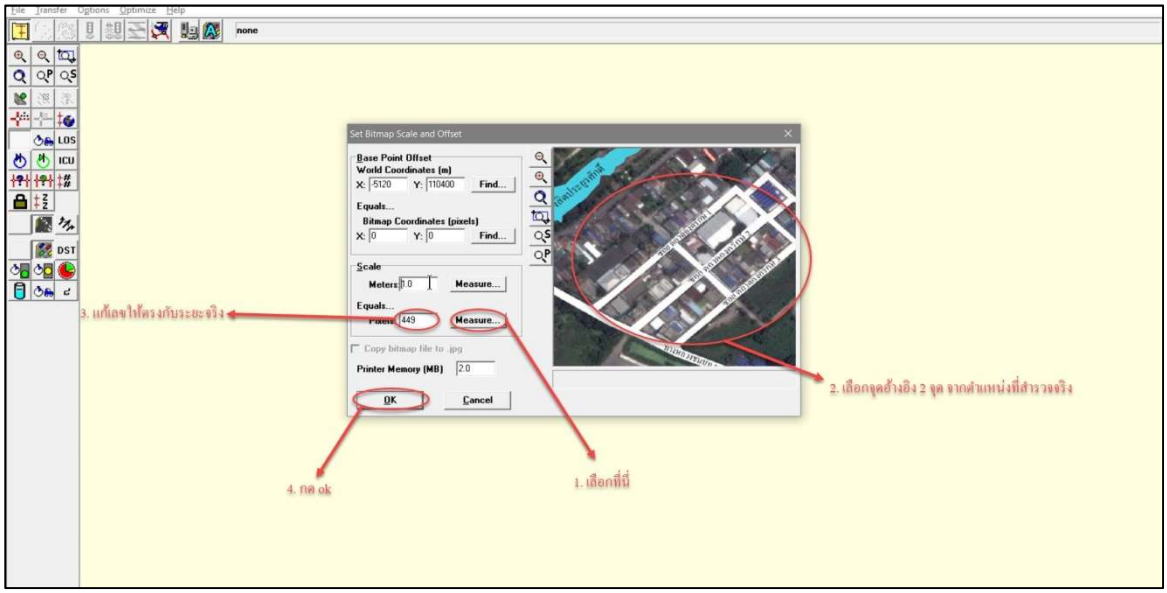
รูปที่ ผ.24 วิธีการสร้างแบบจำลองขั้นพื้นฐาน (1)

2. นำรูปบริเวณตลาดองครักษ์ที่เราทำการสำรวจนำเข้าโปรแกรมโดยไปที่ File > graphics > import background



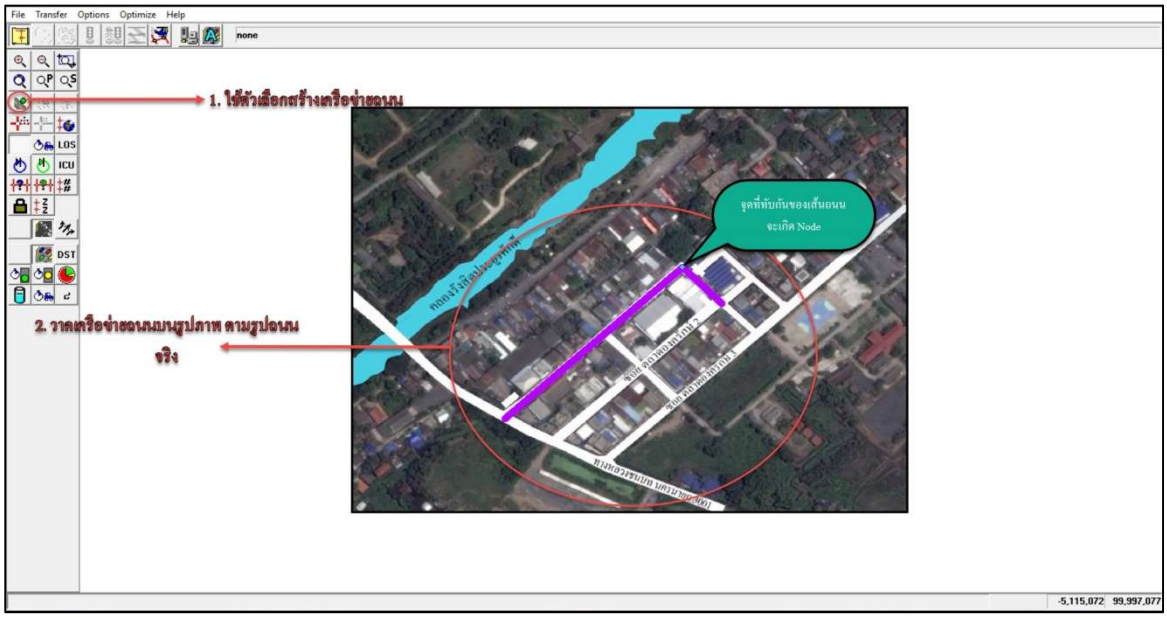
รูปที่ ผ.25 วิธีการสร้างแบบจำลองขั้นพื้นฐาน (2)

3. เมื่อเลือกรูปเรียบร้อยแล้วจะเข้าสู่ขั้นตอนตั้งค่าความยาวของถนนที่เราไปสำรวจในพื้นที่จริงและสเกล โดยในการวัดความยาวถนนอ้างอิงนั้นมี ขั้นตอนดังนี้ scale > equal > measure > เลือก 2 จุดอ้างอิงความยาวถนนที่วัดจริงในรูปแผนที่ด้านขวา > แก้ความยาวจริง > OK



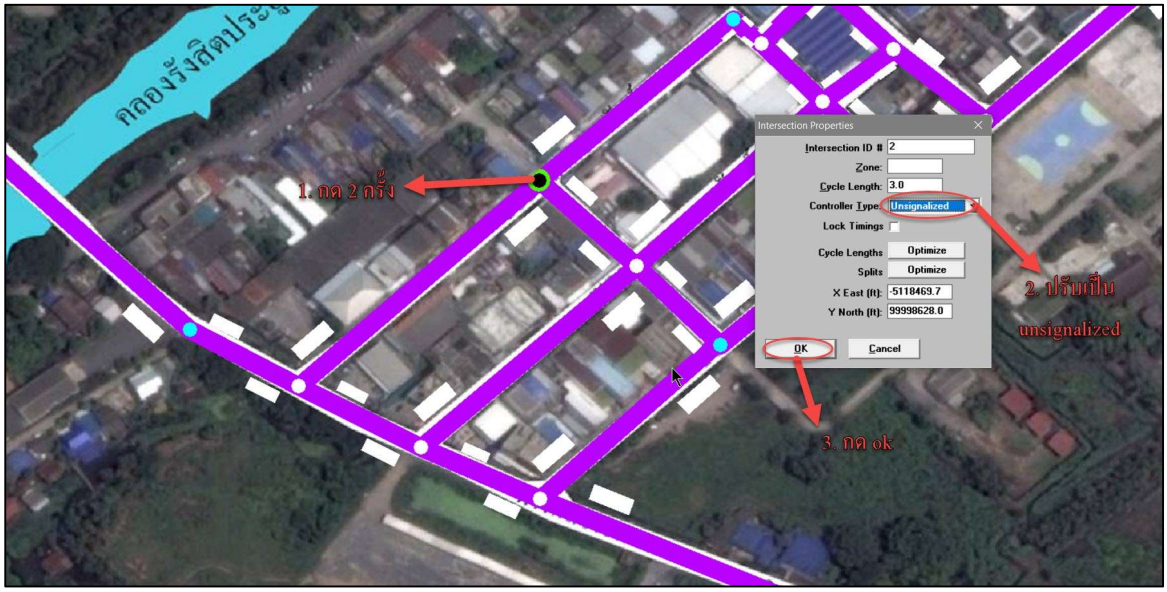
รูปที่ ผ.26 วิธีการสร้างแบบจำลองขั้นพื้นฐาน (3)

4. ทำการสร้างเครือข่ายถนนบนภาพ



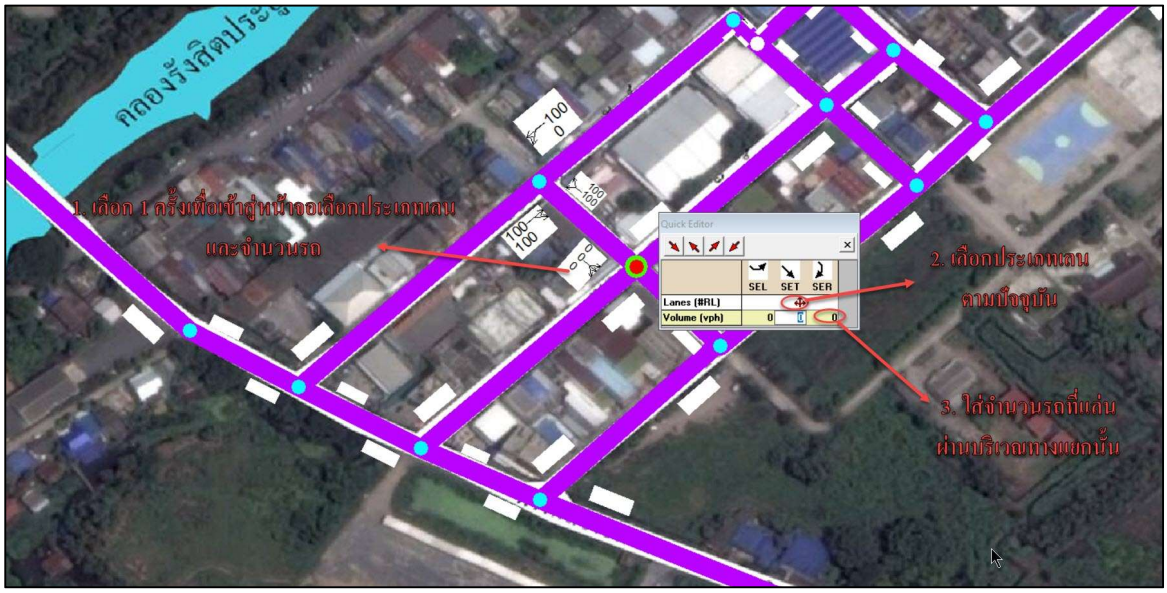
รูปที่ ผ.27 วิธีการสร้างแบบจำลองขั้นพื้นฐาน (4)

5. เมื่อทำการสร้างเครือข่ายถนน เรียบร้อยแล้ว ทำการกำหนดลักษณะ nodeให้เป็นไปในตามความเป็นจริง เช่น บริเวณตลาดองลักษณ์ ไม่มีสัญญาณไฟจราจร ดังนั้นเลือกเป็น unsignalized เป็นต้น



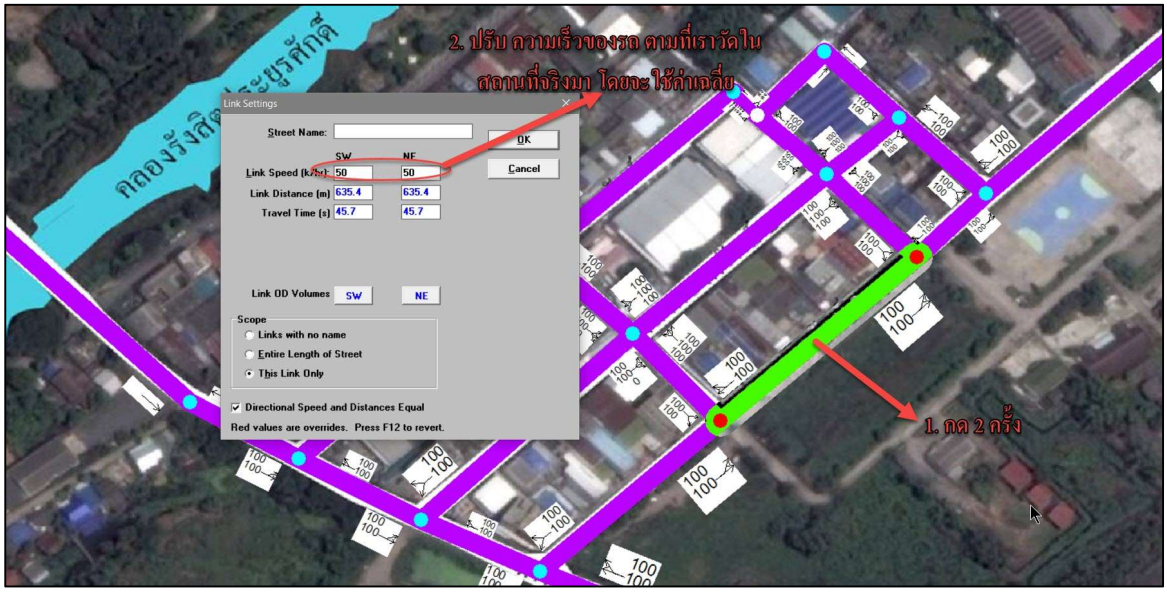
รูปที่ ผ.28 วิธีการสร้างแบบจำลองขั้นพื้นฐาน (5)

6. จากนั้นจะเป็นขั้นตอนการใส่ประเภทเลนและจำนวนรถที่แล่นผ่านบริเวณแยกนั้นๆ



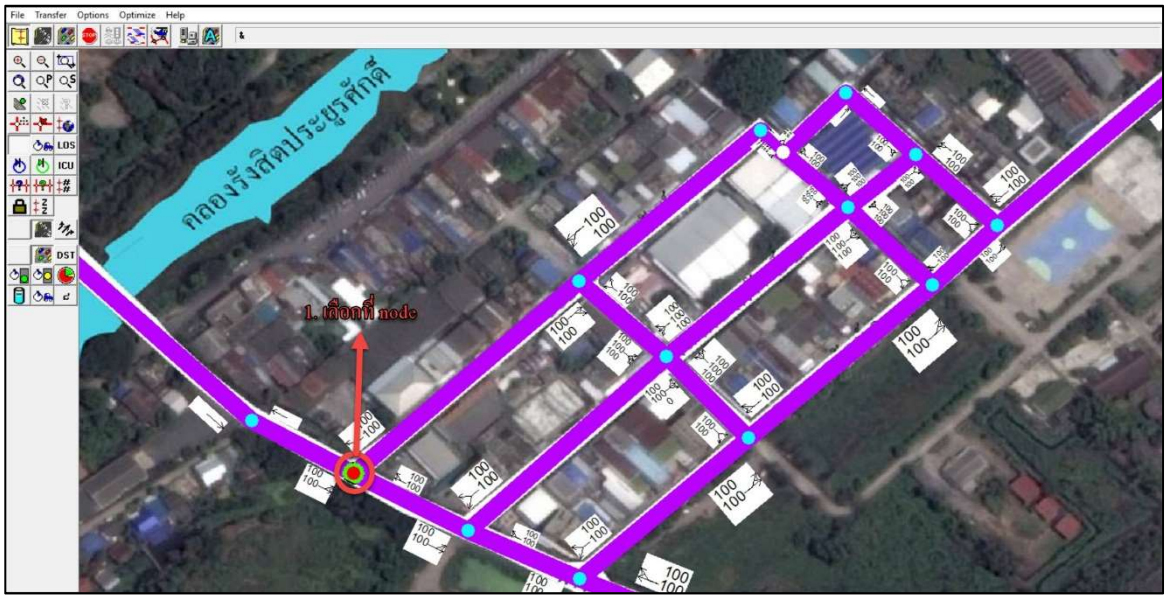
รูปที่ ผ.29 วิธีการสร้างแบบจำลองขั้นพื้นฐาน (6)

7. ขั้นตอนต่อไปคือการนำความเร็วที่วัดจากสถานที่จริงมาเฉลี่ย และใส่ค่าลงไปในโปรแกรมโดยผู้จัดทำวัดทำการวัด 2 ตำแหน่งคือ 1. ถนนชนบท 3001 ก่อนเข้าตลาดองครักษ์ 2. ในตลาดองครักษ์

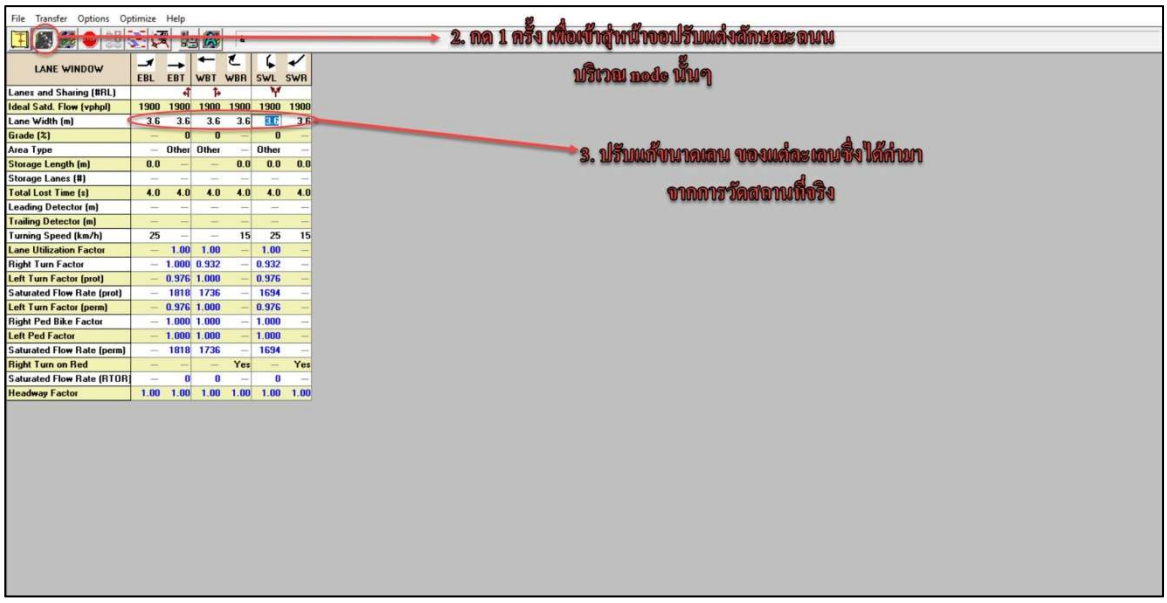


รูปที่ ผ.30 วิธีการสร้างแบบจำลองขั้นพื้นฐาน (7)

8. ขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดความกว้างของงถนนบริเวณทางแยก โดยจะทำการปรับแก้ทุก node

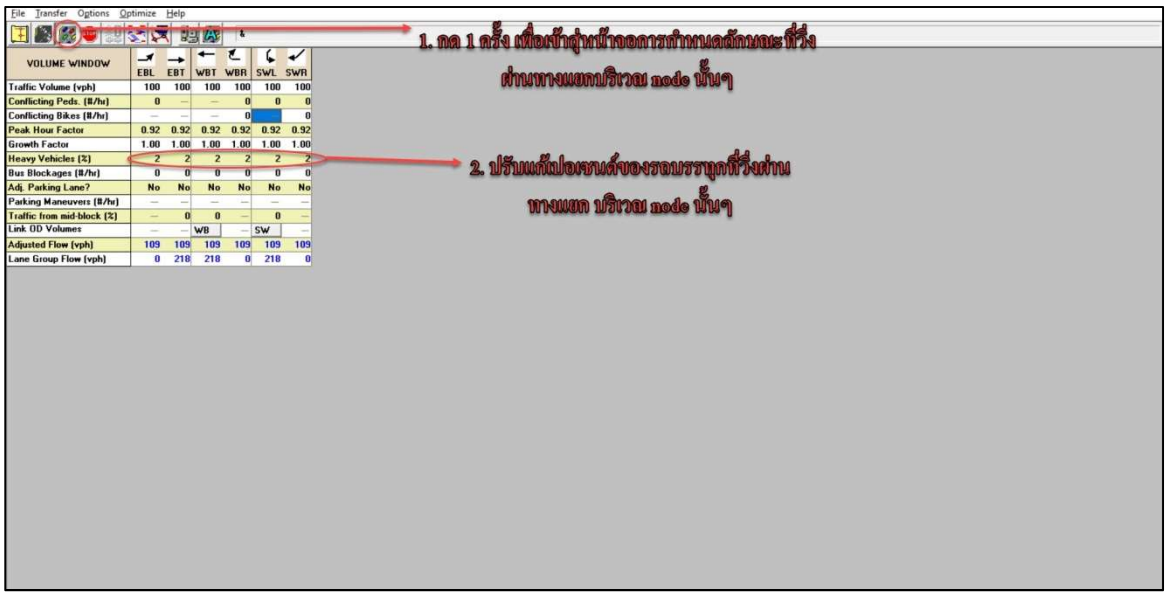


รูปที่ ผ.31 วิธีการสร้างแบบจำลองขั้นพื้นฐาน (8)



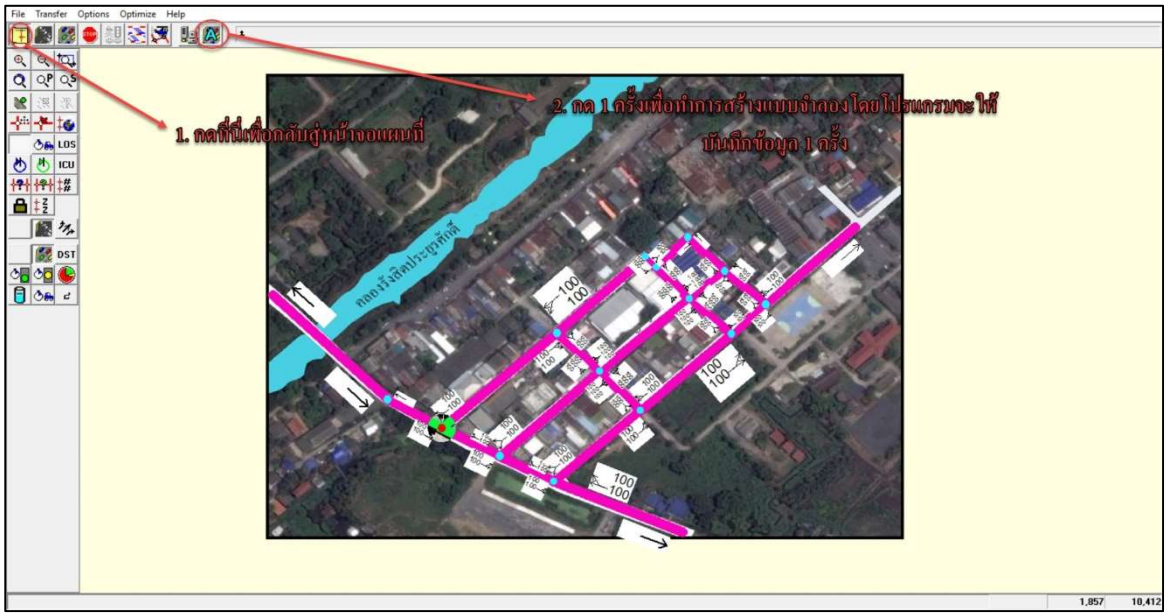
รูปที่ ผ.32 วิธีการสร้างแบบจำลองขั้นพื้นฐาน (9)

9. เป็นขั้นตอนการปรับแก้รถบรรทุกโดยจะใส่ค่าในรูปของ heavy vehicles (%) โดยจะทำการปรับแก้ทุก node เช่นเดียวกับการกำหนดลักษณะของถนนบริเวณทางแยก



รูปที่ ผ.33 วิธีการสร้างแบบจำลองขั้นพื้นฐาน (10)

10. จากนั้นทำการสร้างแบบจำลองที่เราใส่ข้อมูลมาตั้งแต่ต้นโดยมีวิธีการดังนี้



รูปที่ ผ.34 วิธีการสร้างแบบจำลองขั้นพื้นฐาน (11)

11. หลังการสร้างแบบจำลอง จะได้รูปร่างดังต่อไปนี้

รูปที่ ผ.35 วิธีการสร้างแบบจำลองขั้นพื้นฐาน (12)

ภาคผนวก ข

(รูปภาพสถานที่ศึกษา)

รูปที่ ผ.36 บริเวณทางแยกระหว่างทางเข้าซอยตลาดองครักษ์คัดกับถนนทางหลวงชนบท 3001

รูปที่ ผ.37 บริเวณทางแยกระหว่างทางเข้าซอยตลาดองครักษ์คัดกับถนนทางหลวงชนบท 3001

รูปที่ ผ.38 ภายในซอยตลาดองครักษ์

รูปที่ ผ.39 ทางแยกภายในซอยตลาดองครักษ์

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

ชื่อ ชื่อสกุล	นายวรกมล ศรีใหม่
วันเดือนปีเกิด	7 สิงหาคม 2538
สถานที่เกิด	อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	197/46 หมู่ 1 ต.บางรักพัฒนา
	อ.บางบัวทอง จ.นนทบุรี 11110
หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ	087-717-1455

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2557	มัธยมศึกษาปีที่ 6
	จากโรงเรียนเตรียมอุดศึกษาพัฒนาการ นนทบุรี
พ.ศ. 2560	กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

ชื่อ ชื่อสกุล	นายเจตน์ ธรรมจิต
วันเดือนปีเกิด	16 มกราคม 2538
สถานที่เกิด	อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	6 ถ.ราชการราษฎรดำริ 2 ต.แม่สอด
	อ.แม่สอด จ.ตาก 63110
หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ	088-273-4122

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2557	มัธยมศึกษาปีที่ 6
	จากโรงเรียนสรรพวิทยาคม
พ.ศ. 2560	กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาวศิริธนา แก้วแหวน
วันเดือนปีเกิด	14 สิงหาคม 2537
สถานที่เกิด	อำเภอเมืองตราด จังหวัดตราด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	88 หมู่ 6 ต.ตะกาง
	อ.เมืองตราด จ.ตราด 23000
หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ	088-928-8711

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2557	มัธยมศึกษาปีที่ 6
	จากโรงเรียนสตรีประเสริฐศิลป์ ตราด
พ.ศ. 2560	กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ