การศึกษาสภาพการจราจรสี่แยกไฟแดงดอนหัวฬ่อ จังหวัดชลบุรี ด้วยแบบจำลองด้วยคอมพิวเตอร์

A STUDY OF DONHUAROH INTERSECTION. CHONBURI IN COMPUTER SIMULATION MODEL

ณัฐฐา มงคลสารโสภณ
พัชราภรณ์ นิระทัย
ศศิธร แซ่ตั๋ง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3 ๙๐๐๐ ๐๗๕๐

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา
ปีการศึกษา 2555

A STUDY OF DONHUAROH INTERSECTION. CHONBURI IN COMPUTER SIMULATION MODEL

NATTA MONGKOLSANSOPOL
PATCHARAPORN NIRATHAI
SASITHORN SAE-THUNG

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
BURAPHA UNIVERSITY 2012

ปริญญานิพนธ์	การศึกษาสภาพการจราจรสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ จังหวัดชลบุรี ด้วยแบบจำลองด้วยคอมพิวเตอร์
โดย	นางสาวณัฐฐา มคลสารโสภณ
	นางสาวพัชราภรณ์ นิระทัย
	นางสาวศศิธร แซ่ตั๋ง
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์วิศณุ บุญรอด
จำนวนหน้า	147 หน้า
ปีการศึกษา	2555

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติปริญญา-นิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ประธานกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรหาญ ลิลา)

.....กรรมการสอบปริญญานิพนธ์

(อาจารย์อดิศักดิ์ นาวเหนียว)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์วิศณุ บุญรอด)

.....หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

(อาจารย์ ดร. จักรวาล คุณะดิลก)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทคัดย่อ

การศึกษาสภาพปัจจุบันบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร จังหวัดชลบุรี ในช่วงเวลาวิกฤต พบว่ามีปัญหาการจราจรติดขัดในบริเวณดังกล่าวเป็นจำนวนมาก ในการศึกษาโครงงานวิศวกรรมนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบคมนาคมพร้อมทั้งแนวทางการแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัด โดยการนำเทคนิคการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (ARENA) เพื่อจำลองสถานการณ์ปัจจุบันบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร จังหวัดชลบุรี มีพารามิเตอร์ในการชี้บ่งปัญหา คือ เวลาที่รถรอคอย จำนวนรถในแถวคอย โดยการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการสร้างสะพานข้ามแยกจากสี่แยกเส้นทางจากนิคมอมตะนครเลี้ยวขวาไปสี่แยกเมืองชลบุรี จำนวน 1 และ 2 ช่องทาง เพื่อเป็นตัวเลือกแนวทางการแก้ไขที่ 1 และ 2 ตามลำดับ และปรับเวลาสัญญาณไฟจราจรของทุกสี่แยกไฟแดง พบว่าแนวทางการแก้ไขตามแนวทางเลือกที่ 1 สามารถลดเวลาการรอคอยและจำนวนรถในแถวคอยทั้งระบบได้ถึง 39.9% ซึ่งมากกว่าแนวทางการแก้ไขที่ 2 ที่เวลาการรอคอยและจำนวนรถในแถวคอยเพิ่มขึ้น 402.6% ทางคณะผู้จัดทำโครงงานจึงเลือกแนวทางการแก้ไขที่ 1 เป็นแนวทางในการปรับปรุงการลดปัญหาการจราจรติดขัด คือ การสร้างสะพานข้ามแยกจากสี่แยกเส้นทางจากนิคมอมตะนครเลี้ยวขวาไปสี่แยกเมืองชลบุรี แบบ 1 ช่องทาง และปรับเวลาสัญญาณไฟจราจรของทุกสี่แยกไฟแดง ทำให้สามารถลดเวลาในการรอคอยและจำนวนรถในแถวคอยของสี่แยกเส้นทางจากเมืองชลบุรีได้ 6.2% และ 7.0% ตามลำดับ สามารถลดเวลาในการรอคอยและจำนวนรถในแถวคอยของสี่แยกเส้นทางจากนิคมอมตะนครได้ 56.0% และ 84.1% ตามลำดับ สามารถลดเวลาในการรอคอยและจำนวนรถในแถวคอยของสี่แยกเส้นทางจากพนัสนิคมได้ 37.1% และ 35.0% ตามลำดับ และสามารถลดเวลาในการรอคอยและจำนวนรถในแถวคอยของสี่แยกเส้นทางจากแหลมฉบังได้ 48.9% และ 45.0% ตามลำดับ รวมทั้งระบบแนวทางการแก้ไขที่ 1 สามารถลดเวลาการรอคอยและจำนวนรถในแถวคอยได้ถึง 39.9%

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณต่อ อาจารย์วิศณุ บุญรอด อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรหาญ ลิลา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ในการวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมเป็นประโยชน์ในการปฏิบัติงานและคำแนะนำในการแก้ไขข้อผิดพลาดของปริญญานิพนธ์เล่มนี้มาโดยตลอด จนสำเร็จไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณสถานีตำรวจภูธรดอนหัวพ่อ จังหวัดชลบุรี ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ในการเข้าไปทำการศึกษา เก็บรวบรวมข้อมูล ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ รวมถึงเครื่องมือและอุปกรณ์ตลอดจนข้อมูลที่ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์

ท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์อดิศักดิ์ นาวเหนียว อาจารย์คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ รวมถึงผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือแก่คณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์นี้ด้วยดีเสมอมา ประโยชน์อันใดที่เกิดจากปริญญานิพนธ์นี้ล้วนเป็นผลมาจากความกรุณาของทุกท่าน คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ..... i

กิตติกรรมประกาศ..... ii

สารบัญ..... iii

สารบัญรูป..... vii

สารบัญตาราง..... x

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความสำคัญของที่มาและปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์..... 2

1.3 ขอบเขตของการทำโครงงาน..... 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

1.5 แผนการดำเนินงาน..... 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1.1 ปริมาณการจราจร..... 4

2.1.1.1 ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี..... 4

2.1.1.2 ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวัน..... 4

2.1.1.3 ปริมาณการจราจรในแต่ละชั่วโมง..... 4

2.1.1.4 ปริมาณการจราจรในช่วงสั้น..... 5

2.1.1.5 การสำรวจการจราจร..... 5

2.1.2 แบบจำลอง..... 6

2.1.2.1 ประเภทของแบบจำลอง..... 7

2.1.2.2 โครงสร้างของแบบจำลอง..... 7

2.1.2.3 ข้อได้เปรียบของการใช้แบบจำลองปัญหา..... 8

2.1.2.4 ข้อดีของการใช้แบบจำลองปัญหา..... 9

2.1.2.5 ข้อเสียของการใช้แบบจำลองปัญหา..... 9

2.1.3 กระบวนการจำลองแบบปัญหา..... 10

2.1.3.1 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง..... 10

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.1.3.2 การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง..... 11
2.1.4 การจำลองแบบปัญหาด้วยโปรแกรม..... 12
2.1.4.1 รายละเอียดของการจำลองแบบปัญหาในโปรแกรม ARENA..... 13
2.1.4.2 การสร้างแบบจำลองปัญหาในโปรแกรม ARENA..... 15
2.1.4.3 ค่าต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลอง..... 21
2.1.4.4 การกำหนดรูปแบบการรัน..... 22
2.1.4.5 การวิเคราะห์ผลจากตัวแบบจำลอง..... 23
2.1.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับความน่าจะเป็น..... 25
2.1.5.1 การแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม..... 25
2.1.5.2 การแจกแจงแบบไคสแควร์..... 26
2.1.5.3 การแจกแจงแบบแกมมา..... 27
2.1.5.4 การแจกแจงแบบเบต้า..... 28
2.1.5.5 การแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล..... 29
2.1.5.6 การแจกแจงไวบูลล์..... 30
2.1.5.7 การแจกแจงแบบเออร์แลงก์..... 31
2.1.5.8 การแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล..... 32
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 33

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน..... 35
3.1 สภาพปัจจุบัน..... 35
3.2 วิธีการดำเนินงาน..... 38
3.3 รายละเอียดวิธีการดำเนินงาน..... 39
3.3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล..... 39
3.3.2 วิเคราะห์ข้อมูล..... 40
3.3.2 การสร้าง ตรวจสอบ และรันแบบจำลอง..... 45
3.3.3 วิเคราะห์สมรรถนะของกระบวนการบริการปัจจุบันจากผลการรันของแบบจำลอง..... 47
3.3.4 วิเคราะห์ปัญหา..... 47

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.5 คัดเลือกแนวทางการปรับปรุง..... 47
3.3.6 ประเมินผลการปรับปรุงด้วยแบบจำลอง..... 48
3.3.7 เปรียบเทียบ สรุปผล และนำเสนอเพื่อการประยุกต์จริง..... 48

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน..... 49
4.1 ศึกษาระบบ และเก็บรวบรวมข้อมูล..... 49
4.1.1 สัดส่วนข้อมูลของรถ..... 49
4.1.2 อัตราการมาถึงของรถ..... 50
4.1.3 ทิศทางการไหลของยานพาหนะ..... 51
4.1.4 องค์ประกอบในการกำหนดสัญญาณไฟที่ใช้ในแบบจำลอง..... 54
4.2 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์..... 55
4.2.1 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองเส้นทางจากเมืองชลบุรี..... 61
4.2.1.1 กระบวนการสร้างขาเข้า..... 62
4.2.1.2 กระบวนการสร้างช่องทางการเดินรถ..... 69
4.2.1.3 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง โมดูลทางออก..... 98
4.3 การตรวจสอบ(Verification) และทวนสอบ(Validation)แบบจำลอง..... 100
4.3.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Verification of the Simulation Model)..... 100
4.3.2 การทวนสอบความถูกต้องของแบบจำลอง(Validation of the Simulation Model)..... 101
4.4 การรันแบบจำลองและวิเคราะห์ผลลัพธ์..... 103
4.4.1 การกำหนดขนาดตัวอย่าง..... 103
4.5 บ่งชี้ปัญหาและนำเสนอแนวทางการปรับปรุง..... 104
4.5.1 บ่งชี้ปัญหา 104
4.5.2 การนำเสนอแนวทางการปรับปรุง..... 111
4.6 การสร้างแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไข..... 112
4.6.1 แนวทางการแก้ไขที่ 1..... 112

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.6.2 แนวทางการแก้ไขที่ 2 115
4.7 ผลจากการปรับปรุง 117
4.7.1 แก้ไขปัญหาตามแนวทางที่ 1 117
4.7.2 แก้ไขปัญหาตามแนวทางที่ 2 124

บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล 135
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 135
5.2 อภิปรายผลการดำเนินงาน 136
5.3 ข้อเสนอแนะ 136

บรรณานุกรม 137

ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์ข้อมูลการมาถึงของรถ 138

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	หน้าต่างโปรแกรมอารีนา	15
2.2	การสร้าง Create Model	16
2.3	หน้าต่างในการกำหนดค่าของ Entities	16
2.4(ก)	รูปหน่วยโครงสร้าง Process	17
2.4(ข)	หน้าต่างของ Process Module	17
2.5(ก)	รูปหน่วยโครงสร้าง Dispose	18
2.5(ข)	หน้าต่างหลักของ Dispose	18
2.6	หน้าต่างของ Run Setup	19
2.7	ปุ่มประมวลผล	20
2.8	ปุ่มหยุดการประมวลผล	20
2.9	การเลือกหัวข้อการรายงานผล	21
2.10	กราฟการแจกแจงแกมมายูนิฟอร์ม	26
2.11	กราฟการแจกแจงแบบไคสแควร์	27
2.12	กราฟการแจกแจงแบบแกมมา	27
2.13	กราฟการแจกแจงแบบเบต้า	29
2.14	กราฟการแจกแจเอ็กซ์โปเนนเชียล	30
2.15	กราฟการแจกแจงแบบไวบูลล์	31
2.16	กราฟการแจกแจงแบบ Erlang	32
2.17	กราฟการแจกแจงแบบ Lognormal	32
3.1	ภาพร่างไม่เป็นไปตามมาตราส่วนเส้นทางจราจรของสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ จังหวัดชลบุรี	36
3.2	ขั้นตอนการดำเนินงาน	38
3.3	การใช้คำสั่งวิเคราะห์ข้อมูล	42
3.4	ขั้นตอนการใช้ Input Analyzer	42
3.5	ข้อมูลเวลาอัตราการมาของรถ	43
3.6	วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้คำสั่ง Fit all	44
3.7	ผลการวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูล	44
3.8	ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในโปรแกรมอารีนา	46

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.1	แสดงทิศทางการเดินรถของแต่ละช่องทางเดินรถ	51
4.2	ลำดับการเปลี่ยนสัญญาณไฟจราจรบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.	54
4.3	ลำดับการเปลี่ยนสัญญาณไฟจราจรบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.	55
4.4	แบบจำลองคอมพิวเตอร์ที่สร้างด้วยโปรแกรมอารีนาของระบบคมนาคมบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ จังหวัดชลบุรี	56
4.5	ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์สี่แยกจากเมืองชลบุรี	61
4.6	ตัวอย่างแผนภาพกระบวนการสร้างช่องทางเดินรถ	62
4.7	ตัวอย่างการกำหนดค่าลงครีเอตโมดูล สำหรับสร้างวัตถุให้เข้าระบบ	62
4.8	ตัวอย่างการกำหนดค่าลงแอสไซน์โมดูล สำหรับกำหนดคุณสมบัติยานพาหนะ	64
4.9	ตัวอย่างการกำหนดค่าสเตชั่นโมดูล สำหรับแสดงตำแหน่งภาพเคลื่อนไหว	67
4.10	ตัวอย่างการกำหนดค่ารูทโมดูล สำหรับขนย้ายยานพาหนะกระบวนขาเข้า	68
4.11	ตัวอย่างการกำหนดค่าลงสเตชั่นโมดูลช่องทางเดินรถ สำหรับแสดงตำแหน่งภาพเคลื่อนไหว	69
4.12	ตัวอย่างการกำหนดค่าลงเรคคอร์ดโมดูล สำหรับบันทึกระยะห่างเวลารถแต่ละคัน	70
4.13	ตัวอย่างการกำหนดค่าลงแอสไซน์โมดูล สำหรับบันทึกค่าเวลาเริ่มต้น	72
4.14	ตัวอย่างการกำหนดค่าลงโพรเซสโมดูล ใช้แทนสัญญาณไฟจราจร	75
4.15	ตัวอย่างการกำหนดตารางการทำงานของสัญญาณไฟแดง	77
4.16	กำหนดตารางการทำงานให้ทรัพยากรช่องทางเดินรถ	79
4.17	ตัวอย่างการกำหนดค่าลงดีไซน์โมดูล สำหรับแยกประเภทยานพาหนะ	80
4.18	ตัวอย่างการกำหนดค่าลงเรคคอร์ดโมดูล สำหรับนับจำนวนรถแต่ละประเภท	84
4.19	ตัวอย่างการกำหนดค่าลงเรคคอร์ดโมดูล สำหรับนับจำนวนรถทั้งหมด	85
4.20	ตัวอย่างการกำหนดค่าลงเรคคอร์ดโมดูล สำหรับบันทึกเวลารถในไฟแดง	87
4.21	ตัวอย่างการกำหนดค่าลงเรคคอร์ดโมดูล สำหรับบันทึกอัตราการออกของรถ	91
4.22	ตัวอย่างการกำหนดค่าลงรูทโมดูล สำหรับย้ายรถไปทางออก	93

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.23	การกำหนดค่าของ Set Data Module	95
4.24	ตัวอย่างการกำหนดค่าลงใน Sequence Spreadsheet Module	95
4.25	ตัวอย่างการกำหนดค่าลง Advanced Set	98
4.26	ตัวอย่างการกำหนดค่าลง Station Module เส้นทางจากเมืองชลบุรี	99
4.27	ตัวอย่างการกำหนดค่าลงดิสโพสโมดูล	100
4.28	ภาพเคลื่อนไหวสภาพปัจจุบัน	101
4.29	ผลการวิเคราะห์ด้วย Output Analyzer	102
4.30	ค่า Half Width จากการรันแบบจำลอง	104
4.31	ผลพารามิเตอร์เวลาที่รถรอคอยสภาพปัจจุบัน	105
4.32	ผลพารามิเตอร์จำนวนรถรอในแถวคอยสภาพปัจจุบัน	105
4.33	ผลพารามิเตอร์อัตราการเข้า-ออกสภาพปัจจุบัน	106
4.34	ผลพารามิเตอร์เวลาที่รถอยู่ในสี่แยกไฟแดงสภาพปัจจุบัน	106
4.35	สี่แยกไฟแดงที่มีการจราจรติดขัด ช่วงเวลา 06.00-08.00 น	107
4.36	สี่แยกไฟแดงที่มีการจราจรติดขัด ช่วงเวลา 16.00-18.00 น	108
4.37	ภาพเคลื่อนไหวแนวทางการแก้ไขที่ 1	115
4.38	ภาพเคลื่อนไหวแนวทางการแก้ไขที่ 2	117
ก.1	การวิเคราะห์ข้อมูลการมาถึงของรถเส้นทางชลบุรี ช่วงเวลา 06.00-08.00 น	139
ก.2	การวิเคราะห์ข้อมูลการมาถึงของรถเส้นทางนิคมอมตะนคร ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.	140
ก.3	การวิเคราะห์ข้อมูลการมาถึงของรถเส้นทางพนัสนิคม ช่วงเวลา 06.00-08.00 น	141
ก.4	การวิเคราะห์ข้อมูลการมาถึงของรถเส้นทางแหลมฉบัง ช่วงเวลา 06.00-08.00 น	142
ก.5	การวิเคราะห์ข้อมูลการมาถึงของรถเส้นทางชลบุรี ช่วงเวลา 16.00-18.00 น	143
ก.6	การวิเคราะห์ข้อมูลการมาถึงของรถเส้นทางนิคมอมตะนคร ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.	144
ก.7	การวิเคราะห์ข้อมูลการมาถึงของรถเส้นทางพนัสนิคม ช่วงเวลา 16.00-18.00 น	145
ก.8	การวิเคราะห์ข้อมูลการมาถึงของรถเส้นทางแหลมฉบัง ช่วงเวลา 16.00-18.00 น	146

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แผนการดำเนินงานของโครงงาน	3
2.1	การคำนวณรอบการรัน	23
3.1	จำนวนยานพาหนะโดยประมาณ ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.	35
3.2	จำนวนยานพาหนะโดยประมาณ ช่วงเวลา 16.00-18.00 น	35
3.3	แบบฟอร์มและตัวอย่างการบันทึกสถิติยานพาหนะ	41
3.4	สรุปข้อมูลการแจกแจงความน่าจะเป็นของช่วงเวลาการมาถึงของรถในแต่ละแยก ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.	45
3.5	สรุปข้อมูลการแจกแจงความน่าจะเป็นของช่วงเวลาการมาถึงของรถในแต่ละแยก ช่วงเวลา 16.00-18.00 น	45
4.1	สัดส่วนของรถแต่ละประเภทของแต่ละสี่แยกไฟแดง ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.	50
4.2	สัดส่วนของรถแต่ละประเภทของแต่ละสี่แยกไฟแดง ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.	50
4.3	ข้อมูลการแจกแจงเวลาการมาถึงของรถแต่ละสี่แยกไฟแดงช่วงเวลา 06.00-08.0 น. และช่วงเวลา 16.00-18.00 น.	50
4.4	สัดส่วนทิศทางการเดินรถของแต่ละสี่แยกไฟแดง ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.	52
4.5	สัดส่วนทิศทางการเดินรถของแต่ละสี่แยกไฟแดง ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.	52
4.6	ทิศทางการเดินรถของเส้นทางจากเมืองชลบุรี	52
4.7	ทิศทางการเดินรถของเส้นทางจากนิคมอมตะนคร	53
4.8	ทิศทางการเดินรถของเส้นทางจากพนัสนิคม	53
4.9	ทิศทางการเดินรถของเส้นทางจากแหลมฉบัง	53
4.10	เวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียวบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ	54
4.11	สัดส่วนของรถแต่ละประเภท เส้นทางจากชลบุรี	57
4.12	การแจกแจงเวลาการมาถึงของรถ เส้นทางจากชลบุรี	57
4.13	สัดส่วนทิศทางการเดินรถ เส้นทางจากชลบุรี	57
4.14	เวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียว เส้นทางจากชลบุรี	57
4.15	สัดส่วนของรถแต่ละประเภท เส้นทางจากนิคมอมตะนคร	58
4.16	การแจกแจงเวลาการมาถึง เส้นทางจากนิคมอมตะนคร	58
4.17	สัดส่วนทิศทางการเดินรถ เส้นทางจากนิคมอมตะนคร	58
4.18	เวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียว เส้นทางจากนิคมอมตะนคร	58
4.19	สัดส่วนของรถแต่ละประเภท เส้นทางจากพนัสนิคม	59

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.20	การแจกแจงเวลาการมาถึงของรถ เส้นทางจากพนัสนิคม	59
4.21	สัดส่วนทิศทางการเดินรถ เส้นทางจากพนัสนิคม	59
4.22	เวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียว เส้นทางจากพนัสนิคม	59
4.23	สัดส่วนของรถแต่ละประเภท เส้นทางจากแหลมฉบัง	60
4.24	การแจกแจงเวลาการมาถึงของรถ เส้นทางจากแหลมฉบัง	60
4.25	สัดส่วนทิศทางการเดินรถ เส้นทางจากแหลมฉบัง	60
4.26	เวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียว เส้นทางจากแหลมฉบัง	60
4.27	ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อสร้างวัตถุเข้ามาในระบบ	63
4.28	ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อกำหนดคุณสมบัติให้ยานพาหนะ	64
4.29	ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อแสดงตำแหน่งในภาพเคลื่อนไหว	67
4.30	ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อทำหน้าที่ขนย้ายวัตถุ	68
4.31	ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อแสดงตำแหน่งในภาพเคลื่อนไหว	69
4.32	ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อบันทึกระยะห่างของเวลาระหว่างรถแต่ละคันที่เข้ามา	71
4.33	ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อกำหนดคุณสมบัติให้รถในการบันทึกค่าเวลาเริ่มต้นที่เข้าสู่ช่องทางการเดินรถ	73
4.34	ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อแทนสัญญาณไฟจราจร	75
4.35	การกำหนดเวลาของสัญญาณไฟจราจร	78
4.36	ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อแยกประเภทของยานพาหนะ	80
4.37	ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อนับจำนวนรถแต่ละประเภท	84
4.38	ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อนับจำนวนรถทุกประเภทในแต่ละสี่แยกไฟแดง	85
4.39	ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อบันทึกเวลาที่รถอยู่ในสี่แยกไฟแดง	88
4.40	ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อบันทึกอัตราการออกของรถแต่ละคัน	91
4.41	ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทางเพื่อขนย้ายวัตถุไปยังทางออกแต่ละเส้นทาง.	93
4.42	ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อขนย้ายวัตถุไปยังทางออกแต่ละทาง	96
4.43	ข้อมูลรายละเอียด Advance Set	98
4.44	ข้อมูลกำหนดค่าลงสเตชั่นโมดูลทางออก	99

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.45	ข้อมูลกำหนดค่าดิสโพส เพื่อนำยานพาหนะออกจากแบบจำลอง	100
4.46	เปรียบเทียบจำนวนรถที่เข้ามาถึงสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อช่วง 06.00-08.00 น.	101
4.47	เปรียบเทียบจำนวนรถที่เข้ามาถึงสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อช่วง 16.00-18.00 น.	102
4.48	ผลการคำนวณหาจำนวนครั้งในการรัน Replication ในแต่ละช่วงเวลา	104
4.49	ผลการรันที่ได้จากแบบจำลองแบบเฉลี่ย เวลา 06.00-08.00 น.	109
4.50	ผลการรันที่ได้จากแบบจำลองแบบเฉลี่ย เวลา 16.00-18.00 น.	110
4.51	เวลาเปรียบเทียบเวลาไฟเขียวเดิมและเวลาไฟเขียวใหม่	111
4.52	ข้อมูลเส้นทางการเดินรถและสัดส่วนทิศทางการเดินรถช่วง 06.00-08.00 น.และ 16.00-18.00 น. แนวทางการแก้ไขที่ 1	113
4.53	เวลาสัญญาณไฟเขียวแนวทางเลือกที่ 1 ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.	113
4.54	เวลาสัญญาณไฟเขียวแนวทางเลือกที่ 1 ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.	114
4.55	จำนวนรถที่สะพานข้ามแยกสามารรองรับรถได้	114
4.56	ข้อมูลเส้นทางการเดินรถและสัดส่วนทิศทางการเดินรถช่วง 06.00-08.00 น.และ 16.00-18.00 น.แนวทางการแก้ไขที่ 2	115
4.57	เวลาสัญญาณไฟเขียวแนวทางเลือกที่ 2 ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.	116
4.58	เวลาสัญญาณไฟเขียวแนวทางเลือกที่ 2 ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.	116
4.59	ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สถานการณ์ปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 1	117
4.60	เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์โดยเฉลี่ยของสถานการณ์ปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 1 เวลา 06.00-08.00 น.	122
4.61	เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์โดยเฉลี่ยของสถานการณ์ปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 1 เวลา 16.00-18.00 น.	123
4.62	ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สถานการณ์ปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 2	124
4.63	เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สถานการณ์ปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 2 ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.	129
4.64	เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สถานการณ์ปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 2 ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.	130

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.65	ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สถานการณ์ปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไข.....	132
5.1	ผลการปรับปรุงแนวทางที่ 1 โดยเฉลี่ยแต่ละสี่แยกไฟแดง.....	135
ก.1	จำนวนการเก็บข้อมูลที่เหมาะสม.....	147

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของที่มาและปัญหา

ปัจจุบันการคมนาคมการขนส่งเข้ามามีบทบาทมากขึ้นในการพัฒนาประเทศ ไม่ว่าจะเป็นการขนส่งทางบก การขนส่งทางน้ำ การขนส่งทางอากาศ ซึ่งการขนส่งมีส่วนสำคัญในการอำนวยความสะดวกทางด้านการติดต่อและการเดินทางโดยเฉพาะการขนส่งทางบก ได้แก่ ขนส่งทางถนนและการขนส่งทางรางรถไฟ ที่นิยมอย่างแพร่หลาย คือ การขนส่งทางถนน ซึ่งช่วยในการเชื่อมโยงจุดต่างๆของสังคมให้เป็นเครือข่ายเดียวกัน ทั้งนี้ เมื่อสังคมขยายตัวอันเป็นผลมาจากการเพิ่มของจำนวนประชากร ความต้องการในด้านต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการคมนาคมการขนส่งจึงเพิ่มขึ้นด้วย เช่น ความต้องการด้านความสะดวกในการเดินทาง เป็นต้น และเนื่องจากการเดินทางบนถนนเป็นที่นิยมมากที่สุด จึงทำให้เกิดปัญหาด้านจราจรติดขัด โดยเฉพาะบริเวณแหล่งชุมชนและย่านนิคมอุตสาหกรรม ปัญหาดังกล่าวมีแนวโน้มทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อยๆส่งผลให้มีผลเสียตามมา ไม่ว่าจะเป็นการสิ้นเปลืองด้านพลังงาน การสิ้นเปลืองด้านค่าใช้จ่าย การสูญเสียเวลาและยังส่งผลให้เกิดมลพิษทางอากาศอีกด้วย [1]

นิคมอุตสาหกรรมเป็นอีกแหล่งหนึ่งที่มีการสัญจรทางถนนในบริเวณโดยรอบอย่างหนาแน่นโดยเฉพาะนิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี เป็นนิคมอุตสาหกรรมที่มีขนาดใหญ่ มีโรงงานอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก ทำให้ปริมาณของยานพาหนะที่เดินทางเข้าออกนิคมอุตสาหกรรมอมตะนครในแต่ละวันมีจำนวนมาก อีกทั้งยังมีชนิดและขนาดของยานพาหนะที่แตกต่างกัน ส่งผลให้การจราจรในบริเวณโดยรอบนิคมอุตสาหกรรมอมตะนครมีการสัญจรติดขัดโดยเฉพาะในช่วงเวลาวิกฤตที่ 06.00 - 08.00 น. และ 16.00 - 18.00 น. เป็นช่วงที่มีการจราจรติดขัดมากที่สุดปริมาณรถที่สัญจรช่วงเวลาดังกล่าวโดยประมาณ 9,000 – 10,000 คันต่อวัน เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงเวลาที่ผู้คนส่วนใหญ่เริ่มไปทำงานและเสร็จสิ้นจากการทำงานตามลำดับ

ดังนั้น โครงงานทางวิศวกรรมนี้จัดทำขึ้นเพื่อวิเคราะห์ระบบการคมนาคมบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร จังหวัดชลบุรี และจำลองการคมนาคมด้วยแบบจำลองคอมพิวเตอร์โปรแกรมอารีนา (Arena) รวมถึงเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาโดยสร้างแบบจำลองระบบการคมนาคมรูปแบบใหม่

1.2 วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษาระบบการคมนาคมบริเวณ สี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร จังหวัดชลบุรี ด้วยแบบจำลองคอมพิวเตอร์

2. เพื่อเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาการคมนาคม

1.3 ขอบเขตของการทำโครงงาน

1. จำลองระบบการคมนาคมบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ ถนนสุขประยูร นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร จังหวัดชลบุรีช่วงเวลา 06.00-08.00 น. และ 16.00-18.00 น.

2. ใช้โปรแกรมอารีนาในการจำลองระบบการคมนาคม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการเพื่อนำไปสู่การแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดอย่างเป็นระบบ

2.สามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาเพื่อการประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาจราจรติดขัดบริเวณอื่นๆได้

1.5 แผนการดำเนินงาน

1. ศึกษาความเป็นไปได้ของโครงงาน
2. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3. เก็บรวบรวมข้อมูล
4. ทำการวิเคราะห์ข้อมูล
5. สร้างแบบจำลองสภาพปัจจุบัน
6. ทดสอบแบบจำลอง
7. นำเสนอแบบจำลองเพื่อแก้ไขปัญหา
8. เปรียบเทียบทางเลือก
9. สรุปผล

แสดงรายละเอียดแผนการดำเนินงานไว้ดังตารางที่ 1.1

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานของโครงงาน

ลำดับ	รายละเอียดการทำงาน	2555																						2556							
		มิ.ย.				ก.ค.				ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.				ธ.ค.				ม.ค.				ก.พ.			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	ศึกษาความเป็นไปได้ของโครงงาน																																				
2	ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง																																				
3	เก็บรวบรวมข้อมูล																																				
4	ทำการวิเคราะห์ข้อมูล																																				
5	สร้างแบบจำลองสภาพปัจจุบัน																																				
6	ทดสอบแบบจำลอง																																				
7	นำเสนอแบบจำลองเพื่อแก้ไขปัญหา																																				
8	เปรียบเทียบทางเลือก																																				
9	สรุปผล																																				

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ปริมาณการจราจร (Traffic Volume)

ปริมาณการจราจร หมายถึง ยานพาหนะที่แล่นผ่านจุดใดจุดหนึ่งหรือช่วงใดช่วงหนึ่งของถนนในช่วงเวลาที่กำหนด ส่วนการศึกษาปริมาณการจราจร คือ การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้ในการวางแผน การออกแบบ การดำเนินการทางด้านจราจรการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์และการควบคุมด้านการจราจรและสภาพแวดล้อมให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาปริมาณการจราจรจำแนกตามช่วงเวลาที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลดังต่อไปนี้

2.1.1.1 ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (Average Annual Daily Traffic)

คือ ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดทั้งปี มีหน่วยเป็น คัน/วัน ข้อมูลปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปีสามารถนำมาใช้ได้ดังต่อไปนี้

1. กำหนดจำนวนการเดินทางในแต่ละปีในพื้นที่ที่ทำการศึกษา
2. ประเมินรายรับและรายจ่ายจากผู้ใช้งาน
3. ศึกษาอัตราการเกิดอุบัติเหตุ
4. ใช้ข้อมูลในการจัดสรรงบประมาณค่าบำรุงรักษาต่อปี

2.1.1.2 ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Traffic)

คือ ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันที่ได้ทำการเก็บข้อมูลการจราจรในระยะเวลาที่มากกว่า 1 วัน แต่น้อยกว่า 1 ปี มีหน่วย/คัน ข้อมูลปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันสามารถนำมาใช้สำหรับ

1. คาดคะเนปริมาณความต้องการในการใช้บริการถนน
2. วิเคราะห์ถึงสภาพการจราจรกับความสามารถในการรองรับการจราจรของระบบถนน

2.1.1.3 ปริมาณการจราจรในแต่ละชั่วโมง (Hourly Traffic)

คือ ปริมาณการจราจรเฉลี่ยที่หาได้จากการสำรวจปริมาณการจราจรในแต่ละช่วงเวลาที่ต้องการตัวอย่างเช่นอาจจะทำการศึกษาในชั่วโมงเร่งด่วนในตอนเช้าและตอนเย็น มีหน่วยเป็นคัน/ชั่วโมง ข้อมูลปริมาณการจราจรในแต่ละชั่วโมงสามารถนำมาใช้สำหรับ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1. คำนวณหาระยะเวลาที่มีปริมาณการจราจรสูงสุด

2. จัดตั้งระบบควบคุมการจราจร โดยเป็นตัวกำหนดสำหรับการติดตั้งสัญญาณไฟ และเครื่องหมายจราจร การกำหนดการเดินรถทางเดียว และการกำหนดบริเวณที่ห้ามจอดรถ หยุดรถหรือกลับรถ

2.1.1.4 ปริมาณการจราจรในช่วงสั้น (Short Term Counts)

คือ ปริมาณการจราจรในช่วงระยะเวลาสั้นๆที่น้อยกว่า 1 ชั่วโมงเช่น ในช่วงเวลา 5 นาที หรือ 15 นาที มักมีหน่วยเป็น คัน/ช่วงเวลา ข้อมูลปริมาณการจราจรในช่วงสั้นสามารถนำมาใช้สำหรับ

1. วิเคราะห์อัตราการจราจรสูงสุดในช่วงเวลาที่กำหนด

2. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน

โดยทั่วไปแล้วขนาดของรถที่วิ่งอยู่ตามท้องถนนนั้นจะมีขนาดไม่เท่ากันตัวอย่างเช่นรถประจำทางมีขนาดใหญ่กว่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคลถึง3เท่าเพราะฉะนั้นในการสำรวจปริมาณการจราจรควรมีค่ากลางที่นำมาใช้ในการนับจำนวนรถที่มีขนาดแตกต่างกันเนื่องมาจากรถดังกล่าวจะใช้พื้นที่ถนนและมีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่แตกต่างกันโดยปกติแล้ววิศวกรจราจรจะใช้รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเป็นค่ากลางในการเปรียบเทียบการใช้พื้นที่ถนนและความคล่องตัวในการเคลื่อนที่เพราะฉะนั้นรถยนต์นั่งสวนบุคคล 1 คัน จะมีค่าเท่ากับ 1 หน่วยรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car Unit , PCU)

2.1.1.5 การสำรวจการจราจรจะกระทำตรงบริเวณระหว่างทางแยก (Mid – Block Volume Counts) และบริเวณทางแยก (Intersection Volume Counts)

ในการสำรวจปริมาณการจราจรระหว่างทางแยกนั้นมีจุดประสงค์เพื่อต้องการทราบปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทางในช่วงระยะเวลาหนึ่งๆและประเภทของยานพาหนะโดยปกติแล้วจะกำหนดจุดสำรวจปริมาณการจราจรให้อยู่กึ่งกลางระหว่างทางแยกเนื่องจากเป็นจุดที่ยานพาหนะสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างสม่ำเสมอข้อมูลการสำรวจปริมาณการจราจรระหว่างทางแยกสามารถนำไปใช้ในการศึกษาความจุของถนนการจัดเตรียมพื้นที่จอดรถและการวางแผนเกี่ยวกับการจราจรต่างๆ เป็นต้น

การสำรวจปริมาณการจราจรสามารถทำได้ 4 วิธี ดังนี้

1. การสำรวจโดยใช้คนนับ(Manual Counts) เป็นวิธีกาสำรวจที่ละเอียดแต่จะมีค่าใช้จ่ายสูง หากแต่การสำรวจปริมาณการจราจรโดยใช้คนนับนี้ สามารถให้ผู้นับทำการสังเกตข้อมูลข้างเคียงอื่นได้อีกด้วย เช่น ปริมาณคนเดินถนน และจำนวนผู้โดยสารบนรถประจำทาง เป็นต้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. การสำรวจโดยใช้เครื่องมือ (Mechanical Count) ประกอบไปด้วยตัวจับคลื่น เมื่อมีรถแล่นผ่าน ตัวจับคลื่นจะสั่งสัญญาณไปยังเครื่องนับ การสำรวจปริมาณการจราจรโดยใช้เครื่องมือมีความเหมาะสมกับการเก็บข้อมูลในระยะเวลาติดต่อกันนานๆซึ่งจะให้ผลการสำรวจที่น่าเชื่อถือ เนื่องจากการสำรวจโดยใช้คนนับเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการจราจร อาจมีความผิดพลาดเนื่องมาจากความเมื่อยล้าและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก

3. การสำรวจโดยใช้ภาพถ่าย (Photographic Techniques) จะทำการถ่ายภาพจากที่สูง ซึ่งอาจจะเป็นภาพนิ่งหรือภาพเคลื่อนไหวเพื่อให้สามารถมองเห็นได้ทั่วบริเวณที่ต้องการ จากนั้นจะทำการนับปริมาณการจราจรจากภาพที่ได้มา จากการสำรวจโดยใช้ภาพถ่ายนี้จะได้ข้อมูลที่ละเอียดและมีความผิดพลาดน้อยมากเนื่องจากสามารถกลับมาดูภาพได้อีกหากไม่แน่ใจในการนับปริมาณรถ

4. การสำรวจโดยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ (Moving Vehicle Method) เป็นการสำรวจที่ผู้ทำการสำรวจจะทำการเคลื่อนที่ตามสภาพการจราจร โดยที่ผู้ทำการสำรวจจะนั่งไปในรถที่เคลื่อนที่ไปตามสภาพการจราจรในทิศทางที่ต้องการวัดค่า หลังจากนั้นจะขับย้อนกลับมาอีกครั้งในทิศทางที่ตรงกันข้าม ทำแบบนี้ประมาณ 6 ถึง 16 เที่ยว

2.1.2 แบบจำลอง

แบบจำลอง หมายถึง ตัวแทนของวัตถุระบบหรือแนวคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่ง แบบจำลองอาจนำไปใช้งานในหลายลักษณะ ดังนี้

1. เป็นเครื่องช่วยคิด (An aid to thought) เช่น แบบจำลองโครงข่าย (Network Model) ช่วยทำให้ผู้สร้างแบบจำลองได้มองเห็นว่าจะมีกิจกรรมอะไรที่ต้องทำบ้างและทำกิจกรรมอะไรก่อนหรือหลัง

2. เป็นเครื่องสื่อความหมาย (An aid to communication) แบบจำลองจะช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของระบบงาน ช่วยให้สามารถอธิบายพฤติกรรมของปัญหาและการแก้ปัญหาของระบบงาน

3. เป็นเครื่องช่วยสอนและฝึกอบรม (Purpose of training and instruction) เช่น แบบจำลองเครื่องควบคุมการบินช่วยให้นักบินเข้าใจและคุ้นเคยกับระบบการควบคุมเครื่องบินจริงก่อนขึ้นฝึกบินจริง

4.เป็นเครื่องมือสำหรับการทำนาย (A tool for prediction) แบบจำลองช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของระบบงาน ผู้สร้างแบบจำลองจึงสามารถคาดคะเนหรือทำนายได้ว่าเมื่อมีเหตุการณ์ที่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบของระบบเกิดขึ้นจะมีผลอะไรเกิดขึ้นในระบบ

5.เป็นเครื่องมือสำหรับการทดลอง (An aid to experimentation) โดยที่แบบจำลองเป็นสิ่งซึ่งสร้างขึ้นแทนระบบงานจริง กรณีที่ต้องการทดลองเงื่อนไขต่างๆแต่ทำไม่ได้ก็จะนำเงื่อนไขนั้นๆ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

มาทดลองกับแบบจำลองดูว่าจะให้ผลอย่างไร เพื่อการตัดสินใจว่าควรจะนำเงื่อนไขนั้นใช้ระบบงานจริงหรือไม่

2.1.2.1 ประเภทของแบบจำลอง

การจำลองแบบปัญหาสามารถจำแนกประเภทตามคุณลักษณะพิเศษดังนี้

1.แบบจำลองทางกายภาพ (Physical or Iconic Model) เป็นแบบจำลองที่มีรูปร่างหน้าตาเหมือนระบบงานจริง อาจมีขนาดเท่ากับของจริงหรือมีขนาดที่เล็กกว่าหรือใหญ่กว่า(Scaled Models) อาจเป็นแบบจำลองของระบบงานจริงในมิติใดมิติหนึ่ง (Dimension) หรือทั้งสามมิติ

2. แบบจำลองอนาลอก (Analog Model) มีพฤติกรรมเหมือนระบบงานจริง ตัวอย่างของแบบจำลองประเภทนี้คือ อนาลอกคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมการผลิตในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์และอุตสาหกรรมเคมีซึ่งใช้การเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าซึ่งแสดงบนแผงบอกให้รู้ถึงการเคลื่อนที่ของวัตถุในระบบงานจริงใช้กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆที่วัดค่าได้

3. เกมการบริหาร (Management Games) เป็นแบบจำลองการตัดสินใจ(Decision Model) ในกิจกรรมต่างๆใช้แสดงผลเมื่อมีการตัดสินใจแบบต่างเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการตัดสินใจ

4. แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Model) เป็นแบบจำลองที่อยู่ในรูปของคอมพิวเตอร์โปรแกรมซึ่งก่อนนั้นแบบจำลองอาจอยู่ในรูปของแบบจำลองประเภทใดประเภทหนึ่ง

5.แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) คือ การใช้สัญลักษณ์ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์แทนองค์ประกอบในระบบงานจริง เช่น ให้ Xแทนค่าใช้จ่ายในการผลิต, Y แทนจำนวนสินค้าที่ผลิต

2.1.2.2 โครงสร้างของแบบจำลอง

1. องค์ประกอบ (Components) ในทุกระบบงาน ประกอบไปด้วยองค์ประกอบในแบบจำลองที่ใช้แทนระบบงานก็จะต้องประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการทำงานของระบบงาน

2. ตัวแปรและพารามิเตอร์ (Variables and Parameters) พารามิเตอร์คือค่าคงที่ซึ่งผู้ใช้แบบจำลองเป็นผู้กำหนดให้ อาจเป็นค่าที่กำหนดขึ้นเองเพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากค่าของพารามิเตอร์นั้นหรือเป็นค่าที่วัดหรือประเมินได้จากข้อมูล ส่วนตัวแปรนั้นเป็นค่าที่ผันแปรมีค่าได้หลายค่าตามสภาวะจริงของการใช้งาน จำแนกได้เป็นสองประเภท คือ ตัวแปรจากภายนอก (Exogenous Variables) หรือตัวแปรนำเข้า (Input Variables) หมายถึง ตัวแปรจากภายนอกระบบซึ่งเข้ามามีผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบหรือเป็นตัวแปรที่เป็นผลเนื่องมาจากปัจจัย

ภายนอกระบบและตัวแปรภายใน (EndogenousVariables) หมายถึง ตัวแปรที่เกิดขึ้นภายในระบบ ตัวแปรภายในอาจอยู่ในลักษณะตัวแปรสถานภาพ (Status Variables) ซึ่งเป็นตัวแปรที่ใช้บอกสภาพหรือเงื่อนไขของระบบ หรืออยู่ในลักษณะของตัวแปรนำออก (Output Variables) ซึ่งก็คือผลที่ได้จากการใช้งานระบบในทางสถิติ ตัวแปรภายนอกหรือตัวแปรอิสระ (Independent Variables) และตัวแปรภายในคือตัวแปรตาม (Dependent Variables)

3. ฟังก์ชันความสัมพันธ์ (Functional Relationships) คือฟังก์ชันที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับพารามิเตอร์ โดยที่ฟังก์ชันความสัมพันธ์นี้อาจอยู่ในลักษณะแน่นอนตายตัว (Deterministic) ซึ่งเป็นลักษณะที่เมื่อใส่ข้อมูลนำเข้าจะสามารถหาได้ว่าผลลัพธ์จะเป็นเท่าไร และอาจอยู่ในลักษณะไม่แน่นอน (Stochastic) ซึ่งเมื่อใส่ข้อมูลนำเข้าให้กับฟังก์ชัน ไม่แน่ว่าจะได้ผลลัพธ์ออกมาเท่าไหร่ ลักษณะของฟังก์ชันความสัมพันธ์มักจะอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์Y = 4+0.7X ซึ่งฟังก์ชันความสัมพันธ์เหล่านี้อาจหามาได้จากสมมติฐานหรือประเมินจากข้อมูลร่วมกับวิธีทางสถิติหรือทางคณิตศาสตร์

4. ขอบข่ายจำกัด (Constraints) คือ ข้อจำกัดของค่าของตัวแปรต่างๆซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดที่ผู้ใช้แบบจำลองเป็นผู้กำหนด เช่น ข้อจำกัดของทรัพยากรต่างๆ ที่มีอยู่ของระบบ ข้อจำกัดของปริมาณที่ผลิตได้ หรือเป็นข้อจำกัดของระบบงานจริงโดยธรรมชาติเช่นเราไม่อาจจำหน่ายสินค้าได้มากกว่าปริมาณที่ผลิตได้ของไหลไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ

5. ฟังก์ชันเป้าหมาย (Criterion Function) หมายถึง ข้อความ (Statement) ที่บอกเป้าหมาย (Goals) หรือวัตถุประสงค์ (Objectives) ของระบบงานและวิธีประเมินผลตามเป้าหมาย วัตถุประสงค์ของระบบงานอาจแบ่งได้เป็นสองประเภท คือ การคงสภาพของระบบงาน (Retentive) ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ที่จะทำให้ระบบสามารถคงสภาพการใช้ทรัพยากร เช่น เวลา พลังงาน ความชำนาญ ฯลฯ หรือคงสภาพของระบบ เช่น ความสะดวกสบาย ความปลอดภัย ฯลฯ และวัตถุประสงค์ประเภทการแสวงหา (Acquisitive) ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ที่จะทำให้ระบบสามารถเพิ่มทรัพยากรต่างๆ เช่น กำไร ลูกค้า ฯลฯ หรือเปลี่ยนสถานภาพของระบบเช่นได้ส่วนแบ่งของตลาดเพิ่มขึ้น

2.1.2.3 ข้อได้เปรียบของการใช้แบบจำลองปัญหา

การจำลองปัญหานั้นเป็นเครื่องมือ ซึ่งใช้บอกผลต่างๆอันจะเกิดจากระบบภายใต้เงื่อนไขต่างๆผลที่ได้จากการจำลองแบบปัญหานั้นอาจนำไปใช้งานได้โดยตรงหรืออาจจะต้องนำไปวิเคราะห์ต่อ

การจำลองแบบปัญหานั้นเป็นวิธีการหนึ่ง ที่อาจใช้ช่วยในการแก้ปัญหาในการดำเนินงานของระบบงานได้ ดังนั้นเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นจึงต้องวิเคราะห์ปัญหานั้นๆเสียก่อนว่าควรจะใช้เครื่องมือใดเข้าไปช่วยแก้ปัญหา เมื่อเป็นดังนี้จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทราบถึงข้อดีข้อเสียของ

เครื่องมือเพื่อช่วยในการตัดสินใจว่าเครื่องมือนั้นๆเหมาะสมเพียงใดในการนำไปใช้แก้ปัญหา โดยที่แบบจำลองนั้นเป็นตัวแทนของระบบงานจริงในเมื่อมีระบบงานจริงอยู่แล้ว

2.1.2.4 ข้อดีของการใช้แบบจำลองปัญหา

1.การทดลองปัญหาโดยการใช้แบบจำลองช่วยลดค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหาเมื่อเทียบกับการทดลองแก้ปัญหากับระบบงานจริง

2. การที่ทดลองแก้ปัญหากับระบบงานจริงอาจทำให้การดำเนินงานของระบบงานจริงขัดข้อง

3.การที่จะดำเนินการทดลองแก้ปัญหากับระบบงานจริงเป็นการยากที่จะควบคุมเงื่อนไขต่างๆโดยเฉพาะปัจจัยทางด้านมนุษย์

4. การทดลองแก้ปัญหาโดยการใช้แบบจำลองช่วยประหยัดเวลาในการแก้ปัญหาเมื่อเทียบกับการทดลองแก้ปัญหากับระบบงานจริง

5. การทดลองแก้ปัญหาโดยการใช้แบบจำลองสามารถที่จะทำการทดลองกับเงื่อนไขได้หลายๆรูปแบบในการแก้ปัญหาเมื่อเทียบกับการทดลองแก้ปัญหากับระบบงานจริง

ประโยชน์ที่สำคัญประการหนึ่งของการจำลองแบบปัญหาก็คือเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับการศึกษา และฝึกอบรมเกี่ยวกับระบบงานเพราะผู้ทำการทดลองจะสามารถทราบถึงความเป็นไปและการเปลี่ยนแปลงต่างๆภายในระบบงานเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อม รวมไปถึงองค์ประกอบต่างๆของระบบงานซึ่งจะช่วยให้เข้าใจถึงปัญหาต่างๆที่อาจจะเกิดขึ้นกับระบบงาน รวมทั้งผลที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีการนำเอาวิธีการใหม่เข้าไปใช้ในการดำเนินงานของระบบงาน ซึ่งจะทำให้การวางแผนการดำเนินงานมีประสิทธิภาพดีขึ้น

2.1.2.5 ข้อเสียของการใช้แบบจำลองปัญหา

1. การที่จะได้มาซึ่งแบบจำลองที่ดีนั้นจะต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายจำนวนมากรวมทั้งต้องอาศัยความสามารถอย่างสูงในการเก็บข้อมูล

2. แบบจำลองที่ได้มาบางครั้งดูเหมือนว่าสามารถใช้เป็นตัวแทนของระบบงานจริงได้แต่ในความเป็นจริงนั้นอาจไม่ใช่ตัวแทนของระบบนั้นๆและการที่จะบอกได้ว่าแบบจำลองนั้นใช้ได้หรือไม่ไม่ใช่เรื่องง่าย

3.ข้อมูลที่ได้จากการใช้แบบจำลองไม่มีความแม่นยำและไม่สามารถวัดขนาดของความแม่นยำได้แม้จะทำการวัดความไวของข้อมูลเหล่านั้นก็ไม่สามารถทำให้ข้อเสียข้อนี้หายไปได้

4.การใช้แบบจำลองจะไม่สามารถบอกได้ว่าวิธีการที่ได้เป็นวิธีการที่ดีที่สุดดังนั้นจึงต้องสร้างแบบจำลอง (Model) หลายๆแบบจำลองเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด

2.1.3 กระบวนการจำลองแบบปัญหา

การออกแบบและการสร้างแบบจำลองในการจำลองแบบปัญหา ไม่มีทฤษฎี หลักเกณฑ์หรือสูตรที่แน่นอนตายตัว การออกแบบจำลองต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในโครงสร้างของระบบงานจริงและปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างถ่องแท้ นอกจากนั้นยังต้องอาศัยศิลปะในการแปลงลักษณะของโครงสร้างของระบบงานให้อยู่ในลักษณะแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบงานจริง

2.1.3.1 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง

1. ตั้งปัญหาและการใช้คำจำกัดความของระบบงาน (Problem Formulation and System Definition) เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการจำลองแบบปัญหา ขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาระบบการกำหนดขอบเขต ข้อจำกัดต่างๆและวิธีการวัดผลของระบบงาน

2. สร้างแบบจำลอง (Mode Formulation) จากลักษณะของระบบงานที่ต้องการทำการศึกษาเขียนแบบจำลองที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบงานตามวัตถุประสงค์ที่จะศึกษา

3. จัดเตรียมข้อมูล (Data Preparation) วิเคราะห์ข้อมูลต่างๆที่จำเป็นสำหรับแบบจำลองและจัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่จะนำไปใช้งานกับแบบจำลองได้

4. แปรรูปแบบจำลอง (Model Translation) เป็นการแปลงแบบจำลองให้อยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

5. ทดสอบความถูกต้อง (Validation) เป็นการวิเคราะห์เพื่อช่วยให้ผู้เขียนหรือผู้ใช้แบบจำลองมั่นใจว่าแบบจำลองที่ได้นั้นสามารถใช้แทนระบบงานจริงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาได้

6. ออกแบบการทดลอง (Strategic Planning) เป็นการออกแบบการทดลองที่ทำให้แบบจำลองสามารถให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาผลลัพธ์ตามที่ต้องการ

7. วางแผนการใช้งานแบบจำลอง (Tactical Planning) วางแผนว่าจะใช้งานแบบจำลองในการทดลองอย่างไรจึงจะได้ข้อมูลในการวิเคราะห์ผลเพียงพอ(ด้วยระดับความเชื่อมั่นในผลการวิเคราะห์ที่เหมาะสม) เป็นการบอกว่าจะต้องทดลองตามเงื่อนไขดังกล่าวกี่ครั้งจึงจะได้จำนวนข้อมูลที่เหมาะสม

8. ดำเนินการทดลอง (Experimentation) เป็นการคำนวณหาข้อมูลต่างๆที่ต้องการและความไวของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากแบบจำลอง

9. ตีความผลการทดลอง (Interpretation) จากผลการทดลองจะตีความว่าระบบงานจริงมีปัญหาอย่างไรและการแก้ปัญหาจะได้ผลอย่างไร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

10.นำไปใช้งาน (Implementation) จากผลการทดลองเลือกวิธีการที่จะแก้ปัญหาได้ดีที่สุดไปใช้กับระบบงานจริง

11.จัดเป็นเอกสารการใช้งาน (Documentation) เป็นการบันทึกกิจกรรมในการจัดทำแบบจำลองโครงสร้างของแบบจำลอง ซึ่งวิธีการใช้งานและผลที่ได้จากการใช้งานเพื่อประโยชน์สำหรับผู้ที่จะนำไปใช้งานและเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงดัดแปลงแบบจำลองเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงระบบ

2.1.3.2 การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ความถูกต้องของแบบจำลอง คือความมั่นใจว่าเป็นแบบจำลองที่ถูกต้องใช้งานได้ความมั่นใจดังกล่าวจะได้มาโดยความเข้าใจระบบงาน ความละเอียดในการตรวจสอบ ความเหมาะสมองค์ประกอบพฤติกรรมต่างๆองค์ประกอบ ค่าเชิงปริมาณที่ใช้แทนองค์ประกอบ และความสัมพันธ์ต่างๆ การทดสอบได้มาจากการนำพฤติกรรมของแบบจำลองเทียบกับพฤติกรรมขององค์ประกอบของระบบงานจริงซึ่งวิธีที่ใช้ในการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่ใช้กันอยู่ประกอบด้วย3 วิธี ดังนี้

1. การพิสูจน์ยืนยัน (Verification)

การทำให้แน่ใจว่าแบบจำลองมีพฤติกรรมอย่างที่ต้องการซึ่งมีวิธีการที่ใช้ในขั้นตอนนี้ได้แก่

1.1)ถามความเห็นผู้เชี่ยวชาญระบบงานนั้นๆ (Face Validity) ว่าองค์ประกอบและพฤติกรรมในแบบจำลองสอดคล้องกับระบบงานจริงหรือไม่

1.2)ทดสอบความถูกต้องของกลไกภายในแบบจำลอง (Internal Validity) โดยให้เงื่อนไขแล้วดูผลที่ได้หลายๆครั้งว่ามีความแปรปรวนมากน้อยแค่ไหนถ้ามากก็ไม่ควรจะถูกต้องและควรมีการแก้ไข

1.3) ทดสอบความถูกต้องของตัวแปรและพารามิเตอร์ (Variables-Parameters Validity) เป็นการทดสอบความไวการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรและพารามิเตอร์ว่ามีผลกระทบต่อผลลัพธ์ที่ได้จากองค์ประกอบในแบบจำลองและแบบจำลองอย่างไร

1.4)การทดสอบความถูกต้องของสมมติฐาน (Hypothesis Validity) ทดสอบทางสถิติว่าผลที่ได้จากแบบจำลองเทียบกับงานจริงในอดีตสามารถยอมรับว่าเหมือนกันโดยมีระดับนัยสำคัญที่ยอมรับได้

2.การทดสอบความถูกต้อง (Validation)

การทดสอบความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมแบบจำลองกับระบบงานจริงโดยเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลในอดีตของระบบงานจริงที่เงื่อนไขของการใช้งานที่เหมือนกันการวิเคราะห์การกระทำโดยใช้เทคนิคทางสถิติได้แก่

2.1) ทดสอบสมมติฐานการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองกับของระบบงานจริง

2.2) ทดสอบสมมติฐานลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็นของข้อมูลเทียบกับงานจริง

2.3) ประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองเทียบกับค่าประมาณของพารามิเตอร์งานจริง

2.4) พยากรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและพารามิเตอร์ในแบบจำลองเทียบกับงานจริง

3.การวิเคราะห์ปัญหา (Problem Analysis)

การทดลองใช้แบบจำลองพยากรณ์พฤติกรรมต่างๆของระบบงานเทียบกับพฤติกรรมจริงของระบบงานการวิเคราะห์อาศัยเทคนิคทางสถิติ

2.1.4 การจำลองแบบปัญหาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การจำลองสถานการณ์ด้วยระบบคอมพิวเตอร์เป็นการศึกษาระบบงานด้วยแบบจำลองซึ่งอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยการจำลองสถานการณ์นั้นเป็นกระบวนการจำลอง(Model) ของระบบการทำงานจริง (Real system) แล้วดำเนินการใช้แบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานหรือเพื่อประเมินผลการใช้วิธีการต่างๆในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้

การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์นี้เป็นที่นิยมใช้ที่สุดของการจำลองแบบปัญหาเพราะสามารถใช้ได้กับปัญหาของระบบงานได้มากมายหลายประเภทปัจจุบันเป็นเทคนิคที่ได้รับการนำเอาไปใช้อย่างกว้างขวางหลักการที่ใช้กับการจำลองแบบปัญหาทางคอมพิวเตอร์จะเป็นหลักการแบบเดียวกับที่ใช้กับการจำลองแบบปัญหาอื่นๆความจำเป็นที่จะสร้างเป็นแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์หรือไม่ขึ้นอยู่กับความยุ่งยากในการคำนวณของปัญหานั้นๆโดยที่การจำลองแบบปัญหาทางคอมพิวเตอร์จะต้องมีการคำนวณมีข้อมูลทั้งที่เป็นข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์จากแบบจำลองและโดยปกติข้อมูลต่างๆในระบบงานจะเป็นข้อมูลซึ่งมีความผันแปรไม่แน่นอนและมีการแปรเปลี่ยนตามเวลาดังนั้นการจัดเตรียมและการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆรวมทั้งขั้นตอนต่างๆที่ใช้กับการจำลองแบบปัญหานี้จึงต้องอาศัยวิธีการต่างๆทางสถิติเข้าช่วย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการจำลองปัญหานั้นมีมากมายให้เลือกใช้ ตัวอย่างเช่น โปรแกรม GPS, Arena, ProModel, Sigma เป็นต้น ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ได้เลือกใช้โปรแกรมอารีนา (Arena) มาใช้ในการจำลองแบบปัญหาซึ่งโปรแกรมอารีนาเป็นแบบจำลองสถานการณ์ที่สามารถจำลองสถานการณ์ได้ใกล้เคียงกับระบบงานจริงและยังเป็นโปรแกรมที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบงานได้หลายประเภทไม่ว่าจะเป็นระบบงานบริการหรือการผลิตนอกจากนี้โปรแกรมอารีนายังสามารถวิเคราะห์กระบวนการต่างๆได้เช่นระบบแถวคอยระบบกระบวนการผลิตซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นรวมทั้งเป็นโปรแกรมที่มีความซับซ้อนไม่มากนักสามารถเข้าใจได้ง่ายสะดวกต่อการใช้งานมีการแสดงภาพเคลื่อนไหว (Animation) ทำให้ระบบการจำลองสถานการณ์นั้นเข้าใจได้มากขึ้น

2.1.4.1 รายละเอียดของการจำลองแบบปัญหาในโปรแกรม Arena

ก่อนที่จะเริ่มใช้โปรแกรม Arena นั้นเราจะต้องเข้าใจหลักการของโปรแกรมเพื่อให้การใช้ข้อมูลเป็นไปอย่างถูกต้องซึ่งจะกล่าวถึงหลักการบางอย่างที่จะต้องทำความเข้าใจก่อนที่จะเริ่มใช้โปรแกรมซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. Entities คือ ส่วนวัตถุที่ผู้สร้างสนใจให้เคลื่อนที่ไปในระบบแล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะในระบบ ตัวอย่างของ Entities ได้แก่เอกสารที่ถูกส่งผ่านไปตามขั้นตอนต่างๆในบริษัทลูกค้าที่ต้องการเข้ารับบริการในร้านชิ้นส่วนที่ถูกส่งเข้ามาในกระบวนการผลิต

2. Attributes คือ คุณลักษณะ (Character) ประจำตัวของวัตถุติดอยู่กับ Entity เพื่อแสดงคุณลักษณะที่สำคัญจะเป็นการแสดงถึงการให้ค่าความสำคัญของแต่ละ Entities เช่นประเภทของลูกค้าขนาดของชิ้นส่วนเวลาที่ใช้ในระบบงานกิจกรรมหรือตัวแปรทั้งหมดจะถูกตั้ง Attribute ไว้ในที่นี่จะเป็นการให้ Attribute ซึ่งสามารถเข้าใจได้และนำไปประยุกต์ใช้ดังนี้

2.1) Entity.Type คือ ชนิดของ Entity จะต้องถูกบ่งชี้อย่างชัดเจนเช่นคนรถยนต์

2.2) Entity.Picture คือ รูปภาพจะถูกแสดงออกมาในรูปแบบของ Animation ซึ่งจะเป็นรูปอัตโนมัติที่เป็นภาพพื้นฐานที่มีกันอยู่ในกระบวนการทั่วไป

2.3) Entity.CreateTime คือ เวลาที่เรากำหนดลงไปเพื่อนำไปประมวลผลและรวบรวมข้อมูล

2.4) Entity.Station คือ สถานีงานแต่ละจุดที่ Entity(Product Material Customer) เคลื่อนที่ผ่าน

2.5) Entity.Sequence คือ การวางตำแหน่งหรือดัชนีใน sequence ว่า Entity จะต้องทำงานเรียงกันตามลำดับสถานีงานต่างๆอย่างไร

2.6) Entity.JobsStep คือ การระบุตำแหน่งดัชนีใน sequence ว่าในปัจจุบัน Entity กำลังทำงานอยู่ที่ใด

3.Resourceข้อมูลที่เราใส่เข้าไปใน Model เช่นต้องการศึกษาคนที่มากดเงินระบบตู้เอทีเอ็ม Resource ก็คือตู้เอทีเอ็มซึ่งอาจจะมีข้อจำกัด (Constraint) เช่นช่วงตัวเลขที่เราสามารถทำได้หรือรับได้เช่นจำนวนคนที่รับได้ลูกค้าหรือพนักงานที่สามารถรับได้พื้นที่ที่ใช้ความสามารถของเครื่องจักรซึ่งจะต้องระบุความสามารถไว้

3.1) Resource Capacity คือการกำหนดจำนวนความสามารถในการรับชิ้นงานใน 1 กระบวนการของ Resource เช่นเครื่องจักร A สามารถทำงานได้ทีละ10ชิ้นในเวลาเดียวกัน Resource Capacity ของเครื่องจักร A คือ 10

3.2) Entities seize Resource คือการกำหนดจำนวนขั้นตอนในกระบวนการของ Resource

3.3) Entities release Resource คือการจบสิ้นการทำงาน

4. Queueคือ พื้นที่ที่ Entity รอที่จะผ่านที่ทำงานที่ Resource หรือรอที่จะผ่านกระบวนการรวมชิ้นงานด้วยคำสั่ง Batch

5. Seize Delay and Releaseในทุกๆ Model ที่จะทำการจำลองแบบจะต้องมีการจัดวาง Resource ซึ่งก็คือเครื่องมือเครื่องจักรหรือตัวแปรใดๆที่เป็นกระบวนการทำงานที่ Entity จะต้องผ่านและยังรวมถึงพื้นที่ที่ใช้จัดเก็บรอคิวและในโปรแกรมอารีนาจะต้องมีคำสั่ง 3 คำสั่งที่ใช้อยู่ทั่วไปกับ Resource เสมอคือ

5.1) Seize คือการจำกัดจอง Resource ที่จะเข้าสู่กระบวนการควบคุมเพื่อควบคุม Resource ถ้าไม่มีการจองหรือบ่งบอกว่า Entity เท่าไหร่ที่จะเข้าสู่กระบวนการจะส่งผลให้ความสามารถของ Resourceลดลง

5.2) Delay คือเมื่อ Resource ซึ่งอาจจะหมายถึงเครื่องจักรถูกจองโดยชิ้นงานซึ่งเป็น Entity เครื่องจักรก็จะทำการดำเนินงานซึ่งจะใช้ระยะเวลาส่วนหนึ่งซึ่งอาจจะคงที่หรือไม่คงที่ก็ได้การแสดงการหน่วงของเวลาในการทำงานนี้จะใช้คำสั่ง Delay นั่นเอง

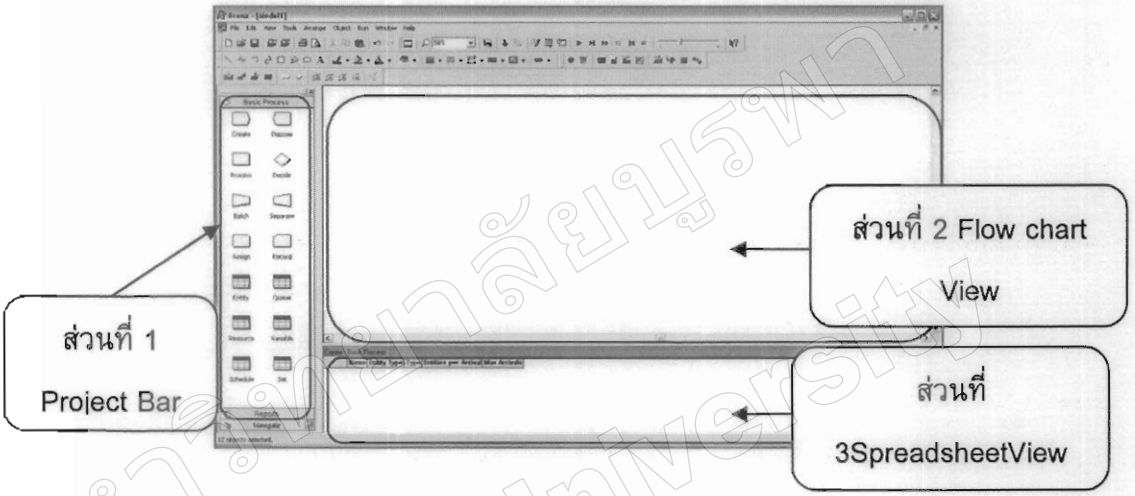
5.3) Release คือการยกเลิกการจองหลังจากทำงานเสร็จผู้ใช้งานโปรแกรมต้องแสดงสถานะว่าว่าเครื่องจักรได้อยู่ในสภาวะที่อิสระคือไม่ได้ตกลงใช้งานนั่นเองซึ่งก็คือการใช้คำสั่ง Release Module หลังจากนั้นโปรแกรมก็จะให้ Entity group ต่อไปถูก seize เพื่อเข้าสู่กระบวนการ

โปรแกรมอารีนา (Arena) ถูกออกแบบมาบนโปรแกรม Windows ทำให้มีความคล่องตัวในการใช้งานสูงเมื่อเปิดโปรแกรมหน้าจอจะแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. ส่วนที่ 1 Project Bar พื้นที่ที่มีเครื่องมือพื้นฐานไว้สำหรับการสร้างสถานการณ์ประกอบด้วยเครื่องมือ 3 ชนิดคือ Basic process panel / Report panel / Navigate panel

2. ส่วนที่ 2 Flowchart View พื้นที่ว่างสำหรับการวาดแบบจำลองระบบแถวคอยและแสดงการทำงานของระบบให้ผู้ใช้งานได้เห็นนอกจากนี้ส่วน Flow chart View ยังมีไว้สำหรับสร้างภาพการเคลื่อนไหวให้กับระบบจำลองสถานการณ์อีกด้วย

3. ส่วนที่ 3 Spreadsheet View เป็นพื้นที่ที่แสดงรายละเอียดของข้อมูลแต่ละหน่วยวัตถุที่อยู่ในแบบจำลองเช่นการกระจายของข้อมูลหน่วยของเวลาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนของข้อมูลแสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 หน้าต่างโปรแกรมอารีนา

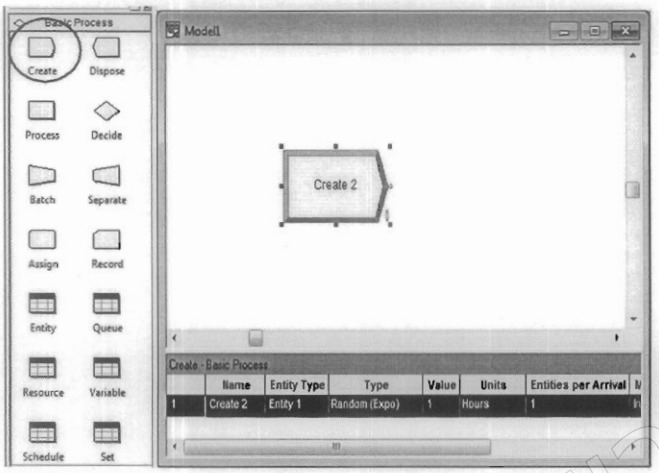
2.1.4.2 การสร้างแบบจำลองปัญหาในโปรแกรม Arena

1. การสร้างแบบจำลองในส่วน Flowchart Modules

การใช้งาน Entities จะเริ่มต้นจากกำหนดค่าให้แก่ Entities ว่าจะให้สร้างการเข้ามาของวัตถุดิบที่จะนำมาใช้ในกระบวนการหรือผู้เข้าใช้บริการว่าจะให้มีรูปแบบการเข้าสู่ระบบการทำงานเราอย่างไร การสร้าง Create Model การใช้งานโปรแกรม Arena เริ่มจากการกำหนด Create Model ก่อน สามารถทำได้ดังนี้

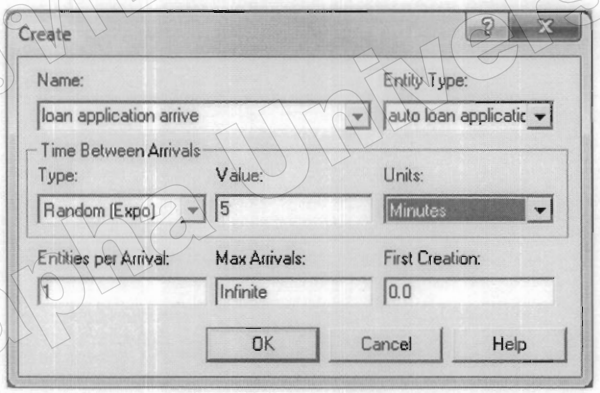
1.1) ที่หัวข้อ Basic Process เลื่อน mouse ไปที่ Create Model กดค้างที่หน่วยโครงสร้างแล้วลากมาวางไว้ในพื้นที่ทำงาน จะได้ลักษณะดังภาพที่ 2.2

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 2.2 การสร้าง Create Model

1.2) เมื่อ Double click เข้าไปที่ Create จะพบกับหน้าต่างที่ให้กำหนดค่า Entities ดังต่อรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 หน้าต่างในการกำหนดค่าของ Entities

ให้พิมพ์ค่าต่างๆลงไปดังตัวอย่าง ซึ่งภายใน Create ประกอบไปด้วยหัวข้อต่างๆ ดังนี้

1. Name คือ การใส่ชื่อของ Module Create ที่เราสร้างขึ้น อาจจะเป็นชื่อวัตถุดิบที่เข้ามาในระบบ
2. Entity Type เป็นการกำหนดชนิดของ Entity ของเรา ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ
   - Random(Expo) เป็นการสุ่มข้อมูลขึ้นมา
   - Schedule เป็นการกำหนดการเข้าของข้อมูลที่แน่นอนตามรูปแบบที่กำหนด
   - Constant เป็นการกำหนดการข้าวของข้อมูลแบบคงที่

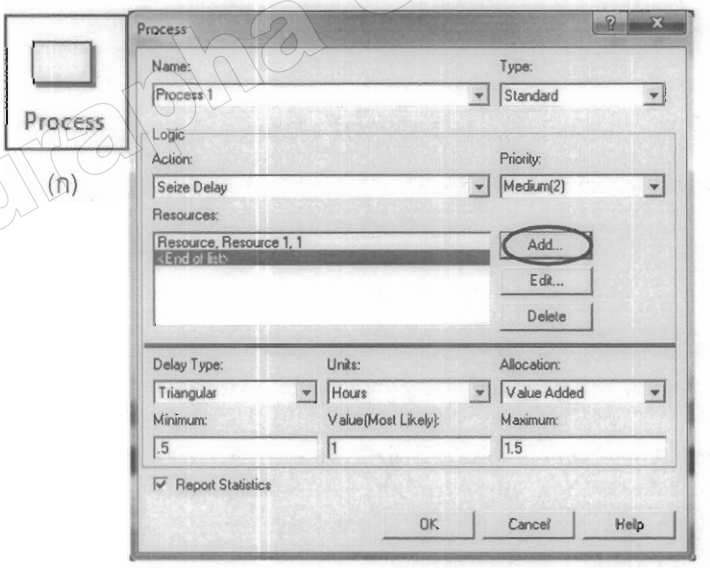
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

- Expression เป็นการใช้สูตรค่าคงที่จากการวิเคราะห์

3. Time Between Arrivalsในส่วนนี้จะประกอบไปด้วยหัวข้อย่อย ดังต่อไปนี้
   - Type จะเป็นการกำหนดลักษณะรูปแบบของการกระจายตัว หรือการเข้ามาของชิ้นงาน ซึ่งในที่นี้กำหนดเป็น Random
   - Value กำหนดเป็น 5 เนื่องจากตัวอย่างกำหนดว่า จะมีวัตถุดิบเข้ามาทุกๆ 5 นาที
   - Unites หน่วยเวลา กำหนดเป็น Minutes
4. Entityperarrival กำหนดเป็น 1 หมายถึง เข้ามาทีละชิ้น
5. Max Arrivals เป็นการกำหนดจำนวนชิ้นของการเข้าของชิ้นงานสูงสุด กำหนดเป็น Infinite หมายถึง ไม่จำกัดจำนวนชิ้นของ Entity ที่เข้ามาในระบบ
6. First Creation หมายถึง เวลาที่ Entity สามารถเข้าสู่ระบบได้เริ่มตั้งแต่ Start

2. การสร้างแบบจำลองในส่วน Process Flowchart Module

The Process Flowchart Module หมายถึง บล็อกคำสั่ง Process เป็นตัวแทนเครื่องจักรหรือวิธีการประกอบเป็นคำสั่งหลังจากมีชิ้นส่วนเข้าสู่ระบบแล้ว และเมื่อต้องการกำหนดคุณลักษณะของ Process ให้เปิด Dialog โดย Double Click ที่ Process Module จะปรากฏหน้าต่าง แสดงดังภาพที่ 2.4



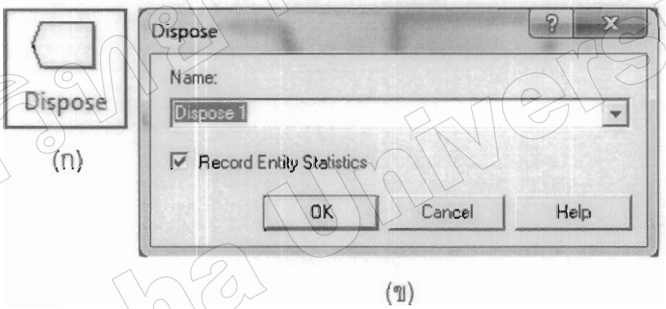
รูปที่ 2.4(ก) รูปหน่วยโครงสร้าง Process
2.4(ข) หน้าต่างของ Process Module

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ให้พิมพ์ค่าต่างๆลงไป ซึ่งภายใน Process Module ประกอบไปด้วยหัวข้อต่างๆ ดังนี้

1. Name คือ ชื่อของกระบวนการ หรือเครื่องจักร หรือกรรมวิธี
2. Type คือ ความหมายทางตรรกวิทยาสำหรับการปฏิบัติงานที่อธิบายขบวนการ
3. Action คือ จากตัวอย่างเลือก Seize Delay Release เพื่อทดสอบให้รู้ว่าเราต้องการให้มีการทำงานกับการเข้ามาของชิ้นงานนี้ตามจำนวนของเครื่องจักร
4. Resource คือ การแสดงชื่อของเครื่องจักร หรือกระบวนการ
5. Delay Type คือลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่องจักรที่ทำงานต่อชิ้นงาน 1 หน่วย
6. Value คือ เวลาการทำงานของเครื่องจักรที่ทำงานต่อชิ้นงาน 1 หน่วย

3. The Dispose Flowchart Module การใช้ Dispose จะใช้ก็ต่อเมื่อสิ้นสุดการทำงานของกระบวนการแล้ว ซึ่งสามารถทำการบันทึกสถิติข้อมูลของ Entity ได้ ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5(ก) รูปหน่วยโครงสร้าง Dispose
2.5(ข) หน้าต่างหลักของ Dispose

ในหน้าต่างหลักของ Dispose กำหนดดังนี้ ให้ Check Box ของ Record Entity Static ให้ Check Data Module Entity Module จะใช้ในการกำหนดค่าต่างๆให้แก่ Entity เช่น ค่าต้นทุนของ Entity ที่เข้ามาในกระบวนการ

การเชื่อม Module (Connecting Flowchart Module) การเชื่อมต่อบล็อก Create Process และ Dispose นั้น จะเป็นการเชื่อมด้วยเส้นสั้นๆที่เรียกว่า Connection สามารถทำได้โดยคลิกที่ปุ่ม ณ ส่วนทูลบาร์ จากนั้นจะปรากฏรูป ติดตัวเมาส์มาด้วย ให้คลิกเมาส์ ณ จุดออกของหน่วยโครงสร้างต้นทาง แล้วคลิกลากเมาส์มาวางที่จุดข้าวของอีกหน่วยโครงสร้างปลายทางที่ต้องการเชื่อมต่อ จะปรากฏเส้นเชื่อมที่จุดต้นทางและปลายทางซึ่งเป็นตัวกำหนดให้ชิ้นงานผ่าน

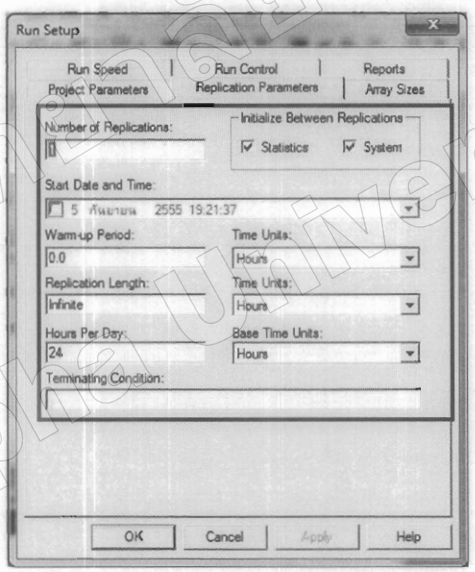
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จาก Module หนึ่ง ไปยังอีก Module หนึ่ง เป็นลักษณะของ Process การสร้างเส้น Connection สามารถเลือกที่ Object/Connect โดยที่

▶ หมายถึง ตำแหน่ง Module ที่ชิ้นงานออกจาก Module นั้น

▬ หมายถึง ตำแหน่ง Module ที่เป็นจุดหมายของชิ้นงาน

4. การ Setting the Running Moduleตัว Run Setup จะระบุถึงตัวแปรต่างๆที่นำมาทดลองประมวลผลโดยโปรแกรมซึ่งจะประกอบไปด้วยระยะเวลาของการทดลองประมวลผล, จำนวนของชั่วโมงทำงานต่อวัน,จำนวนรอบของการทดลองจำลองการทำงาน ซึ่งใน Run Setup จะสามารถให้กำหนดได้ว่า จะเลือกแสดงข้อมูลจากการประมวลผลในด้านใดบ้าง เช่น Process Entity Resource และสถิติของแถวคอย ซึ่ง Run Setup สามารถเลือกได้โดยดูที่หัวข้อบนเมนูแล้วเลือกไปที่ Run แล้วไปที่ Setup ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 หน้าต่างของ Run Setup

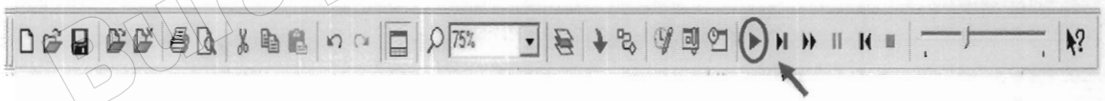
จากรูปที่ 2.6 ข้อมูลที่ต้องกรอกใน Replication Parameter

1. Number of Replication คือ จำนวนรอบของการประมวลผลซ้ำในการรัน
2. Initialize Between Replicationคือ การล้างค่าทางสถิติระหว่างรอบการทำซ้ำ ถ้าคลิกเครื่องหมายถูก แสดงว่า ให้ล้างค่าทางสถิติออกระหว่างรอบทำซ้ำ(ค่าทางสถิติของแต่ละรอบการประมวลผลจะไม่นำมาเป็นค่าเริ่มต้นของการรันในรอบถัดไป)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. Start Date and Time คือ วันที่ตามปฏิทิน และเวลาตามปฏิทินที่สัมพันธ์กับเวลาของการใช้งานการจำลอง หากไม่ได้รับการกำหนดลงไปก็จะถือเอาวันที่เริ่มต้น และเวลาเป็นเที่ยงคืนของวันปัจจุบัน
4. Warm-up Period คือ ใช้ระบุช่วงเวลาเริ่มต้นที่มีการแกว่ง เนื่องจากในการทดลองช่วงแรกอาจมีการแกว่งของข้อมูล เพราะระบบที่ศึกษายังทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ จึงไม่ควรนำผลการทดลองช่วงแรกมาทำการวิเคราะห์ผลลัพธ์ เพราะอาจทำให้สรุปผลผิดพลาดได้ จากนั้นเลือกหน่วยของเวลาใส่ใน Time Unit
5. Replication Length คือ เป็นความยาวของการรัน เช่น ทำการจำลองระบบ 365 วัน ให้นำเลข 365 ใส่ลงในช่องนี้ จากนั้นเลือก time units เป็นวัน(Days) หากว่าไม่มีการกำหนดค่าในช่วงนี้แล้ว แบบจำลองก็จะทำการรันอย่างไม่สิ้นสุด
6. Hours Per Day คือ ใช้ระบุเวลาที่ระบบทำงาน หน่วยเป็น ชั่วโมงต่อวัน
7. Base Time Units คือ หน่วยของเวลาที่ต้องการให้แสดงผลลัพธ์หลังการรันโดยจะมีหน่วยวินาที, นาที, ชั่วโมง, วัน ให้เลือก
8. Terminating Condition คือ เงื่อนไขการหยุด กำหนดสูตรที่ได้รับการประเมินโดยผ่านการดำเนินการจำลอง เพื่อกำหนดลงไปว่าจะหยุดการจำลองเมื่อใด

5. การ Running Modelเมื่อกำหนดค่าต่าง ๆเสร็จแล้วจะเริ่มการทดลองประมวลผลแบบจะลองได้โดยการกดปุ่มดังรูปในวงกลมสีแดง แสดงดังรูปที่ 2.7



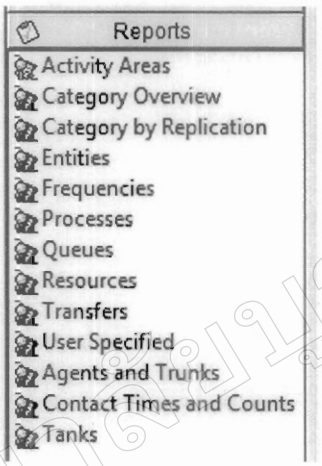
รูปที่ 2.7 ปุ่มประมวลผล

ในการกดครั้งแรก ระบบจะทำการตรวจสอบความถูกต้องของ Model ที่สร้างไว้ว่า มีการกำหนดตัวแปรต่าง ๆถูกต้องหรือไม่ และเมื่อกดปุ่มในวงกลมสีแดงอีกครั้ง ระบบจะเริ่มการประมวลผล ซึ่งในระหว่างการประมวลผล เมื่อต้องการจะหยุดการประมวลผลสามารถทำได้โดยการกดปุ่ม ดังรูปที่ 2.8

ภาพที่ 2.8 ปุ่มหยุดการประมวลผล

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

6. Viewing the Reports ในส่วนของการรายงานผลการทดลองประมวลผลได้มีการรายงานผลในหลายด้านของข้อมูล ดังแสดงในภาพที่ 2.9 ซึ่งผลของการประมวลผลนี้จะแยกตามหมวดหมู่ต่าง ๆซึ่งแต่ละหมวดหมู่จะมีรูปแบบของการรายงานที่แตกต่างกันออกไปซึ่งขึ้นอยู่กับรูปแบบของแบบจำลองระบบที่สร้างขึ้น



รูปที่ 2.9 การเลือกหัวข้อการรายงานผล

ค่าทางสถิติที่จะแสดงในผลลัพธ์จะแบ่งตามลักษณะดังนี้

1. Tally Statistic ที่มีผลลัพธ์จากการหาค่าเฉลี่ย หรือค่าต่ำสุด หรือค่าสูงสุดของค่าต่าง ๆที่จะทำการวัด เช่น เวลาเฉลี่ยที่ชิ้นงานอยู่ในระบบTally Statistic จะแสดงค่าเฉลี่ย และเวลารวมทั้งหมด 5 ส่วน และจำนวนที่แสดงโดย Tally Statistic จะมีลักษณะที่เรียกว่า Discrete-Time-Statistic เพราะจะมีลักษณะเป็นจำนวนนับ
3. Time-Persistent Statistic จะแสดงผลลัพธ์จากการคำนวณของการเขียนกราฟ ซึ่ง Time-Persistent Statistic จะมีลักษณะเป็น Continuous-Time-Statistic Counter Statistic จะมีการรวมผลของเวลาที่เกิดขึ้น และจำนวนชิ้นงานที่ออกจาก Process และสามารถนับจำนวนที่ไม่ใช่จำนวนเต็ม

2.1.4.3 ค่าต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ นอกจากจะใช้เวลาในแต่ละกิจกรรมแล้ว ยังจำเป็นต้องกำหนดค่าอื่นๆอีก เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ และสามารถยอมรับได้ ค่าอื่นๆที่เกี่ยวข้อได้แก่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1. ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ หรือเรียกว่า Half Width คือ ค่าที่เป็นเกณฑ์ในการยอมรับผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลด้วยโปรแกรมอารีนา ภายใต้ความเชื่อมั่น 95% (ค่ามาตรฐานในโปรแกรมอารีนา) ถ้าเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลมีค่า Half Width เกินกว่าที่กำหนดไว้ ก็แสดงว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นยังไม่น่าเชื่อถือและไม่สามารถยอมรับได้

2. ความยาวในการประมวลผล (Replication Length) การประมวลผลแบบจะลองสถานการณ์จะต้องกำหนดความยาวในการประมวลผลแต่ละรอบ หากว่าไม่มีการกำหนดค่านี้แล้วการประมวลผลจะดำเนินการไปเรื่อยๆ โดยไม่มีจุดสิ้นสุด (Infinite)

3. จำนวนรอบการทำซ้ำในการประมวลผล (Number of Replication) เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลแบบจำลองสถานการณ์มีค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ หรือ Half Width ไม่เกินค่าที่กำหนด จึงต้องมีการกำหนดรอบการทำซ้ำ (Number of Replication) ในการประมวลผลให้สอดคล้องกับเงื่อนไข เช่น กำหนดค่าจำนวนรอบการทำซ้ำให้เท่ากับ 1 รอบ จากนั้นทำการประมวลผลแบบจำลอง ค่าผลลัพธ์ที่ได้มีค่า Half Width ไม่เกินที่กำหนดก็แสดงว่ารอบการทำซ้ำ (Number of Replication) เท่ากับ1 แต่ถ้าผลลัพธ์ที่ได้มีค่า Half Width เกินกว่านั้นก็จะต้องทำการกำหนดจำนวนรอบการทำซ้ำให้เพิ่มขึ้นจนกว่าผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่า Half Width ไม่เกินนั้น

2.1.4.4 การกำหนดรูปแบบการรัน

การกำหนดรูปแบบการรัน แบ่งได้เป็น 2 ระบบ ดังนี้

1. ระบบที่มีการสิ้นสุด (Terminating System) ระบบที่มีการสิ้นสุดการรันที่แน่นอนด้วยเงื่อนไขที่กำหนดหรือด้วยเวลาที่กำหนดซึ่งระบบนี้จะไม่มีค่าช่วงเวลาที่มีการแกว่ง (Warm-up period = 0) แต่สามารถทำการซ้ำการรันได้มากกว่า 1 ครั้ง (Number of Replication) เพื่อความถูกต้องแม่นยำของผลที่รันออกมาโดยความยาวของการรัน (Replication Length) ขึ้นกับเวลาที่ระบบทำงาน เช่น ธนาคารเปิดทำการตั้งแต่ 08.30-17.30 น.จะเห็นว่าระบบนี้เป็นระบบที่มีการสิ้นสุด เมื่อธนาคารเปิดไปได้9 ชั่วโมง (Replication Length) เป็นต้น

2. ระบบที่อยู่ในสภาวะสมดุล (Steady-State System) ระบบที่เข้าสู่สภาวะสมดุลเมื่อผ่านช่วงเวลาที่มีการแกว่ง (Warm-up period) เนื่องจากเมื่อเริ่มระบบในช่วงแรก อาจมีการแกว่งของข้อมูลทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบยังไม่เต็มที่จึงไม่ควรนำผลการทดลองช่วงแรกมาทำการวิเคราะห์เพราะอาจทำให้สรุปผลผิดพลาดได้ ซึ่งระบบแบบนี้จะรันเพียงหนึ่งครั้งด้วยความยาวของการรันที่ต้องการอ่านผลลัพธ์ทางสถิติ เช่น ระบบอินเตอร์เน็ตเปิดระบบตลอด 24 ชั่วโมง ทุกวัน โดยเมื่อเปิดระบบใหม่ๆระบบยังไม่เสถียรแต่พอเปิดทำงานไปได้ 5 วัน ระบบจะเข้าสู่สภาวะสมดุล ดังนั้นระบบนี้จะเข้าสู่สภาวะสมดุลเมื่อผ่านช่วงเวลา 5 วัน ถ้าต้องการทดสอบระบบเป็นระยะเวลา 1 ปี ก็กำหนดให้ความยาวของการรันเท่ากับ 365 วัน

2.1.4.5 การวิเคราะห์ผลจากตัวแบบจำลอง

ผลที่ได้จากตัวแบบจำลอง (Output) จะถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อประเมินพฤติกรรมและประสิทธิภาพของระบบ โดยการใช้หลักทางสถิติในการประมาณค่าเฉลี่ย (Point estimation) และประมาณช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ย (Interval estimation)

1. วิธีการคำนวณค่าช่วงความเชื่อมั่น และการกำหนดจำนวนรอบของการประมวลผล

ช่วงความเชื่อมั่น (Confidence interval) $=\bar{Y}..\pm t_{\alpha/2,R-1}\frac{S}{\sqrt{R}}$

โดย $\bar{Y}..$หมายถึงค่าเฉลี่ยของทุกรอบการประมวลผล

R หมายถึงจำนวนรอบของการประมวลผล และค่าความแปรปรวนของผลลัพธ์หาได้จาก

$S^2=\frac{1}{R-1}\sum_{i=1}^{R}(Yi.-\bar{Y}..)^2$ ฉะนั้นค่าความกว้างระหว่างจุดกึ่งกลางคือ $t_{\frac{\alpha}{2},R-1}\frac{S}{\sqrt{R}}$ ซึ่งค่าHalf Width นี้ โปรแกรม Arena ก็คำนวณค่าออกมาให้แล้วที่ช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% แต่อย่างไรก็ตามควรทราบที่มาของสูตรการคำนวณ

ตารางที่ 2.1 การคำนวณรอบการรัน

Batch Interval (minute)	Batch j	รอบทำซ้ำที่ 1	รอบทำซ้ำที่ 2	รอบทำซ้ำที่ 3
		Y_{1j}	Y_{2j}	Y_{3j}
[0,1000]	1	3.1	4.5	8.2
[1000,2000]	2	2.9	2.7	6.9
[2000,3000]	3	3.2	5.1	6.4
[3000,4000]	4	2.5	5.4	9.8
[4000,5000]	5	3.0	6.2	10.1
		2.94	4.78	8.28

จากตัวอย่างตารางที่ 2.1 แสดงความยาวของแถวคอยเฉลี่ยซึ่งมีสามจำนวนรอบของการประมวลผล(R=3) และค่าเฉลี่ยของทุกรอบประมวลผล$(\bar{Y}..)=\frac{(2.94+4.78+8.28)}{3}=5.33$และค่า $S^2=\frac{1}{2}((2.94-5.33)^2+(4.78-5.33)^2+(8.28-5.33)^2)=7.36$และเมื่อนำค่า S, R และα =0.05ที่ได้ไปแทนค่าในสูตร $t_{\alpha/2,R-1}\frac{S}{\sqrt{R}}$ก็จะคำนวณค่า Half Widthออกมาได้

กรณีต้องการเปรียบเทียบแบบจำลองระหว่างสองระบบว่าระบบใดดีกว่ากันนั้น (สมมติระบบที่ 1 ให้ค่าเฉลี่ยμ_1และระบบที่ 2 ให้ค่าเฉลี่ย μ_2) ทำได้โดยการหาความเชื่อมั่นของผลต่าง

ค่าเฉลี่ยของทั้งสองระบบ $\mu_1 - \mu_2$ ซึ่งค่าความเชื่อมั่นของผลต่างค่าที่ได้ครอบคลุมเลขศูนย์ นั่นหมายความว่า ไม่อาจสรุปได้ว่าทั้งสองระบบนั้นแตกต่างกัน แต่ถ้าความเชื่อมั่นของผลต่างค่าที่ได้ครอบคลุมเลขมากกว่าศูนย์แสดงว่า $\mu_1 > \mu_2$ แต่ถ้าความเชื่อมั่นของผลต่างค่าที่ได้ครอบคลุมเลขน้อยกว่าศูนย์แสดงว่า $\mu_1 < \mu_2$ ซึ่งสูตรการคำนวณค่าความเชื่อมั่นของผลต่าง สามารถอ่านศึกษาได้จากหนังสือ "Applied Statistics and Probability for Engineers" ของ Montgomery และ Runger อย่างไรก็ตามผู้จำลองสามารถสรุปผลคร่าวๆ จากการดูค่าช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval) ของผลลัพธ์แต่ละระบบได้ โดยถ้าช่วงความเชื่อมั่นของทั้งสองระบบไม่ทับซ้อนค่ากัน ก็มีความเป็นไปได้ว่าทั้งสองระบบนั้นต่างกัน แต่ถ้าค่าช่วงความเชื่อมั่นของทั้งสองระบบทับซ้อนค่ากัน ก็ไม่อาจสรุปได้ว่าทั้งสองระบบนั้นแตกต่างกันเป็นต้น

ดังนั้น ในการจำลองสถานการณ์จำเป็นต้องมีการกำหนดจำนวนรอบของการประมวลผลให้เพียงพอเพื่อลดการแปรปรวนผลลัพธ์ การหาจำนวนรอบในการประมวลผล (Number of replications) สามารถทำได้โดยการกำหนดรอบการประมวลผลเริ่มต้น (R_0) แล้วทำการประมวลผลตามความยาวของการรัน (Replication Length) ที่ต้องการ จากนั้นนำค่าเบี่ยงเบนที่ได้ (S_0) จากหลังการประมวลผล มาคำนวณหาจำนวนรอบในการประมวลผลที่เหมาะสมได้จากสมการ(1)

$$R = \left(\frac{t_{\alpha/2,R_0-1}S_0}{\varepsilon}\right)^2 \qquad \text{.....(2.1)}$$

โดย R คือจำนวนรอบในการประมวลผล

$t_{\alpha/2,R_0-1}$ คือค่าการแจกแจง t ที่ความเชื่อมั่น 1-αและองศาอิสระ

S_n คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ε คือค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้

นอกจากนี้ยังมีสูตรการประมาณจำนวนรอบการประมวลผลคือ $R \cong R_0 \frac{h_0^2}{h^2}$.....(2.2)

โดย h คือค่าHalf Widthจากการกำหนดรอบการประมวลผลเบื้องต้น R_0

h_0คือค่า Half Width ที่ยอมรับได้นั่นเอง

จากสูตรข้างต้นจะเห็นได้ว่า ถ้าไม่ต้องการให้มีค่าความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเลย ($\varepsilon = 0$) ต้องกำหนดรอบการประมวลผลที่ infinity (α) ซึ่งไม่สามารถทำได้ในทางปฏิบัติ ดังนั้นผู้ทดลองจะต้องเป็นผู้กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่สามารถยอมรับได้เอง ตัวอย่างเช่น จากการทำ3 รอบประมวลผลพบว่าผลลัพธ์กำไรเฉลี่ยต่อวัน คือ 100 ± 30 บาท ดังนั้นถ้าต้องการลดค่าความคลาดเคลื่อนลงเป็น 10 บาท ก็ให้กำหนดค่า h = 10, h_0 =30 และ R_0=3 จากนั้นนำไปแทนค่าใน

สูตรที่สอง(2) จะได้ $R \cong 3^* \frac{30^2}{10^2}$ นั่นคือต้องการรันทั้งหมด 27 รอบการประมวลผล (Number of Replications) จึงจะได้ค่า Half Width ของผลลัพธ์ที่สนใจเป็น 10 เป็นต้น

กรณีที่ทราบจำนวนรอบการทำซ้ำ และทราบค่า Half Width ที่ช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% จากผลลัพธ์ที่ได้ จากโปรแกรม Arena และถ้าผู้ทดลองต้องการทราบค่า Half Width ที่ช่วงความเชื่อมั่นอื่นๆก็สามารถคำนวณค่า Half Width ที่ช่วงความเชื่อมั่นอื่นนั้นได้โดยง่าย โดยใช้สูตร

$$h_{\alpha_{new}} = \left(\frac{t_{\alpha_{new}/2,R-1}}{t_{\alpha_{old}/2,R-1}}\right) * h_{\alpha_{old}} \qquad \text{.....(2.3)}$$

โดย $h_{\alpha_{old}}$ คือค่า Half Width ที่ช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% จากรอบการทำซ้ำ R ครั้ง
$h_{\alpha_{new}}$ คือค่า Half Width ที่ช่วงความเชื่อมั่นอื่น ที่ต้องการคำนวณ

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าระบบที่มีการสิ้นสุด การกำหนดรอบการประมวลผลที่เพียงพอจะสามารถลดความแปรปรวนของผลลัพธ์ที่เราสนใจได้โดยจำนวนรอบการประมวลผลสามารถคำนวณได้โดย

$$R \geq \left(\frac{t_{\alpha/2,R-1}S_0}{\varepsilon}\right)^2 \text{หรือ} \quad R \geq \left(\frac{Z_{\alpha/2}S_0}{\varepsilon}\right)^2$$

ดังนั้นต้องทดลองกำหนดรอบการประมวลผลเบื้องต้น(R_0) ก่อน แล้วจึงคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลลัพธ์ที่เราสนใจ (S_0) และจึงกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่สามารถยอมรับได้ (ε) แล้วนำค่าที่ได้ไปแทนลงในสูตรข้างต้นเพื่อหาค่าจำนวนรอบการประมวลผลที่เพียงพอ (R)

2.1.5ทฤษฎีเกี่ยวกับความน่าจะเป็น

ทฤษฎีเกี่ยวกับความน่าจะเป็นมีความสำคัญในกระบวนการจำลองแบบปัญหาซึ่งนำมาใช้ในการวิเคราะห์การแจกแจงการกระจายตัวและการสุ่มข้อมูลในการจำลองแบบปัญหามีการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลดังนี้

2.1.5.1 การแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution)

ตัวแปรสุ่มxซึ่งมีค่าได้ทุกค่าจริงในช่วง (a, b) ด้วยความน่าจะเป็นเท่าๆกัน จะมีฟังก์ชันความน่าจะเป็นดังนี้

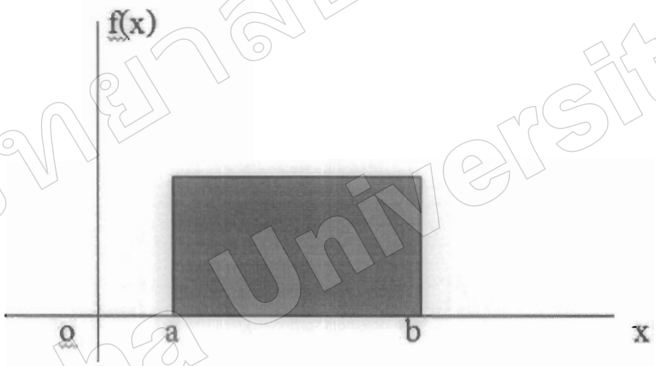
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & a < x < b \\ 0 & x \text{มีค่าอื่นๆ} \end{cases} \quad \text{..... (2.4)}$$

ค่าเฉลี่ยของ x คือ $\mu = \frac{a+b}{2}$

ค่าความแปรปรวนของ x คือ $\sigma^2 = \frac{(b-a)^2}{12}$

จะได้กราฟของการแจกแจงแสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 กราฟการแจกแจงแกมมายูนิฟอร์ม

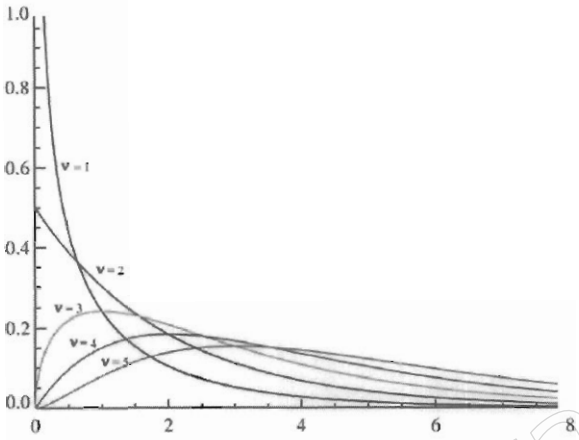
2.1.5.2 การแจกแจงแบบไคสแควร์ (Chi -square Distribution)

ตัวแปรสุ่ม x ที่มีการแจกแจงแบบไคสแควร์ (x^2) ด้วยระดับองศาอิสระ v ฟังก์ชันความน่าจะเป็น ดังนี้

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{2^{\frac{v}{2}}\Gamma\left(\frac{v}{2}\right)} e^{-x^{-\left(\frac{x}{2}\right)}} x^{\left(\frac{v}{2}\right)-1} & x > 0 \\ 0 & x \text{ มีค่าอื่นๆ} \end{cases} \quad \text{.....(2.5)}$$

จะได้กราฟของการแจกแจงแสดงดังรูปที่ 2.11

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



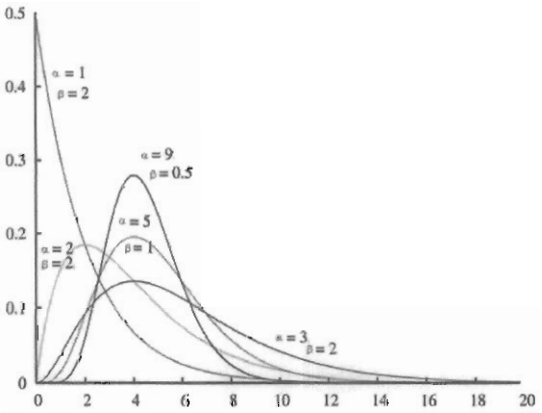
รูปที่ 2.11 กราฟการแจกแจงแบบไคสแควร์

2.1.5.3 การแจกแจงแบบแกมมา (Gamma Distribution)

ตัวแปรสุ่ม X มีลักษณะการแจกแจงหรือการกระจายแบบแกมมา ถ้ามีความหนาแน่นดังนี้

$$f(x)= \begin{cases} \dfrac{x^{\alpha-1}e^{-x\beta}}{\beta^{\alpha}\Gamma(x)} & x>0 \\ & (\alpha,\beta>0) \\ 0 & x\le 0 \end{cases} \qquad \text{.....(2.6)}$$

โดยมีลักษณะการกระจายตัวของความน่าจะเป็นแสดงดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 กราฟการแจกแจงแบบแกมมา

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สำหรับค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนถูกกำหนดโดย

$$\mu = \alpha\beta \qquad \sigma^2 = \alpha\beta^2$$

ฟังก์ชันที่ให้โมเมนต์และฟังก์ชันคุณลักษณะกำหนดโดย

$$M(t) = (1-\beta t)^{-\alpha} \qquad \emptyset(\omega) = (1-\beta i_\omega)^{-\alpha}$$

โดยทั่วไปการแจกแจงแกมมาจะคล้ายกับการแจกแจงแบบ Erlang และปกติจะใช้กับเวลาในการทำงานเช่นเวลาการทำงานของเครื่องจักรหรือเวลาซ่อมแซมเครื่องจักร

2.1.5.4 การแจกแจงแบบเบต้า (Beta Distribution)

ตัวแปรสุ่มมีการแจกแจงหรือมีการกระจายเบต้าถ้ามีฟังก์ชันความหนาแน่นดังต่อไปนี้

$$f(x) = \begin{cases} \frac{x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1}}{\beta(\alpha,\beta)} & 0 < x < 1 \\ \\ \text{Otherwise} \end{cases} \qquad \text{.....(2.7)}$$

เมื่อ $\beta(\alpha,\beta)$ คือฟังก์ชันแบบเบต้าโดยที่เขียนแทนด้วย β(m, n) นิยามโดย

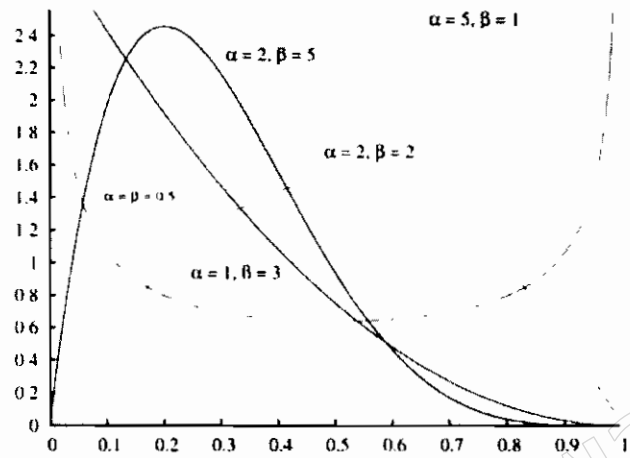
$$\beta(m,n) = \int_0^1 u^{m-1}(1-u)^{n-1}\,du \qquad m>0\,, n>0$$

จากความสัมพันธ์ในสมการความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันแกมมาและฟังก์ชันเบต้าการแจกแจงแบบเบต้าสามารถนิยามฟังก์ชันความหนาแน่นได้ดังนี้

$$f(x) = \begin{cases} \frac{\Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1} & 0< x< 1 \\ \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \qquad \text{.....(2.8)}$$

จากความสัมพันธ์ในสมการความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันแกมมาและฟังก์ชั่นเบต้าการแจกแจงเบต้าสามารถนิยามฟังก์ชันความหนาแน่นได้โดยมีลักษณะการกระจายตัวของความน่าจะเป็นแสดงดังรูปที่ 2.13

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 2.13 กราฟการแจกแจงแบบเบต้า

เมื่อ α , β มีค่าเป็นบวกค่าเฉลี่ยความแปรปรวนคือ

$$\mu = \frac{\alpha-1}{\alpha-\beta}\alpha^2 = \frac{\alpha\beta}{(\alpha+\beta)^2(\alpha+\beta+1)}$$

สำหรับ $\alpha > 1, \beta > 1$ ฐานนิยมจะมีค่าเดียวคือ

$$X_{mode} = \frac{\alpha - 1}{\alpha + \beta - 2}$$

การแจกแจงแบบนี้มักมีรูปร่างที่แตกต่างกันในช่วงกว้างจึงนิยมใช้ในตัวแบบที่ค่อนข้างไม่สมบูรณ์หรือตัวแบบที่มีข้อมูลน้อยเพราะมีช่วงกว้าง (Range) ของการแจกแจงอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 การแจกแจงแบบนี้มักนิยมใช้กับอัตราส่วน เช่น อัตราส่วนของจำนวนของเสีย เป็นต้น

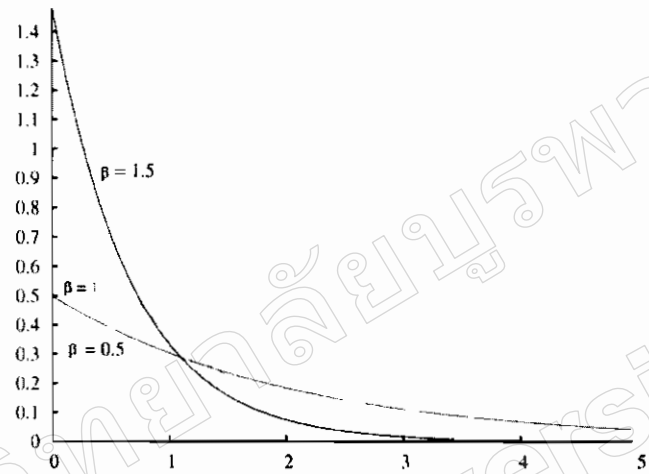
2.1.5.5 การแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential Distribution)

ถ้า x เป็นตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง ซึ่งมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปรเนนเชียลและมีพารามิเตอร์เป็น βแล้วฟังก์ชันความหนาแน่น คือ

$$f(x) = \begin{cases} ae^{-\alpha x} & x>0 \\ \\ 0 & x \geq 0 \end{cases} \quad \text{.....(2.9)}$$

$$\mu = \frac{1}{\alpha} \quad , \qquad \sigma^2 = \frac{1}{\alpha^2} \quad , \quad M(t) = \frac{\alpha}{\alpha - 1}$$

โดยปกติการแจกแจงแบบนี้จะใช้กับตัวแบบเกี่ยวกับเวลาระหว่างเหตุการณ์ในการมาถึงและการเสียหายของขบวนการแต่ไม่เหมาะกับตัวแบบที่เกี่ยวกับเวลาล่าช้าของกระบวนการโดยมีลักษณะการกระจายตัวของความน่าจะเป็นแสดงดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 กราฟการแจกแจงเอ็กซ์โปเนนเชียล

2.1.5.6 การแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull Distribution)

ตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงหรือการกระจายแบบไวบูลล์หรือถ้ามีฟังก์ชันความหนาแน่นคือ

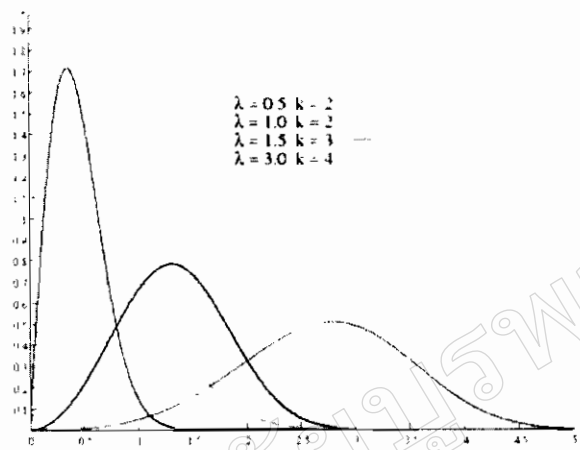
$$f(x) = \begin{cases} abx^{b-1}e^{-\alpha x^b} & x \leq 0 \\ \\ 0 & x > 0 \end{cases} \qquad \text{.....(2.10)}$$

$$\mu = a^{-\frac{1}{b}}\Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right) \quad , \qquad \sigma^2 = a^{-\frac{2}{b}}\left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{b}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{b}\right)\right]$$

การแจกแจงแบบไวบูลล์จะใช้ในตัวแบบที่มีความน่าเชื่อถือเกี่ยวกับเวลาของระบบเช่นถ้าระบบประกอบด้วยชิ้นส่วนจำนวนมากและมีความเสียหายที่เป็นอิสระต่อกันและถ้าระบบเสียหาย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เมื่อมีเพียงชิ้นส่วนเดียวที่เสียหายดังนั้นเวลาของการเสียหายที่ต่อเนื่องสามารถเหมาะสมกับการแจกแจงแบบไวบูลล์โดยมีลักษณะการกระจายตัวแสดงดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 กราฟการแจกแจงแบบไวบูลล์

2.1.5.7 การแจกแจงแบบเออร์แลงก์ (Erlang Distribution)

ตัวแปรสุ่มที่กล่าวว่ามีการแจกแจง Erlang หรือมีการกระจาย Erlang ถ้ามีฟังก์ชันความหนาแน่นดังต่อไปนี้

$$f(x) = \begin{cases} \dfrac{\beta^{-k} x^{k-1} x^{=x/\beta}}{(k-1)!} & x > 0 \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \qquad \text{.....(2.11)}$$

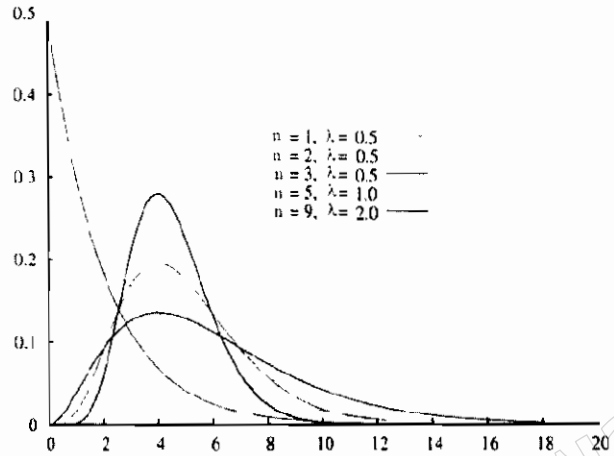
ช่วงกว้าง (Range) [0,+α)

ค่าเฉลี่ย (Mean) $k\beta$

ความแปรปรวน (Variance) $k\beta^2$

โดยที่การแจกแจงแบบนี้ใช้กับกิจกรรมในขั้นตอนที่สมบูรณ์และแต่ละขั้นตอนมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลในขนาด k มากๆการแจกแจง Erlang จะเข้าใกล้การแจกแจงแบบปกติส่วนมากแล้วการแจกแจงแบบนี้จะใช้กับเวลาที่ต้องการให้งานสมบูรณ์โดยมีลักษณะการกระจายตัวแสดงดังรูปที่ 2.16

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



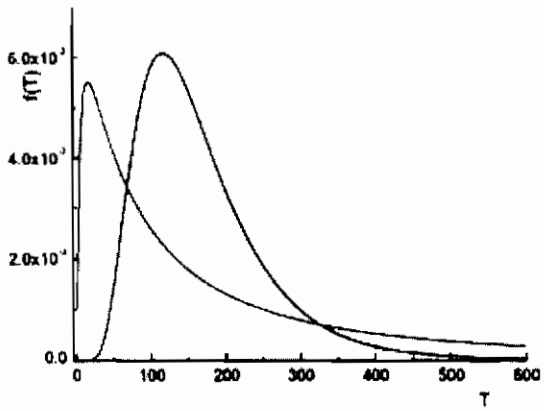
รูปที่ 2.16 กราฟการแจกแจงแบบErlang

2.1.5.8 การแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล (Lognormal Distribution)

ตัวแปรสุ่มที่กล่าวว่ามีการแจกแจง Lognormal หรือมีการกระจาย Lognormal ถ้ามีฟังก์ชันความหนาแน่นดังต่อไปนี้

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{ax\sqrt{2\pi}} e^{-(\ln(x)-u)^2/(2\sigma^2)} & x > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{.....(2.12)}$$

โดยมีลักษณะการกระจายตัวแสดงดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 กราฟการแจกแจงแบบLognormal

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ช่วงกว้าง (Range)	[0,+α)
ค่าเฉลี่ย (Mean)	$e^{u+\sigma^2/2}$
ความแปรปรวน (Variance)	$e^{2u+\sigma^2}(e^{\sigma^2}-1)$

การแจกแจงแบบ Lognormal มักใช้การสุ่มในกระบวนการที่มีการผลิตจำนวนมากหรือใช้กับปริมาณเวลาการแจกแจงแบบนี้มีความสัมพันธ์กับการแจกแจงแบบปกติ[3]

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นุชิดา อาจวิชัย (2542) ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้โปรแกรมอารีนา ในการจำลองรูปแบบปัญหาคอมพิวเตอร์:กรณีศึกษาระบบแถวคอยของสายการประกอบปืนอิเล็กตรอน ณ บริษัทไทยอิเล็กตรอนกัน จำกัด โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาคือ 1.เพื่อศึกษาทฤษฎีของการจำลองรูปแบบปัญหาคอมพิวเตอร์ 2.เพื่อศึกษาโปรแกรมอารีน่าและประยุกต์ใช้ในทฤษฎีแถวคอย 3.เพื่อใช้โปรแกรมอารีน่าทดลองสร้างแบบจำลองระบบปัญหาจริง 4.เพื่อให้สามารถวิเคราะห์และสรุปผลที่ได้จากการจำลองรูปแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ได้ 5.เพื่อจัดทำคู่มือการใช้โปรแกรมอารีน่า บริษัทไทยอิเล็กตรอนกัน จำกัด มีสถานีสายการประกอบ 22 สถานี จากนั้นทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเวลาในการทำงานแต่ละสถานี แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาการกระจายตัว พบว่ามีการกระจายตัวแบบเอกซ์โปแนนเชียล (Exponential) จากนั้นสร้างแบบจำลองสายการผลิต และแสดงผลการประมวลผล ซึ่งเกิดแถวคอยช่องจำนวนชิ้นงานขึ้นที่สถานีงาน KM_INSP มากที่สุด เวลาในการรอคอยเท่ากับ 323.35 นาที เวลาในการรอคอยชิ้นงานเฉลี่ยเท่ากับ 159.90 นาที จำนวนแถวคอยเท่ากับ 27 ถาด สายการผลิตผลิตชิ้นงานได้ 144 ชิ้นในเวลา 480 นาที จากผลข้อมูลที่ได้ นำมาทำการปรับปรุงการทำงาน โดยย้ายพนักงานที่ว่างงานในสถานีอื่นจำนวน 3 คน มาเพิ่มให้กับสถานีงาน KM_INSP ได้เวลาในการรอคอยมากที่สุด เท่ากับ 16.00 นาที เวลาในการรอคอยชิ้นงานเฉลี่ย เท่ากับ 3.4409 นาที จำนวนแถวคอย เท่ากับ 1 ถาด ทำให้การว่างงานลดลง เกิดความสมดุลในสายการผลิต มีผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 600 ชิ้น ภายในเวลา 480 นาที[4]

ชลารักษ์ คนรักษ์ (2553) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบเวลาเดินรถภายในมหาวิทยาลัยบูรพา โดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบเวลาการเดินรถรับ-ส่งภายในมหาวิทยาลัยบูรพา ในช่วงเวลาที่มีอัตราผู้ใช้บริการสูงสุด โดยใช้โปรแกรม Arena ในการจำลองสถานการณ์ พบว่า ในการเปรียบเทียบเวลาการเดินรถรับ-ส่ง

ภายในมหาวิทยาลัยบูรพาในช่วงที่มีอัตราผู้ใช้บริการสูงสุด (07.00-10.00 น.) รถที่วิ่งภายในมหาวิทยาลัยจะมี 2 สาย (สาย A และสาย B) โดยมีปัจจัยในการเปรียบเทียบเวลาการรอคอย คือ ระยะเวลาการปล่อยรถที่แตกต่างกันออกไป 5 นาที 8 นาที 10 นาที 13 นาที และ 15 นาที จำนวนรถที่ใช้บริการ 3 คัน และ 7 คัน และจุดปล่อยรถ 1 จุด และ 2 จุด โดยสาย A จะเพิ่มจุดปล่อยรถที่สถานีดึกชีวภาพ และสาย B จะเพิ่มจุดปล่อยที่สถานีดึก KA ซึ่งได้ออกแบบสถานการณ์โดยใช้โปรแกรมอารีน่า ได้ผลลัพธ์ในการเปรียบเทียบเวลาการรอคอยเฉลี่ยของผู้ใช้บริการ จากนั้นได้เสนอแนวทางการจัดระบบรถรับ-ส่งภายในมหาวิทยาลัยบูรพา คือ สาย A ใช้แบบจำลองที่มีการปล่อยรถ 2 จุด จำนวน 4 คัน ระยะเวลาการปล่อยทุกๆ 10 นาที มีความเหมาะสมที่สุด มีเวลาการรอคอยเฉลี่ยต่ำสุด คือ 3.93 นาที และสาย B มีการปล่อยรถ 2 จุด จำนวน 4 คัน เวลาในการปล่อยรถทุกๆ 8 นาที มีความเหมาะสมที่สุด มีเวลาการรอคอยเฉลี่ยต่ำสุด คือ 2.75 นาที[5]

ชินทัศน์ไชยเขตต์ (2550) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดสินใจควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำความรู้และเทคนิคด้านวิศวกรรมมาพัฒนาหาแนวทางแก้ปัญหาระยะสั้นที่สามารถปฏิบัติได้อย่างเร่งด่วนและมีค่าใช้จ่ายต่ำ ในการศึกษาได้สร้างแบบจำลองสถานการณ์ของระบบการควบคุมไฟสัญญาณจราจรด้วยโปรแกรม Arena เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์หาระยะเวลาในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีเป้าหมายให้ปริมาณการไหลของจำนวนรถยนต์ที่วิ่งผ่านสี่แยกที่ต่อเนื่องกันในถนนสายหลักได้จำนวนสูงสุด ในงานวิจัยนี้ได้เลือกสร้างแบบจำลองสถานการณ์จราจรบนถนนท่าพระ-รัชดา(ถนนพระราม 3) ขาเข้า โดยเลือกศึกษาในช่วงเวลาเร่งด่วนตั้งแต่ 07.00 น. ถึง 09.00 น. ที่มีรถสะสมเป็นจำนวนมาก จากการทดลองโดยใช้แบบจำลอง และวิเคราะห์ผลจากการจำลองสถานการณ์พบว่าการควบคุมสัญญาณไฟตามผลที่ได้จากแบบจำลองสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของจำนวนรถที่วิ่งผ่านได้ 28.67 เปอร์เซ็นต์[6]

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

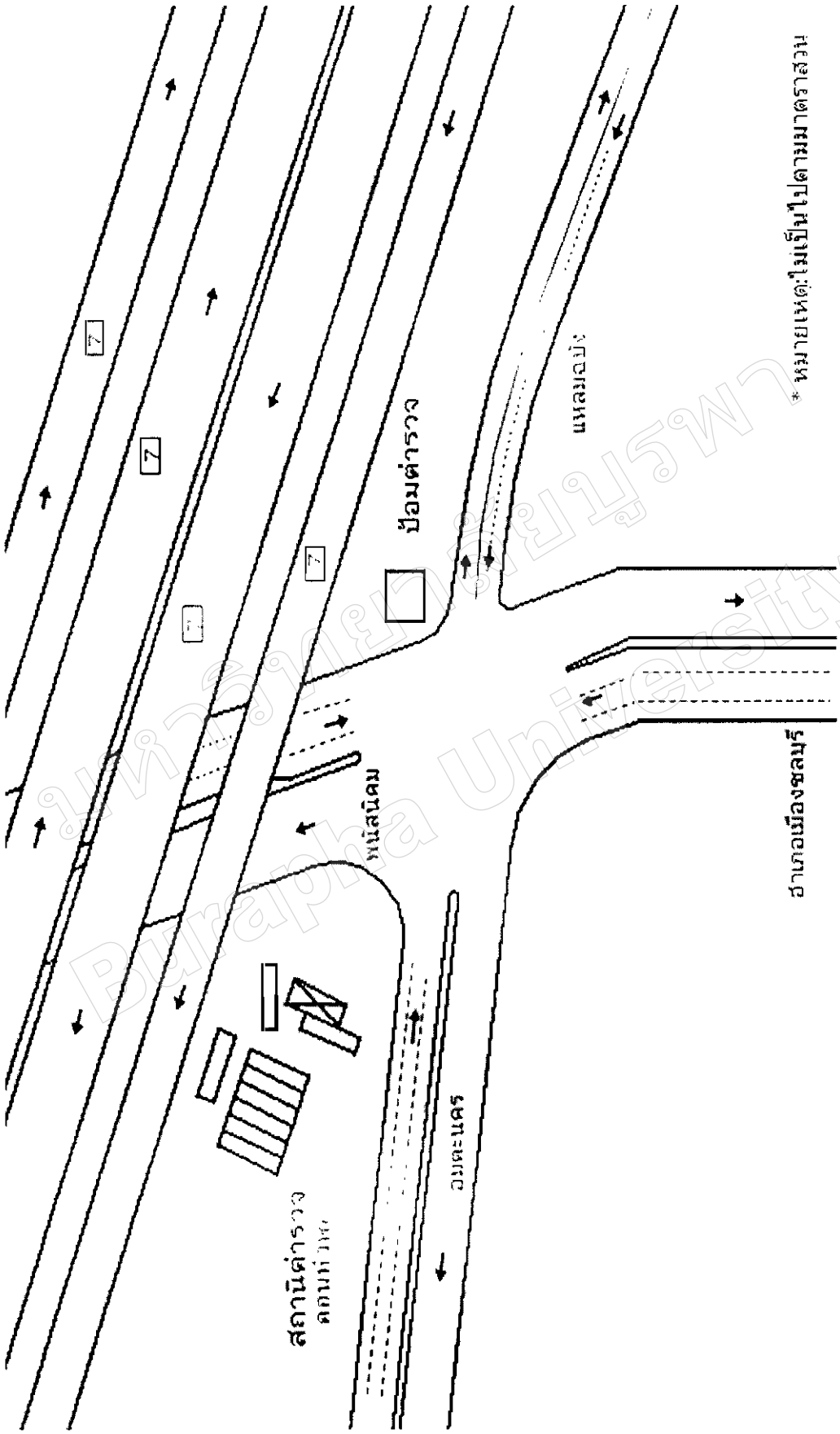
การศึกษาสภาพปัจจุบันของเส้นทางการสัญจรบนถนนสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ จังหวัดชลบุรี โดยทำการศึกษาอัตราการมาถึงของรถ,ประเภทของรถ, ทิศทางการเดินของรถ เพื่อต้องการวิเคราะห์สภาพการสัญจรของรถในปัจจุบัน

งานวิจัยนี้ได้ใช้เทคนิคแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมอารีนาเพื่อสามารถวิเคราะห์และนำผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองมาวิเคราะห์หาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดมีการดำเนินงานโดยศึกษาช่วงอัตราการมาถึงของยานพาหนะ, เวลาของสัญญาณไฟจราจรแต่ละเส้นทาง แล้วทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและปัญหาที่พบเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์หาแนวทางการแก้ไข

3.1 สภาพปัจจุบัน

ปัจจุบันการเดินทางบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ จังหวัดชลบุรี มีการจราจรที่หนาแน่นเนื่องจากเป็นจุดเชื่อมต่อไปยังปลายทางได้หลายทางไม่ว่าจะเป็นอำเภอเมืองชลบุรี ,นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร พนัสนิคมและแหลมฉบังดังแสดงในรูปที่ 3.1 อีกทั้งสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ ยังเป็นจุดเชื่อมต่อทางโลจิสติกส์ของนิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร ทำให้รถที่คมนาคมไปมามีจำนวนมากซึ่งในอนาคตนิคมอุตสาหกรรมอาจมีการขยายตัวทางธุรกิจ ยิ่งส่งผลให้การคมนาคมบริเวณนี้ยิ่งคับคั่ง จึงได้ทำการเก็บข้อมูลจำนวนของยานพาหนะแต่ละแยกสัญญาณไฟจราจรทั้ง 4 แยก ได้แก่ 1. เส้นทางจากชลบุรี 2. เส้นทางจากนิคมอมตะนคร 3. เส้นทางจากพนัสนิคม 4. เส้นทางจากแหลมฉบังเพื่อดูความหนาแน่นของจำนวนรถโดยเก็บข้อมูลจำนวนพาหนะในช่วงเวลา 06.00-08.00 น. และ 16.00-18.00 น.ดังตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 3.1 ภาพร่างเส้นทางจราจรของสี่แยกไฟแดงตอนห้วงพ่อ จังหวัดชลบุรี

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 3.1 จำนวนยานพาหนะโดยประมาณ ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.

เส้นทาง	จำนวนรถ(คัน)
จากชลบุรี	4,108
จากนิคมอมตะนคร	1,784
จากเมืองพนัสนิคม	4,377
จากแหลมฉบัง	1,931

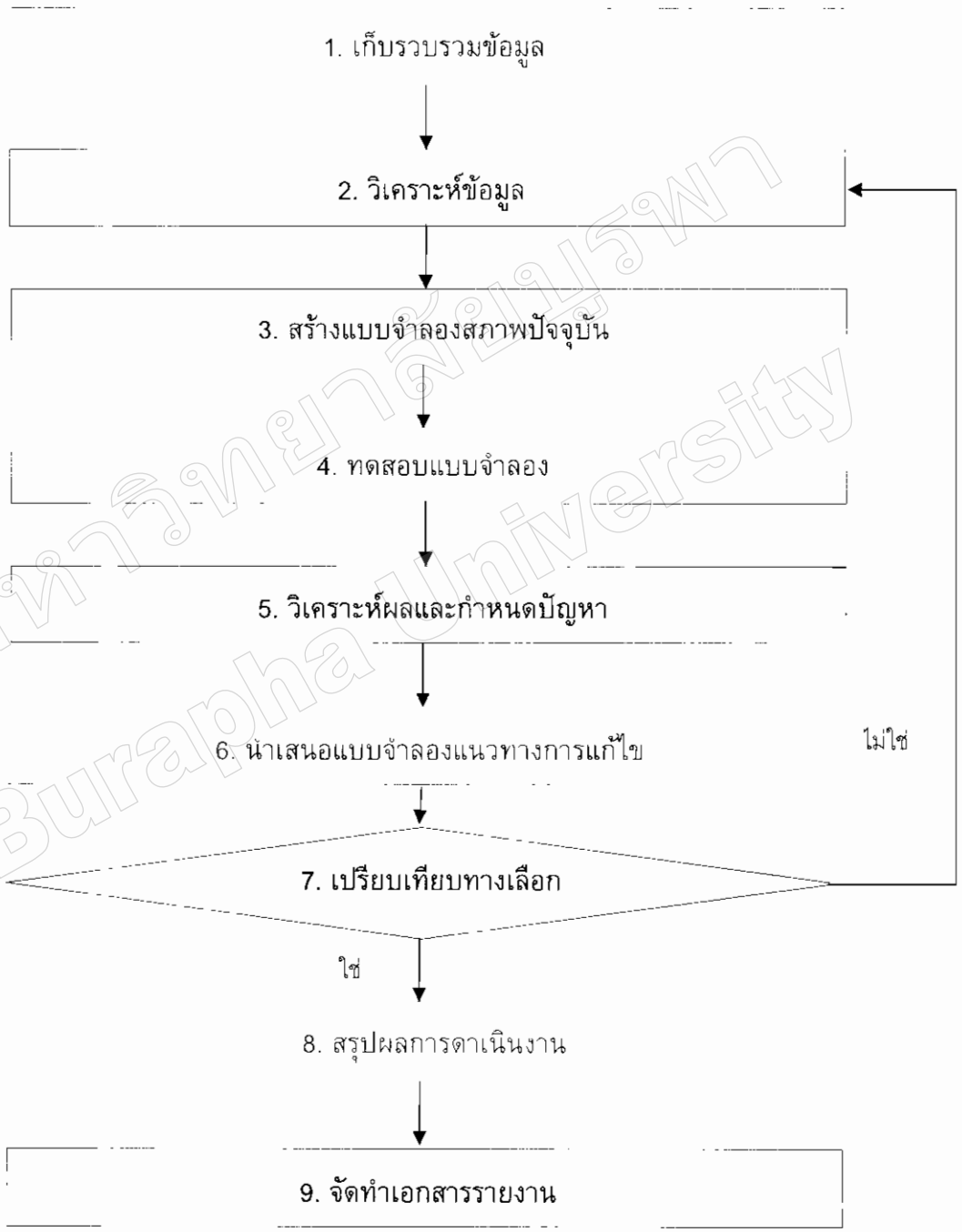
ตารางที่ 3.2 จำนวนยานพาหนะโดยประมาณ ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

เส้นทาง	จำนวนรถ(คัน)
จากชลบุรี	3,101
จากนิคมอมตะนคร	2,378
จากเมืองพนัสนิคม	3,643
จากแหลมฉบัง	701

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.2 วิธีการดำเนินการ

ขั้นตอนการดำเนินงานในการประยุกต์ใช้เทคนิคในการสร้างแบบจำลองระบบการคมนาคม เพื่อนำมาวิเคราะห์หาแนวทางการแก้ไขปัญหาการคมนาคมติดขัด ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.3 รายละเอียดวิธีการดำเนินการ

รายละเอียดของวิธีการดำเนินการในการประยุกต์ใช้เทคนิคในการสร้างแบบจำลองระบบการคมนาคมเพื่อเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาการคมนาคมติดขัดบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ จังหวัดชลบุรี ในช่วงเวลาที่มีอัตราการสัญจรหนาแน่น

3.3.1 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูลโดยการใช้ภาพเคลื่อนไหวจากกล้องวงจรปิดทั้งสี่เส้นทาง ได้แก่ 1. เส้นทางจากนิคมอมตะนคร 2. เส้นทางจากพนัสนิคม 3. เส้นทางจากเมืองชลบุรี 4. เส้นทางจากแหลมฉบังโดยเก็บข้อมูลทั้งหมด 5 วัน ตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์ ที่ช่วงเวลา 06.00-08.00น.และ 16.00-18.00 น. ซึ่งจะเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรของระบบทั้งหมด ดังนี้ ประเภทของยานพาหนะ ช่องทางเดินรถ เวลาการมาถึงของยานพาหนะแต่ละคัน และเส้นทางการเดินของยานพาหนะ

สถานที่ทำการศึกษา : สี่แยกไฟแดงดอนหัวพอ จังหวัดชลบุรี

ช่วงเวลาการเก็บข้อมูล

ช่วงเช้า : วันจันทร์ เก็บข้อมูลช่วงเวลา 06.00-06.30น.

วันอังคาร เก็บข้อมูลช่วงเวลา 06.30-07.00 น.

วันพุธ เก็บข้อมูลช่วงเวลา 07.00-07.30 น.

วันพฤหัสบดี เก็บข้อมูลช่วงเวลา 07.30-08.00น.

วันศุกร์ เก็บข้อมูลช่วงเวลา 07.30-08.00 น.

ช่วงเย็น : วันจันทร์ เก็บข้อมูลช่วงเวลา 16.00-16.30 น.

วันอังคาร เก็บข้อมูลช่วงเวลา 16.30-17.00 น.

วันพุธ เก็บข้อมูลช่วงเวลา 17.00-17.30 น.

วันพฤหัสบดี เก็บข้อมูลช่วงเวลา 17.30-18.00 น.

วันศุกร์ เก็บข้อมูลช่วงเวลา 17.30-18.00 น.

ช่องทางจราจร : เส้นทางจากนิคมอมตะนครมี 3 ช่องทางจราจร

เส้นทางจากพนัสนิคม มี 3 ช่องทางจราจร

เส้นทางจากเมืองชล มี 3 ช่องทางจราจร

เส้นทางจากแหลมฉบัง มี 2 ช่องทางจราจร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ประเภทของรถ : โดยแบ่งประเภทของรถตามจำนวนล้อออกเป็น 6 ประเภท ดังนี้

1. รถสองล้อ (Type A)
2. รถสามล้อ (Type B)
3. รถสี่ล้อ (Type C)
4. รถหกล้อ (Type D)
5. รถสิบล้อ (Type E)
6. รถสิบล้อขึ้นไป (Type D)

ทิศทางการเดินของยานพาหนะ แบ่งเป็น 3 ทิศทาง ดังนี้

1. เลี้ยวซ้าย แทนด้วยสัญลักษณ์ L
2. เลี้ยวขวา แทนด้วยสัญลักษณ์ R
3. ตรงไป แทนด้วยสัญลักษณ์ S

แบ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นขั้นตอน ดังนี้

1. สำรวจและบันทึกลักษณะการคมนาคมของยานพาหนะ ซึ่งข้อมูลที่ทำการเก็บจะเป็นข้อมูลดิบโดยการเก็บข้อมูลเป็นแบบปฐมภูมิ
2. บันทึกข้อมูลในลักษณะตารางการบันทึกสถิติรถด้วยโปรแกรม Microsoft Excel โดยรายละเอียดของตารางการบันทึกสถิติรถประกอบไปด้วย

   1) ประเภทของยานพาหนะ

   2) ช่องทางเดินรถ

   3) เวลาการมาถึงของยานพาหนะแต่ละคัน (ชั่วโมง, นาที ,วินาที)

   4) ทิศทางการเดินรถ

   5) ช่วงเวลาการมาถึงของยานพาหนะ คือ ช่วงเวลาที่ยานพาหนะคันหน้าและคันหลังมาถึงห่างกัน โดยได้มีการแสดงตัวอย่างการบันทึกสถิติรถดังตารางที่ 3.2 และตารางข้อมูลจะแสดงไว้ในภาคผนวก ก.

3.3.2 วิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลจากการเก็บรวบรวม เป็นข้อมูลดิบ ซึ่งยังไม่รู้พฤติกรรมและลักษณะการแจกแจงทางสถิติของข้อมูล ซึ่งการนำข้อมูลดิบมาใช้โดยไม่มีการแจกแจงทางสถิติทำให้ข้อมูลไม่มีในระดับที่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 3.3 แบบฟอร์มและตัวอย่างการบันทึกสถิติยานพาหนะ

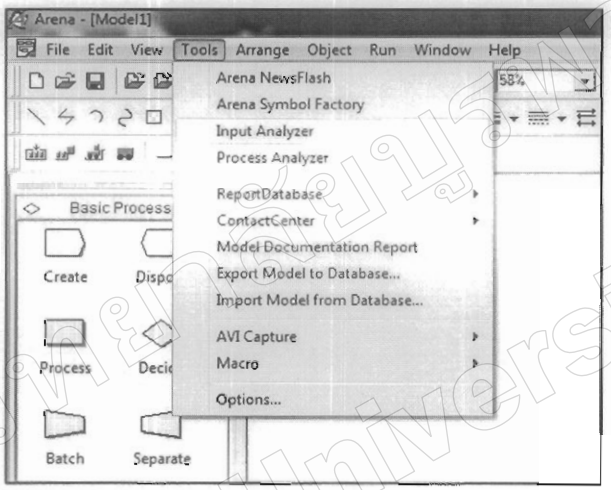
ประเภทรถ	ช่องทางเดินรถ	ทิศทางการออก	เวลาที่รถมาถึง			การมาถึง
			ชั่วโมง	นาที	วินาที	
รถกระบะ	ซ้าย	ซ้าย	6	30	8	0
รถมอเตอร์ไซค์	ซ้าย	ซ้าย	6	30	10	2
รถมอเตอร์ไซค์	กลาง	ตรง	6	30	22	12
รถมอเตอร์ไซค์	กลาง	ตรง	6	30	23	1
รถเก๋ง	กลาง	ตรง	6	30	24	1
รถตู้	ขวา	ตรง	6	30	24	0
รถกระบะ	ขวา	ตรง	6	30	26	2
รถบรรทุก6ล้อ	กลาง	ตรง	6	30	29	3
รถเก๋ง	ขวา	ตรง	6	30	30	1
รถตู้	ขวา	ขวา	6	30	32	2
รถเก๋ง	ขวา	ตรง	6	30	36	4
รถกระบะบรรทุก	ขวา	ตรง	6	30	39	3
รถมอเตอร์ไซค์	กลาง	ตรง	6	30	40	1
รถเก๋ง	ซ้าย	ซ้าย	6	30	42	2
รถมอเตอร์ไซค์	ซ้าย	ซ้าย	6	30	43	1
รถเก๋ง	ขวา	กลับรถ	6	30	43	0
รถเก๋ง	ซ้าย	ซ้าย	6	30	46	3
รถเก๋ง	กลาง	ตรง	6	30	47	1
รถเก๋ง	ซ้าย	ซ้าย	6	30	48	1
รถกระบะบรรทุก	ขวา	ตรง	6	30	48	0
รถเก๋ง	ซ้าย	ซ้าย	6	30	50	2
รถเก๋ง	ขวา	กลับรถ	6	30	50	0
รถมอเตอร์ไซค์	ซ้าย	ซ้าย	6	30	51	1
รถเก๋ง	ซ้าย	ซ้าย	6	30	52	1
รถสองแถว	กลาง	ตรง	6	30	52	0
รถกระบะ	ขวา	ตรง	6	30	53	1
รถเก๋ง	ซ้าย	ซ้าย	6	30	54	1
รถเก๋ง	กลาง	ตรง	6	30	54	0
รถเก๋ง	ขวา	ตรง	6	30	55	1
รถกระบะ	ซ้าย	ซ้าย	6	30	56	1
รถกระบะ	กลาง	ตรง	6	30	56	0
รถกระบะ	ขวา	ขวา	6	30	57	1
รถเก๋ง	กลาง	ตรง	6	30	58	1
รถเก๋ง	ซ้าย	ซ้าย	6	30	59	1
รถบรรทุก18ล้อ	กลาง	ตรง	6	31	0	1
รถเก๋ง	ขวา	ตรง	6	31	0	0
รถกระบะ	ซ้าย	ซ้าย	6	31	2	2
รถมอเตอร์ไซค์	ขวา	ตรง	6	31	2	0
รถกระบะ	กลาง	ตรง	6	31	3	1

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ความน่าเชื่อถือที่สามารถยอมรับได้จึงจำเป็นต้องใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า (Input Analyzer) ในการทดสอบการแจกแจงทางสถิติของข้อมูลดิบชุดนั้นๆ

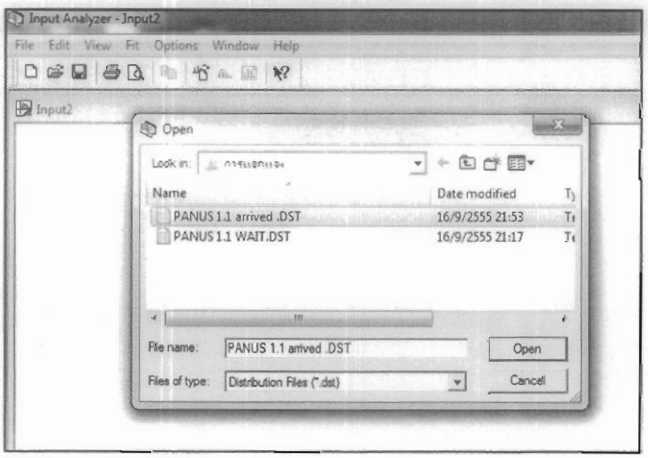
โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าเป็นเครื่องมือมาตรฐานของโปรแกรมอารีนา เครื่องมือนี้สามารถใช้เพื่อทดสอบลักษณะการแจกแจงทางสถิติของข้อมูลที่ป้อนเข้าไปว่ามีรูปลักษณะการแจกแจงแบบใด โดยขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม อารีนาโดยเลือก Tool > Input Analyzer ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การใช้คำสั่งวิเคราะห์ข้อมูล

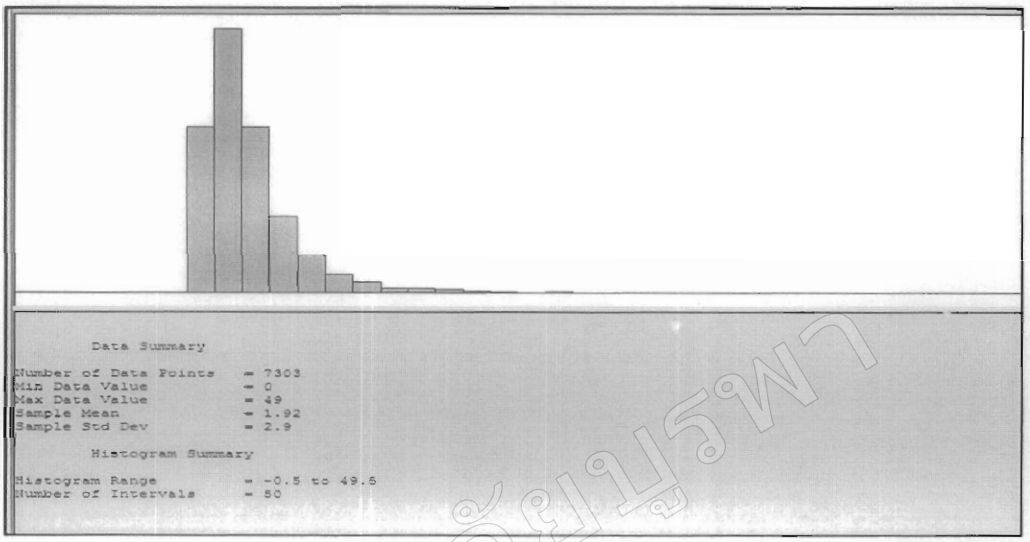
2. จากนั้นจะขึ้นหน้าต่างใหม่ขึ้นมา ให้เลือก New แล้วเลือก File > Data File > Use Existing.... ให้เลือกข้อมูลที่ save ไว้เป็น "ชื่อแฟ้ม.txt" หรือ "ชื่อแฟ้ม.dst" แสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการใช้ โปรแกรมวิเคราะห์การนำเข้าข้อมูล

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. เมื่อกด open เรียบร้อยแล้ว ข้อมูลจะถูกเปิดและแสดงขึ้นมา แสดงดังรูปที่ 3.5

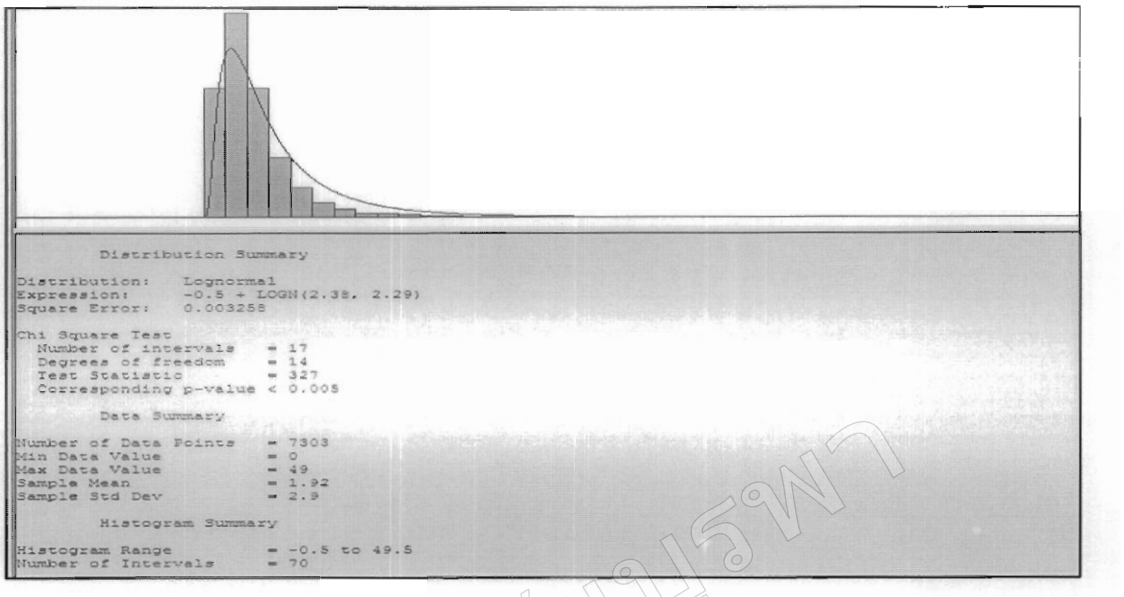


รูปที่ 3.5 ข้อมูลเวลาอัตราการมาของรถ

4. วิเคราะห์ข้อมูลเวลาในการมาของรถ โดยเลือกคำสั่ง Fit > Fit all หรือคลิกที่ปุ่ม โปรแกรมจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลดิบ โดยจะเลือกการแจกแจงซึ่งให้ค่า Sum square-error ที่น้อยที่สุดแสดงดังรูปที่ 3.6

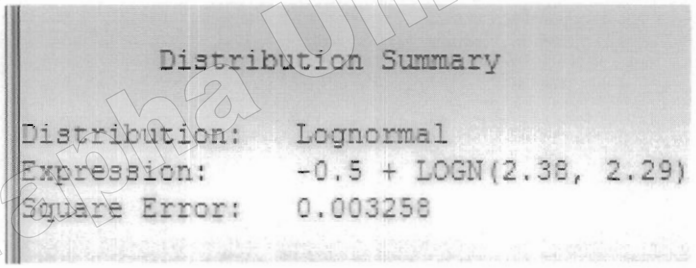
ค่า Sum square – error คือค่าผลรวมกำลังสองของค่าความแตกต่างระหว่าง ค่าการแจกแจงความน่าจะเป็นที่กำหนดกับค่าการประมาณความน่าจะเป็นที่วัดได้ในแต่ละช่วงจากกราฟแท่งฮิสโทแกรม

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 3.6 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้คำสั่ง Fit all

จากการวิเคราะห์ด้วยคำสั่ง Fit all ได้ผลว่า ข้อมูลเวลาในการมาถึงของรถมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Lognormal ซึ่งมีค่า Sum square-error เท่ากับ 0.003258 ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ผลการวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูล

จากวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้น ทำการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าทั้งหมดซึ่งสามารถนำมาสรุปเป็นตารางสรุปข้อมูลการแจกแจงความน่าจะเป็นของช่วงเวลาการมาถึงได้ดังตารางที่ 3.3 ได้ดังนี้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 3.4 สรุปข้อมูลการแจกแจงความน่าจะเป็นของช่วงเวลาการมาถึงของรถในแต่ละแยก ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.

ช่วงเวลาการมาถึงของรถ	การแจกแจงความน่าจะเป็น
เส้นทางจากชลบุรี	-0.5 + LOGN(2.12,2.22)
เส้นทางจากนิคมอมตะนคร	-0.5 + LOGN(4.42, 5.06)
เส้นทางจากพนัสนิคม	-0.5 + LOGN(2.18, 2.03)
เส้นทางจากแหลมฉบัง	-0.5 + LOGN(4.55, 5.47)

ตารางที่ 3.5 สรุปข้อมูลการแจกแจงความน่าจะเป็นของช่วงเวลาการมาถึงของรถในแต่ละแยก ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

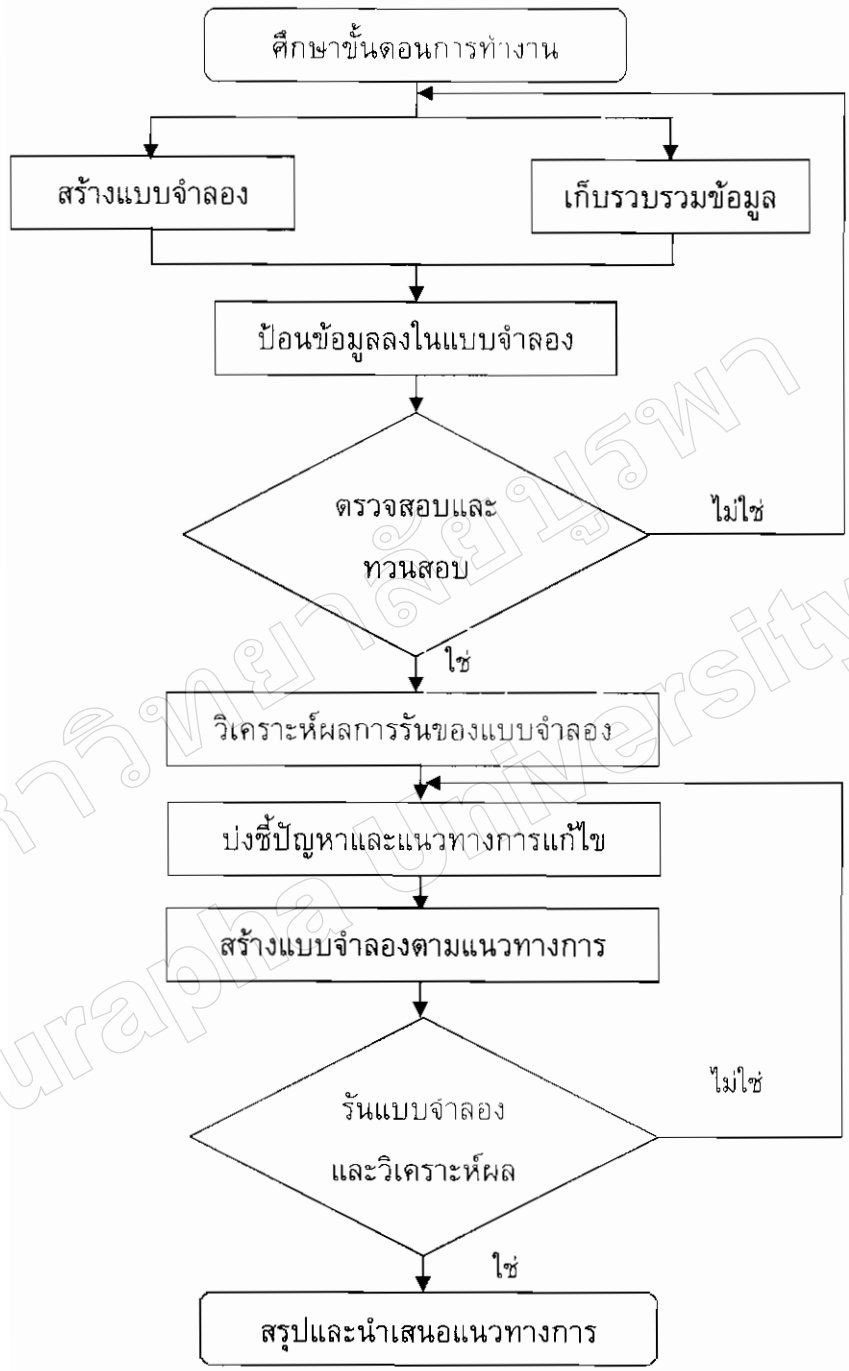
ช่วงเวลาการมาถึงของรถ	การแจกแจงความน่าจะเป็น
เส้นทางจากชลบุรี	-0.5 + LOGN(2.48, 2.87)
เส้นทางจากนิคมอมตะนคร	-0.5 + LOGN(3.22, 3.62)
เส้นทางจากพนัสนิคม	-0.5 + LOGN(2.38, 2.29)
เส้นทางจากแหลมฉบัง	-0.5 + LOGN(10.2, 15.6)

เนื่องจากการสร้างตัวแบบจำลองนั้น จำเป็นจะต้องมีการนำข้อมูลนำเข้าใส่ให้กับระบบจำลองเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ระบบ ซึ่งข้อมูลการแจกแจงความน่าจะเป็นจากตารางที่ 3.3 จะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในโปรแกรมอารีนาซึ่งขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองจะทำในบทที่ 4 ต่อไป

3.3.2 การสร้าง ตรวจสอบ และรันแบบจำลอง

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์นั้นได้มีการออกแบบแบบจำลองโดยใช้โปรแกรมอารีนาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์สถานการณ์ ซึ่งในการจำลองมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองและวิเคราะห์ข้อมูล โดยการตรวจสอบความแม่นยำจากผลการสร้างแบบจำลองด้วยวิธีการสุ่มซ้ำ (Replicate) และเปรียบเทียบกับข้อมูลจริง หรือสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้น ณ ปัจจุบัน เพื่อทำให้แบบจำลองที่สร้างขึ้นมีค่าใกล้เคียง และสะท้อนกับความเป็นจริงมากที่สุดโดยขั้นตอนการสร้างแบบจำลองนั้น ดังรูปที่ 3.5

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในโปรแกรมอารีนา

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.3.3 วิเคราะห์สมรรถนะของกระบวนการบริการปัจจุบันจากผลการรันของแบบจำลอง

ในการวิเคราะห์สรรถนะของกระบวนการปัจจุบันนั้นเมื่อสร้างแบบจำลองแล้วรันแบบจำลองผลที่ได้ต้องสามารถจำลองสถานการณ์ ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงได้ตามที่เกิดขึ้นเมื่อวิเคราะห์สรรถนะของกระบวนการแล้ว ต่อไปก็ต้องหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นว่าเกิดขึ้นที่กระบวนการใด สามารถใช้เครื่องมือใดมาแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

3.3.4 วิเคราะห์ปัญหา

ในการวิเคราะห์ปัญหาจะวิเคราะห์จากผลที่ได้จากการรันแบบจำลองซึ่งจะพิจารณาจากพารามิเตอร์ประสิทธิภาพปัจจุบัน โดยพารามอเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหามีดังนี้

1. เวลารอคอยของรถแต่ละคัน (Waiting time in queue)คือ เวลาที่รถจอดรอสัญญาณไฟแดง
2. จำนวนรถในแถวคอย (waiting number in queue) คือ จำนวนที่รถจอดรอในสี่แยกไฟแดง
3. เวลาการอยู่ในสี่แยกไฟแดงของรถแต่ละคันคือ เวลาที่รถแต่ละคันอยู่ในสี่แยกไฟแดงจนกระทั่งออก
4. อัตราการมาถึงสี่แยกไฟแดงของรถแต่ละคันคือ ช่วงห่างระยะเวลาการเข้ามาของรถแต่ละคัน
5. อัตราการออกจากสี่แยกไฟแดงของรถแต่ละคันคือ ช่วงห่างระยะเวลาการออกของรถแต่ละคัน
6. จำนวนรถที่ออกจากสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ

3.3.5 คัดเลือกแนวทางการปรับปรุง

หลังจากการวิเคราะห์แบบจำลองแล้วทำให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการระบายรถออกที่ทำให้ เมื่อมองเห็นปัญหาที่เกิดขึ้นก็ทำการศึกษาพฤติกรรมการเดินรถและค้นหาแนวทางการปรับปรุงโดยแต่ละแนวทางที่เสนอขึ้นมานั้นจะยังไม่ได้ทำการปรับปรุงจริง แต่จะใช้การจำลองแบบเพื่อให้เห็นแนวโน้มหลังการปรับปรุงและนำแนวทางแต่ละแนวทางมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อเลือกแนวทางที่ดีที่สุดในการปรับปรุงจริงในขั้นต่อไป

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.3.6 ประเมินผลการปรับปรุงด้วยแบบจำลอง

จากที่ได้ทำการเก็บข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องของบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ กับการสร้างแบบจำลอง และทำการจำลองกระบวนการที่เกิดขึ้นโดยใช้โปรแกรมอารีนาเพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์จริง วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจากโปรแกรมที่จำลองขึ้นเพื่อนำมาประเมินเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ออกมาเพื่อหาแนวทางการแก้ไขที่ดีที่สุด เมื่อได้แนวทางที่ดีที่สุดแล้วก็นำมาสร้างแบบจำลองเพื่อให้เห็นผลที่ได้คิดปรับปรุงว่าได้ผลลัพธ์ดีอย่างไร สามารถนำมาแก้ไขปรับปรุงได้จริงหรือไม่ โดยการสร้างแบบจำลองตามแนวทางการปรับปรุงเหล่าจะนี้ต้องอยู่ในหลักของความเป็นจริงสามารถนำมาใช้ได้จริง

3.3.7 เปรียบเทียบ สรุปผล และนำเสนอเพื่อการประยุกต์จริง

จากที่ได้ทำการแก้ไขปรับปรุงและสร้างแบบจำลองใหม่เพื่อหาแนวทางการแก้ไขที่ดีที่สุด เมื่อได้แบบจำลองใหม่แล้ว ก็ต้องมีการเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลง ปรับปรุงที่เกิดขึ้นว่ามีผลที่ดีขึ้นอย่างไร โดยเปรียบเทียบผลกับวิธีการของปัจจุบันที่มีอยู่ การเปรียบเทียบนี้จะต้องสามารถวัดผลออกมาเป็นตัวเลขได้ สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นได้อย่างชัดเจนโดยการเปรียบเทียบนี้สามารถเปรียบเทียบได้จากแบบจำลองก่อนการปรับปรุง-หลังการปรับปรุง ผลนำมาเปรียบเทียบนั้นมาจากผลลัพธ์ที่ได้จากการรันโปรแกรมทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง จากนั้นก็ทำการสรุปผลที่ได้จากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการปรับปรุง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

การดำเนินงานตามขั้นตอนการศึกษาปัญหาทั้ง 7 ขั้นตอน ทำให้สามารถเก็บข้อมูลที่ต้องใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ปัจจุบัน ซึ่งเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือช่วงเวลา 06.00-08.00 น. และ 16.00–18.00 น. จากการดำเนินงานตามขั้นตอนในบทที่ 3 ทำให้ได้ผลการดำเนินงานดังนี้

4. ศึกษาระบบ และเก็บรวบรวมข้อมูล

โครงงานทางวิศวกรรมนี้ศึกษาสภาพการจราจรบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ จังหวัดชลบุรี ทำการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์บริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ โดยข้อมูลที่เก็บรวบรวมเป็นข้อมูลดิบ ซึ่งได้จากการสังเกตและจดบันทึกข้อมูลประเภทของรถ ช่องทางการเดินรถ เวลาที่การมาถึงของรถ ทิศทางการเดินรถ และช่วงเวลาที่รถแต่ละคันมาห่างกันซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 สัดส่วนข้อมูลของรถ

การศึกษาสภาพการจราจรบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ ได้แก่ เส้นทางจากชลบุรี เส้นทางจากนิคมอมตะนคร เส้นทางจากพนัสนิคม และเส้นทางจากแหลมฉบัง ในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองทำให้ทราบถึงสัดส่วนของรถแต่ละประเภท แสดงดังตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.1 สัดส่วนของรถแต่ละประเภทของแต่ละเส้นทาง ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.

ประเภท(%) / เส้นทาง	รถสองล้อ	รถสามล้อ	รถสี่ล้อ	รถหกล้อ	รถสิบล้อ	รถสิบล้อขึ้นไป
จากชลบุรี	28.19	0.22	64.90	5.38	0.71	0.61
จากนิคมอมตะนคร	22.31	0.06	70.91	3.42	0.73	2.58
จากพนัสนิคม	25.93	0.02	66.46	3.22	3.56	0.80
จากแหลมฉบัง	43.71	0.26	53.29	2.54	0.16	0.05

ตารางที่ 4.2 สัดส่วนของรถแต่ละประเภทของแต่ละเส้นทางช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

ประเภท(%) / เส้นทาง	รถสองล้อ	รถสามล้อ	รถสี่ล้อ	รถหกล้อ	รถสิบล้อ	รถสิบล้อขึ้นไป
จากชลบุรี	17.12	0.23	75.07	4.00	1.13	2.45
จากนิคมอมตะนคร	20.69	0.21	68.85	4.29	1.35	3.62
จากพนัสนิคม	11.01	0.08	74.80	2.94	8.26	2.91
จากแหลมฉบัง	28.96	0.86	61.20	8.13	0.57	0.29

4.1.2 อัตราการมาถึงของรถ

ลักษณะการแจกแจงทางสถิติของข้อมูลอัตราการมาถึงเป็นผลการวิเคราะห์จากโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า (Input Analyzer) โดยวิธีการวิเคราะห์นั้นสามารถศึกษาได้จากหัวข้อที่ 3.3.2 และได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.3

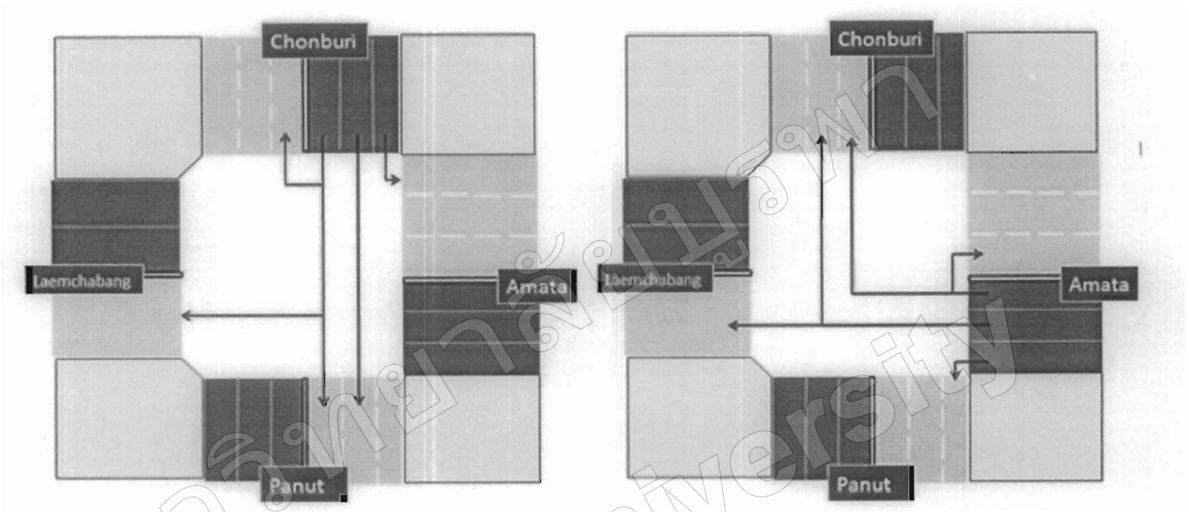
ตารางที่ 4.3 การแจกแจงเวลาการมาถึงของรถแต่ละเส้นทางช่วงเวลา 06.00-08.00 น. และช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

ช่วงเวลาการมาถึงของรถ	เวลา 06.00-08.00 น.	เวลา 16.00-18.00 น.
เส้นทางจากชลบุรี	-0.5 + LOGN(2.12, 2.22)	-0.5 + LOGN(2.48, 2.87)
เส้นทางจากนิคมอมตะนคร	-0.5 + LOGN(4.42, 5.06)	-0.5 + LOGN(3.22, 3.62)
เส้นทางจากพนัสนิคม	-0.5 + LOGN(2.18, 2.03)	-0.5 + LOGN(2.38, 2.29)
เส้นทางจากแหลมฉบัง	-0.5 + LOGN(4.55, 5.47)	-0.5 + LOGN(10.2, 15.6)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4.1.3 ทิศทางการไหลของยานพาหนะ

จากการศึกษาสภาพการจราจรสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ ทำให้ทราบถึงสัดส่วนทิศทางการเดินรถของยานพาหนะของแต่ละสี่แยกไฟแดงในช่วงเวลา 06.00-08.00 น.และ 16.00-18.00 น. ทั้ง 4 เส้นทาง ได้แก่ เส้นทางจากชลบุรี เส้นทางจากนิคมอมตะนคร เส้นทางจากพนัสนิคม และเส้นทางจากแหลมฉบัง ดังตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.5



รูปที่ 4.1(ก) แสดงทิศทางการเดินรถจากชลบุรี
4.1(ข) แสดงทิศทางการเดินรถจากนิคมอมตะนคร
4.1(ค) แสดงทิศทางการเดินรถจากพนัสนิคม
4.1(ง) แสดงทิศทางการเดินรถจากแหลมฉบัง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.4 สัดส่วนทิศทางการเดินรถของแต่ละเส้นทางช่วงเวลา 06.00-08.00 น. (%)

สัดส่วน(%) / เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ						
	ซ้าย		กลาง		ขวา		
	เลี้ยวซ้าย	ตรง	ตรง	เลี้ยวขวา	ตรง	เลี้ยวขวา	กลับรถ
จากชลบุรี	34.36	-	39.54	-	18.13	6.74	1.24
จากนิคมอมตะนคร	57.65	-	4.11	19.53	-	17.89	0.82
จากพนัสนิคม	0.89	37.51	15.76	20.04	-	25.79	0
จากแหลมฉบัง	10.31	46.92	-	-	5.87	37.90	-

ตารางที่ 4.5 สัดส่วนทิศทางการเดินรถของแต่ละเส้นทางช่วงเวลา 16.00-18.00 น. (%)

สัดส่วน(%) / เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ						
	ซ้าย		กลาง		ขวา		
	เลี้ยวซ้าย	ตรง	ตรง	เลี้ยวขวา	ตรง	เลี้ยวขวา	กลับรถ
จากชลบุรี	35.38	-	36.02	-	20.99	5.97	1.64
จากนิคมอมตะนคร	40.71	-	5.13	25.71	-	27.98	0.46
จากพนัสนิคม	0.38	28.22	25.56	21.19	-	24.18	0.47
จากแหลมฉบัง	17.31	46.92	-	-	5.44	30.33	-

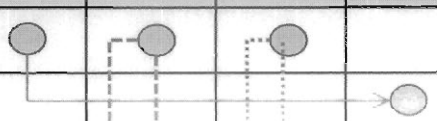
ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสภาพจริงบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ สามารถแสดงทิศทางการเดินรถแต่ละช่องทางเดินรถของแต่ละสี่แยกไฟแดงได้ดังตารางที่ 4.6 ถึงตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.6 ทิศทางการเดินรถของเส้นทางจากเมืองชลบุรี

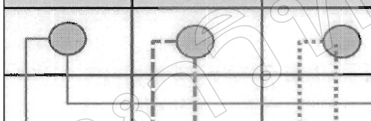
ช่องทางเดินรถ			ทิศทางการเดินรถ				เส้นทางจากเมืองชลบุรี
ช่องซ้าย	ช่องกลาง	ช่องขวา	เลี้ยวซ้าย	ตรงไป	เลี้ยวขวา	กลับรถ	
							ไปนิคมอมตะนคร
							ไปพนัสนิคม
							ไปแหลมฉบัง
							ไปเมืองชลบุรี

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

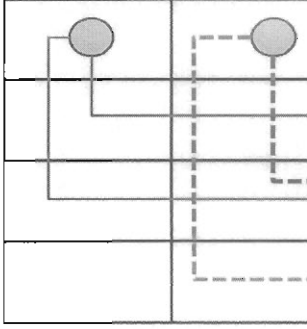
ตารางที่ 4.7 ทิศทางการเดินรถของเส้นทางจากนิคมอมตะนคร

ช่องทางเดินรถ			ทิศทางการเดินรถ				เส้นทางจากอมตะนคร
ช่องซ้าย	ช่องกลาง	ช่องขวา	เลี้ยวซ้าย	ตรงไป	เลี้ยวขวา	กลับรถ	
							
							ไปพนัสนิคม
							ไปแหลมฉบัง
							ไปเมืองชลบุรี
							ไปนิคมอมตะนคร

ตารางที่ 4.8 ทิศทางการเดินรถของเส้นทางจากพนัสนิคม

ช่องทางเดินรถ			ทิศทางการเดินรถ				เส้นทางจากพนัสนิคม
ช่องซ้าย	ช่องกลาง	ช่องขวา	เลี้ยวซ้าย	ตรงไป	เลี้ยวขวา	กลับรถ	
							
							ไปแหลมฉบัง
							ไปเมืองชลบุรี
							ไปนิคมอมตะนคร
							ไปพนัสนิคม

ตารางที่ 4.9 ทิศทางการเดินรถของเส้นทางจากแหลมฉบัง

ช่องทางเดินรถ		ทิศทางการเดินรถ			เส้นทางจากแหลมฉบัง
ช่องซ้าย	ช่องขวา	เลี้ยวซ้าย	ตรงไป	เลี้ยวขวา	
					
					ไปเมืองชลบุรี
					ไปนิคมอมตะนคร
					ไปพนัสนิคม

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากตารางที่ 4.6 ถึงตารางที่ 4.9 วงกลมสีเขียวแสดงถึงรถที่เข้ามาแต่ละช่องทางเดินรถ โดยทิศทางการเดินรถแต่ละช่องทางถูกแสดงแทนด้วยลูกศร ลูกศรแบบเส้นตรง หมายถึง ทิศทางการเดินรถช่องซ้าย ลูกศรแบบเส้นประ หมายถึง ทิศทางการเดินรถช่องกลาง และลูกศรแบบจุด หมายถึง ทิศทางการเดินรถช่องขวา

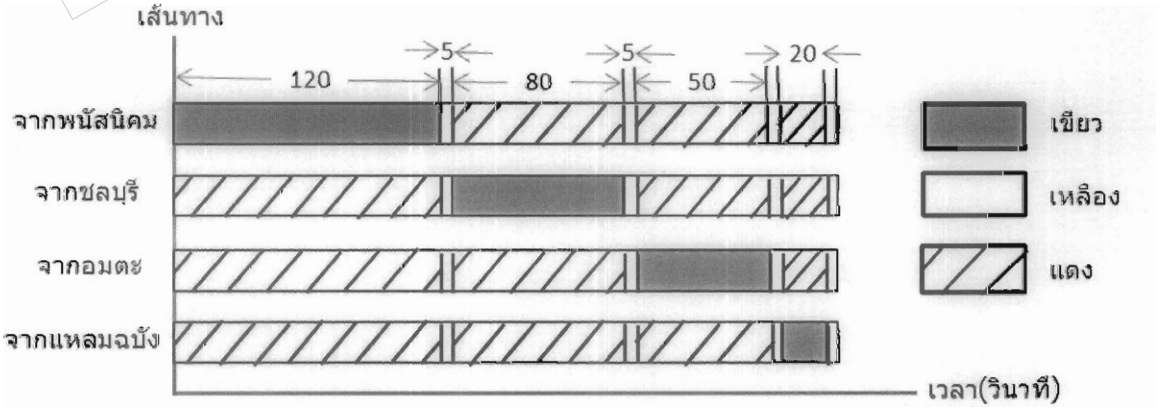
4.1.4 องค์ประกอบในการกำหนดสัญญาณไฟที่ใช้ในแบบจำลอง

การศึกษาสภาพปัจจุบันบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ พบว่าเวลาการทำงานของสัญญาณไฟจราจรแต่ละสี่แยกไฟเขียวมีเวลาไม่เท่ากันทั้งช่วงเวลา 08.00-08.00 น. และช่วงเวลา 16.00-18.00 น. แสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 เวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียวบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ

สี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ	เวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียว	
	เวลา 06.00-08.00 น. (วินาที)	เวลา 16.00-18.00 น. (วินาที)
เส้นทางจากชลบุรี	120	120
เส้นทางจากนิคมอมตะนคร	80	80
เส้นทางจากพนัสนิคม	50	60
เส้นทางจากแหลมฉบัง	20	20

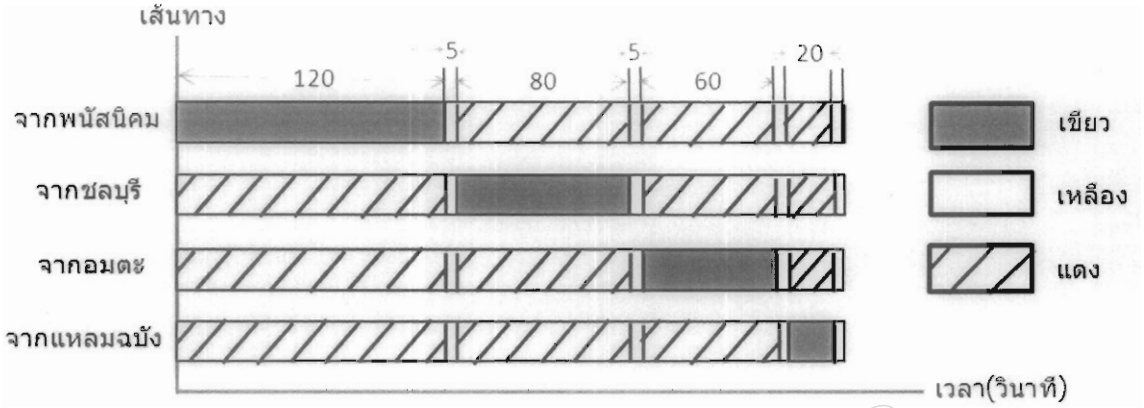
โดยสัญญาณไฟจราจรเริ่มจากเส้นทางพนัสนิคม เส้นทางจากชลบุรี เส้นทางจากนิคมอมตะนคร และเส้นทางจากแหลมฉบัง ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.2 ลำดับการเปลี่ยนสัญญาณไฟจราจรบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ

ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.3 ลำดับการเปลี่ยนสัญญาณไฟจราจรบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

จากรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 ช่องสีเขียวหมายถึงเวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียวของแต่ละสี่แยกไฟแดง ช่องว่างหมายถึงเวลาการทำงานของสัญญาณไฟเหลืองของแต่ละสี่แยก ช่องลายขวางหมายถึงเวลาการทำงานของสัญญาณไฟแดงของแต่ละสี่แยกไฟแดง

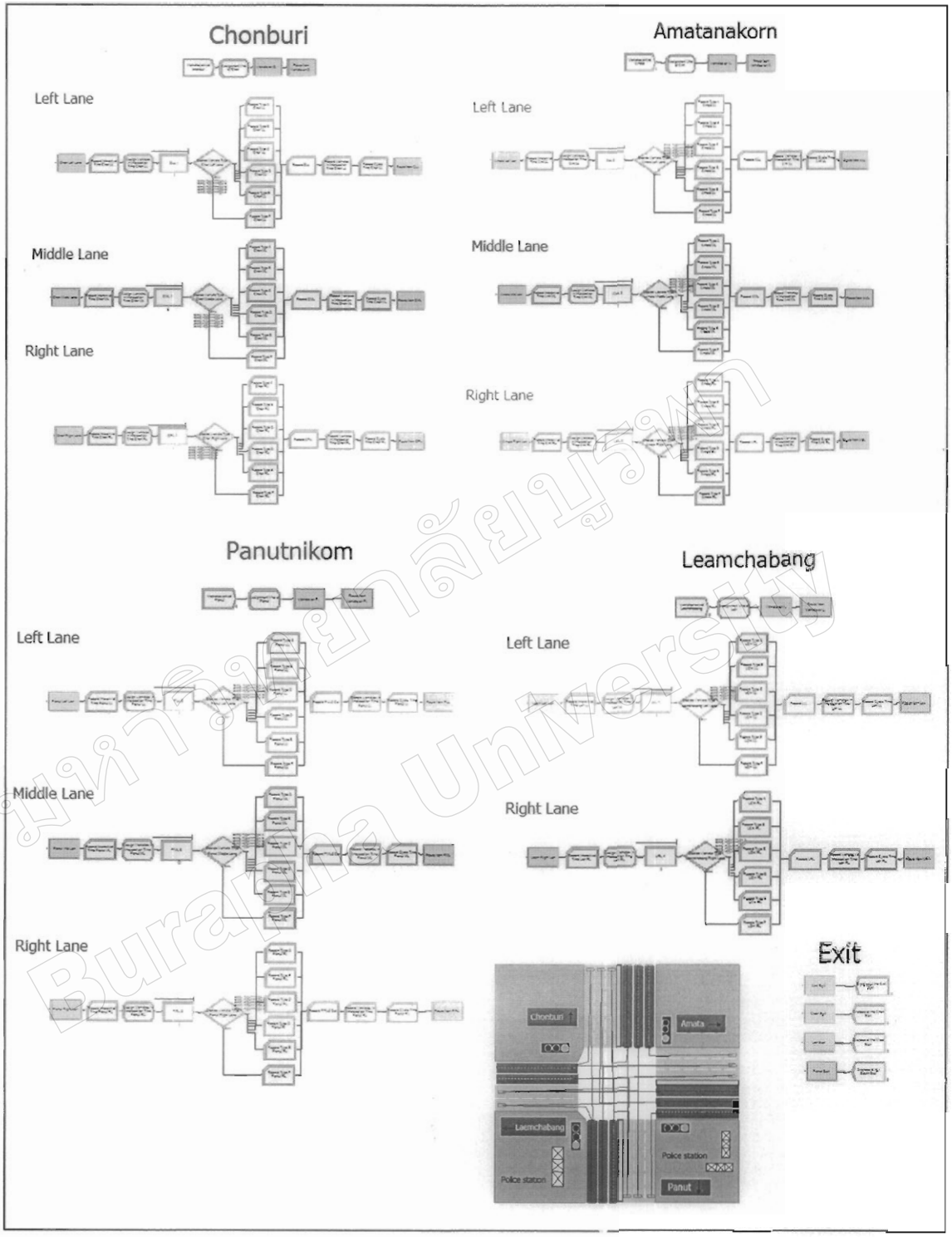
4.2 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การสร้างแบบจำลองสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ ได้นำข้อมูลเบื้องต้นที่ได้ทำการศึกษา ได้แก่ เส้นทางจากเมืองชลบุรีเส้นทางจากนิคมอมตะนครเส้นทางจากพนัสนิคมเส้นทางจากแหลมฉบังมาทำการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมอารีนา โดยการสร้างแบบจำลองนี้จะแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มโมดูล ดังนี้

1. โมดูลกลุ่มที่ 1 โมดูลเส้นทางจากชลบุรี
2. โมดูลกลุ่มที่ 2 โมดูลเส้นทางจากนิคมอมตะนคร
3. โมดูลกลุ่มที่ 3 โมดูลเส้นทางจากพนัสนิคม
4. โมดูลกลุ่มที่ 4 โมดูลเส้นทางจากแหลมฉบัง
5. โมดูลกลุ่มที่ 5 โมดูลทางออก

ภาพรวมของแบบจำลองสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อที่สร้างด้วยโปรแกรมอารีนา แสดงดังรูปที่ 4.4

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.4 แบบจำลองคอมพิวเตอร์ที่สร้างด้วยโปรแกรมอารีนาของระบบควบคุมการจราจรสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ จังหวัดชลบุรี

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1. โมดูลกลุ่มที่ 1 โมดูลเส้นทางจากชลบุรี

การสร้างแบบจำลองโมดูลเส้นทางจากชลบุรี จำเป็นต้องมีข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์โดยตารางที่ 4.11 ถึงตารางที่ 4.14 เป็นข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของสี่แยกชลบุรี

ตารางที่ 4.11 สัดส่วนของรถแต่ละประเภท เส้นทางจากชลบุรี (%)

ประเภท(%) / ช่วงเวลา	รถสองล้อ	รถสามล้อ	รถสี่ล้อ	รถหกล้อ	รถสิบล้อ	รถสิบล้อขึ้นไป
06.00-08.00น.	28.19	0.22	64.90	5.38	0.71	0.61
16.00-18.00น.	17.12	0.23	75.07	4.00	1.13	2.45

ตารางที่ 4.12 การแจกแจงเวลาการมาถึงของรถ เส้นทางจากชลบุรี

ช่วงเวลาการมาถึงของรถ	เวลา 06.00-08.00 น.	เวลา 16.00-18.00 น.
เส้นทางจากชลบุรี	-0.5 + LOGN(2.12, 2.22)	-0.5 + LOGN(2.48, 2.87)

ตารางที่ 4.13 สัดส่วนทิศทางการเดินรถ เส้นทางจากชลบุรี

สัดส่วน (%) / ช่วงเวลา	ทางเดินช่องซ้าย		ทางเดินช่องกลาง		ทางเดินช่องขวา		
	เลี้ยวซ้าย	ตรง	ตรง	เลี้ยวขวา	ตรง	เลี้ยวขวา	กลับรถ
06.00-08.00น.	34.36	-	39.54	-	18.13	6.74	1.24
16.00-18.00น.	35.38	-	36.02	-	20.99	5.97	1.64

ตารางที่ 4.14 เวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียว เส้นทางจากชลบุรี

สี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ	เวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียว	
	เวลา 06.00-08.00 น. (วินาที)	เวลา 16.00-18.00 น. (วินาที)
เส้นทางจากชลบุรี	80	80

จากตารางที่ 4.11 ถึงตารางที่ 4.12 เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ต้องใช้ในการสร้างแบบจำลองเส้นทางจากเมืองชลบุรี ประกอบไปด้วย สัดส่วนของรถแต่ละประเภท การแจกแจงเวลาการมาถึงของรถ สัดส่วนทิศทางการเดินรถ และเวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียว

2. โมดูลกลุ่มที่ 2 โมดูลเส้นทางจากนิคมอมตะนคร

การสร้างแบบจำลองโมดูลเส้นทางจากนิคมอมตะนครจำเป็นต้องมีข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์โดยตารางที่ 4.15 ถึงตารางที่ 4.18 เป็นข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์สี่แยกนิคมอมตะนคร

ตารางที่ 4.15 สัดส่วนของรถแต่ละประเภท เส้นทางจากนิคมอมตะนคร (%)

ประเภท(%) / ช่วงเวลา	รถสองล้อ	รถสามล้อ	รถสี่ล้อ	รถหกล้อ	รถสิบล้อ	รถสิบล้อขึ้นไป
06.00-08.00น.	22.31	0.06	70.91	3.42	0.73	2.58
16.00-18.00น.	20.69	0.21	68.85	4.29	1.35	3.62

ตารางที่ 4.16 การแจกแจงเวลาการมาถึง เส้นทางจากนิคมอมตะนคร

ช่วงเวลาการมาถึงของรถ	เวลา 06.00-08.00 น.	เวลา 16.00-18.00 น.
เส้นจากนิคมอมตะนคร	-0.5 + LOGN(4.42, 5.06)	-0.5 + LOGN(3.22, 3.62)

ตารางที่ 4.17 สัดส่วนทิศทางการเดินรถ เส้นทางจากนิคมอมตะนคร

สัดส่วน (%) / ช่วงเวลา	ทางเดินช่องซ้าย		ทางเดินช่องกลาง		ทางเดินช่องขวา		
	เลี้ยวซ้าย	ตรง	ตรง	เลี้ยวขวา	ตรง	เลี้ยวขวา	กลับรถ
06.00-08.00น.	57.65	-	4.11	19.53	-	17.89	0.82
16.00-18.00น.	40.71	-	5.13	25.71	-	27.98	0.46

ตารางที่ 4.18 เวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียว เส้นทางจากนิคมอมตะนคร

สี่แยกไฟแดงตอนหัวพ่อ	เวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียว	
	เวลา 06.00-08.00 น. (วินาที)	เวลา 16.00-18.00 น. (วินาที)
เส้นทางจากนิคมอมตะนคร	50	60

จากตารางที่ 4.15 ถึงตารางที่ 4.16 เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ต้องใช้ในการสร้างแบบจำลองเส้นทางจากนิคมอมตะนครประกอบไปด้วย สัดส่วนของรถแต่ละประเภท การแจกแจงเวลาการมาถึงของรถ สัดส่วนทิศทางการเดินรถ และเวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียว

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. โมดูลกลุ่มที่ 3 โมดูลเส้นทางจากพนัสนิคม

การสร้างแบบจำลองโมดูลเส้นทางจากพนัสนิคมจำเป็นต้องมีข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์โดยตารางที่ 4.19 ถึงตารางที่ 4.22 เป็นข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์เส้นทางจากพนัสนิคม

ตารางที่ 4.19 สัดส่วนของรถแต่ละประเภท เส้นทางจากพนัสนิคม (%)

ประเภท(%) / ช่วงเวลา	รถสองล้อ	รถสามล้อ	รถสี่ล้อ	รถหกล้อ	รถสิบล้อ	รถสิบล้อขึ้นไป
06.00-08.00น.	25.93	0.02	66.46	3.22	3.56	0.80
16.00-18.00น.	11.01	0.08	74.80	2.94	8.26	2.91

ตารางที่ 4.20 การแจกแจงเวลาการมาถึงของรถ เส้นทางจากพนัสนิคม

ช่วงเวลาการมาถึงของรถ	เวลา 06.00-08.00 น.	เวลา 16.00-18.00 น.
เส้นทางจากพนัสนิคม	-0.5 + LOGN(2.18, 2.03)	-0.5 + LOGN(2.38, 2.29)

ตารางที่ 4.21 สัดส่วนทิศทางการเดินรถ เส้นทางจากพนัสนิคม

สัดส่วน (%) / ช่วงเวลา	ทางเดินซ่องซ้าย		ทางเดินซ่องกลาง		ทางเดินซ่องขวา		
	เลี้ยวซ้าย	ตรง	ตรง	เลี้ยวขวา	ตรง	เลี้ยวขวา	กลับรถ
06.00-08.00น.	0.89	37.51	15.76	19.92	-	25.79	0.11
16.00-18.00น.	0.38	28.22	25.56	21.19	-	24.18	0.47

ตารางที่ 4.22 เวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียว เส้นทางจากพนัสนิคม

สี่แยกไฟแดงตอนหัวพ่อ	เวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียว	
	เวลา 06.00-08 00 น (วินาที)	เวลา 16.00-18.00 น. (วินาที)
เส้นทางจากพนัสนิคม	120	120

จากตารางที่ 4.19 ถึงตารางที่ 4.22 เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ต้องใช้ในการสร้างแบบจำลองเส้นทางจากพนัสนิคมประกอบไปด้วย สัดส่วนของรถแต่ละประเภท การแจกแจงเวลาการมาถึงของรถ สัดส่วนทิศทางการเดินรถ และเวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียว

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4. โมดูลกลุ่มที่ 4 โมดูลเส้นทางจากแหลมฉบัง

การสร้างแบบจำลองโมดูลเส้นทางจากแหลมฉบังจำเป็นต้องมีข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์โดยตารางที่ 4.23 ถึงตารางที่ 4.26 เป็นข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์เส้นทางแหลมฉบัง

ตารางที่ 4.23 สัดส่วนของรถแต่ละประเภท เส้นทางจากแหลมฉบัง (%)

ประเภท(%) / ช่วงเวลา	รถสองล้อ	รถสามล้อ	รถสี่ล้อ	รถหกล้อ	รถสิบล้อ	รถสิบล้อขึ้นไป
06.00-08.00 น.	43.71	0.26	53.29	2.54	0.16	0.05
16.00-18.00 น.	28.96	0.86	61.20	8.13	0.57	0.29

ตารางที่ 4.24 การแจกแจงเวลาการมาถึงของรถ เส้นทางจากแหลมฉบัง

ช่วงเวลาการมาถึงของรถ	เวลา 06.00-08 00 น	เวลา 16.00-18.00 น.
เส้นทางจากแหลมฉบัง	-0.5 + LOGN(4.55, 5.47)	-0.5 + LOGN(10.2, 15.6)

ตารางที่ 4.25 สัดส่วนทิศทางการเดินรถ เส้นทางจากแหลมฉบัง

สัดส่วน (%) / ช่วงเวลา	ทางเดินช่องซ้าย		ทางเดินช่องกลาง		ทางเดินช่องขวา		
	เลี้ยวซ้าย	ตรง	ตรง	เลี้ยวขวา	ตรง	เลี้ยวขวา	กลับรถ
06.00-08.00น.	10.31	46.92	-	-	5.87	37.90	-
16.00-18.00น.	17.31	46.92	-	-	5.44	30.33	-

ตารางที่ 4.26 เวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียว เส้นทางจากแหลมฉบัง

สี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ	เวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียว	
	เวลา 06.00-08.00 น. (วินาที)	เวลา 16.00-18.00 น. (วินาที)
เส้นทางจากแหลมฉบัง	20	20

จากตารางที่ 2.23 ถึงตารางที่ 2.26 เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ต้องใช้ในการสร้างแบบจำลองเส้นทางจากแหลมฉบังประกอบไปด้วย สัดส่วนของรถแต่ละประเภท การแจกแจงเวลาการมาถึงของรถ สัดส่วนทิศทางการเดินรถ และเวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียว

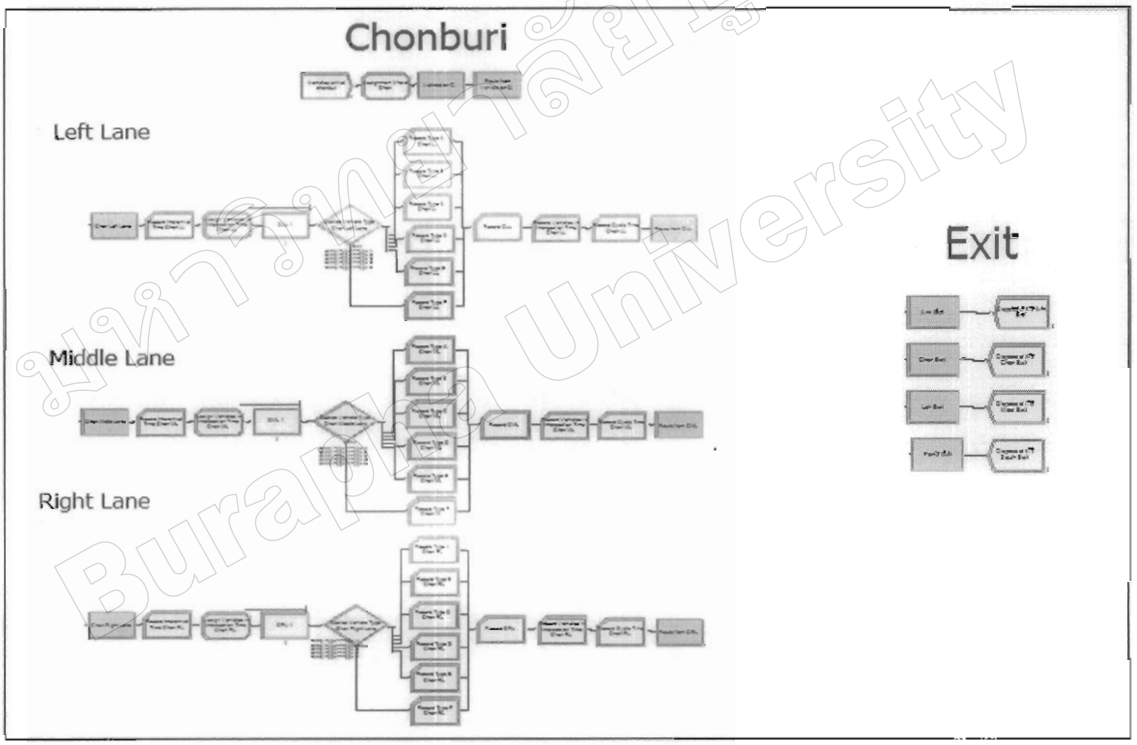
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

5. โมดูลกลุ่มที่ 5 โมดูลทางออก

มีเส้นทางออกทั้งหมด 4 เส้นทาง ได้แก่ ทางออกมุ่งหน้าไปชลบุรี ทางออกมุ่งหน้าไปนิคมอมตะนคร ทางออกมุ่งหน้าไปพนัสนิคม และทางออกมุ่งหน้าไปแหลมฉบัง

4.2.1 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองเส้นทางจากชลบุรี

การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์จะยกตัวอย่าง 1 แยกสี่แยกไฟแดง เนื่องจากวิธีการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของแต่ละสี่แยกจะคล้ายคลึงกัน ต่างกันเพียงค่าที่ใช้ในการรันแบบจำลองและจะแสดงรายละเอียดในการสร้างเพียง 1 ช่องทางของสี่แยกนั้นๆ ในที่นี้จะยกตัวอย่างแบบจำลองเส้นทางจากชลบุรี ดังรูปที่ 4.5 ในการแสดงภาพแบบจำลองสี่แยกชลบุรี



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างแบบจำลองสถานการณ์เส้นทางชลบุรี

ขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองจะแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนหลัก คือ

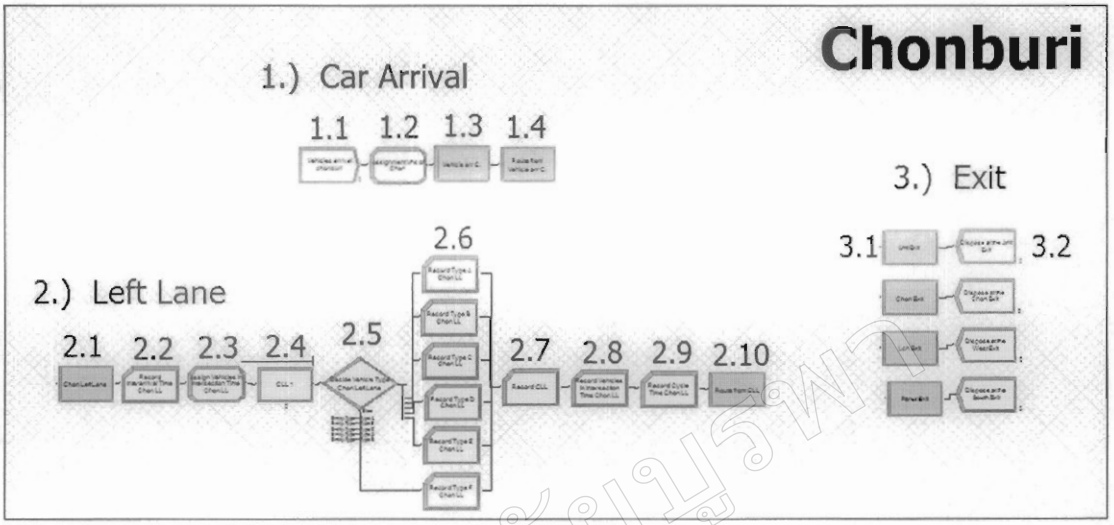
1) กระบวนการสร้างขาเข้า

2) กระบวนการสร้างช่องทางการเดินรถ

3) กระบวนการสร้างแบบจำลองโมดูลทางออก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

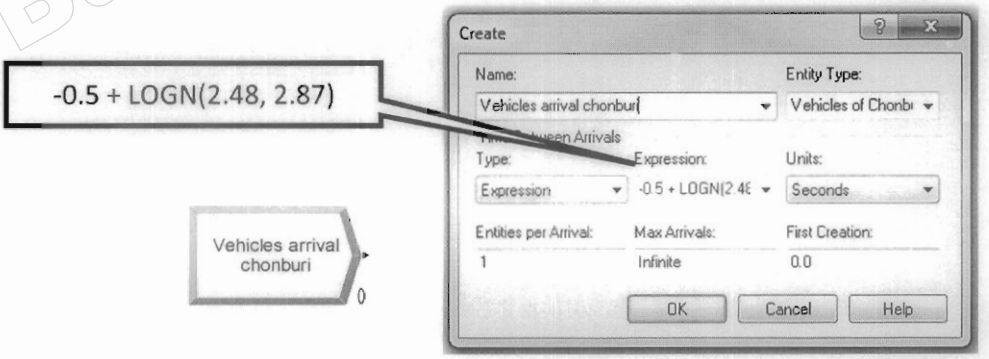
ขั้นตอนหลักในแต่ละขั้นตอนมีตอนย่อยดังรูปที่ 4.6 ซึ่งในแต่ละขั้นตอนจะกล่าวถึงในลำดับถัดไป



รูปที่ 4.6 ตัวอย่างแผนภาพกระบวนการสร้างช่องทางเดินรถ

4.2.1.1 กระบวนการสร้างขาเข้า

1. ครีเอตโมดูล (Create Module) ตั้งชื่อว่า "Vehicles arrival chonburi" เพื่อสร้างวัตถุชื่อ "Vehicles of Chonburi" เข้ามาในระบบ ป้อนค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลช่วงเวลาการมาถึงของยานพาหนะเป็นแบบLOGNORMAL หน่วยเป็น วินาที จำนวนที่เข้ามาในแต่ละครั้งเป็น 1 คัน โดยไม่จำกัดจำนวนรถ ดังรูปที่ 4.7 และรายละเอียดข้อมูลที่กำหนดค่าในครีเอตโมดูลแสดงดังตารางที่ 4.27



รูปที่ 4.7 ตัวอย่างการกำหนดค่าลงครีเอตโมดูล สำหรับสร้างวัตถุให้เข้าระบบ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.27 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อสร้างวัตถุเข้ามาในระบบ

เส้นทาง	คุณลักษณะ	ช่วงเวลา	
		06.00-08.00 น.	16.00-18.00 น.
จากชลบุรี	Name	Vehicles arrival chonburi	Vehicles arrival chonburi
	Entity Type	Vehicles of Chonburi	Vehicles of Chonburi
	Expression	-0.5 + LOGN(2.12, 2.22)	-0.5 + LOGN(2.48, 2.87)
จากนิคมอมตะนคร	Name	Vehicles arrival Amata	Vehicles arrival Amata
	Entity Type	Vehicles of Amata	Vehicles of Amata
	Expression	-0.5 + LOGN(4.42, 5.06)	-0.5 + LOGN(3.22, 3.62)
จากพนัสนิคม	Name	Vehicles arrival Panut	Vehicles arrival Panut
	Entity Type	Vehicle of Panut	Vehicle of Panut
	Expression	-0.5 + LOGN(2.18, 2.03)	-0.5 + LOGN(2.38, 2.29)
จากแหลมฉบัง	Name	VehiclesarrivalLeamchabang	Vehicles arrival Leamchabang
	Entity Type	Vehicle of Leamchabang	Vehicle of Leamchabang
	Expression	-0.5 + LOGN(4.55, 5.47)	-0.5 + LOGN(10.2, 15.6)

2. สร้างแอสไซน์โมดูล (Assign Module) ต่อจากโมดูลชื่อ “Vehicles arrival chonburi” เพื่อกำหนดคุณสมบัติของรูปภาพและการแจกแจงสัดส่วนของประเภทของวัตถุ(Entity)ที่เข้ามา ตั้งชื่อเป็น “Assignment Vhc of Chon”มีการสร้างคุณสมบัติ (Attribute) ของวัตถุ 4 ฟังก์ชัน คือ ฟังก์ชันที่ 1 เพื่อแบ่งสัดส่วนประเภทของยานพาหนะ โดยการแจกแจงนี้มีชื่อว่า “Chon1” ฟังก์ชันที่ 2 เพื่อแบ่งสัดส่วนการเลี้ยวของยานพาหนะ โดยฟังก์ชันนี้มีชื่อว่า “Chon2” ฟังก์ชันที่ 3 เป็นการกำหนดประเภทของยานพาหนะ ฟังก์ชันที่ 4 เป็นการแจกแจงเพื่อสร้างคุณสมบัติของรูปภาพและทิศทางการเลี้ยวของยานพาหนะ ฟังก์ชันที่ 5 เป็นการแจกแจงทิศทางการไหลของยานพาหนะดังรูปที่ 4.8 และรายละเอียดข้อมูลที่กำหนดค่าในแอสไซน์โมดูล แสดงดังตารางที่ 4.28

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ 4.8 ตัวอย่างการกำหนดค่าลงแอสไซน์โมดูล สำหรับกำหนดคุณสมบัติยานพาหนะ

ตารางที่ 4.28 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อกำหนดคุณสมบัติให้ยานพาหนะ

เส้นทาง	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากชลบุรี	Name	Assignment Vhc of Chon
	Assignments 06.00-08.00 น.	1. Attibute, Chon 1,DISC(0.282,1,0.284,2, 0.933,3,0.987,4,0.994,5,1,6) 2. Attibute,Chon2,DISC(0.344,1,0.739,2, 0.920,3,0.988,4,1,5) 3. Attibute,Entity.Type,VehicleType(Chon 1) 4. Attibute, Entity.Picture, AmtPic(Chon 1) 5. Attibute, Entity.Sequence, AmtSqn(Chon 2)
	Assignments 16.00-18.00 น.	1. Attibute,Chon 1, DISC(0.171,1,0.173,2, 0.924,3,0.964,4,0.975,5,1,6) 2.Attibute, Chon 2, DISC(0.354,1,0.714,2, 0.924,3,0.984,4,1,5) 3. Attibute,Entity.Type,VehicleType(Chon 1) 4. Attibute, Entity.Picture, AmtPic(Chon 1) 5. Attibute, Entity.Sequence, AmtSqn(Chon 2)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.28 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อกำหนดคุณสมบัติให้ยานพาหนะ (ต่อ)

เส้นทาง	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากนิคมอมตะนคร	Name	Assignment Vhc of Amata
	Assignments 06.00-08.00 น.	1. Attibute,Amt1,DISC(0.223,1,0.224,2,0.933,3, 0.967,4,0.974,5,1,6) 2. Attibute, Amt1, DISC(0.576,1,0.618,2,0.813, 3,0.992,4,1,5) 3. Attibute,Entity.Type,VehicleType(Amt 1) 4. Attibute, Entity.Picture, AmtPic(Amt 1) 5. Attibute, Entity.Sequence, AmtSqn(Amt 2)
	Assignments 16.00-18.00 น.	1.Attibute,Amt1,DISC(0.207,1,0.209,2,0.907,3, 0.950,4,0.964,5,1,6) 2.Attibute,Amt1,DISC(0.407,1,0.458,2,0.716, 3,0.995,4,1,5) 3. Attibute,Entity.Type,VehicleType(Amt 1) 4. Attibute, Entity.Picture, AmtPic(Amt 1) 5. Attibute, Entity.Sequence, AmtSqn(Amt 2)
จากพนัสนิคม	Name	Assignment Vhc of Panut
	Assignments 06.00-08.00 น.	1. Attibute,Pnt1, DISC(0.259,1,0.260,2, 0.924,3,0.956,4,0.992,5,1,6) 2. Attibute,Pnt1, DISC(0.009,1,0.384,2,0.542, 3,0.741,4,0 997,5,1,6) 3. Attibute,Entity.Type,VehicleType(Pnt1) 4. Attibute, Entity.Picture, AmtPic(Pnt1) 5. Attibute, Entity.Sequence, AmtSqn(Pnt 2)

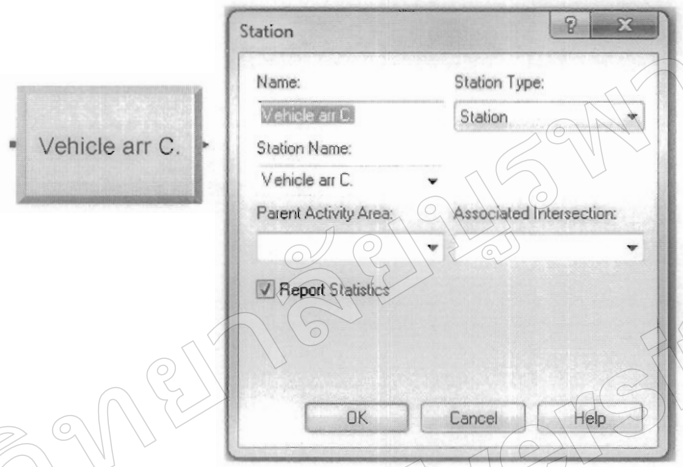
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.28 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อกำหนดคุณสมบัติให้ยานพาหนะ (ต่อ)

เส้นทาง	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากพนัสนิคม	Name	Assignment Vhc of Panut
	Assignments 16.00-18.00 น.	1.Attibute,Pnt1,DISC(0.110,1,0.111,2, 0.859,3,0.888,4,0.971,5,1,6) 2.Attibute,Pnt1,DISC(0.004,1,0.286,2,0.542,3, 0.753,4,0.995,5,1,6) 3. Attibute,Entity.Type,VehicleType(Pnt 1) 4. Attibute, Entity.Picture, AmtPic(Pnt 1) 5. Attibute, Entity.Sequence, AmtSqn(Pnt 2)
จากแหลมฉบัง	Name	Assignment Vhc of Lch
	Assignments 06.00-08.00 น.	1 .Attibute,Lcb1, DISC(0.437,1,0.440,2,0.973,3, 0.998,4,0.999,5,1,6) 2. Attibute, Lcb1, DISC(0.103,1,0.572,2,0.631,3,1,4) 3. Attibute,Entity.Type,VehicleType(Lcb 1) 4. Attibute, Entity.Picture, AmtPic(Lcb 1) 5. Attibute, Entity.Sequence, AmtSqn(Lcb 2)
	Assignments 16.00-18.00 น.	1. Attibute,Lcb1,DISC(0.290,1,0.298,2,0.910, 3,0.991,4,0.997,5,1,6) 2. Attibute, Lcb1,DISC(0.173,1,0.642,2,0.697,3,1,4) 3. Attibute,Entity.Type,VehicleType(Lcb 1) 4. Attibute, Entity.Picture, AmtPic(Lcb 1) 5. Attibute, Entity.Sequence, AmtSqn(Lcb 2)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. สร้างสเตชั่นโมดูล (Station Module) ต่อจากโมดูลชื่อ "Assignment Vhc of Chon" เพื่อทำหน้าที่แสดงตำแหน่งที่ยานพาหนะเข้ามาถึงสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ ตั้งชื่อเป็น "Vehicle arr C." ทำหน้าที่เป็นสถานีชื่อ "Vehicle arrC." เลือกประเภทของสถานีงานเป็นแบบสถานี (Station) ตั้งชื่อให้สถานีเพื่อระบุชื่อสถานีที่ยานพาหนะมาถึงเป็นชื่อ "Vehicle arr C." ดังรูปที่ 4.9 และรายละเอียดข้อมูลที่กำหนดค่าในสเตชั่นโมดูล แสดงดังตารางที่ 4.29



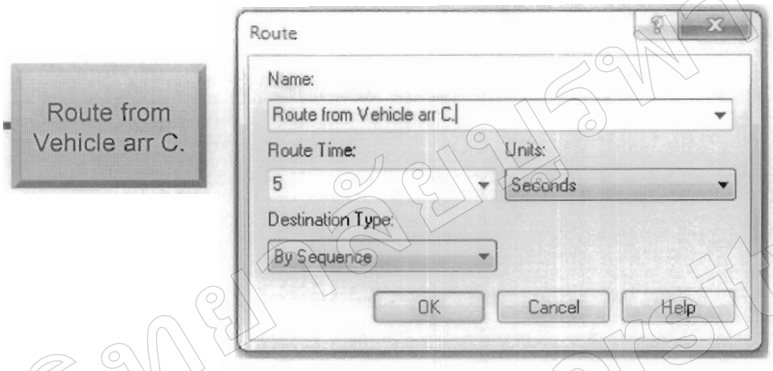
ดังรูปที่ 4.9 ตัวอย่างการกำหนดค่าสเตชั่นโมดูล สำหรับแสดงตำแหน่งภาพเคลื่อนไหว

ตารางที่ 4.29 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อแสดงตำแหน่งในภาพเคลื่อนไหว

เส้นทาง	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากชลบุรี	Name	Vehicles arr C.
	Station Name	Vehicles arr C.
จากนิคมอมตะนคร	Name	Vehicles arr A.
	Station Name	Vehicles arr A.
จากพนัสนิคม	Name	Vehicle arr P.
	Station Name	Vehicles arr P.
จากแหลมฉบัง	Name	Vehicles arr L.
	Station Name	Vehicles arr L.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4. สร้างรูทโมดูล (Route Module) ต่อจากโมดูลชื่อ "Vehicle arr C." เพื่อทำหน้าที่ขนย้ายยานพาหนะที่มาถึงสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อไปยังจุดหมายปลายทางคือ ช่องทางเดินรถทั้ง 3 ช่องทาง ตั้งชื่อเป็น "Route from Vehicle arr C." ไปยังปลายทางที่กำหนดด้วยเวลา 5 วินาที เลือกรูปแบบการขนย้ายเป็นแบบประเภทระบุสถานีปลายทางตามลำดับใน "Sequence Spreadsheet Module" กำหนดค่าดังรูปที่ 4.10 และรายละเอียดข้อมูลที่กำหนดค่าในรูทโมดูลแสดงดังตารางที่ 4.30



รูปที่ 4.10 ตัวอย่างการกำหนดค่ารูทโมดูล สำหรับขนย้ายยานพาหนะกระบวนขาเข้า

ตารางที่ 4.30 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อทำหน้าที่ขนย้ายวัตถุ

เส้นทาง	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากชลบุรี	Name	Route from vehicles arr C.
	Route Time	5 Seconds
	Destination Type	By Sequence
จากนิคมอมตะนคร	Name	Route from vehicles arr A.
	Route Time	5 Seconds
	Destination Type	By Sequence
จากพนัสนิคม	Name	Route from Vehicle arr P.
	Route Time	5 Seconds
	Destination Type	By Sequence
จากแหลมฉบัง	Name	Route from Vehicle arr L.
	Route Time	5 Seconds
	Destination Type	By Sequence

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4.2.1.2 กระบวนการสร้างช่องทางการเดินรถ

1. สร้างโดยใช้สเตชั่นโมดูล โดยตั้งชื่อเป็น “Chon Left Lane.” ทำหน้าที่เป็นสถานีชื่อ “Chon Left Lane”เลือกประเภทของสถานีงานเป็นแบบ Station ตั้งชื่อให้สถานีเพื่อระบุชื่อสถานีที่ยานพาหนะมาถึงเป็นชื่อ “Chon Left Lane”กำหนดค่าดังรูปที่ 4.11 และรายละเอียดข้อมูลที่กำหนดค่าในสเตชั่นโมดูล แสดงดังตารางที่ 4.31

รูปที่ 4.11 ตัวอย่างการกำหนดค่าลงสเตชั่นโมดูลช่องทางเดินรถ
สำหรับแสดงตำแหน่งภาพเคลื่อนไหว

ตารางที่ 4.31 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อแสดงตำแหน่งในภาพเคลื่อนไหว

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากชลบุรี	ช่องซ้าย	Name	Chon Left Lane
		Station Name	Chon Left Lane
	ช่องกลาง	Name	Chon Mid Lane
		Station Name	Chon Mid Lane
	ช่องขวา	Name	Chon Right Lane
		Station Name	Chon Right Lane
จากนิคมอมตะนคร	ช่องซ้าย	Name	Amata Left Lane
		Station Name	Amata Left Lane
	ช่องกลาง	Name	Amata Mid Lane
		Station Name	Amata Mid Lane
	ช่องขวา	Name	Amata Right Lane
		Station Name	Amata Right Lane

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.31 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทางเพื่อแสดงตำแหน่งในภาพเคลื่อนไหว (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากพนัสนิคม	ช่องซ้าย	Name	Panut Left Len
		Station Name	Panut Left Len
	ช่องกลาง	Name	Panut Mid Lane
		Station Name	Panut Mid Lane
	ช่องขวา	Name	Panut Right Lane
		Station Name	Panut Right Lane
จากแหลมฉบัง	ช่องซ้าย	Name	Leam Left Len
		Station Name	Leam Left Len
	ช่องขวา	Name	Leam Right Lane
		Station Name	Leam Right Lane

2. สร้างเรคคอร์ดโมดูล (Record Module) ทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลทางสถิติในแบบจำลอง ประเภทของสถิติที่ต้องการบันทึกเป็นแบบ Time Between เพื่อบันทึกระยะห่างของเวลาระหว่างรถแต่ละคันที่เข้ามา ตั้งชื่อที่ใช้บันทึกผลชื่อ "Record Interarrival Time Chon LL" กำหนดค่าดังรูปที่ 4.12 และรายละเอียดข้อมูลที่กำหนดค่าในเรคคอร์ดโมดูล แสดงดังตารางที่ 4.32

รูปที่ 4.12 ตัวอย่างการกำหนดค่าลงเรคคอร์ดโมดูล
สำหรับบันทึกระยะห่างเวลารถแต่ละคัน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.32 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อบันทึกระยะห่างของเวลาระหว่างรถแต่ละคันที่เข้ามา

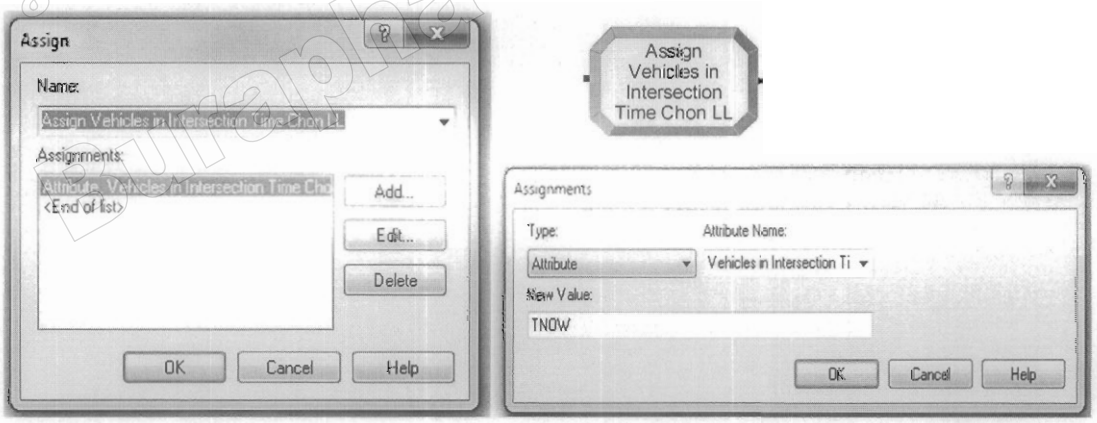
เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากชลบุรี	ช่องซ้าย	Name	Record Interarrival Time Chon LL
		Type	Time Between
		Tally Name	Record Interarrival Time Chon LL
	ช่องกลาง	Name	Record Interarrival Time Chon ML
		Type	Time Between
		Tally Name	Record Interarrival Time Chon ML
	ช่องขวา	Name	Record Interarrival Time Chon RL
		Type	Time Between
		Tally Name	Record Interarrival Time Chon RL
จากนิคมอมตะนคร	ช่องซ้าย	Name	Record Interarrival Time Amt LL
		Type	Time Between
		Tally Name	Record Interarrival Time Amt LL
	ช่องกลาง	Name	Record Interarrival Time Amt ML
		Type	Time Between
		Tally Name	Record Interarrival Time Amt ML
	ช่องขวา	Name	Record Interarrival Time Amt RL
		Type	Time Between
		Tally Name	Record Interarrival Time Amt RL
จากพนัสนิคม	ช่องซ้าย	Name	Record Interarrival Time Pnt LL
		Type	Time Between
		Tally Name	Record Interarrival Time Pnt LL
	ช่องกลาง	Name	Record Interarrival Time Pnt ML
		Type	Time Between
		Tally Name	Record Interarrival Time Pnt ML
	ช่องขวา	Name	Record Interarrival Time Pnt RL
		Type	Time Between
		Tally Name	Record Interarrival Time Pnt RL

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.32 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อบันทึกระยะห่างของเวลาระหว่างรถแต่ละคันที่เข้ามา (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากแหลมฉบัง	ช่องซ้าย	Name	Record Interarrival Time Lch LL
		Type	Time Between
		Tally Name	Record Interarrival Time Lch LL
	ช่องขวา	Name	Record Interarrival Time Lch RL
		Type	Time Between
		Tally Name	Record Interarrival Time Lch RL

3. สร้างแอสไซน์โมดูลใส่คุณสมบัติให้รถเพื่อบันทึกค่าเวลาเริ่มต้นเมื่อรถเริ่มเข้ามาในช่องทางเดินรถโดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติให้กับรถ 1 คุณสมบัติชื่อ “Vehicles in Intersection Time Chon LL” ให้ค่า TNOW ใช้เก็บเวลาปัจจุบันขณะที่รถเข้าสู่โมดูลนี้เพื่อคำนวณเวลาการอยู่ในระบบของรถแต่ละคันในภายหลังกำหนดค่าดังรูปที่ 4.13 และรายละเอียดข้อมูลที่กำหนดค่าในแอสไซน์โมดูลแสดงดังตารางที่ 4.33



รูปที่ 4.13 ตัวอย่างการกำหนดค่าลงแอสไซน์โมดูล
สำหรับบันทึกค่าเวลาเริ่มต้น

ตารางที่ 4.33 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อกำหนดคุณสมบัติให้รถในการบันทึกค่าเวลาเริ่มต้นที่เข้าสู่ช่องทางการเดินรถ

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากชลบุรี	ช่องซ้าย	Name	Assign Vehicles in Intersection Time Chon LL
		Assignments	Attibute,Vehicles in Intersection Time Chon LL,TNOW
	ช่องกลาง	Name	Assign Vehicles in Intersection TimeChonML
		Assignments	Attibute,Vehicles in Intersection TimeChonML,TNOW
	ช่องขวา	Name	Assign Vehicles in Intersection Time Chon RL
		Assignments	Attibute,Vehicles in Intersection Time Chon RL,TNOW
จากนิคมอมตะนคร	ช่องซ้าย	Name	Assign Vehicles in Intersection Time Amt LL
		Assignments	Attibute,Vehicles in Intersection Time Amt LL,TNOW
	ช่องกลาง	Name	Assign Vehicles in Intersection Time Amt ML
		Assignments	Attibute,Vehicles in Intersection Time Amt ML,TNOW
	ช่องขวา	Name	Assign Vehicles in Intersection Time Amt RL
		Assignments	Attibute,Vehicles in Intersection Time Amt RL,TNOW

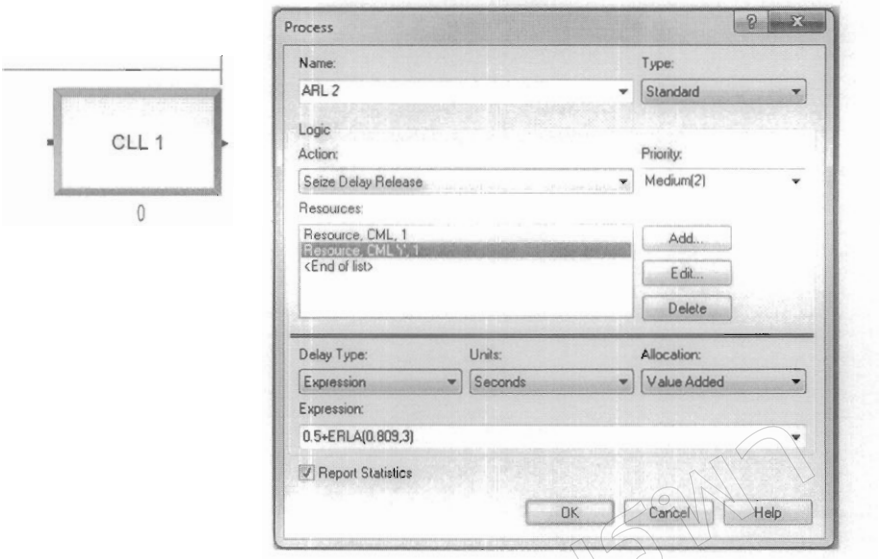
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.33 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อกำหนดคุณสมบัติให้รถในการบันทึกค่าเวลาเริ่มต้นที่เข้าสู่ช่องทางการเดินรถ (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากพนัสนิคม	ช่องซ้าย	Name	Assign Vehicles in Intersection Time Panut LL
		Assignments	Attibute,Vehicles in Intersection Time Panut LL,TNOW
	ช่องกลาง	Name	Assign Vehicles in Intersection Time Panut ML
		Assignments	Attibute,Vehicles in Intersection Time Panut ML,TNOW
	ช่องขวา	Name	Assign Vehicles in Intersection Time Panut RL
		Assignments	Attibute,Vehicles in Intersection Time Panut RL,TNOW
จากแหลมฉบัง	ช่องซ้าย	Name	Assign Vehicles in Intersection Time Lch LL
		Assignments	Attibute,Vehicles in Intersection Time Lch LL,TNOW
	ช่องขวา	Name	Assign Vehicles in Intersection Time Lch RL
		Assignments	Attibute,Vehicles in Intersection Time Lch RL,TNOW

4. โพรเซสโมดูล (Process Module) เป็นโมดูลที่ประยุกต์ใช้แทนสัญญาณไฟจราจรด้วยการใส่ Resource Module และ Schedule Moduleแทนการทำงานของไฟจราจรแต่ละแยกโดยให้ Resource Module เป็นสิ่งที่จะกำหนดการเคลื่อนตัวของรถ (ไฟเขียว-ไฟแดง) และให้เวลาการทำงานของ Resource Module เป็นช่วงระยะห่างเวลาการเคลื่อนตัวของรถแต่ละคันกำหนดค่าดังรูปที่ 4.14 และรายละเอียดข้อมูลที่กำหนดค่าในโพรเซสโมดูลแสดงดังตารางที่ 4.34

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.14 ตัวอย่างการกำหนดค่าลงโพรเซสโมดูลใช้แทนสัญญาณไฟจราจร

ตารางที่ 4.34 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทางเพื่อแทนสัญญาณไฟจราจร

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากชลบุรี	ช่องซ้าย	Name	CLL 1
		Action	Seize Delay Release
		Resources	CLL
		Expression	0.5+ERLA(0.809,3)
	ช่องกลาง	Name	CML 1
		Action	Seize Delay Release
		Resources	CML , CML Y
		Expression	0.5+ERLA(0.809,3)
	ช่องขวา	Name	CRL 1
		Action	Seize Delay Release
		Resources	CRL
		Expression	0.5+ERLA(0.809,3)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.34 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทางเพื่อแทนสัญญาณไฟจราจร (ต่อ)

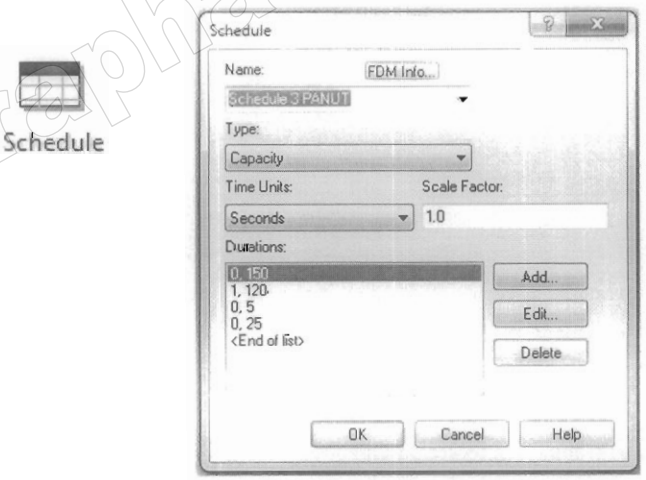
เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากนิคมอมตะนคร	ช่องซ้าย	Name	ALL 2
		Action	Seize Delay Release
		Resources	ALL
		Expression	0.5+ERLA(0.809,3)
	ช่องกลาง	Name	AML 2
		Action	Seize Delay Release
		Resources	AML , AML Y
		Expression	0.5+ERLA(0.809,3)
	ช่องขวา	Name	ARL 2
		Action	Seize Delay Release
		Resources	ARL
		Expression	0.5+ERLA(0.809,3)
จากพนัสนิคม	ช่องซ้าย	Name	PLL 3
		Action	Seize Delay Release
		Resources	PLL
		Expression	0.5+ERLA(0.809,3)
	ช่องกลาง	Name	PML 3
		Action	Seize Delay Release
		Resources	PML , PML Y
		Expression	0.5+ERLA(0.809,3)
	ช่องขวา	Name	PRL 3
		Action	Seize Delay Release
		Resources	PRL
		Expression	0.5+ERLA(0.809,3)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.34 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทางเพื่อแทนสัญญาณไฟจราจร (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทาง	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากแหลมฉบัง	ช่องซ้าย	Name	LLL 4
		Action	Seize Delay Release
		Resources	LLL
		Expression	0.5+ERLA(0.809,3)
	ช่องขวา	Name	LRL 4
		Action	Seize Delay Release
		Resources	LRL , LRL Y
		Expression	0.5+ERLA(0.809,3)

กำหนดตารางการทำงาน (Schedule) จากข้อมูลรอบเวลาไฟแดงในลักษณะของการทำงานของทรัพยากรเป็นไฟเขียว และการไม่ทำงานของทรัพยากรเป็นไฟแดงในทรัพยากรที่ 1 และการทำงานของทรัพยากรเป็นไฟเขียวและไฟแดง และการไม่ทำงานเป็นเหลืองในทรัพยากรที่ 2 ดังรูปที่ 4.15 และรายละเอียดข้อมูลที่กำหนดค่าในตารางการทำงานแสดงดังตารางที่ 4.35



รูปที่ 4.15 ตัวอย่างการกำหนดตารางการทำงานของสัญญาณไฟแดง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.35 การกำหนดเวลาของสัญญาณไฟจราจร

ชื่อตารางเวลาการทำงาน	ทรัพยากรที่ 1	ทรัพยากรที่ 2
Schedule1CHON	0,125	1,125
	1,77.5	1,77.5
	1, 2.5	0,5
	0,95	1,92.5
Schedule 2 AMT	0,210	1,210
	1,57.5	1,57.5
	1,2.5	0,5
	0,30	1,27.5
Schedule 3 PANUT	1,117.5	1,117.5
	1,2 5	0,5
	0,80	1,77.5
Schedule 4 LCH	0,275	1,275
	1,17.5	1,17.5
	1,2.5	0,5
	0,5	1,2.5

จากตารางที่ 4.35 สัญลักษณ์ 0 หมายถึง การไม่ทำงาน สัญลักษณ์ 1 หมายถึง การทำงานตัวเลขต่อท้าย หมายถึง เวลาหน่วยเป็นวินาที เช่น 0,125 หมายถึง ไม่ทำงาน 125 วินาที เป็นต้น

เนื่องจากเวลาของสัญญาณไฟจราจรของแต่ละเส้นทางมีเวลาการทำงานไม่เหมือนกัน จึงต้องกำหนดตารางเวลาการทำงานให้แต่ละแต่ละเส้นทาง แสดงดังรูปที่ 4.16

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

Resource - Basic Process

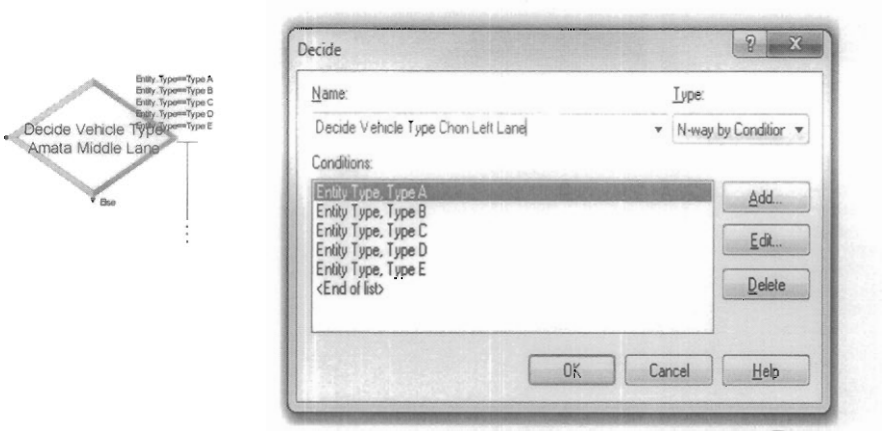
	Name	Type	Capacity	Schedule Name	Schedule Rule	E
1	AML	Based on Schedule	Schedule 2 AMT	Schedule 2 AMT	Ignore	0
2	ARL	Based on Schedule	Schedule 2 AMT	Schedule 2 AMT	Ignore	0
3	PLL	Based on Schedule	Schedule 3 PANUT	Schedule 3 PANUT	Ignore	0
4	PML	Based on Schedule	Schedule 3 PANUT	Schedule 3 PANUT	Ignore	0
5	PRL	Based on Schedule	Schedule 3 PANUT	Schedule 3 PANUT	Ignore	0
6	LLL	Based on Schedule	Schedule 4 LCH	Schedule 4 LCH	Ignore	0
7	LRL	Based on Schedule	Schedule 4 LCH	Schedule 4 LCH	Ignore	0
8	ALL	Fixed Capacity	1	1	Wait	0
9	CL	Fixed Capacity	1	1	Wait	0
10	CM	Based on Schedule	Schedule 1 CHON	Schedule 1 CHON	Ignore	0
11	CR	Based on Schedule	Schedule 1 CHON	Schedule 1 CHON	Ignore	0
12	CM Y	Based on Schedule	Schedule 1 CHON Y	Schedule 1 CHON Y	Ignore	0
13	AM Y	Based on Schedule	Schedule 2 AMT Y	Schedule 2 AMT Y	Ignore	0
14	PM Y	Based on Schedule	Schedule 3 PANUT Y	Schedule 3 PANUT Y	Ignore	0
15	LM Y	Based on Schedule	Schedule 4 LCH Y	Schedule 4 LCH Y	Ignore	0

รูปที่4.16 กำหนดตารางการทำงานให้ทรัพยากรช่องทางเดินรถ

จากรูปที่ 4.16 การกำหนดตารางการทำงานให้กับทรัพยากรแต่ละตัว โดยทัพยากรของเส้นทางจากชลบุรี มีตารางเวลาการทำงาน (Basedon Schedule) ชื่อว่า "Schedule 1 CHON" ยกเว้นช่องทางเดินรถช่องซ้ายที่เป็นแบบ Fixed Capacity เนื่องจากช่องทางเดินรถช่องซ้ายสามารถสัญจรผ่านได้ตลอดเวลา ทรัพยากรของเส้นทางจากนิคมอมตะนคร มีตารางเวลาการทำงานชื่อว่า "Schedule 2 AMT" ยกเว้นช่องทางเดินรถช่องซ้ายเป็นแบบ Fixed Capacity ทรัพยากรของเส้นทางจากพนัสนิคม มีตารางเวลาการทำงานชื่อว่า "Schedule3 PANUT" และทรัพยากรของเส้นทางจากแหลมฉบังมีตารางเวลาการทำงานชื่อว่า "Schedule4 LCH"

5. สร้างดีไซน์โมดูล (Decide Module) เพื่อแยกประเภทของยานพาหนะใช้เกณฑ์ของเงื่อนไขในการตัดสินใจ N ทางเลือก (N-way by Condition) เติมเงื่อนไขลงไปทั้งหมด5 ช่องทางตามประเภทของรถทำให้มีทางออก 6 ช่องทาง ช่องทางที่ 6 เป็นเส้นทางของทุกเงื่อนไขนอกจาก 5 ช่องทางที่เหลือด้านบนกำหนดค่าดังรูปที่ 4.17 และรายละเอียดข้อมูลที่กำหนดค่าในดีไซน์โมดูลแสดงดังตารางที่ 4.36

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.17 ตัวอย่างการกำหนดค่าลงดีไซน์โมดูล สำหรับแยกประเภทยานพาหนะ

ตารางที่ 4.36 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อแยกประเภทของยานพาหนะ

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากชลบุรี	ช่องซ้าย	Name	Decide Vehicle Type Chon Left Lane
		Action	N-way by Condition
		Condition	Entity Type, Type A Entity Type, Type B Entity Type, Type C Entity Type, Type D Entity Type, Type E
	ช่องกลาง	Name	Decide Vehicle Type Chon Middle Lane
		Action	N-way by Condition
		Condition	Entity Type, Type A Entity Type, Type B Entity Type, Type C Entity Type, Type D Entity Type, Type E

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.36 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อแยกประเภทของยานพาหนะ (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากชลบุรี	ช่องขวา	Name	Decide Vehicle Type ChonRight Lane
		Action	N-way by Condition
		Condition	Entity Type, Type A Entity Type, Type B Entity Type, Type C Entity Type, Type D Entity Type, Type E
จากนิคมอมตะนคร	ช่องซ้าย	Name	Decide Vehicle Type Amata Left Lane
		Action	N-way by Condition
		Condition	Entity Type, Type A Entity Type, Type B Entity Type, Type C Entity Type, Type D Entity Type, Type E
	ช่องกลาง	Name	Decide Vehicle Type Amata Middle Lane
		Action	N-way by Condition
		Condition	Entity Type, Type A Entity Type, Type B Entity Type, Type C Entity Type, Type D Entity Type, Type E

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.36 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อแยกประเภทของยานพาหนะ (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากนิคมอมตะนคร	ช่องขวา	Name	Decide Vehicle Type AmataRight Lane
		Action	N-way by Condition
		Condition	Entity Type, Type A
			Entity Type, Type B
			Entity Type, Type C
			Entity Type, Type D
			Entity Type, Type E
จากพนัสนิคม	ช่องซ้าย	Name	Decide Vehicle Type Panut Left Lane
		Action	N-way by Condition
		Condition	Entity Type, Type A
			Entity Type, Type B
			Entity Type, Type C
			Entity Type, Type D
			Entity Type, Type E
	ช่องกลาง	Name	Decide Vehicle Type Panut Middle Lane
		Action	N-way by Condition
		Condition	Entity Type, Type A
			Entity Type, Type B
			Entity Type, Type C
			Entity Type, Type D
			Entity Type, Type E

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.36 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อแยกประเภทของยานพาหนะ (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากพนัสนิคม	ช่องขวา	Name	Decide Vehicle Type Panut Right Lane
		Action	N-way by Condition
		Condition	Entity Type, Type A Entity Type, Type B Entity Type, Type C Entity Type, Type D Entity Type, Type E
จากแหลมฉบัง	ช่องซ้าย	Name	Decide Vehicle Type Leamchabang Left Lane
		Action	N-way by Condition
		Condition	Entity Type, Type A Entity Type, Type B Entity Type, Type C Entity Type, Type D Entity Type, Type E
	ช่องขวา	Name	Decide Vehicle Type Leamchabang Right Lane
		Action	N-way by Condition
		Condition	Entity Type, Type A Entity Type, Type B Entity Type, Type C Entity Type, Type D Entity Type, Type E

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

6. สร้างเรคคอร์ดโมดูลเพื่อทำหน้าที่นับ (Count) จำนวนรถแต่ละประเภทที่เข้ามาแต่ละช่องทางเดินรถ ดังรูปที่ 4.18 และกำหนดรายละเอียดดังตารางที่ 4.37 เหมือนกันทุกช่องทางการเดินรถของแต่ละสี่แยกไฟแดง

รูปที่ 4.18 ตัวอย่างการกำหนดค่าลงเรคคอร์ดโมดูล สำหรับนับจำนวนรถแต่ละประเภท

ตารางที่ 4.37 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อนับจำนวนรถแต่ละประเภท

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากชลบุรี	ช่องซ้าย	Name	Record Type A Chon LL
		Type	Count
		Tally Name	Record Type A Chon LL
		Name	Record Type B Chon LL
		Type	Count
		Tally Name	Record Type B Chon LL
		Name	Record Type C Chon LL
		Type	Count
		Tally Name	Record Type C Chon LL
		Name	Record Type D Chon LL
		Type	Count
		Tally Name	Record Type D Chon LL

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.37 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อนับจำนวนรถแต่ละประเภท (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากชลบุรี	ช่องซ้าย	Name	Record Type E Chon LL
		Type	Count
		Tally Name	Record Type E Chon LL
		Name	Record Type F Chon LL
		Type	Count
		Tally Name	Record Type F Chon LL

7. สร้างเรคคอร์ดโมดูลตั้งชื่อว่า "Record CLL CAR" เพื่อทำหน้าที่นับ (Count) จำนวนรถทุกประเภทรวมกัน ในแต่ละช่องทางเดินรถ ดังรูปที่ 4.19 และรายละเอียดข้อมูลที่กำหนดค่าในดีไซน์โมดูลแสดงดังตารางที่ 4.38

รูปที่ 4.19 ตัวอย่างการกำหนดค่าลงเรคคอร์ดโมดูล สำหรับนับจำนวนรถทั้งหมด

ตารางที่ 4.38 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อนับจำนวนรถทุกประเภทในแต่ละเส้นทาง

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากชลบุรี	ช่องซ้าย	Name	Record CLLCar
		Type	Count
		Counter Name	Record CLLCar

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.38 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อนับจำนวนรถทุกประเภทในแต่ละเส้นทาง (ต่อ)

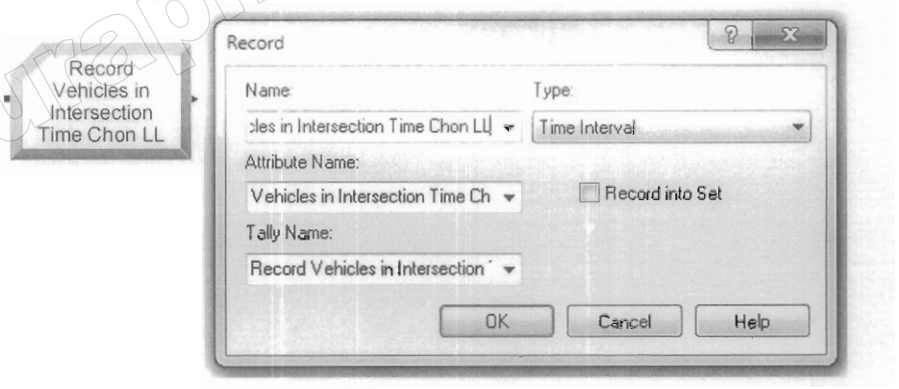
เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากชลบุรี	ช่องกลาง	Name	Record CML Car
		Type	Count
		Counter Name	Record CML Car
	ช่องขวา	Name	Record CRL Car
		Type	Count
		Counter Name	Record CRL Car
จากนิคมอมตะนคร	ช่องซ้าย	Name	Record ALLCar
		Type	Count
		Counter Name	Record ALLCar
	ช่องกลาง	Name	Record AML Car
		Type	Count
		Counter Name	Record AML Car
	ช่องขวา	Name	Record ARL Car
		Type	Count
		Counter Name	Record ARL Car
จากพนัสนิคม	ช่องซ้าย	Name	Record PLL Car
		Type	Count
		Counter Name	Record PLL Car
	ช่องกลาง	Name	Record PML Car
		Type	Count
		Counter Name	Record PML Car
	ช่องขวา	Name	Record PRL Car
		Type	Count
		Counter Name	Record PRL Car

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.38 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อนับจำนวนรถทุกประเภทในแต่ละเส้นทาง (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากแหลมฉบัง	ช่องซ้าย	Name	Record LLL Car
		Type	Count
		Counter Name	Record LLL Car
	ช่องขวา	Name	Record LRL Car
		Type	Count
		Counter Name	Record LRL Car

8. สร้างเรคคอร์ดโมดูลกำหนดให้โมดูลชื่อ "Record Vehicles in Intersection Time Chon LL" เมื่อรถออกผ่านโมดูลนี้จะมีการบันทึกข้อมูลประเภท Time interval เพื่อนับระยะเวลาจากแอสไซน์โมดูลที่มีการนับเวลาตั้งต้นจนมาถึงโมดูลนี้ โดยใช้ คุณสมบัติ (Attribute) เป็นการสื่อถึงเวลาตั้งต้นที่ต้องการในช่อง Attribute Name และ Record Vehicles in Intersection Time Chon LL หมายถึงชื่อของค่า Output ที่ต้องการให้ปรากฏใน result แสดงดังรูปที่ 4.20 และรายละเอียดข้อมูลที่กำหนดค่าในเรคคอร์ดแสดงดังตารางที่ 4.39



รูปที่ 4.20 ตัวอย่างการกำหนดค่าลงเรคคอร์ดโมดูล สำหรับบันทึกเวลารถในไฟแดง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.39 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อบันทึกเวลาที่รถอยู่ในสี่แยกไฟแดง

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากชลบุรี	ช่องซ้าย	Name	Record Vehicles in Intersection Time Chon LL
		Type	Time Interval
		Attribute Name	Vehicles in Intersection Time Chon LL
		Tally Name	Record Vehicles in Intersection Time Chon LL
	ช่องกลาง	Name	Record Vehicles in Intersection Time Chon ML
		Type	Time Interval
		Attribute Name	Vehicles in Intersection Time Chon ML
		Tally Name	Record Vehicles in Intersection Time Chon ML
	ช่องขวา	Name	Record Vehicles in Intersection Time Chon RL
		Type	Time Interval
		Attribute Name	Vehicles in Intersection Time Chon RL
		Tally Name	Record Vehicles in Intersection Time Chon RL
จากนิคมอมตะนคร	ช่องซ้าย	Name	Record Vehicles in Intersection Time Amt LL
		Type	Time Interval
		Attribute Name	Vehicles in Intersection Time Amt LL
		Tally Name	Record Vehicles in Intersection Time Amt LL

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.39 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อบันทึกเวลาที่รถอยู่ในสี่แยกไฟแดง (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากนิคมอมตะนคร	ช่องกลาง	Name	Record Vehicles in Intersection Time Amt ML
		Type	Time Interval
		Attribute Name	Vehicles in Intersection Time Amt ML
		Tally Name	Record Vehicles in Intersection Time Amt ML
	ช่องขวา	Name	Record Vehicles in Intersection Time Amt RL
		Type	Time Interval
		Attribute Name	Vehicles in Intersection Time Amt RL
		Tally Name	Record Vehicles in Intersection Time Amt RL
จากพนัสนิคม	ช่องซ้าย	Name	Record Vehicles in Intersection Time Panut LL
		Type	Time Interval
		Attribute Name	Vehicles in Intersection Time Panut LL
		Tally Name	Record Vehicles in Intersection Time Panut LL
	ช่องกลาง	Name	Record Vehicles in Intersection Time Panut ML
		Type	Time Interval
		Attribute Name	Vehicles in Intersection Time Panut ML
		Tally Name	Record Vehicles in Intersection Time Panut ML

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.39 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อบันทึกเวลาที่รถอยู่ในสี่แยกไฟแดง (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากพนัสนิคม	ช่องขวา	Name	Record Vehicles in Intersection Time Panut RL
		Type	Time Interval
		Attribute Name	Vehicles in Intersection Time Panut RL
		Tally Name	Record Vehicles in Intersection Time Panut RL
จากแหลมฉบัง	ช่องทางเดินรถช่องซ้าย	Name	Record Vehicles in Intersection Time Lch LL
		Type	Time Interval
		Attribute Name	Vehicles in Intersection Time Lch LL
		Tally Name	Record Vehicles in Intersection Time Lch LL
	ช่องทางเดินรถช่องขวา	Name	Record Vehicles in Intersection Time Lch RL
		Type	Time Interval
		Attribute Name	Vehicles in Intersection Time Lch RL
		Tally Name	Record Vehicles in Intersection Time Lch RL

9. สร้าเรคคอร์ดโมดูลเพื่อทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลทางสถิติในแบบจำลอง กำหนดให้โมดูลชื่อ “Record Interarrival Time Chon LL” ประเภทของสถิติที่ต้องการบันทึกเป็นแบบ Time Between เพื่อบันทึกระยะห่างเวลารถออกแต่ละคัน โดยชื่อที่ใช้บันทึกผลลัพธ์ทางสถิติ (Tally Name) คือ Record Cycle Time Chon LL กำหนดค่าดังรูปที่ 4.21 และรายละเอียดข้อมูลที่กำหนดค่าในเรคคอร์ดโมดูลแสดงดังตารางที่ 4.40

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ 4.21 ตัวอย่างการกำหนดค่าลงเรคคอร์ดโมดูล สำหรับบันทึกอัตราการออกของรถ

ตารางที่ 4.40 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อบันทึกอัตราการออกของรถแต่ละคัน

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากชลบุรี	ช่องซ้าย	Name	Record Cycle Time Chon LL
		Type	Time Between
		Tally Name	Record Cycle Time Chon LL
	ช่องกลาง	Name	Record Cycle Time Chon ML
		Type	Time Between
		Tally Name	Record Cycle Time Chon ML
	ช่องขวา	Name	Record Cycle TimeChonRL
		Type	Time Between
		Tally Name	Record Cycle TimeChonRL
จากนิคมอมตะนคร	ช่องซ้าย	Name	Record Cycle Time Amt LL
		Type	Time Between
		Tally Name	Record Cycle Time Amt LL
	ช่องกลาง	Name	Record Cycle Time Amt ML
		Type	Time Between
		Tally Name	Record Cycle Time Amt ML

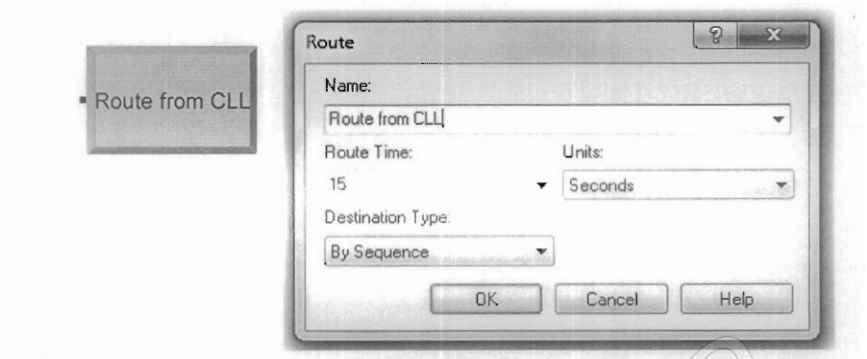
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.40 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อบันทึกอัตราการออกของรถแต่ละคัน (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากนิคมอมตะนคร	ช่องขวา	Name	Record Cycle Time Amt RL
		Type	Time Between
		Tally Name	Record Cycle Time Amt RL
จากพนัสนิคม	ช่องซ้าย	Name	Record Cycle Time Panut LL
		Type	Time Between
		Tally Name	Record Cycle Time Panut LL
	ช่องกลาง	Name	Record Cycle Time Panut ML
		Type	Time Between
		Tally Name	Record Cycle Time Panut ML
	ช่องขวา	Name	Record Cycle Time Panut RL
		Type	Time Between
		Tally Name	Record Cycle Time Panut RL
จากแหลมฉบัง	ช่องซ้าย	Name	Record Cycle Time Lch LL
		Type	Time Between
		Tally Name	Record Cycle Time Lch LL
	ช่องขวา	Name	Record Cycle Time Lch RL
		Type	Time Between
		Tally Name	Record Cycle Time Lch RL

9. หลังจากเข้าสู่กระบวนการสี่แยกไฟแดงเพื่อรอสัญญาณไฟเขียว รถจะเดินทางออกไปยังเส้นทางออกต่างๆ สร้างรูทโมดูลเพื่อทำหน้าที่ขนย้ายยานพาหนะออกจากสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อไปทางออกจากแยกต่างๆ ตั้งเป็นชื่อ “Route from CLL.”ใช้เวลาในการเคลื่อนตัวไปยังปลายทางที่กำหนดด้วยเวลา 15 วินาที เลือกรูปแบบการขนย้ายเป็นแบบประเภทระบุสถานีปลายทางตามลำดับใน Sequence Spreadsheet Module กำหนดค่าดังรูปที่ 4.22 และรายละเอียดข้อมูลที่กำหนดค่าในรูทโมเดลแสดงดังตารางที่ 4.41

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.22 ตัวอย่างการกำหนดค่าลงรูทโมดูล สำหรับย้ายรถไปทางออก

ตารางที่ 4.41 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อขนย้ายวัตถุไปยังทางออกแต่ละเส้นทาง

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากชลบุรี	ช่องซ้าย	Name	Route from CLL
		Route Time	15 Seconds
		Destination Type	By Sequence
	ช่องกลาง	Name	Route from CLL
		Route Time	15 Seconds
		Destination Type	By Sequence
	ช่องขวา	Name	Route from CLL
		Route Time	15 Seconds
		Destination Type	By Sequence
จากนิคมอมตะนคร	ช่องซ้าย	Name	Route from ALL
		Route Time	15 Seconds
		Destination Type	By Sequence
	ช่องกลาง	Name	Route from AML
		Route Time	15 Seconds
		Destination Type	By Sequence
	ช่องขวา	Name	Route from ARL
		Route Time	15 Seconds
		Destination Type	By Sequence

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.41 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อขนย้ายวัตถุไปยังทางออกแต่ละทาง (ต่อ)

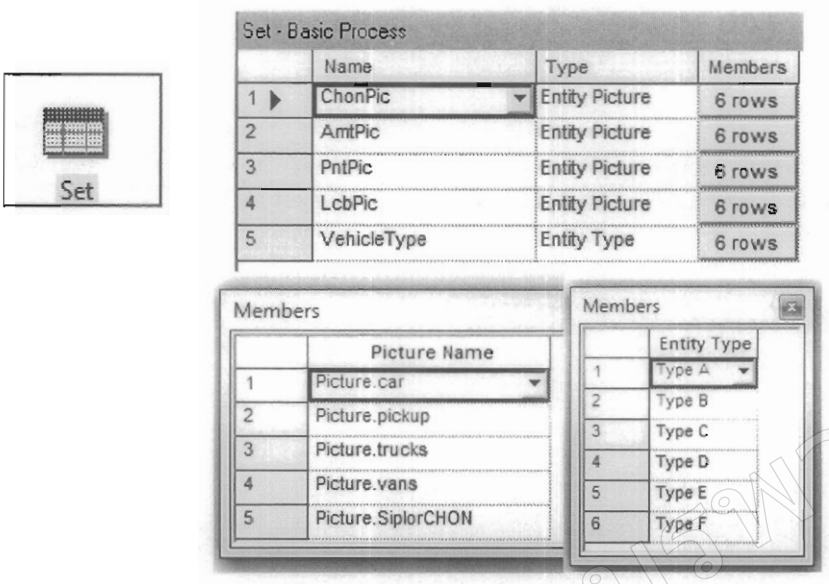
เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากพนัสนิคม	ช่องซ้าย	Name	Route from PLL
		Route Time	15 Seconds
		Destination Type	By Sequence
	ช่องกลาง	Name	Route from PML
		Route Time	15 Seconds
		Destination Type	By Sequence
	ช่องขวา	Name	Route from PRL
		Route Time	15 Seconds
		Destination Type	By Sequence
จากแหลมฉบัง	ช่องซ้าย	Name	Route from LLL
		Route Time	15 Seconds
		Destination Type	By Sequence
	ช่องขวา	Name	Route from LRL
		Route Time	15 Seconds
		Destination Type	By Sequence

การสร้างแบบจำลองในส่วนของ Spreadsheet View

ข้อมูลในแต่ละหน่วยการจัดการข้อมูล (Spreadsheet module) ที่ถูกสร้างขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับหน่วยโครงสร้าง (Flowchart Module) ประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

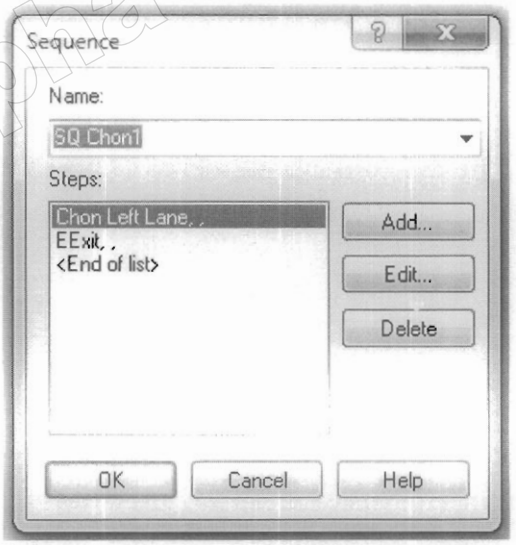
1. ไปที่ส่วนของ Set Data Module สร้างเพื่ออ้างอิงกับฟังก์ชันที่ 1 ในโมดูลที่ 1.2 เพื่อกำหนดประเภทและรูปของวัตถุ (Entity) ที่เข้ามาการกำหนดนั้นใช้ชื่อของ Set ว่า ChonPic แล้วกำหนดประเภทของข้อมูลเป็นแบบกลุ่มรูปภาพวัตถุโดยมีทั้งหมด 6 ประเภท คือ car, pickup, trucks, vans และ other ทำการกำหนดประเภทของยานพาหนะว่า VehicleType ดังรูปที่ 4.23

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.23 การกำหนดค่าของ Set Data Module

2. คลิกที่ Sequence Spreadsheet Module เป็นหน่วยข้อมูลแสดงลำดับการเดินทางตามสถานีให้กับวัตถุ โดยแต่ละสี่แยกจะมีทิศทางดังแสดงในรูปที่ 4.24 และรายละเอียดข้อมูลที่กำหนดค่าใน Sequence Spreadsheet Module แสดงดังตารางที่ 4.42



รูปที่ 4.24 ตัวอย่างการกำหนดค่าลงใน Sequence Spreadsheet Module

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.42 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อขนย้ายวัตถุไปยังทางออกแต่ละทาง

เส้นทาง	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากชลบุรี	SQ Chon1	Chon Left Lane
		Amt Exit
	SQ Chon2	Chon Midle Lane
		Panut Exit
	SQ Chon3	Chon Right Lane
		Panut Exit
	SQ Chon4	Chon Right Lane
		Lch Exit
	SQ Chon5	Chon Right Lane
		Chon Exit
จากนิคมอมตะนคร	SQ Amt1	Amata Left Len
		Panut Exit
	SQ Amt2	Amata Mid Len
		Lch Exit
	SQ Amt3	Amata Mid Len
		Lch Exit
	SQ Amt4	Amata Right Len
		Chon Exit
	SQ Amt5	Amata Right Len
		Amt Exit

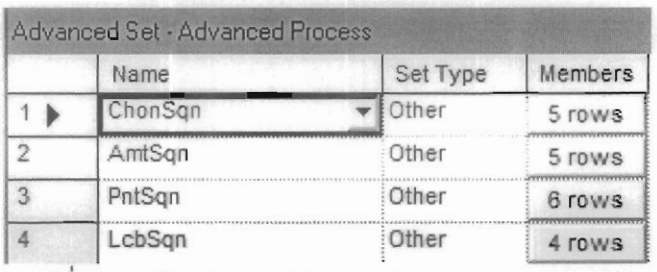
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.42 ข้อมูลการกำหนดค่าของแต่ละเส้นทาง เพื่อขนย้ายวัตถุไปยังทางออกแต่ละทาง (ต่อ)

เส้นทาง	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
จากพนัสนิคม	SQ Pnt1	Panut Left Len
		Lch Exit
	SQ Pnt2	Panut Left Len
		Chon Exit
	SQ Pnt3	Panut Mid Len
		Chon Exit
	SQ Pnt4	Panut Mid Len
		Amt Exit
	SQ Pnt5	Panut Right Len
		Amt Exit
	SQ Pnt6	Panut Right Len
		Panut Exit
จากแหลมฉบัง	SQ Lcb1	Leam Left Len
		Chon Exit
	SQ Lcb2	Leam Left Len
		Amt Exit
	SQ Lcb3	Leam Right Len
		Amt Exit
	SQ Lcb4	Leam Right Len
		Panut Exit

3. คลิก Advanced Set ซึ่งเป็นหน่วยข้อมูลที่ใช้ในจัดเก็บ โดยจะแสดงหน่วยสมาชิกย่อยๆที่มีประเภทกลุ่มเดียวกัน โดยจะมีจำนวนข้อมูลตรงตามที่สร้างไว้ใน Sequence Spreadsheet Module แสดงดังรูปที่ 4.25 และรายละเอียดข้อมูลที่กำหนดค่าใน Advanced Set แสดงดังตารางที่ 4.43

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University


Advanced Set - Advanced Process

	Name	Set Type	Members
1	ChonSqn	Other	5 rows
2	AmtSqn	Other	5 rows
3	PntSqn	Other	6 rows
4	LcbSqn	Other	4 rows

รูปที่ 4.25 ตัวอย่างการกำหนดค่าลง Advanced Set

ตารางที่ 4.43 ข้อมูลรายละเอียด Advanced Set

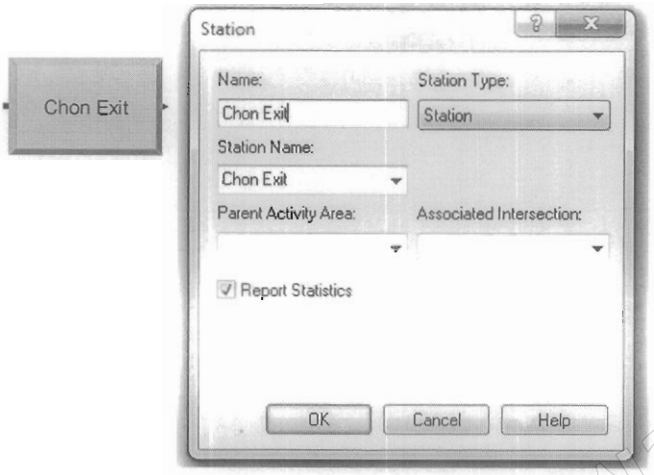
ChonSqn	AmtSqn	PntSqn	LcbSqn
SQ Chon1	SQ Amt1	SQ Pnt1	SQ Lcb1
SQ Chon2	SQ Amt2	SQ Pnt2	SQ Lcb2
SQ Chon3	SQ Amt3	SQ Pnt3	SQ Lcb3
SQ Chon4	SQ Amt4	SQ Pnt4	SQ Lcb4
SQ Chon5	SQ Amt5	SQ Pnt5	
		SQ Pnt6	

4.2.1.3 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองโมดูลทางออก

โมดูลทางออกมีทั้งหมด 4 เส้นทาง ได้แก่ มุ่งหน้าไปเมืองชลบุรี มุ่งหน้าไปนิคมอมตะนคร มุ่งหน้าไปพนัสนิคม และมุ่งหน้าไปแหลมฉบัง ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1. สร้างสเตชั่นโมดูลเพื่อทำหน้าที่แสดงตำแหน่งที่ยานพาหนะเข้ามาถึงทางออกเพื่อมุ่งหน้าไปเมืองชลบุรี ตั้งชื่อโมดูลเป็น "Chon Exit" ทำหน้าที่เป็นสถานีชื่อ Chon Exit เลือกประเภทของสถานีงานเป็นแบบ Station ตั้งชื่อให้สถานีเพื่อระบุชื่อสถานีที่ยานพาหนะมาถึงเป็นชื่อ Chon Exit. กำหนดค่าดังรูปที่ 4.26 และรายละเอียดข้อมูลที่กำหนดค่าในสเตชั่นโมดูลแสดงดังตารางที่ 4.44

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



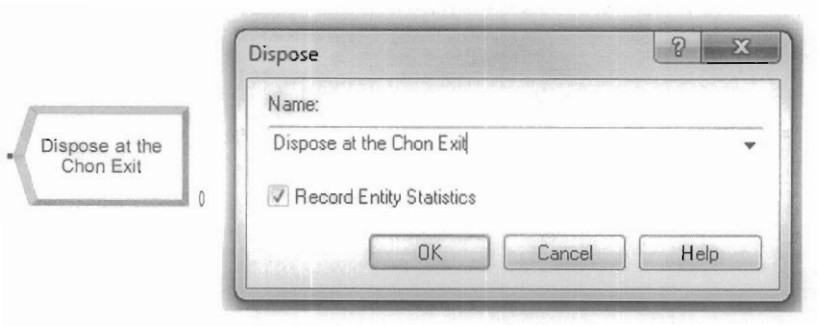
ดังรูปที่ 4.26 ตัวอย่างการกำหนดค่าลงสเตชั่นโมดูลทางออกไปชลบุรี

ตารางที่ 4.44 ข้อมูลกำหนดค่าลงสเตชั่นโมดูลทางออก

ทางออก	รายละเอียดการกำหนดคุณลักษณะ	
มุ่งหน้าไปชลบุรี	Name	Chon Exit
	Station Name	Chon Exit
มุ่งหน้าไปนิคมอมตะนคร	Name	Amt Exit
	Station Name	Amt Exit
มุ่งหน้าไปพนัสนิคม	Name	Panut Exit
	Station Name	Panut Exit
มุ่งหน้าไปแหลมฉบัง	Name	Lch Exit
	Station Name	Lch Exit

2. เมื่อยานพาหนะออกจากสี่แยก ยานพาหนะจะถูกนำออกจากแบบจำลองโดยการสร้างดิสโพสโมดูล (Dispose Module) ตั้งชื่อโมดูลว่า "Dispose at the Chon Exit"กำหนดค่าดังรูปที่ 4.27 และรายละเอียดข้อมูลที่กำหนดค่าดิสโพสโมดูลแสดงดังตารางที่ 4.45

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.27 ตัวอย่างการกำหนดค่าลงดิสโพสโมดูล

ตารางที่ 4.45 ข้อมูลกำหนดค่าดิสโพส เพื่อนำยานพาหนะออกจากแบบจำลอง

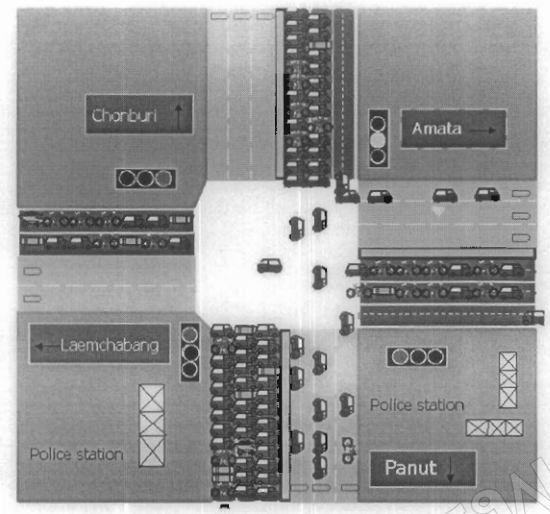
ทางออก	ชื่อดิสโพส
มุ่งหน้าไปเมืองชลบุรี	Dispose at the Chon Exit
มุ่งหน้าไปนิคมอมตะนคร	Dispose at the Amt Exit
มุ่งหน้าไปพนัสนิคม	Dispose at the Panut Exit
มุ่งหน้าไปแหลมฉบัง	Dispose at the Lch Exit

4.3 การตรวจสอบ (Verification) และทวนสอบ (Validation) แบบจำลอง

4.3.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Verification of the Simulation Model)

การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Verification) ว่าโปรแกรมที่สร้างนั้นสามารถทำงานได้หรือไม่ โดยคณะผู้จัดทำโครงงานได้ทำการเปลี่ยนค่า Input ลงใน Create Module ให้กำหนดจำนวนรถที่เข้ามาในโมเดลเป็นค่าคงที่ (Constant) ที่มากสุด 70 คัน และเปลี่ยนค่าเวลาการทำงานของทรัพยากรใน ScheduleSpreadsheet Module ให้ทำงาน 10 นาที แล้วทำการประมวลผลแบบจำลองที่สร้างขึ้นจำนวน 1 รอบ พร้อมทั้งทำการสังเกตภาพเคลื่อนไหว (Animation) ในขณะที่แบบจำลองทำงานเพื่อดูว่ารถมีทิศทางถูกต้องตามที่ได้ตั้งไว้ใน Sequence Spreadsheet Module หรือไม่ จากนั้นนำผลที่ได้มาตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งผลที่ออกมาสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองทำงานได้อย่างถูกต้อง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.28 ภาพเคลื่อนไหวสภาพปัจจุบัน

4.3.2 การทวนสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Validation of the Simulation Model)

การทวนสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Validation) เป็นการตรวจสอบว่าเมื่อแบบจำลองทำงานถูกต้องแล้วจะให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องด้วยหรือไม่ โดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแบบจำลองกับสถานการณ์จริงว่ามีค่าตรงหรือเท่ากับสถานการณ์ต้นแบบหรือไม่ โดยคณะผู้จัดทำโครงงานได้ทำการทวนสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ดังนี้

1) เปรียบเทียบปริมาณรถที่เข้าสู่สี่แยกไฟแดงแต่ละช่องทางเดินรถ เพื่อยืนยันผลว่าแบบจำลองสะท้อนการทำงานของระบบจริงในระดับความเชื่อมั่นที่ยอมรับได้ ผลการเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ 4.46 และตารางที่ 4.47

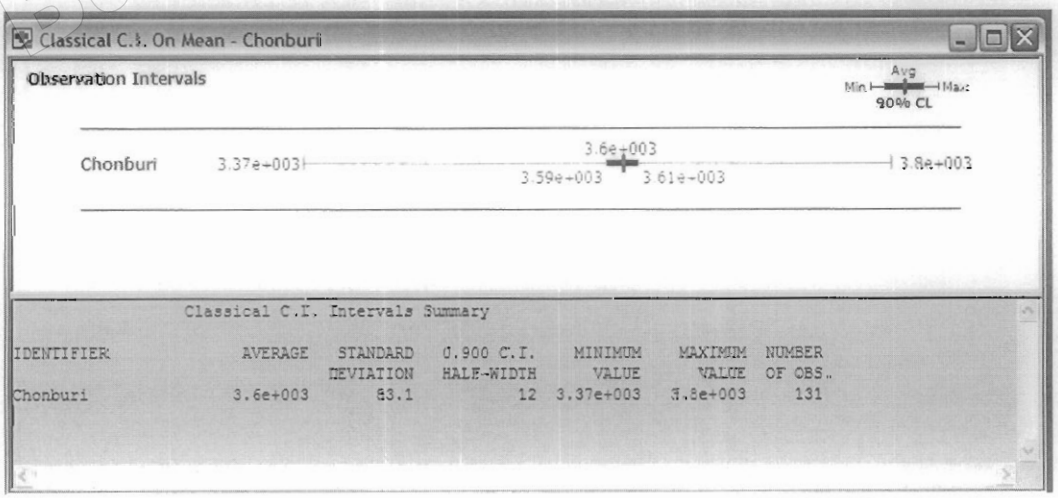
ตารางที่ 4.46 เปรียบเทียบจำนวนรถที่เข้ามาสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.

เส้นทาง	จำนวนรถที่เข้าสี่แยกจากสถานการณ์จริง (คัน)	จำนวนรถที่เข้าสี่แยกจากแบบจำลอง (คัน)	ความคลาดเคลื่อน (%)
จากชลบุรี	4,108	4,389	6.8
จากนิคมอมตะนคร	1,784	1,837	2.9
จากพนัสนิคม	4,377	4,240	3.1
จากแหลมฉบัง	1,931	1,762	8.7

ตารางที่ 4.47 เปรียบเทียบจำนวนรถที่เข้ามาสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

เส้นทาง	จำนวนรถที่เข้าสี่แยกจากสถานการณ์จริง (คัน)	จำนวนรถที่เข้าสี่แยกจากแบบจำลอง (คัน)	ความคลาดเคลื่อน (%)
จากชลบุรี	3,488	3,604	3.3
จากนิคมอมตะนคร	2,348	2,539	8.1
จากพนัสนิคม	3,643	3,817	4.6
จากแหลมฉบัง	701	739	5.4

ตารางที่ 4.46 แสดงความแตกต่างของจำนวนรถจากสถานการณ์จริงเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่ช่วงเวลา 06.00-08.00 น. ในคอลัมน์สุดท้ายเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนระหว่างสถานการณ์จริงและแบบจำลองโดยที่เส้นทางจากแหลมฉบังมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากที่สุด 8.7 เปอร์เซ็นต์และตารางที่ 4.47 แสดงความแตกต่างของจำนวนรถจากสถานการณ์จริงเปรียบเทียบกับแบบจำลองคอมพิวเตอร์ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. โดยที่เส้นทางจากนิคมอมตะนคร มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากที่สุด 8.1 เปอร์เซ็นต์ โดยเวลาทั้ง 2 ช่วงมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ สามารถสรุปได้ว่าโปรแกรมมีความน่าเชื่อถือได้ ทั้งนี้สามารถทำการทวนสอบความถูกต้องของแบบจำลองได้ โดยการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Output Analyzer เพื่อตรวจสอบผลการรันที่ได้ว่าอยู่ในช่วงความเชื่อมั่น 90% CI ดังรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 ผลการวิเคราะห์ด้วย Output Analyzer

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากรูปที่ 4.29 การวิเคราะห์ดัชนีที่สนใจตามหลักสถิติ 90% CI ที่จำนวน 131 Replication จะเห็นได้ว่าค่า Half Width ที่ 90% CI มีค่า 12 จำนวนรถรวมเฉลี่ยที่สัญจรผ่านสี่แยกชลบุรีจากแบบจำลองที่ 131 Replication จะมีค่าระหว่าง $3.37x10^3$ ถึง $3.8x10^3$ คันต่อช่วงเวลาวิกฤต เฉลี่ยรวมอยู่ที่ $3.6x10^3$ คันต่อช่วงเวลาวิกฤต ซึ่งช่วงของ 90% CI จะอยู่ที่ $3.59x10^3$ ถึง $3.61x10^3$ คันต่อช่วงเวลาวิกฤต เฉลี่ยอยู่ที่ $3.6x10^3$ คันต่อช่วงเวลาวิกฤต ซึ่งหมายความว่าจำนวนรถที่สัญจรผ่านมีความคลาดเคลื่อนต้องไม่เกิน $3.59x10^3$ ถึง $3.61x10^3$ คันต่อช่วงเวลาวิกฤต

2) ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการรันแบบจำลองกับสภาพจริง โดยการสังเกตการณ์จากสถานการณ์จริงบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อเพื่อตรวจสอบผลที่ได้จากการรันแบบจำลองมีความสอดคล้องตามสภาพความเป็นจริงหรือไม่ จากการสังเกตการณ์จากสถานการณ์จริง พบว่าบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อในช่วงเวลาวิกฤตมีสภาพการจราจรติดขัดและมีปริมาณรถในแถวคอยเป็นจำนวนมากส่งผลให้มีรถติดในระยะไกลโดยข้อมูลสภาพจริงที่ได้มีความสอดคล้องกับผลจากการรันแบบจำลองจริง

4.4 การรันแบบจำลองและวิเคราะห์ผลลัพธ์

4.4.1 การกำหนดขนาดตัวอย่าง

ในขั้นตอนการรันแบบจำลองนั้นจำเป็นต้องกำหนดจำนวนรอบการรันของแบบจำลอง (Replication) เพื่อต้องการให้ผลลัพธ์ที่ได้มานั้นมีความน่าเชื่อถือในระดับที่ยอมรับได้ ซึ่งการกำหนดตัวอย่างการหาจำนวนรอบในการรันของแบบจำลองในการรันครั้งแรกกำหนดจำนวนรอบในการรันของแบบจำลองให้ครั้งแรกเท่ากับ 10 จากนั้นพิจารณาค่า Half Width คือ เวลาที่รถประเภท B รอคอยซึ่งมีค่าเท่ากับ 17.4570 นำมาคำนวณหาค่า n ที่เหมาะสม เมื่อ Half Width ที่ต้องการมีความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ของพารามิเตอร์เวลารอคอยของ B นำมาคำนวณในสมการที่ 4.1 ผลที่ได้ค่า n ที่อยู่ในช่วง Half Width ที่ต้องการ คือ 319 รอบ แล้วทำการรันแบบจำลองที่ 319 รอบพบว่าค่า Half Width ที่ได้มีค่าเป็น 0.77 ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

Wait Time	Average	Half Width
Type A	14.8950	.27
Type B	17.4570	4.68
Type C	13.0622	.24
Type D	14.1929	.94
Type E	14.2018	.86
Type F	8.3035	1.06

(ก)

Wait Time	Average	Half Width
Type A	15.1426	< .06
Type B	15.8215	< .77
Type C	13.2789	< .05
Type D	13.4453	< .12
Type E	14.8441	< .17
Type F	8.4067	< .16

(ข)

รูปที่ 4.30(ก) ค่า Half Width การรันแบบจำลอง 10 รอบ

4.30(ข) ค่า Half Width การรันแบบจำลอง 130 รอบ

จากสูตร $$n = n_0 \frac{h_o^2}{h^2}$$ ....(4.1)

เมื่อ n = จำนวน Replication ที่จะทำให้ได้ค่า Half Width ตามเป้าหมาย

n_0 = จำนวน Replication ที่ Run ครั้งก่อนหน้า

h_0 =ค่า Half Width จากการ Run ครั้งก่อนหน้า

h = ค่า Half Width ที่ต้องการ

จากการคำนวณหาจำนวนรอบในการรันแบบจำลองของแต่ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.และช่วงเวลา 16.00-18.00 น. ทำให้ได้จำนวนรอบในการรันแบบจำลองดังตารางที่ 4.48

ตารางที่ 4.48 ผลการคำนวณหาจำนวนครั้งในการรัน Replication ในแต่ละช่วงเวลา

ช่วงเวลา	จำนวนรอบในการรันแบบจำลอง (รอบ)
06.00-08.00 น.	319
16.00-18.00 น.	131

4.5 บ่งชี้ปัญหาและนำเสนอแนวทางการปรับปรุง

4.5.1 บ่งชี้ปัญหา

พิจารณาจากรายงานผลลัพธ์ที่ได้จากการรันแบบจำลองโดยพิจารณาจากพารามิเตอร์เวลาการรอคอยของรถแต่ละคัน (Waiting Time) และพารามิเตอร์จำนวนรถในการรอคิว (Number Waiting) ในการบ่งชี้ปัญหา ดังรูปที่ 4.31 ถึงรูปที่ 4.32 โดยมีพารามิเตอร์เวลาการอยู่ในสี่แยกไฟ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แดง (Interval Time) พารามิเตอร์อัตราการมาถึงสี่แยกไฟแดงของรถแต่ละคัน (Interarrival Time) และพารามิเตอร์อัตราการออกจากสี่แยกไฟแดงของรถแต่ละคัน (Cycle Time) เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของผลการรันแบบจำลอง แสดงดังรูปที่ 4.33 ถึงรูปที่ 4.34

Waiting Time	Average
ALL 2.Queue	0.02674203
AML 2.Queue	5.8907
ARL 2.Queue	2.1934
CLL 1.Queue	0.05969646
CML 1.Queue	37.2338
CRL 1.Queue	24.3847
LLL 4.Queue	49.4655
LRL 4.Queue	47.6895
PLL 3.Queue	22.1469
PML 3.Queue	20.3381
PRL 3.Queue	5.7790

(ก.)

Waiting Time	Average
ALL 2.Queue	0.02869063
AML 2.Queue	25.8936
ARL 2.Queue	21.0601
CLL 1.Queue	0.04299911
CML 1.Queue	29.6994
CRL 1.Queue	21.3443
LLL 4.Queue	39.5986
LRL 4.Queue	26.4968
PLL 3.Queue	6.5864
PML 3.Queue	26.8477
PRL 3.Queue	2.1554

(ข.)

รูปที่ 4.31(ก) ผลพารามิเตอร์เวลาที่รถรอคอยสภาพปัจจุบันเวลา 06.00-08.00 น.

4.31(ข) ผลพารามิเตอร์เวลาที่รถรอคอยสภาพปัจจุบันเวลา 16.00-18.00 น.

Number Waiting	Average
ALL 2.Queue	0.2360
AML 2.Queue	21.2295
ARL 2.Queue	6.2641
CLL 1.Queue	0.7546
CML 1.Queue	534.50
CRL 1.Queue	230.43
LLL 4.Queue	418.62
LRL 4.Queue	301.62
PLL 3.Queue	302.63
PML 3.Queue	258.63
PRL 3.Queue	53.3498

(ก.)

Number Waiting	Average
ALL 2.Queue	0.2579
AML 2.Queue	172.00
ARL 2.Queue	129.14
CLL 1.Queue	0.4578
CML 1.Queue	320.23
CRL 1.Queue	182.59
LLL 4.Queue	152.86
LRL 4.Queue	57.1856
PLL 3.Queue	60.1554
PML 3.Queue	403.00
PRL 3.Queue	16.9911

(ข.)

รูปที่ 4.32(ก) ผลพารามิเตอร์จำนวนรถรอในแถวคอยสภาพปัจจุบันเวลา 06.00-08.00 น.

4.32(ข) ผลพารามิเตอร์จำนวนรถรอในแถวคอยสภาพปัจจุบันเวลา 16.00-18.00 น.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

Between	Average
Record Cycle Time Amt LL	0.1136
Record Cycle Time Amt ML	0.2903
Record Cycle Time Amt RL	0.3463
Record Cycle Time Chon LL	0.07930212
Record Cycle Time Chon ML	0.1733
Record Cycle Time Chon RL	0.1686
Record Cycle Time Lch LL	0.6280
Record Cycle Time Lch RL	0.7087
Record Cycle Time Panut LL	0.1152
Record Cycle Time Panut ML	0.1177
Record Cycle Time Panut RL	0.1167
Record Interarrival Time Amt LL	0.1136
Record Interarrival Time Amt ML	0.2765
Record Interarrival Time Amt RL	0.3501
Record Interarrival Time Chon LL	0.07925168
Record Interarrival Time Chon ML	0.06897038
Record Interarrival Time Chon RL	0.1046
Record Interarrival Time Lch LL	0.1183
Record Interarrival Time Lch RL	0.1577
Record Interarrival Time Panut LL	0.07338050
Record Interarrival Time Panut ML	0.07885433
Record Interarrival Time Panut RL	0.1082

(ก.)

Between	Average
Record Cycle Time Amt LL	0.1115
Record Cycle Time Amt ML	0.2401
Record Cycle Time Amt RL	0.2300
Record Cycle Time Chon LL	0.0942
Record Cycle Time Chon ML	0.1791
Record Cycle Time Chon RL	0.1741
Record Cycle Time Lch LL	0.6508
Record Cycle Time Lch RL	0.7354
Record Cycle Time Panut LL	0.1205
Record Cycle Time Panut ML	0.1213
Record Cycle Time Panut RL	0.1286
Record Interarrival Time Amt LL	0.1115
Record Interarrival Time Amt ML	0.1470
Record Interarrival Time Amt RL	0.1598
Record Interarrival Time Chon LL	0.0941
Record Interarrival Time Chon ML	0.0928
Record Interarrival Time Chon RL	0.1164
Record Interarrival Time Lch LL	0.2521
Record Interarrival Time Lch RL	0.4537
Record Interarrival Time Panut LL	0.1102
Record Interarrival Time Panut ML	0.06737696
Record Interarrival Time Panut RL	0.1275

(ข.)

รูปที่ 4.33(ก) ผลพารามิเตอร์อัตราการเข้า-ออกสภาพปัจจุบัน เวลา 06.00-08.00 น.

4.33(ข) ผลพารามิเตอร์อัตราการเข้า-ออกสภาพปัจจุบัน เวลา 16.00-18.00 น.

Interval	Average
Record Vehicles in Intersection Time Amt LL	0.07554171
Record Vehicles in Intersection Time Amt ML	5.9332
Record Vehicles in Intersection Time Amt RL	2.2435
Record Vehicles in Intersection Time Chon LL	0.1084
Record Vehicles in Intersection Time Chon ML	37.2825
Record Vehicles in Intersection Time Chon RL	24.4335
Record Vehicles in Intersection Time Lch LL	49.5144
Record Vehicles in Intersection Time Lch RL	47.7383
Record Vehicles in Intersection Time Panut LL	22.1957
Record Vehicles in Intersection Time Panut ML	20.3869
Record Vehicles in Intersection Time Panut RL	5.8278

(ก.)

Interval	Average
Record Vehicles in Intersection Time Amt LL	0.07748453
Record Vehicles in Intersection Time Amt ML	25.9426
Record Vehicles in Intersection Time Amt RL	21.1090
Record Vehicles in Intersection Time Chon LL	0.0917
Record Vehicles in Intersection Time Chon ML	29.7482
Record Vehicles in Intersection Time Chon RL	21.3930
Record Vehicles in Intersection Time Lch LL	39.6422
Record Vehicles in Intersection Time Lch RL	26.5456
Record Vehicles in Intersection Time Panut LL	6.6287
Record Vehicles in Intersection Time Panut ML	26.8672
Record Vehicles in Intersection Time Panut RL	2.2023

(ข.)

รูปที่ 4.34(ก) ผลพารามิเตอร์เวลาที่รถอยู่ในสี่แยกไฟแดงสภาพปัจจุบัน เวลา 06.00-08.00น.

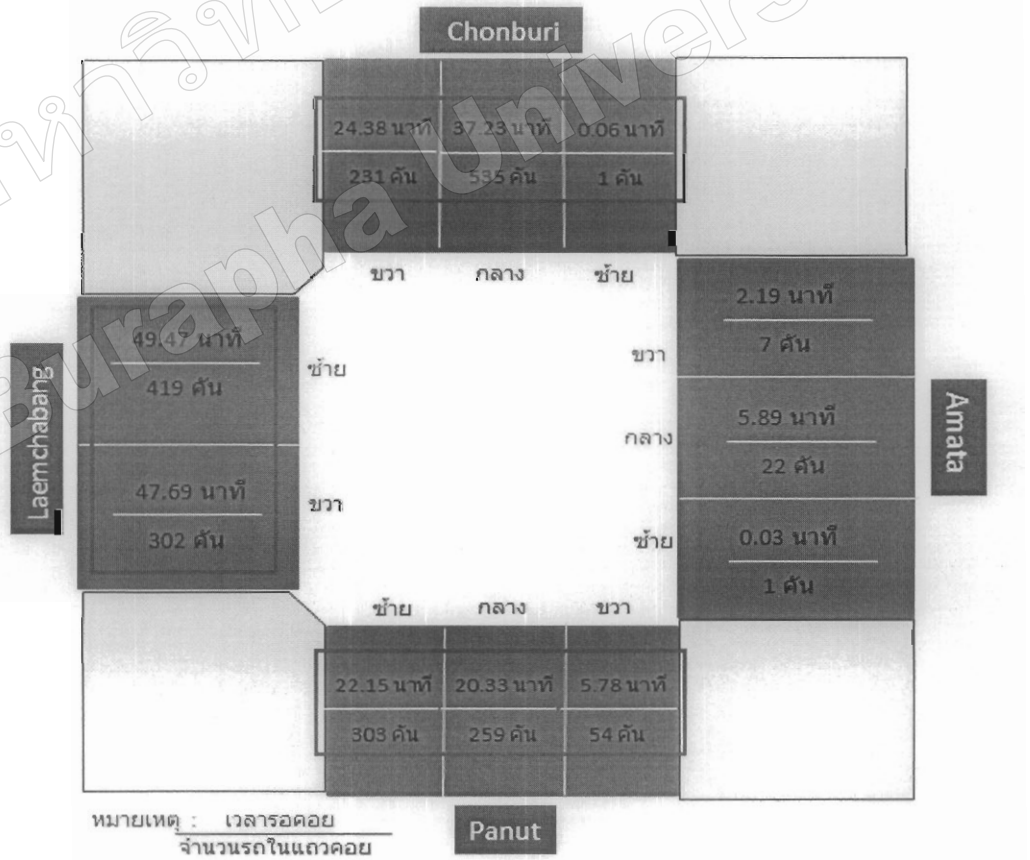
4.34(ข) ผลพารามิเตอร์เวลาที่รถอยู่ในสี่แยกไฟแดงสภาพปัจจุบัน เวลา 16.00-18.00 น.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

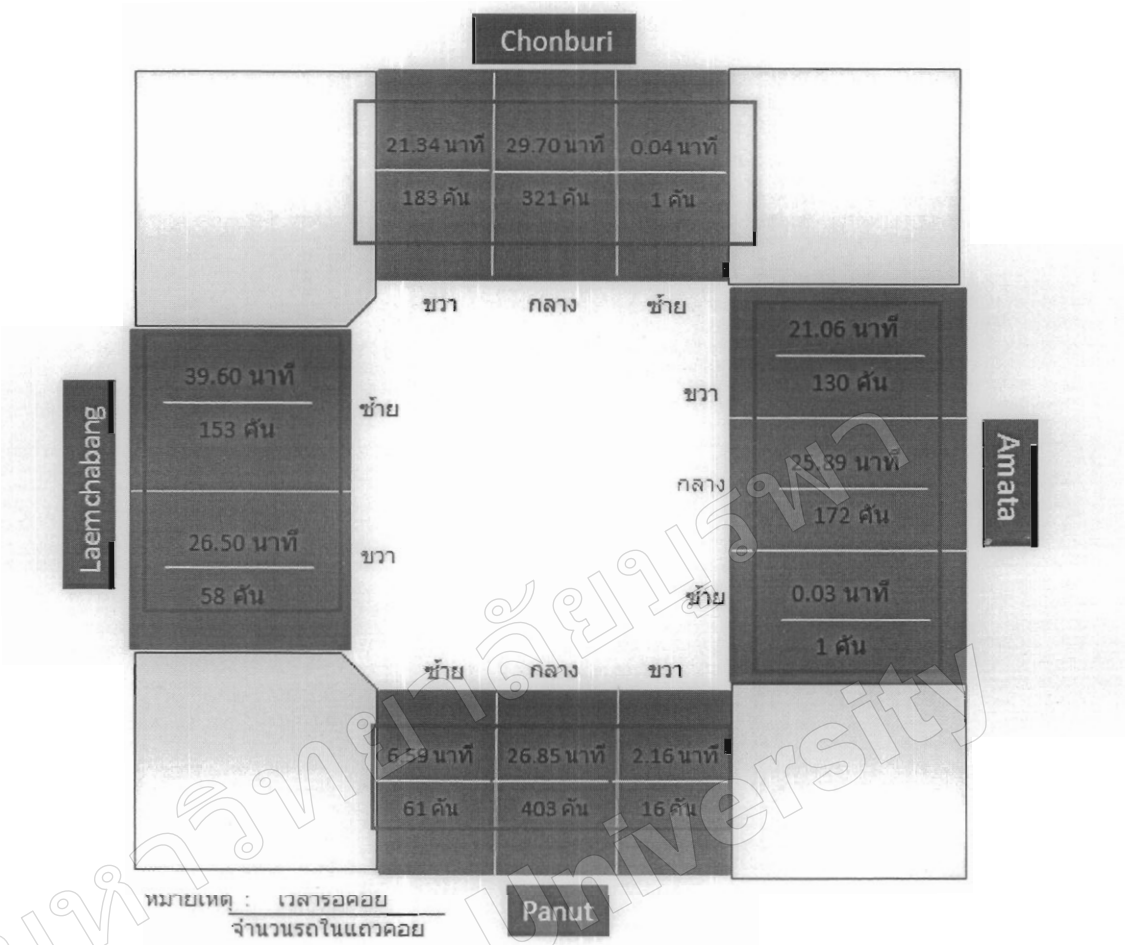
หมายเหตุ

ALL	หมายถึง เส้นทางจากนิคมอมตะนคร ช่องทางเดินรถช่องซ้าย
AML	หมายถึง เส้นทางจากนิคมอมตะนคร ช่องทางเดินรถช่องกลาง
ARL	หมายถึง เส้นทางจากนิคมอมตะนคร ช่องทางเดินรถช่องขวา
CLL	หมายถึง เส้นทางจากชลบุรี ช่องทางเดินรถช่องซ้าย
CML	หมายถึง เส้นทางจากชลบุรี ช่องทางเดินรถช่องกลาง
CRL	หมายถึง เส้นทางจากชลบุรี ช่องทางเดินรถช่องขวา
LLL	หมายถึง เส้นทางจากแหลมฉบัง ช่องทางเดินรถช่องซ้าย
LRL	หมายถึง เส้นทางจากแหลมฉบัง ช่องทางเดินรถช่องขวา
PLL	หมายถึง เส้นทางจากพนัสนิคม ช่องทางเดินรถช่องซ้าย
PML	หมายถึง เส้นทางจากพนัสนิคม ช่องทางเดินรถช่องกลาง
PRL	หมายถึง เส้นทางจากพนัสนิคม ช่องทางเดินรถช่องขวา

ผลการวิเคราะห์รูปที่ 4.31 ถึงรูปที่ 4.32 สามารถนำมาเขียนสรุปเป็นรูปภาพเพื่อวิเคราะห์ช่องทางเดินรถที่มีปัญหาการจราจรติดขัดได้ดังรูปที่ 4.35 และรูปที่ 4.36



รูปที่ 4.35 สี่แยกไฟแดงที่มีการจราจรติดขัด ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.



รูปที่ 4.36 สี่แยกไฟแดงที่มีการจราจรติดขัด ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

จากรูปที่ 4.35 และรูปที่ 4.36 สามารถนำมาแสดงเป็นตารางบ่งชี้ปัญหาแต่ละเส้นทางโดยเฉลี่ยเพื่อคำนวณระยะทางที่รถติดได้ดังตารางที่ 4.49 ถึงตารางที่ 4.50

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.49 ผลการรันที่ได้จากแบบจำลองแบบเฉลี่ย ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	เวลารอคอย (นาที)	รถในแถวคอย (คัน)	เวลารอคอยเฉลี่ย (นาที)	รถในแถวคอยเฉลี่ย (คัน)	ระยะทางติดเฉลี่ย (กิโลเมตร)
จากชลบุรี	ซ้าย	0.06	1	20.56	256	0.82
	กลาง	37.23	534			
	ขวา	24.38	231			
จากนิคมอมตะนคร	ซ้าย	0.03	1	2.7	10	0.03
	กลาง	5.89	22			
	ขวา	2.19	7			
จากพนัสนิคม	ซ้าย	22.15	303	16.09	206	0.68
	กลาง	20.33	259			
	ขวา	5.78	54			
จากแหลมฉบัง	ซ้าย	49.47	419	48.58	360	0.90
	ขวา	47.69	301			

หมายเหตุ การคิดอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานอ้างอิงราคาน้ำมันแก๊สโซฮอล 91 ณ วันที่ 6 พ.ค. 2556

1,000 CC เท่ากับ 1 ลิตร 20 CC เท่ากับ 0.02 ลิตร

1 ลิตร เท่ากับ 34.68 บาท 0.02 ลิตร เท่ากับ 0.69 บาท

จอดรถทิ้งไว้ 1 นาที สูญเสียพลังงาน 20 CC. เท่ากับจอดรถทิ้งไว้ 1 นาที ต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายเท่ากับ 0.69 บาทต่อนาที (การคิดอัตราการสิ้นเปลืองในที่นี้ เป็นการคิดโดยภาพรวมเฉลี่ย สมมุติให้รถทุกคันใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเดียวกัน)

จากตารางที่ 4.49 พบว่าช่วงเวลา 06.00-08.00 น. เส้นทางจากชลบุรีมีเวลาในการรอคอย 20.56 นาที มีจำนวนรถในแถวคอย 256 คัน เป็นรถสองล้อ 73 คัน (ไม่นำมาคิดระยะทางที่รถติด) คิดเป็นระยะทางที่รถติด 0.82 กิโลเมตร อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ 3,632 บาท (256x20.56x0.69) เส้นทางจากนิคมอมตะนครมีเวลาในการรอคอย 2.7 นาที มีจำนวนรถในแถวคอย 10 คัน เป็นรถสองล้อ 3 คันคิดเป็นระยะทางทีรถติด 0.03 กิโลเมตรอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ 19 บาท (10x2.7x0.69) เส้นทางจากพนัสนิคมมีเวลาในการรอคอย 16.09 นาที มีจำนวนรถในแถวคอย 206 คัน เป็นรถสองล้อ 54 คันระยะทางที่รถติด 0.68 กิโลเมตร คิดเป็น

อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน เท่ากับ 2,287 บาท (206x16.09x0.69) และเส้นทางจากแหลมฉบังมีเวลาในการรอคอย 48.58 นาที มีจำนวนรถในแถวคอย 360 คัน เป็นรถสองล้อ 158 คัน ระยะทางที่รถติด 0.90 กิโลเมตรคิดเป็นอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ 12,067 บาท (360x48.58x0.69) รวมเป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 18,005 บาท

ตารางที่ 4.50 ผลการรันที่ได้จากแบบจำลองโดยเฉลี่ย ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	เวลารอคอย (นาที)	รถในแถวคอย (คัน)	เวลารอคอยเฉลี่ย (นาที)	รถในแถวคอยเฉลี่ย (คัน)	ระยะทางติดเฉลี่ย (กิโลเมตร)
จากชลบุรี	ซ้าย	0.04	1	17.03	170	0.63
	กลาง	29.70	325			
	ขวา	21.34	184			
จากนิคมอมตะ	ซ้าย	0.03	1	15.66	102	0.36
	กลาง	25.89	174			
	ขวา	21.06	130			
จากพนัสนิคม	ซ้าย	6.59	60	11.87	160	0.64
	กลาง	26.85	401			
	ขวา	2.16	17			
จากแหลมฉบัง	ซ้าย	39.60	152	33.05	106	0.34
	ขวา	26.50	59			

จากตารางที่ 4.50 พบว่าช่วงเวลา 16.00-18.00 น. เส้นทางจากชลบุรีมีเวลาในการรอคอย 17.03 นาที มีจำนวนรถในแถวคอย 170 คัน เป็นรถสองล้อ 30 คัน (ไม่นำมาคิดระยะทางที่รถติด) คิดเป็นระยะทางที่รถติด 0.63 กิโลเมตรอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ 1,998 บาท (170x17.03x0.69) เส้นทางจากนิคมอมตะนครมีเวลาในการรอคอย 15.66 นาที มีจำนวนรถในแถวคอย 102 คัน เป็นรถสองล้อ 22 คัน ระยะทางที่รถติด 0.36 กิโลเมตร คิดเป็นอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ 1,102 บาท (102x15.66x0.69) เส้นทางจากพนัสนิคมมีเวลาในการรอคอย 11.87 นาที มีจำนวนรถในแถวคอย 160 คัน เป็นรถสองล้อ 18 คัน ระยะทางที่รถติด 0.64 กิโลเมตร คิดเป็นอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ 1,310 บาท (160x11.87x0.69) และเส้นทางจากแหลมฉบังมีเวลาในการรอคอย 33.05 นาที มีจำนวนรถในแถวคอย 106 คัน เป็นรถสองล้อ

31 คัน ระยะทางที่รถติด 0.34 กิโลเมตรคิดเป็นอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน เท่ากับ 2,417 บาท (106x33.05x0.69) รวมเป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 6,827 บาท

4.5.2 การนำเสนอแนวทางการปรับปรุง

ขั้นตอนที่ 4.5.1 ได้แสดงปัญหาหลักที่เกิดขึ้นกับกระบวนการที่ศึกษา 2 ประการ คือ เวลาในการรอคอยของรถและจำนวนรถในแถวคอย คณะผู้จัดทำจึงต้องการที่จะปรับเวลาสัญญาณไฟจราจรโดยอ้างอิงตามจำนวนรถที่เข้าสู่สี่แยกไฟแดงแต่ละเส้นทาง ดังตารางที่ 4.51

ตารางที่ 4.51 เวลาเปรียบเทียบเวลาไฟเขียวเดิมและเวลาไฟเขียวใหม่

เส้นทาง	จำนวนรถ (คัน)	สัดส่วนรถ (%)	เวลาไฟเขียวเดิม(วินาที)	เวลาไฟเขียวใหม่(วินาที)
จากเมืองชลบุรี	3,101	31.57	80	88
จากนิคมอมตะนคร	2,378	24.21	50	68
จากพนัสนิคม	3,643	37.09	120	105
จากแหลมฉบัง	701	7.13	20	19

ตารางที่ 4.51 แสดงเวลาของสัญญาณไฟจราจรใหม่ซึ่งแตกต่างจากเดิมน้อยมาก ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำโครงงานจึงมีความเห็นที่จะปรับเวลาสัญญาณไฟจราจรที่เส้นทางจากชลบุรีกับเส้นทางจากแหลมฉบังให้มีเวลาสัญญาณไฟเขียวเพิ่มขึ้น เพื่อระบายรถออกจากเส้นทางชลบุรีและเส้นทางจากแหลมฉบังเพื่อลดจำนวนรถในแถวคอยและเวลารอคอยสัญญาณไฟจราจร แต่เนื่องจากถ้าเพิ่มเวลาสัญญาณไฟเขียวที่ทั้งสองแยกนี้จะเกิดผลกระทบกับสี่แยกอื่นๆที่เหลือ คณะผู้จัดทำโครงงานจึงได้เสนอแนวทางการแก้ไขด้วยวิธีการปรับสัญญาณไฟจราจรและสร้างสะพานข้ามแยก สะพานข้ามแยกที่สร้างจะไม่สร้างจากพนัสนิคมไปสู่สี่แยกอื่นๆ และจากสี่แยกอื่นๆไปสู่เส้นทางพนัสนิคม เนื่องจากติดสะพานถนนกรุงเทพฯ-ชลบุรี (ทางด่วนพิเศษหมายเลข 7) ดังรูปที่ 3.1 ดังนั้นจึงเหลือเพียง 3 สี่แยกไฟแดงที่สามารถสร้างสะพานข้ามแยก ได้แก่ เส้นทางจากชลบุรี เส้นทางจากนิคมอมตะนคร และเส้นทางจากแหลมฉบัง เมื่อพิจารณาจากจำนวนรถเข้าพบว่าจะเลือกสร้างที่เส้นทางชลบุรีและเส้นทางนิคมอมตะนครเท่านั้นโดยเส้นทางจากชลบุรีสามารถสร้างได้เพียงเส้นทางเดียว คือ จากชลบุรีไปแหลมฉบังมีจำนวนรถเข้า 462 คัน และที่เส้นทางจากนิคม

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

อมตะนครสร้างได้ 2 เส้นทาง คือ จากนิคมอมตะนครมุ่งหน้าไปแหลมฉบังมีจำนวนรถเข้า 187 คัน และสุดท้ายที่เส้นทางจากนิคมอมตะนครเลี้ยวขวาไปสี่แยกเมืองชลบุรีมีจำนวนรถเข้า 1,870 คัน เมื่อพิจารณาจากจำนวนรถที่จะใช้งานสะพานข้ามแยกจึงเลือกสร้างสะพานข้ามแยกจากนิคมอมตะนครเลี้ยวขวาไปชลบุรีเพื่อปรับเวลาสัญญาณไฟจราจรและลดปัญหาการจราจรติดขัดของสี่แยกไฟแดงตอนหัวพ่อ

การสร้างแบบจำลองแนวทางการแก้ไขเพื่อลดปัญหาการจราจรติดขัด มีส่วนที่เปลี่ยนแปลงไปจากการสร้างสถานการณ์จำลองสภาพปัจจุบัน มีทั้งหมด 3 ส่วน ได้แก่

1) สัดส่วนทิศทางการเดินรถเปลี่ยนแปลงที่เส้นทางนิคมอมตะนคร เนื่องจากมีการสร้างสะพานข้ามแยกจากสี่แยกนิคมอมตะนครไปสี่แยกชลบุรีส่งผลให้สัดส่วนทิศทางการเดินรถมีการเปลี่ยนแปลง

2) เวลาของสัญญาณไฟเขียว โดยคิดจากสัดส่วนของรถที่ไม่ได้ขึ้นสะพานข้ามแยก คำนวณได้ดังนี้ นับจำนวนรถของแต่ละแยก (ลบรถที่เลี้ยวซ้าย และรถที่เลี้ยวขวา) นำจำนวนรถมาคิดสัดส่วนให้เป็นเปอร์เซ็นต์ แล้วนำค่าเปอร์เซ็นต์ที่ได้มาคำนวณเทียบกับรอบเวลาการทำงาน

3) คำนวณความจุที่สามารถรองรับยานพาหนะของสะพานข้ามแยก กำหนดให้สะพานยาว 200 เมตร คำนวณได้จากการนำความยาวของรถแต่ละคันมาคูณกับสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ประเภทรถ

ผู้จัดทำเสนอแนวทางการแก้ไข 2 แนวทาง กำหนดข้อมูลการแจกแจงช่วงเวลาการมาถึงและสัดส่วนประเภทของรถเท่าเดิม ทั้งช่วงเวลา 06.00-08.00 น.และช่วงเวลา 16.00-18.00 น.แต่ละแนวทางแก้ไขมีความแตกต่างกันดังนี้

4.6 การสร้างแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไข

4.6.1 แนวทางการแก้ไขที่1

สร้างสะพานข้ามแยกจากนิคมอมตะนครเลี้ยวขวาไปทางชลบุรีจำนวน 1 ช่องทาง ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์มีดังนี้

1. สี่แยกชลบุรีและสี่แยกแหลมฉบังคงเหมือนเดิมเปลี่ยนเส้นทางการเลี้ยวและสัดส่วนทิศทางการเลี้ยวของสี่แยกนิคมอมตะนครเท่านั้น ดังตารางที่ 4.52

ตารางที่ 4.52 ข้อมูลเส้นทางการเดินรถและสัดส่วนทิศทางการเดินรถ ช่วงเวลา 6.00-08.00 น. และ 16.00-18.00 น. แนวทางการแก้ไขที่ 1

เส้นทาง	ช่องทาง	ทิศทาง	สัดส่วน (%)	เส้นทาง	ช่องทาง	ทิศทาง	สัดส่วน (%)
จาก อมตะนคร 06.00-08.00 น.	ซ้าย	เลี้ยวซ้าย	57.65	จาก อมตะนคร 16.00-18.00 น.	ซ้าย	เลี้ยวซ้าย	40.71
	กลาง	ตรงไป	4.11		กลาง	ตรงไป	5.13
		เลี้ยวขวา	1.90			เลี้ยวขวา	2.52
		กลับรถ	0.82			กลับรถ	0.46
	สะพาน	เลี้ยวขวา	35.52		สะพาน	เลี้ยวขวา	51.18

2. ปรับเปลี่ยนเวลาของสัญญาณไฟเขียว ช่วงเวลา 06.00-08.00 น. และช่วงเวลา 16.00-18.00 น. แสดงดังตารางที่ 4.53 ถึงตารางที่ 4.54

ตารางที่ 4.53 เวลาสัญญาณไฟเขียวแนวทางเลือกที่ 1 ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.

เส้นทาง	จำนวนรถ (คัน)	สัดส่วนรถ (%)	เวลาไฟเขียว (วินาที)
จากชลบุรี	2,698	29.58	80
จากนิคมอมตะนคร	-	-	20
จากพนัสนิคม	4,377	47.99	130
จากแหลมฉบัง	2,046	22.43	60
ทั้งหมด	9,121คัน	100 %	290 วินาที

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.54 เวลาสัญญาณไฟเขียวแนวทางเลือกที่ 1 ช่วงเวลา 16.00 - 18.00 น.

เส้นทาง	จำนวนรถ (คัน)	สัดส่วนรถ (%)	เวลาไฟเขียว (วินาที)
จากชลบุรี	2,004	31.58	88
จากนิคมอมตะนคร	-	-	20
จากพนัสนิคม	3,643	57.41	161
จากแหลมฉบัง	699	11.01	31
ทั้งหมด	6,346 คัน	100 %	300 วินาที

ตารางที่ 4.53 และตารางที่ 4.54 กำหนดเวลาสัญญาณไฟจราจรขั้นต่ำให้กับเส้นทางจากนิคมอมตะนคร เนื่องจากการปรับเวลาอ้างอิงจากสัดส่วนจำนวนรถที่ตรงไปกับเลี้ยวขวาของช่องทางเดินรถช่องกลางมีจำนวนน้อย ทำให้เวลาสัญญาณไฟเขียวของสี่แยกนิคมอมตะนครมีสัดส่วนเปอร์เซ็นต์น้อยมาก เมื่อนำมาคำนวณเป็นเวลาได้เท่ากับ 3 วินาที ซึ่งเวลาสัญญาณไฟเขียวของเส้นทางนิคมอมตะนครดังกล่าวน้อยมาก จึงกำหนดให้เวลาของสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อของแต่ละสี่แยกไฟแดงมีเวลาขั้นต่ำ 20 วินาที

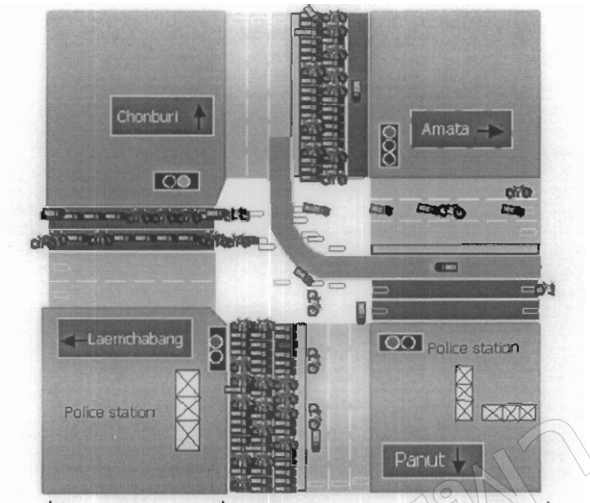
3. คำนวณความจุที่สามารถรองรับยานพาหนะของสะพานข้ามแยก กำหนดให้สะพานยาว 200 เมตรแสดงดังตารางที่ 4.55

ตารางที่ 4.55 จำนวนรถที่สะพานข้ามแยกสามารรองรับรถได้

ประเภทยานพาหนะ	ความยาวรถ	200/ความยาวรถ (เมตร)	สัดส่วนประเภทรถ (%)	จำนวนที่รองรับได้ (คัน)
รถสองล้อ	3.5	57.14	0.220	12.57
รถสามล้อ	3.5	57.14	0.002	0.11
รถสี่ล้อ	5.0	40	0.693	27.72
รถหกล้อ	6.5	30.76	0.049	1.50
รถสิบล้อ	9.5	21.05	0.030	0.63
รถสิบล้อขึ้นไป	16.5	12.12	0.006	0.07
จำนวนรถที่สะพานข้ามแยกสามารรองรับรถได้				57 คัน

หมายเหตุ 200 หมายถึง ความยาวสะพานข้ามแยก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.37 ภาพเคลื่อนไหว แนวทางการแก้ไขที่ 1

4.6.2 แนวทางการแก้ไขที่ 2

สร้างสะพานข้ามแยกจากนิคมอมตะนครเลี้ยวขวาไปชลบุรีจำนวน 2 ช่องทาง ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์มีดังนี้

1. เส้นทางจากชลบุรี เส้นทางจากพนัสนิคมและเส้นทางจากแหลมฉบังคงเหมือนเดิม เปลี่ยนเส้นทางการเลี้ยวและสัดส่วนทิศทางการเลี้ยวของเส้นทางนิคมอมตะนครเท่านั้น ดังตารางที่ 4.56

ตารางที่ 4.56 ข้อมูลเส้นทางการเดินรถและสัดส่วนทิศทางการเดินรถ ช่วงเวลา 06.00-08.00 น. และ 16.00-18.00 น. แนวทางการแก้ไขที่ 2

เส้นทาง	ช่องทาง	ทิศทาง	สัดส่วน (%)	เส้นทาง	ช่องทาง	ทิศทาง	สัดส่วน (%)
จาก อมตะนคร 06.00-08.00น.	ซ้าย	เลี้ยวซ้าย	57.65	จาก อมตะนคร 16.00-18.00น.	ซ้าย	เลี้ยวซ้าย	40.71
		ตรงไป	4.11			ตรงไป	5.13
		เลี้ยวขวา	1.90			เลี้ยวขวา	2.52
		กลับรถ	0.82			กลับรถ	0.46
	สะพาน	เลี้ยวขวา	35.52		สะพาน	เลี้ยวขวา	51.18

2. ปรับเปลี่ยนเวลาของสัญญาณไฟเขียว ช่วงเวลา 06.00-08.00 น. และช่วงเวลา 16.00-18.00 น. แสดงดังตารางที่ 4.57 ถึงตารางที่ 4.58

ตารางที่ 4.57 เวลาสัญญาณไฟเขียวแนวทางเลือกที่ 2 ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.

เส้นทาง	จำนวนรถ (คัน)	สัดสวนรถ (%)	เวลาไฟเขียว (วินาที)
จากชลบุรี	2,698	26.60	77 (87)
จากนิคมอมตะนคร	1,020	10.06	29
จากพนัสนิคม	4,377	43.16	125
จากแหลมฉบัง	2,046	20.18	59 (49)
ทั้งหมด	10,141คัน	100 %	290 วินาที

จากตารางที่ 4.57 เนื่องจากเวลาสัญญาณไฟเขียวของเส้นทางชลบุรีที่คำนวณได้จากสัดส่วนของยานพาหนะมีเวลาลดลงน้อยกว่าเวลาเดิม จึงปรับเปลี่ยนเวลาไฟเขียวของเส้นทางจากชลบุรีโดยเพิ่มเวลาขึ้น 10 วินาทีแล้วลดเวลาไฟเขียวของสี่แยกแหลมฉบังลง 10 วินาที เนื่องจากหัวข้อที่ 4.5.1 ได้บ่งชี้ว่าเส้นทางจากชลบุรีมีปัญหาการจราจรติดขัดสูง จึงไม่ควรลดเวลาของสัญญาณไฟเขียวที่เส้นทางจากชลบุรี

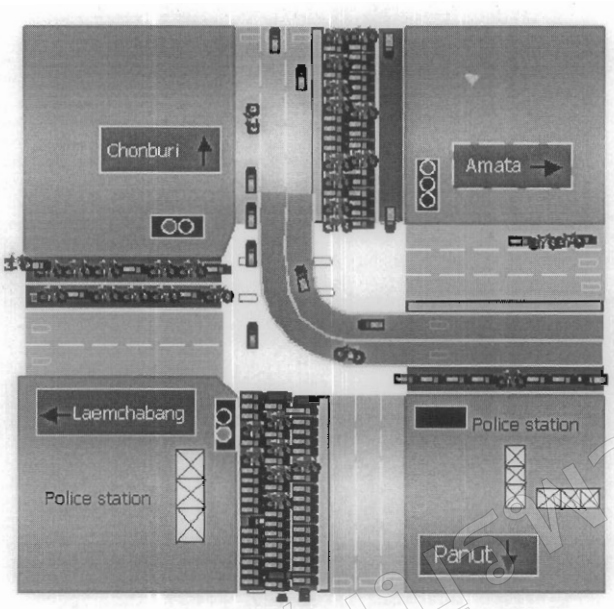
ตารางที่ 4.58 เวลาสัญญาณไฟเขียวแนวทางเลือกที่ 2 ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

เส้นทาง	จำนวนรถ (คัน)	สัดส่วน (%)	เวลาไฟเขียว (วินาที)
จากชลบุรี	2,004	26.69	80
จากนิคมอมตะนคร	1,162	15.48	46
จากพนัสนิคม	3,643	48.52	146
จากแหลมฉบัง	699	9.31	28
ทั้งหมด	7,508 คัน	100 %	300 วินาที

3. คำนวณความจุที่สามารถรองรับยานพาหนะของสะพานข้ามแยก กำหนดให้สะพานยาว 200 เมตรแสดงดังตารางที่ 4.55

เนื่องจากแนวทางการแก้ไขที่ 2 สะพานข้ามแยกที่สร้างขึ้นมีจำนวน 2 ช่องทาง ดังนั้นในแนวทางการแก้ไขที่ 2 ความสามารถที่สะพานจะสามารถรองรับยานพาหนะที่จะใช้บริการได้เต็มที่สุดจำนวน 114 คัน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.38 ภาพเคลื่อนไหวแนวทางการแก้ไขที่ 2

4.7 ผลจากการปรับปรุง

4.7.1 แก้ไขปัญหาตามแนวทางที่ 1

จากการจำลองสถานการณ์ตามแนวทางการแก้ไขปัญหาที่ 1 โดยการสร้างสะพานข้ามแยกจากสี่แยกนิคมอมตะนครเลี้ยวขวาไปทางเมืองชลบุรีจำนวน 1 ช่องทาง ได้ผลดังตารางที่ 4.59

ตารางที่ 4.59 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สถานการณ์ปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 1

เส้นทาง	พารามิเตอร์	ช่องทางเดินรถ	ช่วงเวลา	สถานการณ์ปัจจุบัน	แนวทางเลือกที่ 1
จากชลบุรี	เวลารอคอย (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	0.06	0.06
			16.00-18.00 น.	0.04	0.04
		กลาง	06.00-08.00 น.	37.23	36.66
			16.00-18.00 น.	29.70	27.11
		ขวา	06.00-08.00 น.	24.38	24.35
			16.00-18.00 น.	21.34	18.15

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.59 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สถานการณ์ปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 1 (ต่อ)

เส้นทาง	พารามิเตอร์	ช่องทางเดินรถ	ช่วงเวลา	สถานการณ์ปัจจุบัน	แนวทางเลือกที่ 1
จากชลบุรี	จำนวนรถในแถวคอย (คัน)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	1	1
			16.00-18.00 น.	1	1
		กลาง	06.00-08.00 น.	535	524
			16.00-18.00 น.	321	291
		ขวา	06.00-08.00 น.	231	231
			16.00-18.00 น.	183	154
	เวลาที่รถแต่ละคันอยู่ในไฟแดงจนกระทั่งออก (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	0.11	0.11
			16.00-18.00 น.	0.10	0.09
		กลาง	06.00-08.00 น.	37.28	36.71
			16.00-18.00 น.	29.75	27.16
		ขวา	06.00-08.00 น.	24.43	24.39
			16.00-18.00 น.	21.40	18.20
	ช่วงห่างระยะเวลาการเข้ามาของรถแต่ละคัน (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	0.08	0.08
			16.00-18.00 น.	0.09	0.09
		กลาง	06.00-08.00 น.	0.07	0.07
			16.00-18.00 น.	0.09	0.09
		ขวา	06.00-08.00 น.	0.10	0.10
			16.00-18.00 น.	0.12	0.12
	ช่วงห่างระยะเวลาการออกของรถแต่ละคัน (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	0.08	0.08
			16.00-18.00 น.	0.09	0.09
		กลาง	06.00-08.00 น.	0.17	0.17
			16.00-18.00 น.	0.18	0.16
		ขวา	06.00-08.00 น.	0.17	0.17
			16.00-18.00 น.	0.17	0.16

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.59 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สถานการณ์ปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 1 (ต่อ)

เส้นทาง	พารามิเตอร์	ช่องทางเดินรถ	ช่วงเวลา	สถานการณ์ปัจจุบัน	แนวทางเลือกที่ 1
จากนิคมอมตะนคร	เวลารอคอย (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	0.03	0.03
			16.00-18.00 น.	0.03	0.03
		กลาง	06.00-08.00 น.	5.89	2.57
			16.00-18.00 น.	25.89	12.47
		ขวา	06.00-08.00 น.	2.19	0.00
			16.00-18.00 น.	21.06	0.00
	จำนวนรถในแถวคอย (คัน)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	1	1
			16.00-18.00 น.	1	1
		กลาง	06.00-08.00 น.	22	3
			16.00-18.00 น.	172	22
		ขวา	06.00-08.00 น.	7	0
			16.00-18.00 น.	130	0
	เวลาที่รถแต่ละคันอยู่ในไฟแดงจนกระทั่งออก (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	0.08	0.08
			16.00-18.00 น.	0.08	0.08
		กลาง	06.00-08.00 น.	5.93	12.52
			16.00-18.00 น.	25.94	24.62
		ขวา	06.00-08.00 น.	2.24	0.88
			16.00-18.00 น.	21.11	0.88
	ช่วงห่างระยะเวลาการเข้ามาของรถแต่ละคัน (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	0.11	0.11
			16.00-18.00 น.	0.12	0.11
		กลาง	06.00-08.00 น.	0.28	0.94
			16.00-18.00 น.	0.15	0.58
		ขวา	06.00-08.00 น.	0.35	0.18
			16.00-18.00 น.	0.16	0.09

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.59 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สถานการณ์ปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 1 (ต่อ)

เส้นทาง	พารามิเตอร์	ช่องทางเดินรถ	ช่วงเวลา	สถานการณ์ปัจจุบัน	แนวทางเลือกที่ 1
จากนิคมอมตะนคร	ช่วงห่างระยะเวลาการออกของรถแต่ละคัน (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	0.11	0.11
			16.00-18.00 น.	0.11	0.11
		กลาง	06.00-08.00 น.	0.29	0.93
			16.00-18.00 น.	0.24	0.66
		ขวา	06.00-08.00 น.	0.35	0.18
			16.00-18.00 น.	0.23	0.09
จากพนัสนิคม	เวลารอคอย (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	22.15	19.18
			16.00-18.00 น.	6.59	1.04
		กลาง	06.00-08.00 น.	20.33	16.30
			16.00-18.00 น.	26.85	14.69
		ขวา	06.00-08.00 น.	5.78	2.69
			16.00-18.00 น.	2.16	0.90
	จำนวนรถในแถวคอย (คัน)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	303	263
			16.00-18.00 น.	61	10
		กลาง	06.00-08.00 น.	259	207
			16.00-18.00 น.	403	221
		ขวา	06.00-08.00 น.	54	25
			16.00-18.00 น.	16	8
	เวลาที่รถแต่ละคันอยู่ในไฟแดงจนกระทั่งออก (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	22.20	19.23
			16.00-18.00 น.	6.63	1.08
		กลาง	06.00-08.00 น.	20.39	16.35
			16.00-18.00 น.	26.87	14.73
		ขวา	06.00-08.00 น.	5.83	2.74
			16.00-18.00 น.	2.20	0.95

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.59 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สถานการณ์ปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 1 (ต่อ)

เส้นทาง	พารามิเตอร์	ช่องทางเดินรถ	ช่วงเวลา	สถานการณ์ปัจจุบัน	แนวทางเลือกที่ 1
จากพนัสนิคม	ช่วงห่างระยะเวลาการเข้ามาของรถแต่ละคัน (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	0.07	0.07
			16.00-18.00 น.	0.11	0.11
		กลาง	06.00-08.00 น.	0.08	0.08
			16.00-18.00 น.	0.07	0.07
		ขวา	06.00-08.00 น.	0.12	0.11
			16.00-18.00 น.	0.13	0.13
	ช่วงห่างระยะเวลาการออกของรถแต่ละคัน (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	0.12	0.11
			16.00-18.00 น.	0.12	0.11
		กลาง	06.00-08.00 น.	0.12	0.11
			16.00-18.00 น.	0.12	0.09
		ขวา	06.00-08.00 น.	0.12	0.11
			16.00-18.00 น.	0.13	0.13
จากแหลมฉบัง	เวลารอคอย (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	49.47	29.97
			16.00-18.00 น.	39.60	28.07
		ขวา	06.00-08.00 น.	47.69	19.61
			16.00-18.00 น.	26.50	5.79
	จำนวนรถในแถวคอย (คัน)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	419	253
			16.00-18.00 น.	153	109
		ขวา	06.00-08.00 น.	302	125
			16.00-18.00 น.	58	13
	เวลาที่รถแต่ละคันอยู่ในไฟแดงจนกระทั่งออก (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	49.51	29.96
			16.00-18.00 น.	39.64	28.03
		ขวา	06.00-08.00 น.	47.74	19.62
			16.00-18.00 น.	26.55	5.84

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.59 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สถานการณ์ปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 1 (ต่อ)

เส้นทาง	พารามิเตอร์	ช่องทางเดินรถ	ช่วงเวลา	สถานการณ์ปัจจุบัน	แนวทางเลือกที่ 1
จากแหลมฉบัง	ช่วงห่างระยะเวลาการเข้ามาของรถแต่ละคัน (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	0.12	0.12
			16.00-18.00 น.	0.25	0.25
		ขวา	06.00-08.00 น.	0.16	0.16
			16.00-18.00 น.	0.45	0.45
	ช่วงห่างระยะเวลาการออกของรถแต่ละคัน (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	0.63	0.23
			16.00-18.00 น.	0.65	0.43
		ขวา	06.00-08 00 น.	0.71	0.23
			16.00-18.00 น.	0.74	0.46

ผลการรันแบบจำลองจากตารางที่ 4.59 สามารถสรุปผลให้ค่าพารามิเตอร์การรอคอยและพารามิเตอร์จำนวนรถในแถวคอยของแต่ละสี่แยกไฟแดงให้อยู่ในค่าเฉลี่ย เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่างแบบจำลองสถานการณ์ปัจจุบันกับแบบจำนวนตามแนวทางการแก้ปัญหาที่ 1 ดังตารางที่ 4.60 และตารางที่ 4.61

ตารางที่ 4.60 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์โดยเฉลี่ยของสถานการณ์ปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 1 ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.

เส้นทาง	เวลารอคอยเฉลี่ย (วินาที)		จำนวนรถในแถวคอยเฉลี่ย (คัน)		ระยะทางที่รถติด (กิโลเมตร)	
	ปัจจุบัน	แนวทาง1	ปัจจุบัน	แนวทาง1	ปัจจุบัน	แนวทาง1
จากชลบุรี	20.56	20.35	256	252	0.82	0.81
จากนิคมอมตะนคร	2.7	1.30	10	2	0.03	รถไม่ติด
จากพนัสนิคม	16.09	12.72	206	165	0.68	0.55
จากแหลมฉบัง	48.58	24.79	360	189	0.90	0.48

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.61 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์โดยเฉลี่ยของสถานการณ์ปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 1 ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

เส้นทาง	เวลารอคอยเฉลี่ย (วินาที)		จำนวนรถในแถวคอยเฉลี่ย (คัน)		ระยะทางที่รถติด (กิโลเมตร)	
	ปัจจุบัน	แนวทาง1	ปัจจุบัน	แนวทาง1	ปัจจุบัน	แนวทาง1
จากชลบุรี	17.03	15.1	170	149	0.63	0.55
จากนิคมอมตะนคร	15.66	6.25	102	12	0.36	รถไม่ติด
จากพนัสนิคม	11.87	5.54	160	80	0.64	0.31
จากแหลมฉบัง	33.05	16.93	106	61	0.34	0.19

ตารางที่ 4.60 และตารางที่ 4.61 ผลของแนวทางการแก้ไขปัญหาที่ 1 จากการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่าที่พารามิเตอร์เวลาการรอคอยของทุกช่องทางการเดินรถแต่ละแยกลดลงจากสภาพปัจจุบัน ยกเว้นเส้นทางจากชลบุรีที่เท่าเดิมในช่วงเช้าเนื่องจากเวลาไฟเขียวของเส้นทางจากชลบุรีมีเวลาเท่าเดิมและพารามิเตอร์จำนวนรถในแถวคอยของทุกช่องทางการเดินรถแต่ละแยกลดลงจากสภาพปัจจุบัน

ช่วงเวลา 06.00-08.00 น. เส้นทางจากชลบุรีมีเวลาในการรอคอยเท่าเดิมมีจำนวนรถในแถวคอย 256 คัน เป็นรถสองล้อ 72 คัน (ไม่นำมาคิดระยะทางรถติด) คิดเป็นระยะทางที่รถติด 0.81 กิโลเมตร คิดเป็นอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ 3,538 บาท (252x20.35x0.69) เส้นทางจากนิคมอมตะนครมีเวลาในการรอคอยลดลงเหลือ 1.30 นาที มีจำนวนรถในแถวคอยลดลง เหลือ 2 คัน ที่เส้นทางนี้ไม่มีรถติด เส้นทางจากพนัสนิคมมีเวลาในการรอคอยลดลงเหลือ 12.72 นาที มีจำนวนรถในแถวคอยลดลงเหลือ 165 คัน เป็นรถสองล้อ 43 คัน ระยะทางที่รถติดจากปัจจุบันจาก 0.68 กิโลเมตร เป็น 0.55 กิโลเมตร คิดเป็นอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ 1,448 บาท (165x12.72x0.69) และเส้นทางจากแหลมฉบังมีเวลาในการรอคอยลดลงเหลือ 24.79 นาที มีจำนวนรถในแถวคอยลดลงเหลือ 189 คัน เป็นรถสองล้อ 83 คัน ระยะทางที่รถติดจากปัจจุบันจาก 0.90 กิโลเมตร เป็น 0.48 กิโลเมตรคิดเป็นอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ 3,232 บาท (189x24.79x0.69) รวมเป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 8,219 บาท สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายจากสภาพปัจจุบันลงได้ 9,786 บาท

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. เส้นทางจากชลบุรีมีเวลาในการรอคอยลดลง เหลือ 15.1 นาที มีจำนวนรถในแถวคอยลดลง เหลือ 149 คัน เป็นรถสองล้อ 26 คัน ระยะทางที่รถติดจากปัจจุบัน 0.63 กิโลเมตร เป็น 0.55 กิโลเมตร คิดเป็นอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ 1,552 บาท (149x15.1x0.69) เส้นทางจากนิคมอมตะนครมีเวลาในการรอคอยลดลงเหลือ 6.25 นาที มีจำนวนรถในแถวคอยลดลงเหลือ 12 คัน เป็นรถสองล้อ 3 คันที่สี่แยกนี้ไม่มีรถติด เส้นทางจากพนัสนิคมมีเวลาในการรอคอยลดลงเหลือ 5.54 นาที มีจำนวนรถในแถวคอยลดลงเหลือ 80 คัน เป็นรถสองล้อ 9 คัน ระยะทางที่รถติดจากปัจจุบัน 0.64 กิโลเมตร เป็น 0.31 กิโลเมตร คิดเป็นอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ 305 บาท (80x5.54x0.69) และเส้นทางจากแหลมฉบังมีเวลาในการรอคอยลดลงเหลือ 16.93 นาที มีจำนวนรถในแถวคอยลดลงเหลือ 61 คัน เป็นรถสองล้อ18 คัน ระยะทางที่รถติดจากปัจจุบันจาก 0.34 กิโลเมตร เป็น 0.19 กิโลเมตรคิดเป็นอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ 712 บาท (61x16.93x0.69) รวมเป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 2,620 บาท สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายจากสภาพปัจจุบันลงได้ 4,207 บาท

4.7.2 แก้ไขปัญหาตามแนวทางที่ 2

จากการจำลองสถานการณ์โดยการสร้างสะพานข้ามแยกจากสี่แยกนิคมอมตะนครเลี้ยวขวาไปทางเมืองชลบุรีจำนวน 2 ช่องทางตามแนวทางการแก้ไขปัญหาที่ 2 ได้ผลดังตารางที่ 4.62

ตารางที่ 4.62 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สถานการณ์ปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 2

เส้นทาง	พารามิเตอร์	ช่องทางเดินรถ	ช่วงเวลา	สถานการณ์ปัจจุบัน	แนวทางเลือกที่ 2
จากชลบุรี	เวลารอคอย (นาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	0.06	0.06
			16.00-18.00 น.	0.04	0.04
		กลาง	06.00-08.00 น.	37.23	37.49
			16 00-18.00 น.	29.70	29.56
		ขวา	06.00-08.00 น.	24.38	25.57
			16.00-18.00 น.	21.34	21.71

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.62 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สถานการณ์ปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 2 (ต่อ)

เส้นทาง	พารามิเตอร์	ช่องทางเดินรถ	ช่วงเวลา	สถานการณ์ปัจจุบัน	แนวทางเลือกที่ 2
จากชลบุรี	จำนวนรถในแถวคอย (คัน)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	1	1
			16.00-18.00 น.	1	1
		กลาง	06.00-08.00 น.	535	537
			16.00-18.00 น.	321	318
		ขวา	06.00-08.00 น.	231	243
			16.00-18.00 น.	183	186
	เวลาที่รถแต่ละคันอยู่ในไฟแดงจนกระทั่งออก (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	0.11	0.11
			16.00-18.00 น.	0.10	0.09
		กลาง	06.00-08.00 น.	37.28	37.54
			16.00-18.00 น.	29.75	29.61
		ขวา	06.00-08.00 น.	24.43	25.62
			16.00-18.00 น.	21.40	21.79
	ช่วงห่างระยะเวลาการเข้ามาของรถแต่ละคัน (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	0.08	0.08
			16.00-18.00 น.	0.09	0.09
		กลาง	06.00-08.00 น.	0.07	0.07
			16.00-18.00 น.	0.09	0.09
		ขวา	06.00-08.00 น.	0.10	0.10
			16.00-18.00 น.	0.12	0.12
	ช่วงห่างระยะเวลาการออกของรถแต่ละคัน (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	0.08	0.08
			16.00-18.00 น.	0.09	0.09
		กลาง	06.00-08.00 น.	0.17	0.17
			16.00-18.00 น.	0.18	0.15
		ขวา	06.00-08.00 น.	0.17	0.17
			16.00-18.00 น.	0.17	0.15

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.62 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สถานการณ์ปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 2 (ต่อ)

เส้นทาง	พารามิเตอร์	ช่องทางเดินรถ	ช่วงเวลา	สถานการณ์ปัจจุบัน	แนวทางเลือกที่ 2
จากนิคมอมตะนคร	เวลารอคอย (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	0.03	46.70
			16.00-18.00 น.	0.03	43.17
		กลาง	06.00-08.00 น.	5.89	0.00
			16.00-18.00 น.	25.89	0.00
		ขวา	06 00-08.00 น.	2.19	0.00
			16.00-18.00 น.	21.06	0.00
	จำนวนรถในแถวคอย (คัน)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	1	465
			16.00-18.00 น.	1	454
		กลาง	06.00-08.00 น.	22	0
			16.00-18.00 น.	172	0
		ขวา	06.00-08.00 น.	7	0
			16.00-18.00 น.	130	0
	เวลาที่รถแต่ละคันอยู่ในไฟแดงจนกระทั่งออก (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	0.08	46.70
			16.00-18.00 น.	0.08	43.11
		กลาง	06.00-08.00 น.	5.93	-
			16.00-18.00 น.	25.94	-
		ขวา	06.00-08.00 น.	2.24	0.88
			16.00-18.00 น.	21.11	0.88
	ช่วงห่างระยะเวลาการเข้ามาของรถแต่ละคัน (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	0.11	0.10
			16.00-18.00 น.	0.12	0.09
		กลาง	06.00-08.00 น.	0.28	-
			16.00-18.00 น.	0.15	-
		ขวา	06.00-08.00 น.	0.35	0.19
			16.00-18.00 น.	0.16	0.09

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.62 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สถานการณ์ปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 2 (ต่อ)

เส้นทาง	พารามิเตอร์	ช่องทางเดินรถ	ช่วงเวลา	สถานการณ์ปัจจุบัน	แนวทางเลือกที่ 2
จากนิคมอมตะนคร	ช่วงห่างระยะเวลาการออกของรถแต่ละคัน (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	0.11	0.45
			16.00-18.00 น.	0.11	0.30
		กลาง	06.00-08.00 น.	0.29	-
			16.00-18.00 น.	0.24	-
		ขวา	06.00-08.00 น.	0.35	0.19
			16.00-18.00 น.	0.23	0.09
จากพนัสนิคม	เวลารอคอย (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	22.15	20.80
			16.00-18.00 น.	6.59	1.45
		กลาง	06.00-08.00 น.	20.33	18.34
			16.00-18.00 น.	26.85	19.17
		ขวา	06.00-08.00 น.	5.78	4.20
			16.00-18.00 น.	2.16	1.11
	จำนวนรถในแถวคอย (คัน)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	303	285
			16.00-18.00 น.	61	14
		กลาง	06.00-08.00 น.	259	234
			16.00-18.00 น.	403	287
		ขวา	06.00-08.00 น.	54	39
			16.00-18.00 น.	16	9
	เวลาที่รถแต่ละคันอยู่ในไฟแดงจนกระทั่งออก (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	22.20	20.85
			16.00-18.00 น.	6.63	1.49
		กลาง	06.00-08.00 น.	20.39	18.39
			16.00-18.00 น.	26.87	19.20
		ขวา	06.00-08.00 น.	5.83	4.25
			16.00-18.00 น.	2.20	1.16

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.62 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สถานการณ์ปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 2 (ต่อ)

เส้นทาง	พารามิเตอร์	ช่องทางเดินรถ	ช่วงเวลา	สถานการณ์ปัจจุบัน	แนวทางเลือกที่ 2
จากพนัสนิคม	ช่วงห่างระยะเวลาการเข้ามาของรถแต่ละคัน (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	0.07	0.07
			16.00-18.00 น.	0.11	0.11
		กลาง	06.00-08.00 น.	0.08	0.08
			16.00-18.00 น.	0.07	0.07
		ขวา	06.00-08.00 น.	0.12	0.11
			16.00-18.00 น.	0.13	0.13
	ช่วงห่างระยะเวลาการออกของรถแต่ละคัน (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	0.12	0.11
			16.00-18.00 น.	0.12	0.11
		กลาง	06.00-08.00 น.	0.12	0.11
			16.00-18.00 น.	0.12	0.10
		ขวา	06.00-08.00 น.	0.12	0.11
			16.00-18.00 น.	0.13	0.13
จากแหลมฉบัง	เวลารอคอย (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	49.47	30.54
			16.00-18.00 น.	39.60	31.41
		ขวา	06.00-08.00 น.	47.69	20.36
			16.00-18.00 น.	26.50	8.63
	จำนวนรถในแถวคอย (คัน)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	419	258
			16.00-18.00 น.	153	122
		ขวา	06.00-08.00 น.	302	128
			16 00-18.00 น.	58	20
	เวลาที่รถแต่ละคันอยู่ในไฟแดงจนกระทั่งออก (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	49.51	30.53
			16.00-18.00 น.	39.64	31.35
		ขวา	06.00-08.00 น.	47.74	20.37
			16.00-18.00 น.	26.55	8.67

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.62 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สถานการณ์ปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 2 (ต่อ)

เส้นทาง	พารามิเตอร์	ช่องทางเดินรถ	ช่วงเวลา	สถานการณ์ปัจจุบัน	แนวทางเลือกที่ 2
จากแหลมฉบัง	ช่วงห่างระยะเวลาการเข้ามาของรถแต่ละคัน (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	0.12	0.12
			16.00-18.00 น.	0.25	0.25
		ขวา	06.00-08.00 น.	0.16	0.16
			16.00-18.00 น.	0.45	0.46
	ช่วงห่างระยะเวลาการออกของรถแต่ละคัน (วินาที)	ซ้าย	06.00-08.00 น.	0.63	0.23
			16.00-18.00 น.	0.65	0.48
		ขวา	06.00-08.00 น.	0.71	0.23
			16.00-18.00 น.	0.74	0.49

ผลการรันแบบจำลองจากตารางที่ 4.62 สามารถสรุปผลให้ค่าพารามิเตอร์การรอคอยและพารามิเตอร์จำนวนรถในแถวคอยของแต่ละเส้นทางให้อยู่ในค่าเฉลี่ย เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่างแบบจำลองสถานการณ์ปัจจุบันกับแบบจำนวนจามแนวทางการแก้ปัญหาที่ 2 ดังตารางที่ 4.63 และตารางที่ 4.64

ตารางที่ 4.63 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สถานการณ์ปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 2 ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.

เส้นทาง	เวลารอคอยเฉลี่ย (วินาที)		จำนวนรถในแถวคอยเฉลี่ย (คัน)		ระยะทางที่รถติด (กิโลเมตร)	
	ปัจจุบัน	แนวทาง2	ปัจจุบัน	แนวทาง2	ปัจจุบัน	แนวทาง2
จากชลบุรี	20.56	21.04	256	261	0.82	0.84
จากนิคมอมตะนคร	2.7	46.70	10	465	0.03	1.62
จากพนัสนิคม	16.09	14.44	206	186	0.68	0.64
จากแหลมฉบัง	48.58	25.45	360	193	0.90	0.48

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.64 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สถานการณ์ปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 2 ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

เส้นทาง	เวลารอคอยเฉลี่ย (วินาที)		จำนวนรถในแถวคอยเฉลี่ย (คัน)		ระยะทางที่รถติด (กิโลเมตร)	
	ปัจจุบัน	แนวทาง2	ปัจจุบัน	แนวทาง2	ปัจจุบัน	แนวทาง2
จากชลบุรี	17.03	17.10	170	169	0.63	0.63
จากนิคมอมตะนคร	15.66	43.17	102	454	0.36	1.62
จากพนัสนิคม	11.87	7.24	160	104	0.64	0.41
จากแหลมฉบัง	33.05	20.02	106	71	0.34	0.23

ตารางที่ 4.63 และตารางที่ 4.64 ผลของแนวทางการแก้ไขปัญหาตามแนวทางที่ 2 จากการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่าที่พารามิเตอร์เวลารอคอยและพารามิเตอร์จำนวนรถในแถวคอยของทุกช่องทางการเดินรถแต่ละเส้นทางลดลงจากสภาพปัจจุบัน ยกเว้นเส้นทางจากนิคมอมตะนครช่องทางซ้ายที่เพิ่มขึ้น สาเหตุที่ทำให้พารามิเตอร์เวลารอคอยและจำนวนรถในแถวคอยที่ช่องทางการเดินรถช่องซ้ายที่เส้นทางจากนิคมอมตะนครเพิ่มขึ้น เนื่องจากการปรับเปลี่ยนให้เวลาไฟเขียวของแยกลดลง จึงทำให้รถที่อยู่ในเส้นทางจากนิคมอมตะนครมีเวลาในการรอคอยเพิ่มขึ้น การที่เส้นทางจากนิคมอมตะนครมีการสร้างสะพานจำนวน 2 ช่องทางการเดินรถ ทำให้รถที่ต้องการตรงไปจำเป็นต้องใช้ช่องทางการเดินรถซ้ายในการสัญจรและจากสาเหตุเดียวกันนี้ทำให้ต้องมีการกำหนดเวลาสัญญาณไฟจราจรในช่องทางการเดินรถซ้ายจากที่เคยสัญจรได้ตลอดเวลา (เลี้ยวซ้ายผ่านตลอด) ต้องรอสัญญาณไฟจราจร

ช่วงเวลา 06.00-08.00 น. เส้นทางจากชลบุรีมีเวลาในการรอคอยเท่าเดิม มีจำนวนรถในแถวคอย 261 คัน เป็นรถสองล้อ 74 คัน ระยะทางที่รถติด 0.84 กิโลเมตร คิดเป็นอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ 3,789 บาท (261x21.04x0.69) เส้นทางจากนิคมอมตะนครมีเวลาในการรอคอยเพิ่มขึ้นเป็น 46.70 นาที มีจำนวนรถในแถวคอยเพิ่มขึ้นเป็น 465 คัน เป็นรถสองล้อ 104 คัน ระยะทางที่รถติดจากปัจจุบันจาก 0.03 กิโลเมตร เป็น 1.62 กิโลเมตร คิดเป็นอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ 14,983 บาท (465x46.70x0.69) เส้นทางจากพนัสนิคมมีเวลาในการรอคอยลดลงเหลือ 14.44 นาที มีจำนวนรถในแถวคอยลดลงเหลือ 186 คัน เป็นรถสองล้อ 42 คัน ระยะทางที่รถติดจากปัจจุบันจาก 0.68 กิโลเมตร เป็น 0.64 กิโลเมตร คิดเป็นอัตราการสิ้นเปลือง

พลังงานเท่ากับ 1,853 บาท (186x14.44x0.69) และสี่แยกแหลมฉบังมีเวลาในการรอคอยลดลงเหลือ 25.45 นาที มีจำนวนรถในแถวคอยลดลงเหลือ 193 คันเป็นรถสองล้อ 85 คัน ระยะทางที่รถติดจากปัจจุบันจาก 0.90 กิโลเมตรเป็น 0.48 กิโลเมตรคิดเป็นอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน เท่ากับ 3,389 บาท (193x25.45x0.69) รวมเป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 24,014 บาท การแก้ไขปัญหาตามแนวทางที่ 2 ไม่สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายจากสภาพปัจจุบันได้ ทั้งยังเพิ่มค่าใช้จ่ายจากเดิม 18,005 บาท เป็น 24,014 บาท

ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. เส้นทางจากชลบุรีมีเวลาในการรอคอย จำนวนรถในแถวคอย และระยะทางที่รถติดเท่ากับแบบจำลองสถานการณ์ปัจจุบัน คิดเป็นอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ 1,994 บาท (169x17.10x0.69) เส้นทางจากนิคมอมตะนครมีเวลาในการรอคอยเพิ่มขึ้นจาก 15.66 นาทีเป็น 43.17 นาที มีจำนวนรถในแถวคอยเพิ่มขึ้นเป็น 454 คัน เป็นรถสองล้อ 94 คัน เพิ่มระยะทางที่รถติดเป็น 1.62 กิโลเมตร คิดเป็นอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ 13,523 บาท (454x43.17x0.69) เส้นทางจากพนัสนิคมมีเวลาในการรอคอยลดลงเหลือ 7.24 นาที มีจำนวนรถในแถวคอยลดลงเหลือ 104 คัน เป็นรถสองล้อ 12 คัน คิดเป็นระยะทางที่รถติดจากปัจจุบัน 0.64 กิโลเมตร เป็น 0.41 กิโลเมตร คิดเป็นอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ 519 บาท (193x25.45x0.69) และเส้นทางจากแหลมฉบังมีเวลาในการรอคอยลดลงเหลือ 20.02 นาที มีจำนวนรถในแถวคอยลดลงเหลือ 71 คัน เป็นรถสองล้อ 21 คัน ระยะทางที่รถติดลดลงเหลือ 0.23 กิโลเมตรคิดเป็นอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ 980 บาท (71x20.02x0.69)รวมเป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 17,016 บาท การแก้ไขปัญหาตามแนวทางที่ 2 ไม่สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายจากสภาพปัจจุบันได้ ทั้งยังเพิ่มค่าใช้จ่ายจากเดิม 6,827 บาท เป็น 17,016 บาท

จากผลการปรับปรุงตามแนวทางที่ 1 และการปรับปรุงตามแนวทางที่ 2 นำมาเปรียบเทียบเพื่อหาแนวทางที่สามารถแก้ปัญหาจราจรติดขัดได้ดีที่สุดแสดงดังตารางที่ 4.65

ตารางที่ 4.65 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สถานการณ์ปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไข

เส้นทาง	พารามิเตอร์	ช่วงเวลา	ช่องทางเดินรถ	สถานะปัจจุบัน		แนวทางเลือกที่ 1				% เฉลี่ย	แนวทางเลือกที่ 2				% เฉลี่ย
				ผล	เฉลี่ย	ผล	เฉลี่ย	ผลต่าง	%		ผล	เฉลี่ย	ผลต่าง	%	
จากชลบุรี	เวลารอคอย(นาที)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	0.06	20.56	0.05	20.35	0.21	1.02	6.2	0.06	21.04	-0.48	-2.33	-1.4
			กลาง	37.23		36.66					37.49				
			ขวา	24.38		24.35					25.57				
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	0.04	17.03	0.04	15.10	1.93	11.33		0.04	17.1	-0.07	-0.41	
			กลาง	29.70		27.11					29.56				
			ขวา	21.34		18.15					21.71				
	จำนวนรถในแถวคอย (คัน)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	1	256	1	252	4.00	1.56	7.0	1	261	-5.00	-1.95	-0.7
			กลาง	535		524					537				
			ขวา	231		231					243				
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	1	170	1	149	21.00	12.35		9	169	1.00	0.59	
			กลาง	321		291					318				
			ขวา	183		154					186				
จากนิคมอมตะนคร	เวลารอคอย (นาที)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	0.03	2.70	0.03	1.30	1.40	51.91	56.0	46.7	46.7	-44.00	-1627.50	-901.6
			กลาง	5.89		2.57					-				
			ขวา	2.19		0.00					0				
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	0.03	15.66	0.03	6.25	9.41	60.09		43.17	43.17	-27.51	-175.67	
			กลาง	25.89		12.47					-				
			ขวา	21.06		0.00					0				
	จำนวนรถในแถวคอย (คัน)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	1	10	1	2	8.00	80.00	84.1	465	465	-455.00	-4550.00	-2447.5
			กลาง	22		3					-				
			ขวา	7		0					0				
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	1	102	1	12	90.00	88.24		454	454	-352.00	-345.10	
			กลาง	172		22					-				
			ขวา	130		0					0				

ตารางที่ 4.65 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สถานการณ์ปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไข (ต่อ)

เส้นทาง	พารามิเตอร์	ช่วงเวลา	ช่องทางเดินรถ	สถานะปัจจุบัน		แนวทางเลือกที่ 1				% เฉลี่ย	แนวทางเลือกที่ 2				% เฉลี่ย
				ผล	เฉลี่ย	ผล	เฉลี่ย	ผลต่าง	%		ผล	เฉลี่ย	ผลต่าง	%	
จากพนัสนิคม	เวลารอคอย (นาที)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	22.15	16.09	19.18	12.72	3.37	20.94	37.1	20.8	14.4	1.69	10.50	24.8
			กลาง	20.33		16.30					18.34				
			ขวา	5.78		2.69					4.2				
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	6.59	11.87	1.04	5.54	6.33	53.33		1.45	7.24	4.63	39.01	
			กลาง	26.85		14.69					19.17				
			ขวา	2.16		0.90					1.11				
	จำนวนรถในแถวคอย (คัน)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	303	206	263	165	41.00	19.90	35.0	285	186	20.00	9.71	22.4
			กลาง	259		207					234				
			ขวา	54		25					39				
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	61	160.00	10	80	80.00	50.00		14	104	56.00	35.00	
			กลาง	403		221					287				
			ขวา	16		8					9				
จากแหล่งฉบัง	เวลารอคอย (นาที)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	49.47	48.58	29.97	24.79	23.79	48.97	48.9	30.54	25.45	23.13	47.61	43.5
			ขวา	47.69		19.61					20.36				
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	39.60	33.05	28.07	16.93	16.12	48.77		31.41	20.02	13.03	39.43	
			ขวา	26.50		5.79					8.63				
	จำนวนรถในแถวคอย (คัน)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	419	360.00	253	189	171.00	47.50	45.0	258	193	167.00	46.39	39.7
			ขวา	302		125					128				
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	153	106.00	109	61	45.00	42.45		122	71	35.00	33.02	
			ขวา	58		13					20				

หมายเหตุ ช่องผลต่าง คือ ค่าเปรียบเทียบระหว่างผลจากสถานการณ์ปัจจุบันกับผลจากแนวทางการแก้ไข

ตารางที่ 4.65 พบว่าแนวทางการแก้ไขตามแนวทางที่ 1 เส้นทางจากชลบุรีโดยเฉลี่ยทุกช่องทางเดินรถสามารถลดเวลาในการรอคอยและลดจำนวนรถในแถวคอยได้ 6.2% และ 7.0% ตามลำดับเส้นทางจากนิคมอมตะนครสามารถลดเวลาในการรอคอยและลดจำนวนรถในแถวคอยโดยเฉลี่ยทุกช่องทางเดินรถ 56% และ 84.1% ตามลำดับ เส้นทางจากพนัสนิคมสามารถลดเวลาในการรอคอยและลดจำนวนรถในแถวคอยโดยเฉลี่ยทุกช่องทางเดินรถ 37.1% และ 35% ตามลำดับ และเส้นทางแหลมฉบังสามารถลดเวลาในการรอคอยและลดจำนวนรถในแถวคอยโดยเฉลี่ยทุกช่องทางเดินรถ 48.9% และ 45.0% ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจากปัญหาที่ได้บ่งชี้ในขั้นตอนที่ 4.5.1 นั้น แนวทางการแก้ไขที่ 1 ยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ตรงจุดที่เส้นทางชลบุรี แต่ว่าสามารถลดค่าพารามิเตอร์ของทุกช่องทางเดินรถทุกสี่แยกไฟแดงโดยรวมได้ดีและสามารถลดเวลารอคอยเฉลี่ยที่เส้นทางแหลมฉบังได้ 48.9% ซึ่งถือว่าสามารถแก้ปัญหาที่เส้นทางนี้ได้

ในขณะที่แนวทางการแก้ไขตามแนวทางที่ 2 ทำให้เส้นทางจากชลบุรีกลับมีการรอคอยเพิ่มมากขึ้นที่เวลารอคอยเป็น 1.4% มีจำนวนรถในแถวคอยเพิ่มเป็น 0.7% เส้นทางจากนิคมอมตะนครมีเวลารอคอยเพิ่มขึ้นเป็น 901.6% มีจำนวนรถในแถวคอยเพิ่มเป็น 2,447.4% สาเหตุที่ทำให้เส้นทางชลบุรีนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากเวลาสัญญาณไฟเขียวของแยกเท่าเดิมและที่เส้นทางนิคมอมตะนครถึงจะมีการสร้างสะพานเพื่อแก้ไขปัญหาการจราจรที่ช่องทางเดินรถช่องกลางและช่องขวา แต่ยังทำให้เกิดปัญหาที่ช่องทางเดินรถช่องซ้ายอยู่จากการที่ต้องใช้ช่องทางเดินรถช่องซ้ายเพียงช่องเดียวในการสัญจรทั้งเลี้ยวขวา ตรง และเลี้ยวซ้าย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 5
สรุปผลและอภิปราย

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ในการศึกษาการทำโครงงาน การศึกษาสภาพการจราจรบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ จังหวัดชลบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัด โดยมีพารามิเตอร์ในการชี้บ่งปัญหา คือ เวลาที่รถรอคอย จำนวนรถในแถวคอย พบว่าแนวทางการแก้ไขตามแนวทางเลือกที่ 1 สามารถลดเวลาการรอคอยและจำนวนรถในแถวคอยทั้งระบบได้ถึง 39.9% ซึ่งมากกว่าแนวทางการแก้ไขที่ 2 ที่เวลาการรอคอยและจำนวนรถในแถวคอยเพิ่มขึ้น 402.6%ทางคณะผู้จัดทำโครงงานจึงเลือกแนวทางการแก้ไขที่ 1 เป็นแนวทางในการปรับปรุงการลดปัญหาการจราจรติดขัด คือ การสร้างสะพานข้ามแยกจากสี่แยกเส้นทางจากนิคมอมตะนครเลี้ยวขวาไปสี่แยกเมืองชลบุรี และปรับเวลาสัญญาณไฟจราจรของทุกเส้นทาง ทำให้สามารถลดเวลาในการรอคอยและจำนวนรถในแถวคอยของเส้นทางจากเมืองชลบุรีได้ 6.2% และ 7.0% ตามลำดับ สามารถลดเวลาในการรอคอยและจำนวนรถในแถวคอยของเส้นทางจากนิคมอมตะนครได้ 56.0% และ 84.1% ตามลำดับ สามารถลดเวลาในการรอคอยและจำนวนรถในแถวคอยของเส้นทางจากพนัสนิคมได้ 37.1% และ 35.0% ตามลำดับ และสามารถลดเวลาในการรอคอยและจำนวนรถในแถวคอยของเส้นทางจากแหลมฉบังได้ 48.9% และ 45.0% ตามลำดับ รวมทั้งระบบแนวทางการแก้ไขที่ 1 สามารถลดเวลาการรอคอยและจำนวนรถในแถวคอยได้ 39.9% ซึ่งแสดงผลสรุปได้ดังตารางที่ 4.66

ตารางที่ 5.1ผลการปรับปรุงแนวทางที่ 1 โดยเฉลี่ยของแต่ละเส้นทาง

พารามิเตอร์	เส้นทาง	% ของค่าพารามิเตอร์ที่ลดลง
เวลารอคอย (นาที)	จากชลบุรี	6.2
	จากนิคมอมตะนคร	56.0
	จากพนัสนิคม	37.1
	จากแหลมฉบัง	48.9
จำนวนรถในแถวคอย (คัน)	จากชลบุรี	7.0
	จากนิคมอมตะนคร	84.1
	จากพนัสนิคม	35.0
	จากแหลมฉบัง	45.0

เอกสารอ้างอิง

[1] วัฒนวงศ์ รัตนวราหม, *วิศวกรรมขนส่ง*, พิมพ์ครั้งที่ 2, หน้า 10–15, กรุงเทพฯ: ไลบารี่ นายพับลิชชิ่ง, 2545.

[2] รุ่งรัตน์ *ภิสัชเพ็ญ*, *คู่มือสร้างแบบจำลอง ARENA (ฉบับปรับปรุง)*, พิมพ์ครั้งที่ 1, หน้า 59-60 67-69, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2553.

[3] อำนาจ วังจีนและพรรณี บุญสุยา, *สถิติทั่วไป*, ครั้งที่ 1,หน้า 201-202,กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศรี ปทุม, 2553

[4] นุชิดา อาจวิชัยและคณะ, "การประยุกต์ใช้โปรแกรม ARENA ในการจำลองรูปแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษา ระบบแถวคอยของสายการประกอบปืนอิเล็กตรอน ณ บริษัทไทยอิเล็กตรอนกัน จำกัด," วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2542.

[5] ชลารักษ์ คนรักษ์และคณะ, "การเปรียบเทียบเวลาการเดินรถภายในมหาวิทยาลัยบูรพา โดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์," วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2553.

[6] ชินทัศน์ ไชยเขตต์และคณะ, "การเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดสินใจควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์," วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 2550

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

5.2 อภิปรายผลการดำเนินงาน

การดำเนินโครงงานทางวิศวกรรม เป็นการศึกษาสภาพปัจจุบันบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ จังหวัดชลบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัด โดยทางคณะผู้จัดทำโครงงานได้ ทำการศึกษาสภาพปัจจุบันโดยใช้โปรแกรมอารีนาในการจำลองสถานการณ์ ซึ่งสามารถบ่งชี้ปัญหาและนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาได้ ในส่วนของการนำเสนอแนวทางการแก้ไข ได้มีการใช้โปรแกรมอารีนา ในการสร้างแบบจำลองของแนวทางการแก้ไขปัญหาทั้ง 2 แนวทางด้วยเช่นกัน การวิเคราะห์ผลลัพธ์ของทางเลือกและเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด เป็นเพียงการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมอารีนาเท่านั้น โดยมีการกำหนดพารามิเตอร์เพียง 2 ค่า คือ จำนวนรถในแถวคอยและเวลารอคอย ไม่ได้มีการพิจารณาปัจจัยอื่น เช่น ปัจจัยทางการเงิน ปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม และปัจจัยเชิงโครงสร้างเป็นต้น ผลการวิเคราะห์จากโครงงานทางวิศวกรรมนี้ อาจไม่ได้เป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุดทั้งนี้ในหลักความเป็นจริงของการสร้างสะพานข้ามแยกที่สี่แยกนิคมอมตะนครควรมีการขยายทางเดินรถเพิ่มขึ้นอีกจำนวน 1 ช่องทาง เป็นช่องทางการเดินรถจำนวน 2 ช่องทางและสะพานข้ามแยกจำนวน 2 ช่องทาง เพราะหลักของการสร้างสะพานข้ามแยกควรมีช่องทางการเดินรถอย่างน้อย 2 ช่องทาง เพื่อความปลอดภัยในการขับขี่ยานพาหนะ

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ในขั้นตอนการเก็บข้อมูล เครื่องมือที่ใช้มีข้อจำกัดมาก คือ กล้องวงจรปิดที่บริเวณสี่แยกจราจร ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้สมบูรณ์ แต่ถ้าอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลมีประสิทธิภาพมากกว่าเดิมก็จะทำให้ข้อมูลจากโปรแกรมมีค่าคลาดเคลื่อนน้อยลง จากปัจจุบันที่ระดับความเชื่อมั่น 90 เปอร์เซ็นต์ เป็นความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ได้

2. การนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา ไม่ได้มีการพิจารณาปัจจัยอื่นๆที่อาจจะส่งผลกระทบด้วย ทฤษฎีที่เหมาะสม ถ้ามีการใช้ทฤษฎีที่เหมาะสมในการพิจารณา แนวทางการแก้ไขอาจไม่เป็นดังแนวทางที่ได้นำเสนอในแนวทางนี้

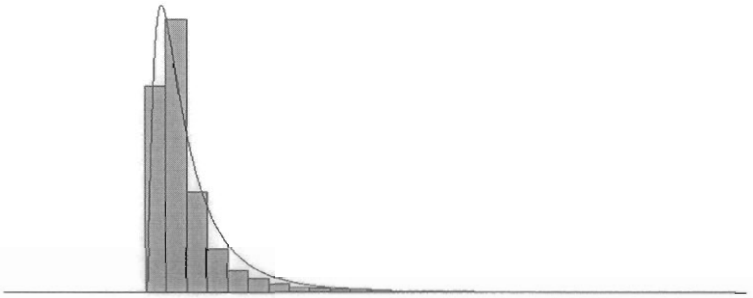
3. แบบจำลองคอมพิวเตอร์เป็นเพียงเครื่องมือในการจำลองสถานการณ์เท่านั้น ไม่ได้เป็นเครื่องมือในการแก้ไขปัญหา ซึ่งโครงงานทางวิศวกรรมนี้ไม่ได้มีการนำทฤษฎี เทคนิค หรือเครื่องมืออื่นๆเข้ามาประยุกต์ในการสร้างทางเลือกการแก้ไขปัญหา แนวทางการศึกษาวิจัยในอนาคตสามารถนำทฤษฎี หรือเครื่องมือมาประยุกต์ใช้ได้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาคผนวก ก.

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

1. การแจกแจงข้อมูลเส้นทางจากชลบุรี ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.



ภาพภาคผนวกที่ ก.1 การวิเคราะห์ข้อมูลการมาถึงของรถเส้นทางจากชลบุรี

Distribution Summary

Distribution: Lognormal

Expression: -0.5 + LOGN(2.12, 2.22)

Square Error: 0.007483

Chi Square Test

Number of intervals = 17

Degrees of freedom = 14

Test Statistic = 670

Corresponding p-value < 0.005

Data Summary

Number of Data Points= 8914

Min Data Value = 0

Max Data Value = 48

Sample Mean = 1.75

Sample StdDev = 3.13

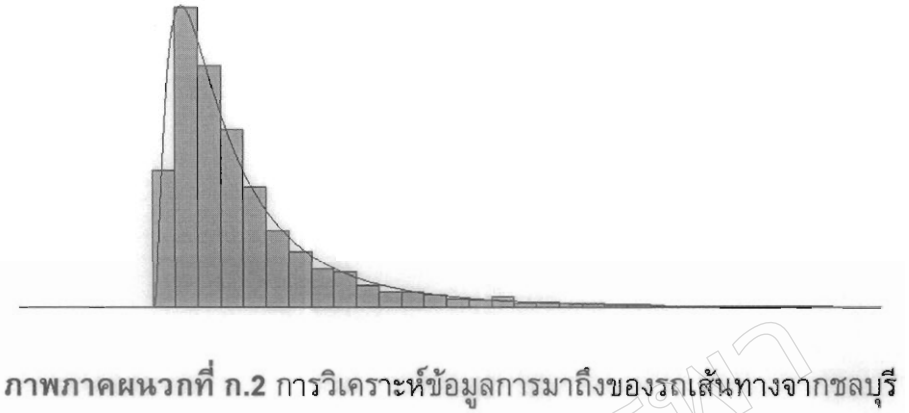
Histogram Summary

Histogram Range = -0.5 to 48.5

Number of Intervals = 70

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. การแจกแจงข้อมูลเส้นทางจากนิคมอมตะนคร ช่วงเวลา 06.00-08.00 น



ภาพภาคผนวกที่ ก.2 การวิเคราะห์ข้อมูลการมาถึงของรถเส้นทางจากชลบุรี

Distribution Summary

Distribution: Lognormal

Expression: -0.5 + LOGN(4.42, 5.06)

Square Error: 0.000702

Chi Square Test

Number of intervals = 25

Degrees of freedom = 22

Test Statistic = 41.4

Corresponding p-value =0.00774

Data Summary

Number of Data Points= 4021

Min Data Value = 0

Max Data Value = 46

Sample Mean = 3.9

Sample StdDev = 4.77

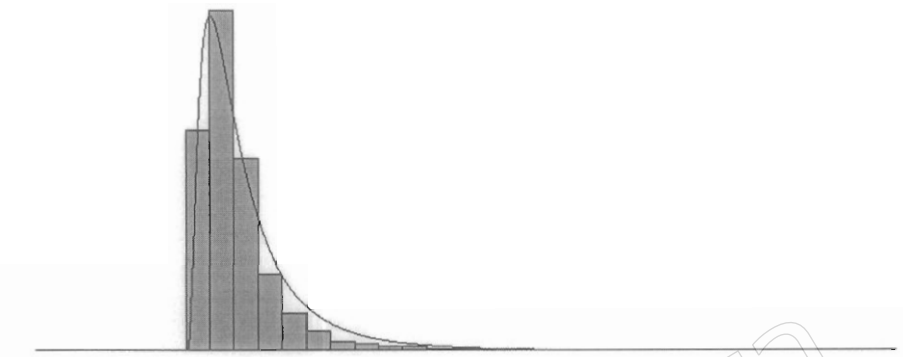
Histogram Summary

Histogram Range = -0.5 to 46.5

Number of Intervals = 47

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. การแจกแจงข้อมูลเส้นทางจากพนัสนิคม ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.



ภาพภาคผนวกที่ ก.3 การวิเคราะห์ข้อมูลการมาถึงของรถเส้นทางจากพนัสนิคม

Distribution Summary

Distribution: Lognormal

Expression: -0.5 + LOGN(2.18, 2.03)

Square Error: 0.004053

Chi Square Test

Number of intervals = 15

Degrees of freedom = 12

Test Statistic = 244

Corresponding p-value <0.005

Data Summary

Number of Data Points= 8460

Min Data Value = 0

Max Data Value = 41

Sample Mean = 1.7

Sample StdDev = 2.31

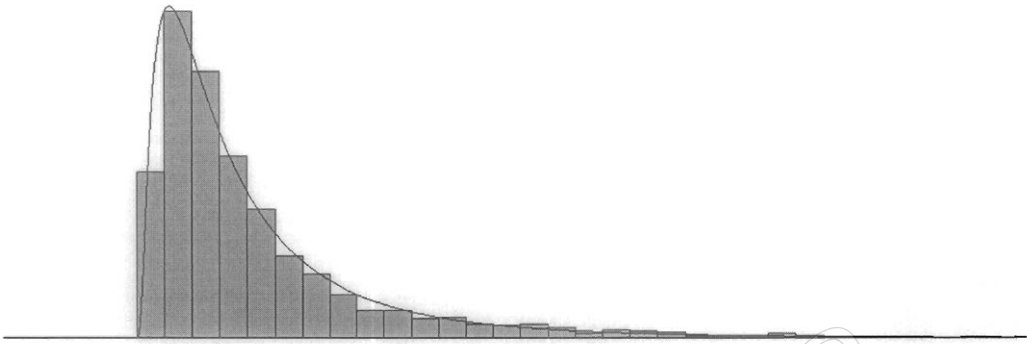
Histogram Summary

Histogram Range = -0.5 to 41.5

Number of Intervals = 60

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4. การแจกแจงข้อมูลเส้นทางจากแหลมฉบัง ช่วงเวลา 06.00-08.00 น



ภาพภาคผนวกที่ ก4 การวิเคราะห์ข้อมูลการมาถึงของรถเส้นทางจากพนัสนิคม

Distribution Summary

Distribution: Lognormal

Expression: -0.5 + LOGN(4.55, 5.47)

Square Error: 0.000734

Chi Square Test

Number of intervals = 25

Degrees of freedom = 22

Test Statistic = 54.9

Corresponding p-value < 0.005

Data Summary

Number of Data Points= 3666

Min Data Value = 0

Max Data Value = 38

Sample Mean = 4

Sample StdDev = 4.91

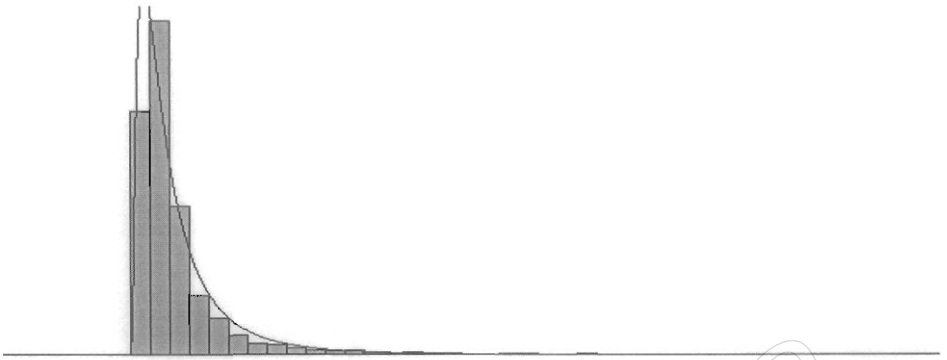
Histogram Summary

Histogram Range = -0.5 to 38.5

Number of Intervals = 39

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

5. การแจกแจงข้อมูลเส้นทางจากชลบุรี ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.



ภาพภาคผนวกที่ ก5 การวิเคราะห์ข้อมูลการมาถึงของรถเส้นทางจากชลบุรี

Distribution Summary

Distribution: Lognormal

Expression: -0.5 + LOGN(2.48, 2.87)

Square Error: 0.007898

Chi Square Test

Number of intervals = 18

Degrees of freedom = 15

Test Statistic = 568

Corresponding p-value < 0.005

Data Summary

Number of Data Points= 6091

Min Data Value = 0

Max Data Value = 84

Sample Mean = 2.29

Sample StdDev = 5.32

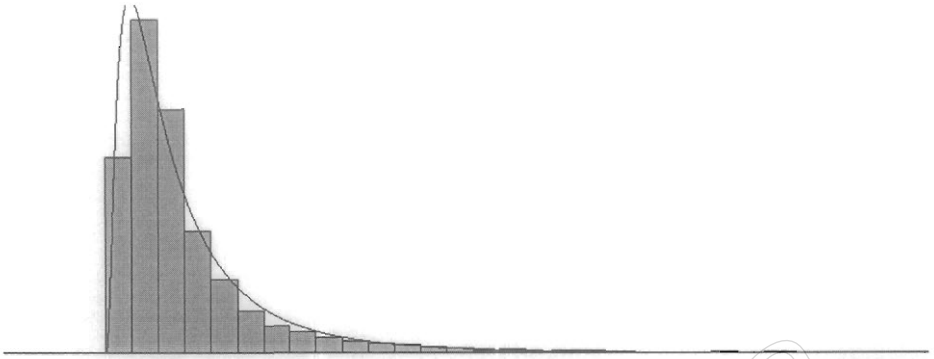
Histogram Summary

Histogram Range = -0.5 to 84.5

Number of Intervals = 85

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

6. การแจกแจงข้อมูลเส้นทางจากนิคมอมตะนคร ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.



ภาพภาคผนวกที่ ก.6 การวิเคราะห์ข้อมูลการมาถึงของรถเส้นทางจากนิคมอมตะนคร

Distribution Summary

Distribution: Lognormal

Expression: -0.5 + LOGN(3.22, 3.62)

Square Error: 0.002821

Chi Square Test

Number of intervals = 21

Degrees of freedom = 18

Test Statistic = 160

Corresponding p-value < 0.005

Data Summary

Number of Data Points= 5012

Min Data Value = 0

Max Data Value = 43

Sample Mean = 2.79

Sample StdDev = 3.99

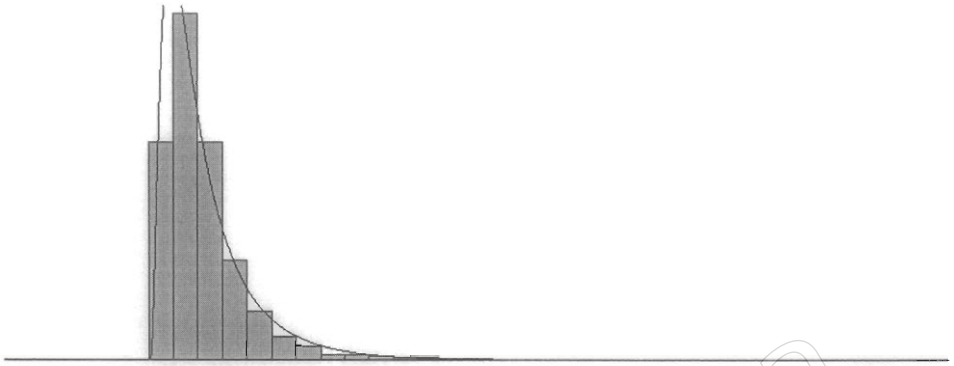
Histogram Summary

Histogram Range = -0.5 to 43.5

Number of Intervals = 44

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

7. การแจกแจงข้อมูลเส้นทางจากพนัสนิคม ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.



ภาพภาคผนวกที่ ก.7 การวิเคราะห์ข้อมูลการมาถึงของรถเส้นทางจากพนัสนิคม

Distribution Summary

Distribution: Lognormal

Expression: -0.5 + LOGN(2.38, 2.29)

Square Error: 0.003258

Chi Square Test

Number of intervals = 17

Degrees of freedom = 14

Test Statistic = 329

Corresponding p-value < 0.005

Data Summary

Number of Data Points= 7303

Min Data Value = 0

Max Data Value = 49

Sample Mean = 1.92

Sample StdDev = 2.9

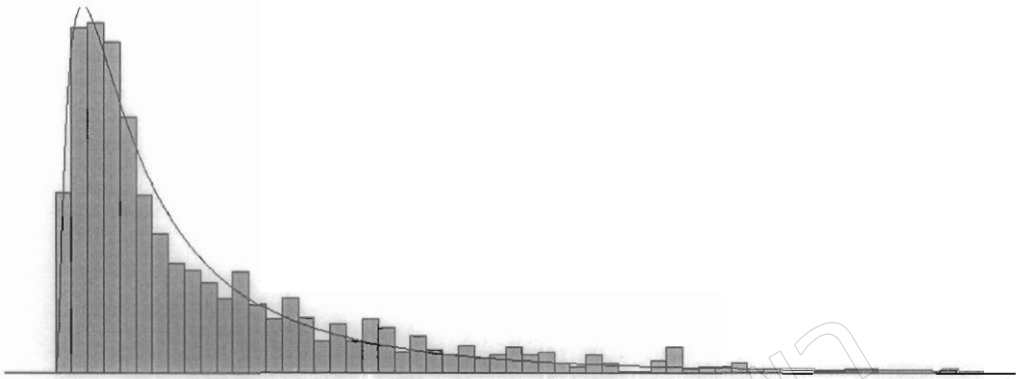
Histogram Summary

Histogram Range = -0.5 to 49.5

Number of Intervals = 50

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

8. การแจกแจงข้อมูลเส้นทางจากแหลมฉบัง ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.



ภาพภาคผนวกที่ ก.8 การวิเคราะห์ข้อมูลการมาถึงของรถเส้นทางจากแหลมฉบัง

Distribution Summary

Distribution: Lognormal

Expression: -0.5 + LOGN(10.2, 15.6)

Square Error: 0.000961

Chi Square Test

Number of intervals = 33

Degrees of freedom = 30

Test Statistic = 79.7

Corresponding p-value < 0.005

Data Summary

Number of Data Points= 1446

Min Data Value = 0

Max Data Value = 68

Sample Mean = 9.05

Sample StdDev = 10.1

Histogram Summary

Histogram Range = -0.5 to 68.5

Number of Intervals = 69

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

$$N = \left(40 \times \frac{\sqrt{(n\sum_{i=1}^{n} X_i^{\ 2}) - (\sum_{i=1}^{n} X_i)^2}}{\sum_{i=1}^{n} X_i} \right)^2$$

โดยที่ N = จำนวนข้อมูลตัวอย่างที่เหมาะสม

n =จำนวนข้อมูลที่เก็บของเวลาของข้อมูล ณ ที่จุดที่เก็บข้อมูล

$\sum_{i=1}^{n} X_i$ =ผลรวมของเวลาของข้อมูล ณ ที่จุดที่เก็บข้อมูล

$\sum_{i=1}^{n} X_i^{\ 2}$ =ผลรวมกำลังสองของเวลาของข้อมูล ณ ที่จุดที่เก็บข้อมูล

การคำนวณหาค่า N จำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมของรถ ที่สี่แยกไฟแดงเป็นดังนี้

- จำนวนข้อมูลที่เก็บเป็นข้อมูลของรถ ที่สี่แยกไฟแดงn = 8914
- ผลรวมของเวลาของข้อมูลรถที่สี่แยกไฟแดง $\sum_{i=1}^{n} X_i$ = 15583
- ผลรวมกำลังสองของเวลาข้อมูลรถที่สี่แยกไฟแดง $\sum_{i=1}^{n} X_i^{\ 2}$ = 114557

$$N = \left(40 \times \frac{\sqrt{(8914\sum_{i=1}^{8914} 114557) - (\sum_{i=1}^{8914} 15583)^2}}{\sum_{i=1}^{8914} 15583} \right)^2 = 5128 \text{ ข้อมูล}$$

ดังนั้นจำนวน 5129 ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลตัวอย่างนั้นมีความเพียงพอ และเหมาะสมที่จะใช้เป็นข้อมูลตัวอย่าง

ตารางภาคผนวกที่ ก1 จำนวนการเก็บข้อมูลที่เหมาะสม

เส้นทาง	ช่วงเวลา	n	$\sum_{i=1}^{n} X_i$	$\sum_{i=1}^{n} X_i^{\ 2}$	N
จากชลบุรี	06.00-08.00 น.	8914	15583	114557	5128
	16.00-18.00 น.	6097	12987	129659	5899
จากนิคมอมตะนคร	06.00-08.00 น.	4021	15968	171778	2734
	16.00-18.00 น.	5018	14309	139943	3887
จากพนัสนิคม	06.00-08.00 น.	8459	14360	69384	2953
	16.00-18.00 น.	7305	14077	89053	3652
จากแหลมฉบัง	06.00-08.00 น.	3666	15657	183953	2801
	16.00-18.00 น.	1465	13239	260881	1888

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University