การศึกษาปัญหาการจราจรสี่แยกไฟแดงดอนหัวฬ่อ โดยการใช้เทคนิคจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์

วีระศักดิ์ น้อยประถม

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
มิถุนายน 2560
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบงานนิพนธ์ ได้พิจารณางานนิพนธ์ของ วีระศักดิ์ น้อยประถม ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา)

คณะกรรมการสอบงานนิพนธ์

..... ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา)

..... กรรมการ

(ดร. จักรวาล คุณะดิลก)

..... กรรมการ

(ดร. ฤภูวัลย์ จันทรสา)

คณะวิศวกรรมศาสตร์อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ดร. อาณัติ ดีพัฒนา)

วันที่ 1 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2560

กิตติกรรมประกาศ

สำหรับงานนิพนธ์ในครั้งนี้ของข้าพเจ้าสำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. จักรวาล คุณะดิลก และ ดร. ฤฎูวัลย์ จันทรสา อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ที่กรุณาให้ความรู้ ให้คำปรึกษา ตรวจแก้ไขและวิจารณ์ผลงาน ทำให้งานนิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณอิศราวดี บริสุทธ์ ที่กรุณารวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ของงานนิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งสละเวลา กำลังกาย กำลังใจ แก่ข้าพเจ้าด้วยดีเสมอมาทำให้งานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อกฤษณา น้อยประถม คุณแม่อุบล น้อยประถม และพี่ ๆ ทุกคนที่คอยให้กำลังใจ และสนับสนุนข้าพเจ้าด้วยดีเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของงานนิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่ บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณ ทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้ที่มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

วีระศักดิ์ น้อยประถม

53920849: สาขาวิชา: วิศวกรรมอุตสาหการ; วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
คำสำคัญ: ปัญหาการจราจร/ เทคนิคจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์

วีระศักดิ์ น้อยประถม: การศึกษาปัญหาการจราจรสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อโดยการใช้เทคนิคจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ (THE STUDY OF TRAFFIC PROBLEMS AT DONHUAROH INTERSECTION WITH COMPUTER SIMULATION TECHNIGUE) คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์: บรรหาญ ลิลา, Ph.D. 132 หน้า. ปี พ.ศ. 2560.

งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาสภาพการจราจรบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสภาพการจราจรของการจัดการปัจจุบัน ช่วงระยะเวลาเร่งด่วนระหว่าง 6.00 -8.00 น. และ 16.00-18.00 น. ก่อนการบ่งชี้ปัญหาและกำหนดแนวทางแก้ไขด้วยการใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์เขียนด้วยโปรแกรมอารีนา การเก็บข้อมูลการใช้สี่แยกของยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ด้วยการสังเกตภาพเคลื่อนไหวจากวิดีโอ ผลการรันแบบจำลองของสภาพปัจจุบันพบว่าจะเกิดปัญหายานพาหนะติดที่บริเวณสี่แยกในช่วงเวลาในช่วง 6.00-8.00 น. คิดเป็นระยะทางรวมเฉลี่ย 7.1 กิโลเมตร ด้วยเวลาเฉลี่ย 226.36 นาที/ คัน และในช่วงเวลา 16.00-18.00 น. 4.72 กิโลเมตร ด้วยเวลาเฉลี่ย 200.21 นาที/ คัน ซึ่งสอดคล้องกับสภาพการจราจรจริง จากการวิเคราะห์ พบว่า มีสาเหตุมาจากสัดส่วนเวลาสัญญาณไฟเขียวของแต่ละช่องทางไม่สอดคล้องกับปริมาณยานพาหนะ และจำนวนช่องทางการจราจรออกจากนิคมอมตะนครมุ่งหน้าชลบุรีไม่เพียงพอ ผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางการปรับปรุงโดยกำหนดเวลาการสัญญาณไฟเขียวให้สอดคล้องกับสัดส่วนปริมาณยานพาหนะแต่ละช่องทางและเพิ่มช่องทางการจราจรจากนิคมอมตะนครมุ่งหน้าชลบุรีข้ามแยก จำนวน 2 ช่องทาง จากนั้นปรับแบบจำลองให้สอดคล้องกับแนวทางปรับปรุงที่เสนอ ผลลัพธ์จากการรันบ่งชี้ว่าสามารถลดปัญหายานพาหนะติดบริเวณสี่แยกได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยช่วยให้ระยะทางที่ยานพาหนะติดเฉลี่ยลดลงเหลือ 6.27 กิโลเมตร เวลาเฉลี่ยลดลงเหลือ 144.19นาที/ คัน ในช่วงเวลา 6.00-8.00 น. และลดลงเหลือ 2.97 กิโลเมตรด้วยเวลาเฉลี่ยลดลงเหลือ 75.94 นาที/ คัน ในช่วงเวลา 16.00-18.00 น. จึงสามารถประเมินเป็นค่าใช้จ่ายจากการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลงโดยเฉลี่ย 30,711 บาทต่อวัน หรือ 11,209,515 บาทต่อปี หากมีการดำเนินการปรับปรุงตามแนวทางที่นำเสนอนี้

53920849: MAJOR: INDUSTRIAL ENGINEERING; M.Eng. (INDUSTRIAL ENGINEERING)
KEYWORDS: TRAFFIC PROBLEMS/ COMPUTER SIMULATION TECHNIQUE
WEERASAK NOIPRATHOM: THE STUDY OF TRAFFIC PROBLEMS AT DONHUAROH INTERSECTION WITH COMPUTER SIMULATION TECHNIGUE. ADVISORY COMMITTEE: BANHAN LILA, Ph.D. 132 P. 2017.

This research presents a study of traffic situation at Donhuaroh intersection, Aumphur Muang, Chonburi Province. The study aimed to evaluate the situation of traffic during the rush hour periods- between 6.00-8.00 am (morning) and 16.00-18.00 pm (evening), using the simulation technique modelled with ARENA program, before indicating problems and offering guidelines to alleviate the situation. The input information of vehicles utilizing the intersection was collected by observing of the recorded video. Result from the current situation model indicated that there were 7.10 and 4.72 kilometers, on average, of accumulated vehicles, each vehicle spent 226.36 and 200.21 minutes, on average, to get through during the 6.00-8.00 am and the 16.00-18.00 pm periods, respectively, which synchronized with the real situation. The analysis of causes was performed and it indicated that the setting of the ratios of time for the green traffic light did not match with the incoming ratios of vehicles. In addition, the number of lanes from Amata Nakhon going to Chonburi district was not sufficient. The improvement was proposed to adjust the ratios of time for the green traffic light and to construct 2 over-cross lanes from Amata Nakhon going to Chonburi. The simulation model was modified to incorporate the improvement and was run. Result of the simulation indicated that the average distance of accumulated vehicles was reduced to be 6.27 and 2.97 kilometers, the average time each vehicle spent in the traffic was reduced to be 144.19 and 75.94 minutes, during the 6.00-8.00 am and the 16.00-18.00 pm periods, respectively. This improvement could contribute in the expected of 30,711 baht/day (11,209,515 baht/year) in saving of the fuel and gas for vehicles if the proposal is implemented.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

สารบัญ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ของการดำเนินงาน..... 2

ขอบเขตของการดำเนินงาน..... 2

แนวทางการดำเนินงาน..... 2

2 ทฤษฎี และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง..... 3

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลอง..... 3

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 9

3 วิธีการดำเนินงาน..... 14

ขั้นตอนการดำเนินงาน..... 14

รายละเอียดวิธีการดำเนินการ..... 16

4 การดำเนินงาน และผลการดำเนินงาน..... 21

ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล..... 21

การวิเคราะห์ข้อมูล..... 28

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์..... 33

การตรวจสอบและทวนสอบแบบจำลอง..... 55

การรันแบบจำลองและวิเคราะห์ผลลัพธ์..... 58

บ่งชี้ปัญหาและนำเสนอแนวทางการปรับปรุง..... 60

การสร้างแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไข..... 68

ผลจากการปรับปรุง..... 76

สารบัญ (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

5 สรุปผล และอภิปราย..... 90

สรุปผลการดำเนินงาน..... 90

อภิปรายผลการดำเนินงาน 91

ข้อเสนอแนะ 92

บรรณานุกรม..... 93

ภาคผนวก..... 95

ประวัติย่อของผู้วิจัย..... 132

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3-1 ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลทางสถิติของยานพาหนะ ช่วงเวลา 06.00-08.00 น..... 17

3-2 ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลทางสถิติของยานพาหนะ ช่วงเวลา 16.00-18.00 น..... 18

4-1 เวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียวของแต่ละเส้นทาง..... 23

4-2 ตัวอย่างตารางการบันทึกข้อมูลทางสถิติของการจราจรบริเวณกรณีศึกษา..... 25

4-3 สัดส่วนการมาของรถแต่ละประเภทของแต่ละเส้นทาง (%) ช่วงเวลา 06.00-08.00 น. ... 26

4-4 สัดส่วนการมาของรถแต่ละประเภทของแต่ละเส้นทาง (%) ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. ... 26

4-5 สัดส่วนทิศทางการเดินรถของแต่ละเส้นทาง (%) ช่วงเวลา 06.00-08.00 น..... 28

4-6 สัดส่วนทิศทางการเดินรถของแต่ละเส้นทาง (%) ช่วงเวลา 16.00-18.00 น..... 28

4-7 การแจกแจงความน่าจะเป็นของช่วงเวลาการมาถึงของรถในแต่ละเส้นทาง ช่วงเวลา 06.00-08.00 น..... 33

4-8 การแจกแจงความน่าจะเป็นของช่วงเวลาการมาถึงของรถในแต่ละเส้นทาง ช่วงเวลา 16.00-18.00 น..... 33

4-9 สัดส่วนการมาของรถแต่ละประเภทของเส้นทางจากชลบุรี (%)..... 35

4-10 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาการมาถึงของรถเส้นทางจากชลบุรี..... 35

4-11 สัดส่วนทิศทางการเดินรถของเส้นทางจากชลบุรี (%)..... 35

4-12 เวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียวของเส้นทางจากชลบุรี (วินาที) 35

4-13 สัดส่วนการมาของรถแต่ละประเภทของเส้นทางจากพนัสนิคม (%)..... 36

4-14 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาการมาถึงของรถเส้นทางจากพนัสนิคม..... 36

4-15 สัดส่วนทิศทางการเดินรถของเส้นทางจากพนัสนิคม (%)..... 36

4-16 เวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียวของเส้นทางจากพนัสนิคม..... 37

4-17 สัดส่วนการมาของรถแต่ละประเภทของเส้นทางจากแหลมฉบัง (%)..... 37

4-18 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาการมาถึงของรถเส้นทางจากแหลมฉบัง.... 37

4-19 สัดส่วนทิศทางการเดินรถของเส้นทางจากแหลมฉบัง (%)..... 38

4-20 เวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียวของเส้นทางจากแหลมฉบัง..... 38

4-21 สัดส่วนการมาของรถแต่ละประเภทของเส้นทางจากอมตะนคร (%)..... 38

4-22 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาการมาถึงของรถเส้นทางจากอมตะนคร.... 39

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4-23 สัดส่วนทิศทางการเดินรถของเส้นทางจากอมตะนคร (%)..... 39

4-24 เวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียวของเส้นทางจากอมตะนคร. 39

4-25 เปรียบเทียบจำนวนรถที่เข้ามาสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ ช่วงเวลา 06.00-08.00 น. 57

4-26 เปรียบเทียบจำนวนรถที่เข้ามาสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. 57

4-27 ผลการคำนวณหาจำนวนครั้งในการรัน Replication ในแต่ละช่วงเวลา..... 60

4-28 ค่าพารามิเตอร์เวลารอคอยและจำนวนรถในแถวคอยของแต่ละช่องทางเดินรถ ช่วงเวลา 06.00-08.00 น. 63

4-29 ค่าพารามิเตอร์เวลารอคอยและจำนวนรถในแถวคอยของแต่ละช่องทางเดินรถ ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. 64

4-30 ระยะทางที่รถติด การสิ้นเปลืองพลังงาน การสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ของแต่ละเส้นทางเดินรถ ช่วงเวลา 06.00-08.00 น. 65

4-31 ระยะทางที่รถติด การสิ้นเปลืองพลังงาน การสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ของแต่ละเส้นทางเดินรถ ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. 66

4-32 เวลาสัญญาณไฟเขียวแนวทางการแก้ไขที่ 1 ช่วงเวลา 06.00-08.00 น. 68

4-33 เวลาสัญญาณไฟเขียวแนวทางการแก้ไขที่ 1 ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. 68

4-34 การจัดสัดส่วนทิศทางการเดินรถใหม่ ของเส้นทางจากนิคมอมตะนคร ตามแนวทางการแก้ไขที่ 2..... 70

4-35 เวลาสัญญาณไฟเขียวแนวทางเลือกที่ 2 ช่วงเวลา 06.00-08.00 น. 71

4-36 เวลาสัญญาณไฟเขียวแนวทางเลือกที่ 2 ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. 72

4-37 การจัดสัดส่วนทิศทางการเดินรถใหม่ ของเส้นทางจากนิคมอมตะนคร ตามแนวทางการแก้ไขที่ 3 ในช่วงเวลา 06.00-08.00 น. และ 16.00-18.00 น. 74

4-38 เวลาสัญญาณไฟเขียวแนวทางการแก้ไขที่ 3 ช่วงเวลา 06.00-08.00 น. และช่วงเวลา 16.00-18.00 น. 75

4-39 การเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของสภาพปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 1 ของช่วงเวลา 06.00-08.00 น. และช่วงเวลา 16.00-18.00 น. 77

4-40 การเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยของสภาพปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 2 ของช่วงเวลา 06.00-08.00 น. และช่วงเวลา 16.00-18.00 น. 80

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4-41 เวลาในการรอคอยที่ลดได้ จากการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขที่ 2..... 82

4-42 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของแต่ละเส้นทางเดินรถ ช่วงเวลา 06.00-08.00 น. 83

4-43 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของแต่ละเส้นทางเดินรถ ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. 83

4-44 การเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยของสภาพปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 3 ของช่วงเวลา 06.00-08.00 น. และช่วงเวลา 16.00-18.00 น. 84

4-45 เวลาในการรอคอยที่ลดได้ จากการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขที่ 3..... 87

4-46 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของแต่ละเส้นทางเดินรถ ช่วงเวลา 06.00-08.00 น. 87

4-47 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของแต่ละเส้นทางเดินรถ ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. 88

5-1 การเปรียบเทียบผลจากการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขที่เสนอ..... 91

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

3-1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน 15
3-2 ร่างเส้นทางการจราจรของสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ 16
4-1 ลำดับเวลาในการทำงานของสัญญาณไฟจราจรแต่ละเส้นทาง ช่วงเวลา 06.00-08.00 น. 23
4-2 ลำดับเวลาในการทำงานของสัญญาณไฟจราจรและเส้นทาง ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. 24
4-3 รูปแบบทิศทางการเดินรถของแต่ละเส้นทาง 27
4-4 การเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ 29
4-5 การเรียกใช้เครื่องมือ Input analyzer 30
4-6 ขั้นตอนการใช้เครื่องมือ Input analyzer 30
4-7 หน่วยข้อมูลเวลาอัตราการมาของรถ 31
4-8 หน่วยผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้คำสั่ง Fit all 32
4-9 ผลการวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูล 32
4-10 แบบจำลองการจราจรบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อในส่วน Flowchart view 34
4-11 แบบจำลองสถานการณ์เส้นทางชลบุรีในส่วน Flowchart view 40
4-12 ขั้นตอนในการสร้างแบบจำลอง 41
4-13 ผังโมดูลในการสร้างการเข้ามาในระบบของยานพาหนะ 41
4-14 ตัวอย่างหน้าต่างของครีเอตโมดูลและการใส่ข้อมูล 42
4-15 ตัวอย่างหน้าต่างแอสไซน์โมดูลและการใส่ข้อมูล 43
4-16 ตัวอย่างหน้าต่างสเตชั่นโมดูลและการใส่ข้อมูล 43
4-17 ตัวอย่างหน้าต่างรูทโมดูลและการใส่ข้อมูล 44
4-18 ผังโมดูลการสร้างช่องทางการเดินรถของยานพาหนะ 44
4-19 ตัวอย่างหน้าต่างสเตชั่นโมดูลและการใส่ข้อมูล 45
4-20 ตัวอย่างหน้าต่างเรคคอร์ดโมดูลและการใส่ข้อมูล 45
4-21 ตัวอย่างหน้าต่างแอสไซน์โมดูลและการใส่ข้อมูล 46
4-22 ตัวอย่างหน้าต่างโพรเซสโมดูลและการใส่ข้อมูล 47
4-23 ตัวอย่างหน้าต่างเรคคอร์ดโมดูลและการใส่ข้อมูล 47
4-24 ตัวอย่างหน้าต่างเรคคอร์ดโมดูลและการใส่ข้อมูล 48
4-25 ตัวอย่างหน้าต่างเรคคอร์ดโมดูลและการใส่ข้อมูล 48

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-26 ตัวอย่างหน้าต่างดีไซน์โมดูลและการใส่ข้อมูล..... 49
4-27 ตัวอย่างหน้าต่างเรคคอร์ดโมดูลและการใส่ข้อมูล..... 49
4-28 ตัวอย่างหน้าต่างรูทโมดูลและการใส่ข้อมูล..... 50
4-29 ตัวอย่างหน้าต่างตารางเวลาการทำงานและการใส่ข้อมูล..... 51
4-30 ตัวอย่างหน้าต่าง Resource spreadsheet module และการใส่ข้อมูล..... 52
4-31 ตัวอย่างหน้าต่าง Set spreadsheet module สร้างกลุ่มข้อมูลภาพวัตถุเคลื่อนไหว..... 52
4-32 ตัวอย่างหน้าต่าง Set spreadsheet module สร้างกลุ่มข้อมูลประเภทของยานพาหนะ..... 53
4-33 ตัวอย่างการกำหนดค่าลงใน Sequence spreadsheet module..... 53
4-34 ตัวอย่างการกำหนดค่าลง Advanced set..... 54
4-35 ตัวอย่างแผนภาพการสร้างแบบจำลองโมดูลทางออก 54
4-36 ตัวอย่างการกำหนดค่าลงสเตชั่นโมดูลทางออกไปชลบุรี..... 55
4-37 ตัวอย่างการกำหนดค่าลงในดิสโพสโมดูล..... 55
4-38 ทิศทางการเดินรถจากแอนิเมชั่นของแบบจำลอง..... 56
4-39 ทิศทางการเดินรถจากแอนิเมชั่นของแบบจำลอง..... 58
4-40 ค่า Half Width การรันแบบจำลอง ของช่วงเวลา 06.00-08.00 น. จำนวน 10 รอบ..... 59
4-41 ค่า Half Width การรันแบบจำลอง ของช่วงเวลา 06.00-08.00 น. จำนวน 43 รอบ..... 59
4-42 ค่า Half Width การรันแบบจำลอง ของช่วงเวลา 16.00-18.00 น. จำนวน 10 รอบ..... 59
4-43 ค่า Half Width การรันแบบจำลอง ของช่วงเวลา 16.00-18.00 น. จำนวน 22 รอบ..... 60
4-44 ค่าพารามิเตอร์เวลาที่รถรอคอยจากผลการรัน ช่วงเวลา 06.00-08.00 น. 61
4-45 ค่าพารามิเตอร์จำนวนรถที่รอในแถวจากผลการรัน ช่วงเวลา 06.00-08.00 น. 61
4-46 ค่าพารามิเตอร์เวลาที่รถรอคอยจากผลการรัน ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. 62
4-47 ค่าพารามิเตอร์จำนวนรถที่รอในแถวจากผลการรัน ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. 62
4-48 ลำดับเวลาของสัญญาณไฟจราจรตามแนวทางการแก้ไขที่ 1 ช่วงเวลา 06.00-08.00 น. 69
4-49 ลำดับเวลาของสัญญาณไฟจราจรตามแนวทางการแก้ไขที่ 1 ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. 69
4-50 จำนวนรถที่เข้ามาในระบบแต่ละเส้นทางจากผลการรัน ช่วงเวลา 06.00-08.00 น. 71
4-51 จำนวนรถที่เข้ามาในระบบแต่ละเส้นทางจากผลการรัน ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. 71
4-52 ลำดับเวลาของสัญญาณไฟจราจรตามแนวทางการแก้ไขที่ 2 ช่วงเวลา 06.00-08.00 น. 73

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-53 ลำดับเวลาของสัญญาณไฟจราจรตามแนวทางการแก้ไขที่ 2 ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. 73

4-54 ลำดับเวลาของสัญญาณไฟจราจรตามแนวทางการแก้ไขที่ 3 ช่วงเวลา 06.00-08.00 น. 75

4-55 ลำดับเวลาของสัญญาณไฟจราจรตามแนวทางการแก้ไขที่ 3 ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. 76

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาการจราจรคับคั่ง เป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อความเจริญทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มต้นทุนในการขนส่งสินค้า การสิ้นเปลืองพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ การเสียเวลาในการรอคอยเป็นเวลานาน ปัญหาด้านอุบัติเหตุ รวมถึงปัญหาทางด้านคุณภาพชีวิตและสุขภาพของประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณนั้น นอกจากนี้ ยังส่งผลกระทบต่อปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมรอบข้างอีกด้วย ทางภาครัฐจึงควรที่จะคำนึงถึงปัญหาในส่วนนี้เป็นสำคัญและหาวิธีการแก้ปัญหาในจุดนี้ เพื่อความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นของประชาชนและเพื่อให้ส่งผลดีในทางด้านเศรษฐกิจของประเทศการศึกษาอิสระนี้ เป็นการศึกษาปัญหาการจราจรบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ โดยการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งผู้จัดทำงานนิพนธ์นี้จะได้ประยุกต์ใช้ความรู้ความสามารถด้านการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในการจำลองสถานการณ์การจราจรบริเวณกรณีศึกษา เพื่อศึกษาปัญหาและเสนอแนะแนวทางการแก้ไข

สถานที่ตั้งของบริเวณกรณีศึกษานี้ ตั้งอยู่ที่ ถนนสุขประยูร ตำบลดอนหัวพ่อ อำเภอเมืองจังหวัดชลบุรี ติดกับสถานีดับเพลิงตำบลดอนหัวพ่อ เป็นจุดรอยต่อระหว่างถนนสุขประยูร กับถนนมอเตอร์เวย์ จุดนี้จะเป็นจุดที่แยกไปสี่เส้นทางหลัก ได้แก่ นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร อำเภอพนัสนิคม อำเภอเมืองชลบุรี อำเภอแหลมฉบัง ดังนั้น จึงมียวดยานพาหนะสัญจรไปมาผ่านบริเวณนี้เป็นจำนวนมาก ไม่ว่าจะเป็นรถยนต์ส่วนตัว รถจักรยานยนต์ รถบัสโดยสารขนส่งพนักงานหรือรถบรรทุกขนส่งสินค้าที่ใช้เส้นทางนี้เป็นประจำ จึงเกิดปัญหาการจราจรคับคั่งโดยเฉพาะในช่วง เวลาที่เร่งด่วน คือ ช่วงเช้า 6.00-8.00 น. ช่วงเย็น 16.00-18.00 น. ปัญหาของประชาชนที่ต้องสัญจรไปมาผ่านสี่แยกแห่งนี้ก็คือ การที่ต้องจอดรถรอติดไฟแดงเป็นเวลานานและการเกิดแถวคอยที่มีความยาวมาก ดังนั้น ผู้จัดทำจึงต้องการที่จะศึกษาให้รู้ถึงปัญหาและนำเสนอแนวทางการแก้ไข

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองในงานนิพนธ์ฉบับนี้ คือ โปรแกรม Arena เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับสร้างโมเดลแบบจำลองสถานการณ์จริงบนเครื่องคอมพิวเตอร์ จึงสามารถจำลองการจราจรบริเวณกรณีศึกษานี้ได้ และยังสามารถให้ข้อมูลที่สำคัญในการวิเคราะห์ถึงปัญหา เพื่อกำหนดแนวทางการแก้ไข

วัตถุประสงค์ของการดำเนินงาน

1. เพื่อศึกษาปัญหาการจราจรบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ โดยการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
2. เพื่อกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาและประเมินผลลัพธ์ ด้วยการใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์

ขอบเขตของการดำเนินงาน

1. สร้างแบบจำลองการจราจรสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ ในช่วงเวลา 06-08.00 น. และ 16.00-18.00 น.
2. ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ อารีนา ในการสร้างแบบจำลอง

แนวทางการดำเนินงาน

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน
2. ศึกษาสภาพจริงและทำการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. ทำการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูล
4. ทำการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
5. ทำการรันโปรแกรมและวิเคราะห์ผล
6. กำหนดแนวทางการแก้ไข
7. ปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไข
8. ทำการรันโปรแกรมและวิเคราะห์ผล
9. สรุปและนำเสนอ

บทที่ 2
ทฤษฎี และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลอง

การจำลองสถานการณ์ เป็นการรวบรวมวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้จำลองสถานการณ์จริงหรือพฤติกรรมของระบบต่าง ๆ มาไว้บนคอมพิวเตอร์โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เข้ามาช่วยเพื่อที่จะศึกษาการไหลของกิจกรรมในรูปแบบต่าง ๆ โดยมีการเก็บข้อมูล และทำการวิเคราะห์หารูปแบบที่ถูกต้องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเป็นแนวทางการปรับปรุงในอนาคต (Kelton, 2003)

เนื่องจากในการปฏิบัติงานจริงไม่สามารถที่จะทำการทดลองหรือปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานได้จนกว่าจะมองเห็นถึงประโยชน์ที่จะได้รับ อาทิเช่น การขจัดปัญหาที่อยู่นอกเหนือความคาดหมายที่เกิดขึ้น ทำให้กระบวนการผลิตช้าลง ดังนั้น การจำลองสถานการณ์จะช่วยให้เราสามารถวิเคราะห์สภาพที่เป็นอยู่ในปัจจุบันของระบบ และช่วยหาแนวทางหรือทางเลือกที่เหมาะสมก่อนนำไปใช้กับสถานการณ์หรือการปฏิบัติงานจริง ซึ่งจะช่วยให้ลดความเสี่ยงในการเกิดความผิดพลาด หรือความล้มเหลวได้ นอกจากนี้ ยังช่วยให้ประหยัดทั้งค่าใช้จ่าย และเวลาได้อีกทางด้วย (Maria, 1997)

ในปัจจุบันนี้การจำลองสถานการณ์เป็นที่นิยมอย่างมาก เนื่องจากระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้การจำลองสถานการณ์สามารถนำมาไปประยุกต์ใช้ได้กับหลากหลายอุตสาหกรรม อาทิเช่น อุตสาหกรรมในโรงงาน การขนส่ง การกระจายสินค้า หรือแม้กระทั่งการให้การบริการทางธุรกิจต่าง ๆ เช่น ธนาคาร โรงพยาบาล เป็นต้น (Kelton, 2003)

จากประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญการจำลองสถานการณ์ พบว่าสิ่งสำคัญหรือข้อดีของการจำลองสถานการณ์ คือ มีความสมเหตุสมผล สามารถพิสูจน์ได้ภายใต้ปัจจัยการนำเข้า และนำมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ระบบประมวลออกมา (Maria, 1997)

แบบจำลอง

แบบจำลอง หมายถึง ตัวแทนของวัตถุ ระบบ หรือแนวคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่ง แบบจำลองอาจนำไปใช้งานในลักษณะ ดังนี้

1. เป็นเครื่องช่วยคิด เช่น แบบจำลองโครงข่าย ช่วยทำให้ผู้สร้างแบบจำลองได้มองเห็นว่ามีกิจกรรมอะไรที่ต้องทำบ้างและทำกิจกรรมอะไรก่อนหรือหลัง

2. เป็นเครื่องสื่อความหมาย แบบจำลองจะช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของระบบงานและช่วยให้สามารถอธิบายพฤติกรรม ปัญหา และการแก้ปัญหาของระบบ

3. เป็นเครื่องช่วยสอนและฝึกอบรม เช่น แบบจำลองเครื่องควบคุมการบิน ช่วยให้นักบินเข้าใจและคุ้นเคยกับระบบการควบคุมเครื่องบินจริงก่อนขึ้นฝึกบินจริง

4. เป็นเครื่องมือสำหรับการทำนาย แบบจำลองช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของระบบงาน ผู้สร้างแบบจำลองจึงสามารถคาดคะเนหรือทำนายได้ว่าเมื่อมีเหตุการณ์ที่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบของระบบเกิดขึ้นจะมีผลอะไรเกิดขึ้นในระบบ

5. เป็นเครื่องมือสำหรับการทดลอง โดยที่แบบจำลองเป็นสิ่งที่ซึ่งสร้างขึ้นแทนระบบงานจริง กรณีที่ทำการทดลองเงื่อนไขต่าง ๆ แต่ทำไม่ได้ก็นำเงื่อนไขนั้นมาทดลองกับแบบจำลองดูว่าจะให้ผลอย่างไร เพื่อการตัดสินใจว่าควรจะนำเงื่อนไขนั้นใช้ระบบจริงหรือไม่

ประเภทของแบบจำลอง

การจำลองแบบปัญหาสามารถจำแนกประเภทตามคุณลักษณะพิเศษ ดังนี้

1. แบบจำลองทางกายภาพ เป็นแบบจำลองที่มีรูปร่างหน้าตาเหมือนระบบงานจริง อาจมีขนาดเท่ากับของจริงหรือมีขนาดที่เล็กกว่าหรือใหญ่กว่า และอาจเป็นแบบจำลองของระบบงานจริงในมิติใดมิติหนึ่งหรือทั้งสามมิติ

2. แบบจำลองอนาลอก มีพฤติกรรมเหมือนระบบงานจริง ตัวอย่างของแบบจำลองประเภทนี้ อนาลอกคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมการผลิตในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์และอุตสาหกรรมเคมีซึ่งใช้การเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าซึ่งแสดงบนแผงบอกให้รู้ถึงการเคลื่อนที่ของวัตถุในระบบงานจริง การใช้กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่วัดค่าได้

3. เกมการบริหาร เป็นแบบจำลองการตัดสินใจในกิจกรรมต่าง ๆ ใช้แสดงผลเมื่อมีการตัดสินใจแบบต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจ

4. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบจำลองที่อยู่ในรูปของคอมพิวเตอร์โปรแกรม ซึ่งก่อนนั้นแบบจำลองอาจอยู่ในรูปของแบบจำลองประเภทหนึ่งประเภทใด

5. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือ สัญลักษณ์ ฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์แทนองค์ประกอบในระบบงานจริง เช่น ให้ X แทนค่าใช้จ่ายในการผลิต Y แทนจำนวนสินค้าในการผลิต

โครงสร้างของแบบจำลอง

1. องค์ประกอบ ในระบบงานประกอบไปด้วยองค์ประกอบในแบบ จำลองที่ใช้แทนระบบงานก็จะต้องประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการทำงานของระบบงาน

2. ตัวแปรและพารามิเตอร์ พารามิเตอร์ คือ ค่าที่ผู้ใช้แบบจำลองเป็นผู้กำหนดให้ อาจเป็นค่าที่กำหนดขึ้นเองเพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากค่าของพารามิเตอร์นั้น หรือเป็นค่าที่วัดหรือ

ประเมินได้จากข้อมูล ส่วนตัวแปรนั้นเป็นค่าที่ผันแปรมีค่าได้หลายค่าตามสภาวะจริงของการใช้งาน จำแนกได้เป็นสองประเภท คือ ตัวแปรภายนอกหรือตัวแปรนำเข้า หมายถึง ตัวแปรจากภายนอกระบบซึ่งเข้ามามีผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบหรือเป็นตัวแปรที่มีผลเนื่องมาจากปัจจัยภายนอกระบบและตัวแปรภายใน หมายถึง ตัวแปรที่เกิดขึ้นภายในระบบ ตัวแปรภายในอาจอยู่ในลักษณะตัวแปรสถานภาพ ซึ่งก็คือ ผลที่ได้จากการใช้งานระบบในทางสถิติ ตัวแปรภายนอกหรือตัวแปรอิสระและตัวแปรภายในคือตัวแปรตาม

3. ฟังก์ชันความสัมพันธ์ คือ ฟังก์ชันที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับพารามิเตอร์ โดยที่ฟังค์ชันความสัมพันธ์นี้อาจอยู่ในลักษณะแน่นอนตายตัว ซึ่งเป็นลักษณะที่เมื่อใส่ข้อมูลนำเข้าจะสามารถหาได้ว่าผลลัพธ์จะเป็นเท่าไหร่แน่นอนและอาจอยู่ในลักษณะไม่แน่นอน ซึ่งเมื่อใส่ข้อมูลนำเข้าให้กับฟังก์ชันไม่แน่ว่าจะได้ผลลัพธ์ออกมาเท่าไหร่ ลักษณะของฟังก์ชันความสัมพันธ์มักจะอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ เช่น $Y = 4 + 0.7X$ ซึ่งฟังก์ชันความสัมพันธ์เหล่านี้อาจหามาได้จากสมมติฐานหรือประเมินจากข้อมูลร่วมกับวิธีทางสถิติหรือทางคณิตศาสตร์

4. ขอบข่ายจำกัด คือ ข้อจำกัดของค่าของตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดที่ผู้ใช้แบบจำลองเป็นผู้กำหนด เช่น ข้อจำกัดของทรัพยากรต่าง ๆ ที่มีอยู่ในระบบข้อจำกัดของปริมาณที่ผลิตได้ หรือเป็นข้อจำกัดของระบบงานจริงโดยธรรมชาติ เช่น เราไม่อาจจำหน่ายสินค้าได้มากกว่าปริมาณที่ผลิตได้ของไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ

5. ฟังก์ชันเป้าหมาย หมายถึง ข้อความที่บอกเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของระบบงานและวิธีประเมินผลตามเป้าหมายวัตถุประสงค์ของระบบงานอาจแบ่งได้เป็นสองประเภท คือ การคงสภาพของระบบงาน ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ที่จะทำให้ระบบสามารถคงสภาพการใช้ทรัพยากร เช่น เวลา พลังงาน ความชำนาญ ฯลฯ และวัตถุประสงค์ประเภทการแสวงหา ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ที่จะทำให้ระบบสามารถเพิ่มทรัพยากรต่าง ๆ เช่น กำไร ลูกค้า ฯลฯ หรือเปลี่ยนสภาพของระบบ เช่น ได้ส่วนแบ่งของตลาดเพิ่มขึ้น

ข้อได้เปรียบของการใช้แบบจำลองปัญหา

การจำลองปัญหานั้นเป็นเครื่องมือ ซึ่งใช้บอกผลต่าง ๆ อันจะเกิดจากระบบภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ ผลที่ได้จากการจำลองแบบปัญหานั้นอาจนำไปใช้งานได้โดยตรงหรืออาจจะต้องนำไปวิเคราะห์ต่อ

การจำลองแบบปัญหานั้นเป็นวิธีการหนึ่ง ที่อาจใช้ช่วยในการแก้ปัญหาในการดำเนินงานของระบบงานได้ ดังนั้น เมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นจึงต้องวิเคราะห์ปัญหานั้น ๆ เสียก่อนว่าควรจะใช้เครื่องมือเพื่อช่วยในการแก้ปัญหา เมื่อเป็นดังนี้ จึงมีความจำเป็นที่ต้องทราบถึงข้อดีข้อเสียของ

เครื่องมือเพื่อช่วยในการตัดสินใจว่าเครื่องมือนั้น ๆ เหมาะสมเพียงใดในการนำไปใช้แก้ปัญหา โดยที่แบบจำลองนั้นเป็นตัวแทนของระบบงานจริงในเมื่อมีระบบงานจริงอยู่แล้ว สาเหตุที่ไม่ทำการทดลองกับระบบจริง คำตอบอาจสรุปได้เนื่องจากมีข้อดี ดังนี้ (ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 2536)

ข้อดีของการใช้แบบจำลองปัญหา

1. การทดลองปัญหาโดยการใช้แบบจำลองช่วยลดค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหาเมื่อเทียบกับการทดลองแก้ปัญหากับระบบงานจริง

2. การที่ทดลองแก้ปัญหากับระบบงานจริงอาจทำให้การดำเนินงานของระบบงานจริงขัดข้อง

3. การที่จะดำเนินการทดลองแก้ปัญหากับระบบงานจริงเป็นการยากที่จะควบคุมเงื่อนไขต่าง ๆ โดยเฉพาะปัจจัยทางด้านมนุษย์

4. การทดลองแก้ปัญหาโดยการใช้แบบจำลองช่วยประหยัดเวลาในการแก้ปัญหาเมื่อเทียบกับการทดลองแก้ปัญหากับระบบงานจริง

5. การทดลองแก้ปัญหาโดยการใช้แบบจำลองสามารถที่จะทำการทดลองกับเงื่อนไขได้หลาย ๆ รูปแบบในการแก้ปัญหาเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองแก้ปัญหากับระบบงานจริง

ประโยชน์ที่สำคัญประการหนึ่งของการจำลองแบบปัญหา ก็คือ เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับการศึกษา และฝึกอบรมเกี่ยวกับระบบงานเพราะผู้ทำการทดลองจะสามารถทราบถึงความเป็นไปและการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ภายในระบบงานเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อม รวมไปถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบงานซึ่งจะช่วยให้เข้าใจถึงปัญหาต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นกับระบบงาน รวมทั้งผลที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีการนำเอาวิธีการใหม่เข้าไปใช้ในการดำเนินงานของระบบงาน ซึ่งจะทำให้การวางแผนการดำเนินงานมีประสิทธิภาพดีขึ้น

ข้อเสียของการใช้แบบจำลองปัญหา

1. การที่ได้มาซึ่งแบบจำลองที่ดีนั้นจะต้องใช้เวลา และค่าใช้จ่ายจำนวนมากรวมทั้งต้องอาศัยความสามารถอย่างสูงในการเก็บข้อมูล

2. แบบจำลองที่ได้มาบางครั้งดูเหมือนว่าสามารถใช้เป็นตัวแทนของระบบงานจริงได้ แต่ในความเป็นจริงนั้นอาจไม่ใช่ตัวแทนของระบบนั้น ๆ และการที่จะบอกได้ว่า แบบจำลองนั้นใช้ได้หรือไม่ใช่เรื่องง่าย

3. ข้อมูลที่ได้จากการใช้แบบจำลองไม่มีความแม่นยำและไม่สามารถวัดขนาดความแม่นยำได้แม้จะทำการวัดความไวของข้อมูลเหล่านั้นก็ไม่สามารถทำให้ข้อเสียข้อนี้หายไปได้

4. การใช้แบบจำลองจะไม่สามารถบอกได้ว่าวิธีการที่ได้เป็นวิธีการที่ดีที่สุด ดังนั้น จึงต้องสร้างแบบจำลอง (Model) หลาย ๆ แบบจำลองเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด

กระบวนการจำลองแบบปัญหา

การออกแบบและสร้างแบบจำลองในการจำลองแบบปัญหา ไม่มีทฤษฎี หลักเกณฑ์ หรือสูตรที่ตายตัว การออกแบบแบจำลองต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในโครงสร้างของระบบงานจริงและปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างถ่องแท้ นอกจากนั้นยังต้องอาศัยศิลปะในการแปลงลักษณะของโครงสร้างของระบบงานให้อยู่ในลักษณะแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบงานจริง

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง

1. ตั้งปัญหาและการใช้คำจำกัดความของระบบงาน เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการจำลองแบบปัญหา ขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาระบบการกำหนดขอบเขต ข้อจำกัดต่าง ๆ และวิธีการวัดผลของระบบงาน

2. สร้างแบบจำลอง จากลักษณะของระบบงานที่ต้องการทำการ ศึกษาเขียนแบบจำลองที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบงานตามวัตถุประสงค์ที่จะศึกษา

3. จัดเตรียมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับแบบจำลองและจัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่จะนำไปใช้งานกับแบบจำลองได้

4. แปรรูปแบบจำลอง เป็นการแปลงแบบจำลองให้อยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

5. ทดสอบความถูกต้อง เป็นการวิเคราะห์เพื่อช่วยให้ผู้เขียนหรือผู้ใช้แบบจำลองมั่นใจว่าแบบจำลองที่ได้นั้นสามารถใช้แทนระบบงานจริงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

6. ออกแบบการทดลอง เป็นการออกแบบการทดลองที่ทำให้แบบจำลองสามารถให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาผลลัพธ์ตามที่ต้องการ

7. วางแผนการใช้งานแบบจำลอง วางแผนว่าจะใช้งานแบบจำลองในการทดลองอย่างไรจึงจะได้ข้อมูลในการวิเคราะห์ผลเพียงพอ (ด้วยระดับความเชื่อมั่นในผลการวิเคราะห์ที่เหมาะสม) เป็นการบอกว่าจะต้องทดลองตามเงื่อนไขดังกล่าวกี่ครั้งจึงจะได้จำนวนข้อมูลที่เหมาะสม

8. ดำเนินการทดลอง เป็นการคำนวณหาข้อมูลต่าง ๆ ที่ต้องการและความไวของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากแบบจำลอง

9. ตีความผลการทดลอง จากผลการทดลองจะตีความว่าระบบงานจริงมีปัญหาอย่างไรและการแก้ปัญหาจะได้ผลอย่างไร

10. นำไปใช้งาน จากผลการทดลองเลือกวิธีการที่จะแก้ปัญหาได้ดีที่สุดไปใช้กับระบบงานจริง

11. จัดเป็นเอกสารการใช้งาน เป็นการบันทึกกิจกรรมในการจัดทำแบบจำลอง โครงสร้างของแบบจำลอง ซึ่งวิธีการใช้งานและผลที่ได้จากการใช้งานเพื่อประโยชน์สำหรับผู้ที่จะนำไปใช้งานและเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงดัดแปลงแบบจำลองเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงระบบ

การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ความถูกต้องของแบบจำลอง คือ ความมั่นใจว่าเป็นแบบจำลองที่ถูกต้องใช้งานได้ ความมั่นใจดังกล่าวจะได้มาโดยความเข้าใจระบบงานความละเอียดในการตรวจสอบความเหมาะสมขององค์ประกอบพฤติกรรมต่าง ๆ องค์ประกอบ ค่าเชิงปริมาณที่ใช้แทนองค์ประกอบและความสัมพันธ์ต่าง ๆ การทดสอบได้มาจากการนำพฤติกรรมของแบบจำลองเทียบกับพฤติกรรมขององค์ประกอบของระบบงานจริง ซึ่งวิธีที่ใช้ในการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่ใช้กันอยู่ ประกอบด้วย 3 วิธี คือ

1. การพิสูจน์ยืนยัน

การทำให้แน่ใจว่าแบบจำลองมีพฤติกรรมอย่างที่ต้องการซึ่งมีวิธีการที่ใช้ในขั้นตอนนี้ได้แก่

1.1 ถามความเห็นผู้เชี่ยวชาญระบบงานนั้น ๆ ว่า องค์ประกอบและพฤติกรรมในแบบจำลองสอดคล้องกับระบบงานจริงหรือไม่

1.2 ทดสอบความถูกต้องของกลไกภายในแบบจำลอง โดยเงื่อนไขแล้วดูผลที่ได้หลาย ๆ ครั้ง ว่ามีความแปรปรวนมากน้อยแค่ไหน ถ้ามากก็ไม่ควรจะถูกต้องและมีการแก้ไข

1.3 ทดสอบความถูกต้องของตัวแปลและพารามิเตอร์ เป็นการทดสอบความไวของการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรและพารามิเตอร์ว่ามีผลกระทบต่อผลลัพธ์ที่ได้จากองค์ประกอบในแบบจำลองและแบบจำลองอย่างไร

1.4 การทดสอบความถูกต้องของสมมติฐาน ทดสอบทางสถิติว่าผลที่ได้จากแบบจำลองเทียบกับงานจริงในอดีต สามารถยอมรับว่าเหมือนกันโดยมีระดับนัยสำคัญที่ยอมรับได้

2. การทดสอบความถูกต้อง

การทดสอบความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมแบบจำลองกับระบบจริง โดยเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลในอดีตของระบบงานจริง ที่เงื่อนไขการใช้งานที่เหมือนกัน การวิเคราะห์การกระทำโดยการใช้เทคนิคทางสถิติ ได้แก่

2.1 ทดสอบสมมติฐานการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองกับของระบบงานจริง

2.2 ทดสอบสมมติฐานลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็นของข้อมูลเทียบกับงานจริง

2.3 ประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองเทียบกับค่าประมาณของค่าพารามิเตอร์งานจริง

2.4 พยากรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและพารามิเตอร์ในแบบจำลองเทียบกับงานจริง

3. การวิเคราะห์ปัญหา

การทดลองใช้แบบจำลองพยากรณ์พฤติกรรมต่าง ๆ ของระบบงาน เทียบกับพฤติกรรมจริงของระบบงานวิเคราะห์อาศัยเทคนิคทางสถิติ

จากวิธีการต่าง ๆ ช่วยให้ผู้สร้างแบบจำลองมีความมั่นใจในแบบจำลองที่สร้างขึ้นว่าน่าจะใช้แทนระบบงานจริงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จะเห็นได้ว่าซอฟต์แวร์ซิมมูเลชั่นได้เข้ามามีบทบาทในงานด้านอุตสาหกรรมมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นงานออกแบบ งาน R & D งานพัฒนาธุรกิจ หรือ งานจัดสายการผลิต ที่ต้องจำลองวิเคราะห์ก่อนปฏิบัติงานจริง เพราะการปฏิบัติงานจริงต้องลงทุนลงเวลาอย่างมหาศาล ใช้เพียงประสบการณ์อย่างเดียวอาจเป็นอันตรายได้ ยิ่งเป็นการวางแผนทางด้านกลยุทธ์ทางธุรกิจด้วยแล้ว ซึ่งมีปัจจัยต่าง ๆ มากมาย ที่มีผลต่อการตัดสินใจ ดังนั้น การตัดสินใจที่ไม่รอบคอบอาจทำให้ธุรกิจเสียหายได้ ดังนั้น จึงได้มีผู้ทำการศึกษาและวิจัย การประยุกต์ใช้ ซอฟต์แวร์ซิมมูเลชั่นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นให้เกิดประสิทธิภาพกับงานมากที่สุด ดังนี้

ศศิวรรณ รัตนอุบล และชานินทร์ ศรีสุวรรณนภา (2556) ได้ศึกษาการจำลองระบบปัญหาแถวคอยและสถานการณ์ทางเลือกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการของคลินิกกุมารเวชและอายุรกรรมตึกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลพัทลุงทำการเก็บข้อมูลเวลาการรอคอยและการให้บริการของแต่ละจุดให้บริการ 15 วันทำการ ตั้งแต่เวลา 07.00 น. ถึง 16.30 น. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลประกอบด้วย กล้องถ่ายวีดิโอดิจิตอล กล้องเว็บแคมคอมพิวเตอร์ขนาดพกพา และแบบฟอร์มการเก็บข้อมูล จำลองระบบด้วยโปรแกรม Arena วิเคราะห์ข้อมูลด้วยร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาโดยสรุปเป็นดังนี้ เพิ่มพยาบาลเข้าไปช่วย ณ จุดซักประวัติ 1 คน ช่วงเช้าเวลา 8.30 น.-12.00 น. ณ คลินิกกุมารเวช สำหรับตัวแบบวันจันทร์ถึงวันพฤหัสบดี ทำให้เวลารอรับบริการเฉลี่ยรวมของผู้ป่วยทั่วไป ลดลงจากเดิม 166.63 นาที เป็น 120.42 นาที ร้อยละลดลงคิดเป็น 27.73 และเวลารอบริการเฉลี่ยรวมของผู้ป่วยบัตรนัดเพิ่มขึ้นจากเดิม

59.65 นาที เป็น 80.71 นาที ร้อยละเพิ่มขึ้นคิดเป็น 35.31 ส่วนตัวแบบคลินิกกุมารเวชสำหรับวันศุกร์ เพิ่มพยาบาล 1 คน ณ จุดซักประวัติเช่นเดียวกับตัวแบบวันจันทร์ถึงวันพฤหัสบดี ทำให้เวลารอรับบริการเฉลี่ยรวมของผู้ป่วยทั่วไป ลดลงจากเดิม 148.98 นาที เป็น 101.62 นาที ร้อยละที่ลดลงคิดเป็น 31.79 และเวลารอรับบริการเฉลี่ยรวมของผู้ป่วยบัตรนัด เพิ่มขึ้นจากเดิม 43.95 นาที เป็น 50.89 นาที ร้อยละเพิ่มขึ้นคิดเป็น 15.79 และเพิ่มเจ้าหน้าที่เวชสถิติ ณ จุดค้นบัตร 1 คน เวลา 9.00 น.-12.00 น. เพิ่มพยาบาล 1 คน จุดซักประวัติผู้ป่วยทั่วไปโต๊ะที่ 1 เวลา 8.30 น.-12.00 น. และเพิ่มแพทย์อีก 1 คน เวลา 9.00 น.-16.30 น. ที่คลินิกอายุรกรรม ทำให้เวลารอรับบริการเฉลี่ยรวมของผู้ป่วยทั่วไป ลดลงจากเดิม 217.34 นาที เป็น 146.34 นาที ร้อยละที่ลดลงคิดเป็น 32.67 และเวลารอรับบริการเฉลี่ยรวมของผู้ป่วยบัตรนัด ลดลงจากเดิม 176.45 นาที เป็น 137.51 นาที ร้อยละที่ลดลงคิดเป็น 22.07

วรชน แสงศักดา (2554) ได้ศึกษาระบบการดำเนินงานภายในคลังสินค้าอุตสาหกรรมอาหารกระป๋องแห่งหนึ่งเป็นจุดพักสินค้าจากโรงงานที่เชียงใหม่และชุมพร คลังสินค้าดังกล่าวประสบปัญหาการจัดวางสินค้าเนื่องด้วยพื้นที่ในการจัดวางสินค้าแต่ละชนิดนั้นไม่แน่นอนและมีการปรับเปลี่ยนตามสถานการณ์ ในการศึกษาการจัดวางสินค้า 3 ชนิด เดิมทีมีการกำหนดพื้นที่การจัดวางสินค้าอย่างละเท่า ๆ กัน แต่ด้วยสินค้าชนิดที่ 1 มีปริมาณการสั่งซื้อที่สูงและจำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการจัดวางมากกว่าสินค้าชนิดอื่น ๆ ซึ่งทำให้ต้องนำสินค้าชนิดที่ 1 ไปวางในบริเวณพื้นที่ของสินค้าชนิดที่ 2 หรือบริเวณพื้นที่ของสินค้าชนิดที่ 3 เมื่อเกิดการวางสินค้าผิดพื้นที่การจัดวางดังกล่าวส่งผลให้การค้นหาสินค้าของพนักงานอาจเกิดความสับสน เพิ่มเวลาและใช้ความชำนาญของพนักงานในการค้นหา ผู้จัดทำจึงได้นำเสนอการจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรม Arena Simulation 10.0 และข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2554-30 พฤษภาคม พ.ศ. 2554 ในการจำลองการจัดสรรพื้นที่ในการจัดวางสินค้าภายในคลังสินค้า ในการทำวิจัยครั้งนี้ มีการเปลี่ยนระบบการจัดวางสินค้าเดิมด้วยการประยุกต์ใช้ระบบ ABC (ABC Analysis) เพื่อเลือกวางสินค้าตามความถี่และปริมาณ เพื่อลดเวลาในการเดินทางไปหยิบสินค้า จากผลที่ได้สามารถลดเวลาในการเดินทางไปหยิบสินค้าได้ 8% เวลาในการขนสินค้าไปยังรถส่งสินค้า 4% และสามารถกำหนดพื้นที่สำหรับวางสินค้าแต่ละชนิดได้แน่นอน พร้อมทั้งประยุกต์การใช้ Barcode เพื่อลดเวลาในการบันทึกข้อมูลรวมของสินค้าเข้า-ออก ได้ ได้ 3,985.41 จากระยะเวลา 79 วัน

พูลศักดิ์ แก้วสุวรรณ์ (2553) ได้ศึกษาปัญหาจากบริษัทกรณีศึกษาจำหน่ายอาหารแช่แข็งแห่งหนึ่ง มีความจำเป็นต้องเก็บสินค้าคงคลังของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ไว้เพื่อใช้เป็นสินค้าสำรอง (Buffer) ระหว่างอุปสงค์และอุปทานที่มีความไม่แน่นอน และเพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว ปัญหาของบริษัทกรณีศึกษา คือ การกำหนดระดับสินค้าคงคลังสูงสุด (Maximum stock) และต่ำสุด (Minimum stock) ไม่เหมาะสม ทำให้มีต้นทุน

รวมการถือครองสินค้าคงคลัง (Total inventory cost) สูงเกินความจำเป็น ดังนั้น การค้นคว้าอิสระนี้เพื่อหาแนวทางลดต้นทุนรวมการถือครองสินค้าคงคลังแต่ยังคงรักษาระดับการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า โดยการแบ่งกลุ่มสินค้าด้วยวิธี ABC Classification ได้สินค้ากลุ่ม A จำนวน 128 รายการ สินค้ากลุ่ม B จำนวน 136 รายการ และสินค้ากลุ่ม C จำนวน 299 รายการ เลือกสินค้ากลุ่ม A ที่มีปริมาณการขายสูงสุดจำนวน 15 รายการ เป็นตัวแทน ใช้เทคนิคการสร้างแบบจำลองสถานการณ์กระบวนการบริหารจัดการสินค้าคงคลัง (Simulation model) ด้วยโปรแกรม ARENA เวอร์ชั่น 10.0 และใช้เครื่องมือ OptQuest for Arena ทำ Optimization เพื่อหาระดับสินค้าคงคลังสูงสุด (Maximum stock) และต่ำสุด (Minimum stock) ที่เหมาะสม ผลการประมวลผลแบบจำลองสถานการณ์ด้วยระดับสินค้าคงคลังสูงสุด (Maximum stock) และต่ำสุด (Minimum stock) ที่เหมาะสม พบว่า สามารถลดต้นทุนรวมการถือครองสินค้าคงคลังเฉลี่ยของสินค้าทั้ง 15 รายการ จากเดิม 105,698.6 บาท ลดลงเป็น 94,587.92 บาท หรือสามารถลดต้นทุนลงได้ 10.51% แต่ยังคงรักษาระดับความสามารถในการตอบสนองต่อคำสั่งซื้อของลูกค้าได้ในระดับที่กำหนด

มัญชุมาศ ฤกษ์มงคล (2552) ได้ศึกษาและค้นคว้าอิสระการวิเคราะห์นโยบายการสั่งซื้อวัตถุดิบที่ราคาแปรปรวนของโรงงานทูน่ากระป๋องแห่งหนึ่งด้วยการสร้างแบบจำลองสถานการณ์บริษัทขาดการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า ทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบสำหรับการผลิต หรือมีวัตถุดิบเหลือคงคลังมากเกินความต้องการ การวิจัยนี้จะเริ่มจากการพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำมันทานตะวันซึ่งเป็นวัตถุดิบที่สำคัญของบริษัทกรณีศึกษา โดยใช้วิธีการแยกองค์ประกอบด้วยตัวแบบเชิงบวก (Additive decomposition) และวิธีการแยกองค์ประกอบด้วยตัวแบบเชิงคูณ (Multiplicative decomposition) การพยากรณ์ด้วยวิธีวินเทอร์ (Winter’s method) ด้วยตัวแบบเชิงบวก (Additive) และตัวแบบเชิงคูณ (Mulplicative) โดยพบว่าวิธีการแยกองค์ประกอบด้วยตัวแบบเชิงคูณให้ความแม่นยำของตัวแบบการพยากรณ์มากที่สุด (MAPE) เท่ากับ 9.388% เมื่อนำค่าความต้องการที่ได้จากการพยากรณ์มาเป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation model) โดยใช้โปรแกรม Arena 10.0 ในการจัดการคลังวัตถุดิบโดยมีวัตถุประสงค์ในการหาปริมาณน้ำมันทานตะวันคงคลังสำรอง (Safety stock) และจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder point) ที่เหมาะสม จากการทำ Optimization ด้วยเครื่องมือ OptQuest for Arena พบว่าได้ปริมาณน้ำมันทานตะวันคงคลังสำรอง เท่ากับ 450 เมตริกตัน และจุดสั่งซื้อใหม่เท่ากับ 736.50 เมตริกตัน โดยมีต้นทุนสินค้าคงคลังเฉลี่ย (Average inventory cost) เท่ากับ 31,076.46 เหรียญสหรัฐ ฯ

ปานหทัย นิติลัทธิ (2552) ได้ศึกษารูปแบบและกระบวนการทำงานของระบบควบคุมการเข้า-ออกประตูในระบบปัจจุบันของท่าเรือกรุงเทพและการประยุกต์ใช้ RFID สำหรับระบบควบคุมการเข้า-ออกประตูตรวจสอบอัตโนมัติ (e-Gate) เพื่อรองรับนโยบายการพัฒนาระบบ

โลจิสติกส์ของการท่าเรือแห่งประเทศไทยไปสู่ท่าเรืออิเล็กทรอนิกส์แบบเบ็ดเสร็จอัตโนมัติ (e-Port) ที่มุ่งเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการเป็นสำคัญ โดยทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation modeling) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของทั้งสองระบบด้วยโปรแกรม Arena 10.0 จากการทดลองพบว่า การควบคุมระบบการเข้า-ออกประตูตรวจสอบอัตโนมัติ (e-Gate) ด้วยระยะเวลา UNIF (30,40) วินาที ทำให้ระยะเวลาดำเนินการรวมเฉลี่ยของรถบรรทุกที่อยู่ในระบบ (Truck turnaround time) ต่ำสุด จากนั้นนำผลลัพธ์ไปวิเคราะห์เพื่อหาระดับทรัพยากรที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ภายใต้เป้าหมายระยะเวลารอคอยของรถบรรทุกผู้ใช้บริการต่ำสุด พบว่าควรเพิ่มจำนวนปั้นจั่นหน้าท่า 20A และ 20AB 1 คัน และเพิ่มจำนวนช่องประตูตรวจสอบขาเข้า 1 ช่อง เพิ่มจำนวนรถคานยกเคลื่อน 1 คัน ลดจำนวนรถหัวลากภายใน 20A ลง 4 คัน เพิ่มจำนวนรถหัวลากภายใน 20AB ขึ้น 2 คัน ลดจำนวนรถหัวลากภายใน 20B ลง 4 คัน เพิ่มจำนวนรถหัวลากภายใน 20C ขึ้น 4 คัน ด้วยระดับทรัพยากรดังกล่าวทำให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ด้วยระยะเวลารอคอยของรถบรรทุกผู้ใช้บริการต่ำสุดที่ 0.256 นาที

ชลารักษ์ คนรักษ์ (2553) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบการเดินรถภายในมหาวิทยาลัยบูรพา โดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบเวลาการเดินรถรับ-ส่งภายในมาหาวิทยาลัยบูรพา ในช่วงเวลาที่มีอัตราผู้ใช้บริการสูงสุด โดยใช้โปรแกรม Arena ในการจำลองสถานการณ์ พบว่า ในการเปรียบเทียบเวลาการเดินรถรับ-ส่งภายในมหาลัยบูรพาในช่วงที่มีอัตราผู้ใช้บริการสูงสุด (07.00-10.00 น.) รถที่วิ่งภายในมหาวิทยาลัยจะมี 2 สาย (สาย A และสาย B) โดยมีปัจจัยในการเปรียบเทียบเวลาการรอคอย คือ ระยะเวลาการปล่อยรถที่แตกต่างกันออกไป 5 นาที 8 นาที 10 นาที และ 15 นาที จำนวนรถที่ใช้บริการ 3 คัน และ 7 คัน และจุดปล่อยรถ 1 จุด และ 2 จุด โดยสาย A จะเพิ่มจุดปล่อยรถที่สถานีตึกชีวภาพ และสาย B จะเพิ่มจุดปล่อยที่สถานีตึก KA ซึ่งได้ออกแบบสถานการณ์โดยใช้โปรแกรมอารีน่า ได้ผลลัพธ์ในการเปรียบเทียบเวลาการรอคอยเฉลี่ยของผู้ใช้บริการ จากนั้นได้เสนอแนวทางการจัดระเบียบรถรับ-ส่งภายในมหาวิทยาลัยบูรพา คือ สาย A ใช้แบบจำลองที่มีการปล่อยรถ 2 จุด จำนวน 4 คัน ระยะเวลาการปล่อยทุก ๆ 10 นาที มีความเหมาะสมที่สุด มีเวลาการรอคอยเฉลี่ยต่ำสุด คือ 3.93 นาที และสาย B มีการปล่อยรถ 2 จุด จำนวน 4 คัน เวลาในการปล่อยรถทุก ๆ 8 นาที มีความเหมาะสมที่สุด มีเวลาการรอคอยเฉลี่ยต่ำสุด คือ 2.75 นาที

นุชิดา อาจวิชัย (2542) ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้โปรแกรมอารีนาในการจำลองรูปแบบปัญหาคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษาระบบแถวคอยของสายการประกอบปืนอิเล็กตรอน ณ บริษัทไทยอิเล็กตรอนกัน โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาต่อ คือ 1) เพื่อศึกษาทฤษฎีของการจำลองรูปแบบปัญหาคอมพิวเตอร์ 2) เพื่อศึกษาโปรแกรมอารีนาและประยุกต์ใช้ในทฤษฎี

แถวคอย 3) เพื่อใช้โปรแกรมอารีน่าทดลองสร้างแบบจำลองระบบปัญหาจริง 4) เพื่อให้สามารถวิเคราะห์และสรุปผลที่ได้จากการจำลองรูปแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ได้ 5) เพื่อจัดทำคู่มือการใช้โปรแกรมอารีนา บริษัทไทยอิเล็กตรอนกัน จำกัด มีสถานีสายการประกอบ 22 สถานี จากนั้นทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเวลาในการทำงานแต่ละสถานี แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาการกระจายตัวพบว่ามีการกระจายตัวแบบเอ็กซ์โปแนนเชียล (Exponential) จากนั้นสร้างแบบจำลองสายการผลิต และแสดงผลการประมวลผล ซึ่งเกิดแถวคอยช่องจำนวนชิ้นงานขึ้นที่สถานีงาน KM_INSP มากที่สุด เวลาในการรอคอยเท่ากับ 323.35 นาที เวลาในการรอคอยชิ้นงานเฉลี่ยเท่ากับ 159.90 นาที จำนวนแถวคอยเท่ากับ 27 ถาด สายการผลิตชิ้นงานได้ 144 ชิ้น ในเวลา 480 นาที จากผลข้อมูลที่ได้ นำมาทำการปรับปรุงการทำงาน โดยย้ายพนักงานที่ว่างงานในสถานีอื่นจำนวน 3 คน มาเพิ่มให้กับสถานี KM_INSP ได้เวลาในการรอคอยมากที่สุด เท่ากับ 16.00 นาที เวลาในการรอคอยชิ้นงานเฉลี่ย เท่ากับ 3.4409 นาที จำนวนแถวคอย เท่ากับ 1 ถาด ทำให้การว่างงานลดลง เกิดความสมดุลในสายการผลิต มีผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 600 ชิ้น ภายในเวลา 480 นาที

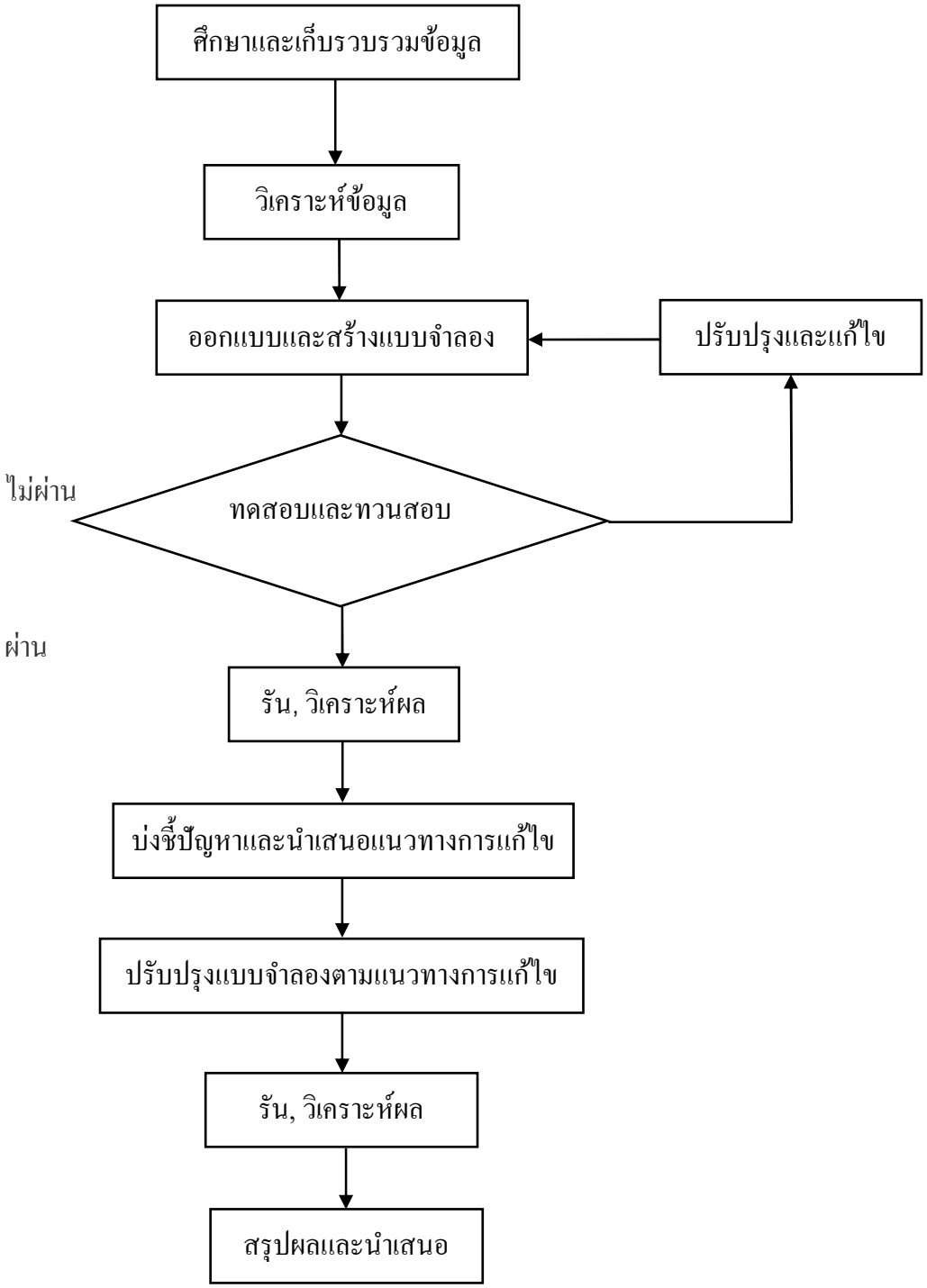
บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

การจัดทำโครงงานนี้ ผู้จัดทำได้ทำการศึกษาปัญหาการจราจรสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อโดยการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ ในการดำเนินงาน ผู้จัดทำได้ใช้ความรู้และเทคนิคในการออกแบบและสร้างแบบจำลองสถานการณ์จริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้ศึกษามาในวิชาเรียน เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองและนำผลลัพธ์ที่ได้จากการรัน มาใช้วิเคราะห์และบ่งชี้ปัญหาการจราจรบริเวณกรณีศึกษา เพื่อนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา แต่อย่างไรก็ตามในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์นั้น จำเป็นจะต้องมีขั้นตอนการดำเนินงานหลายขั้นตอนเพื่อให้ผู้จัดทำโครงงานสามารถดำเนินงานได้อย่างมีแบบแผนและมีประสิทธิภาพ

ในบทที่ 3 นี้ ผู้จัดทำได้กล่าวถึงวิธีการดำเนินงานทั้งหมดของโครงงานนี้และได้อธิบายขั้นตอนการดำเนินงานแต่ละขั้นตอนไว้ในบทนี้ด้วย ส่วนการดำเนินงานและผลการดำเนินงานจะกล่าวถึงในบทที่ 4

ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการจัดทำโครงงานแต่ละโครงงานจะต้องมีการวางแผนการดำเนินงาน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการดำเนินงานทุกขั้นตอนและเพื่อเป็นแนวทางให้ผู้จัดทำได้รู้ว่า จะต้องเริ่มต้นดำเนินงานในส่วนไหนก่อนหลัง ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงงานนี้ สามารถอธิบายอย่างคร่าว ๆ ได้ ดังนี้ เริ่มต้นโครงงานด้วยการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และเรียบเรียงเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองได้ เมื่อได้ข้อมูลจากการวิเคราะห์แล้ว นำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการออกแบบและสร้างแบบจำลอง หลังจากนั้น ทำการสอบและทวนสอบ หากไม่ผ่านให้ดำเนินการปรับปรุงและแก้ไข หากผ่านแล้วให้ทำการรันโปรแกรม วิเคราะห์ผลที่ได้และบ่งชี้ปัญหาว่าเกิดที่จุดไหน หลังจากนั้นให้นำเสนอแนวทางการแก้ไข ปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไข ทำการรันโปรแกรมที่ได้ทำการปรับปรุงแล้ววิเคราะห์ผล หลังจากนั้นสรุปผลและนำเสนอ แต่อย่างไรก็ตาม เราสามารถเขียนเป็นแผนผังขั้นตอนการทำงานได้ดังแสดงในภาพที่ 3-1 ส่วนรายละเอียดการดำเนินงานทั้งหมดของโครงงานได้นำเสนอไว้ในบทที่ 4



ภาพที่ 3-1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน

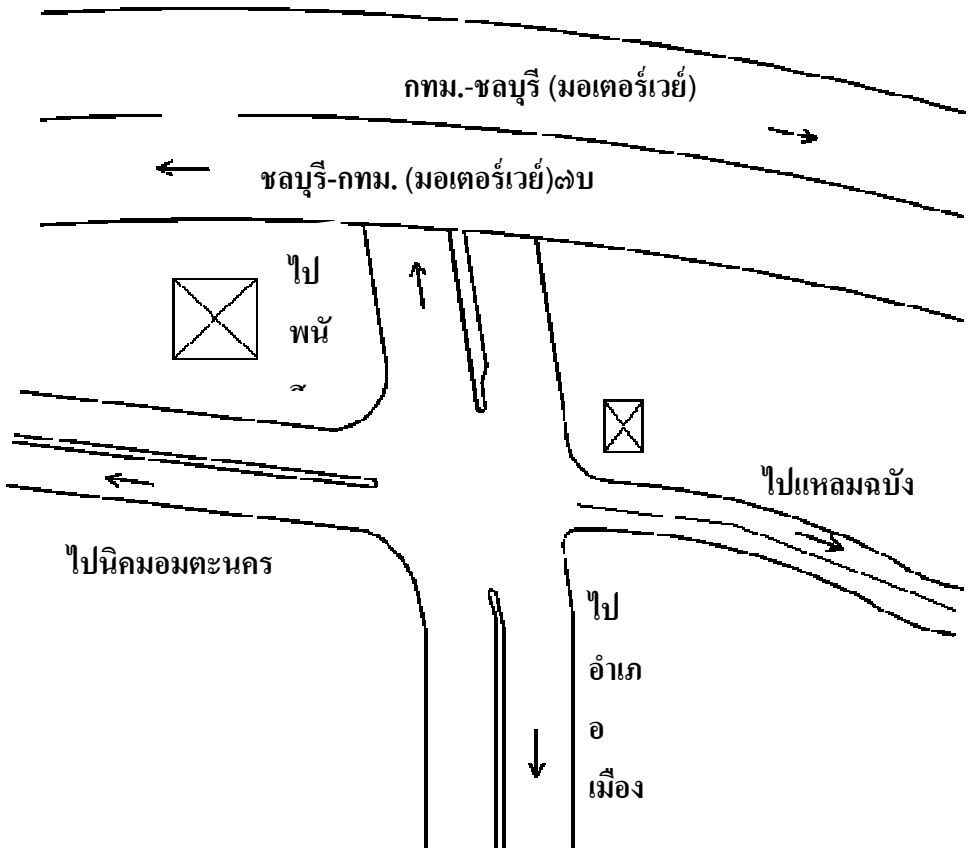
รายละเอียดวิธีการดำเนินการ

ในหัวข้อนี้ ผู้จัดทำจะอธิบายรายละเอียดเบื้องต้นของแต่ละขั้นตอนการดำเนินงานว่ามีหลักการอย่างไร ส่วนรายละเอียดของการดำเนินงานจริงจะกล่าวไว้ในส่วนของบทที่ 4

การศึกษาสภาพการจราจรจริง

ในการศึกษาสภาพการจราจรบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ จำเป็นจะต้องทำเป็นขั้นตอนแรกก่อนที่จะทำการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อใช้ในการวางแผนการเก็บข้อมูล และการออกแบบการสร้างแบบจำลอง ซึ่งต้องทำการศึกษาในส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. ศึกษาประเภทของยานพาหนะ
2. ศึกษาช่องทางการเดินรถ
3. ศึกษาทิศทางการเดินรถ
4. ศึกษาเวลาการทำงานของสัญญาณไฟจราจร



ภาพที่ 3-2 ร่างเส้นทางการจราจรของสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้น เป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งในการออกแบบและสร้างแบบจำลอง หากไม่มีการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างถูกวิธีและเป็นระบบแล้ว อาจจะส่งผลให้การสร้างแบบจำลองเกิดความผิดพลาดได้หรืออาจได้ผลการทดลองที่ไม่ตรงกับความต้องการ ดังนั้น ในการสร้างแบบจำลองจึงจำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลทางสถิติในอดีตอย่างถูกต้อง จึงจะทำให้แบบจำลองนั้นมีความใกล้เคียงกับระบบงานจริงมากที่สุด

ในส่วนของการเก็บข้อมูลทางสถิตินั้น ผู้จัดทำได้ทำการเก็บข้อมูลและศึกษาระบบการจราจร เริ่มจากการสำรวจเส้นทางการเดินรถรวมถึงพฤติกรรมของรถที่ใช้เส้นทางนี้จากสภาพความเป็นจริง พร้อมทั้งทำการจดบันทึกจำนวนของรถและเวลาในการมาถึงของรถแต่ละคันแต่ละประเภทในแต่ละช่องทางการเดินรถ โดยใช้ภาพที่ได้จากกล้องวงจรปิดทั้งสี่เส้นทาง ได้แก่ 1) เส้นทางจากนิคมอมตะนคร 2) เส้นทางจากอำเภอพนัสนิคม 3) เส้นทางจากอำเภอเมืองชลบุรี 4) เส้นทางจากอำเภอแหลมฉบัง ผู้จัดทำได้ทำการเก็บข้อมูลเฉพาะวันทำงาน 5 วัน ตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์ เนื่องจากเป็นช่วงวันที่มีการจราจรคับคั่งมากที่สุด โดยเฉพาะช่วงเวลาเร่งด่วน ช่วงเวลาในตอนเช้า 06.00-08.00 น. และ ช่วงเวลาในตอนเย็น 16.00-18.00 น. ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลทางสถิติของยานพาหนะทั้ง 2 ช่วงเวลา แสดงดังตารางที่ 3-1 และตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-1 ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลทางสถิติของยานพาหนะ ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.

ชนิดของรถ	ช่องทางเดินรถ (เลน)	ทิศทางการออกจากสี่แยก	เวลาการมาถึง			ระยะเวลาห่าง
			ชั่วโมง	นาที	วินาที	
รถตู้	ขวา	ขวา	7	30	0	0
รถตู้	ขวา	กลับรถ	7	30	1	1
รถเก๋ง	กลาง	ตรง	7	30	1	0
มอเตอร์ไซค์	กลาง	ตรง	7	30	2	1
รถเก๋ง	ซ้าย	ซ้าย	7	30	3	1
รถสองแถว	กลาง	ตรง	7	30	3	0
รถกระบะ	ขวา	กลับรถ	7	30	4	1
รถเก๋ง	กลาง	ตรง	7	30	5	1
รถกระบะ	กลาง	ตรง	7	30	5	0

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

ชนิดของรถ	ช่องทางเดินรถ (เลน)	ทิศทางการออกจากสี่แยก	เวลาการมาถึง			ระยะเวลาห่าง
			ชั่วโมง	นาที	วินาที	
รถเครน	ขวา	ขวา	7	30	7	2
รถเก๋ง	กลาง	ตรง	7	30	8	1

ตารางที่ 3-2 ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลทางสถิติของยานพาหนะ ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

ชนิดของรถ	ช่องทางเดินรถ (เลน)	ทิศทางการออกจากสี่แยก	เวลาการมาถึง			ระยะเวลาห่าง
			ชั่วโมง	นาที	วินาที	
รถเก๋ง	ซ้าย	ซ้าย	17	30	2	2
รถเก๋ง	กลาง	ตรง	17	30	2	0
รถกระบะ	ซ้าย	ซ้าย	17	30	4	2
รถเก๋ง	ซ้าย	ซ้าย	17	30	4	0
รถเก๋ง	ซ้าย	ซ้าย	17	30	5	1
รถกระบะ	ซ้าย	ซ้าย	17	30	5	0
รถกระบะ	ซ้าย	ซ้าย	17	30	6	1
รถกระบะ	ซ้าย	ซ้าย	17	30	6	0
รถบรรทุก 6 ล้อ	ซ้าย	ซ้าย	17	30	7	1
มอเตอร์ไซค์	ซ้าย	ตรง	17	30	7	0
มอเตอร์ไซค์	กลาง	ตรง	17	30	8	1
มอเตอร์ไซค์	กลาง	ตรง	17	30	40	32
รถกระบะ	ซ้าย	ซ้าย	17	30	43	3
รถกระบะ	ซ้าย	ซ้าย	17	30	47	4
รถเก๋ง	ซ้าย	ซ้าย	17	30	50	3

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกพฤติกรรมของยานพาหนะดังตารางที่ 3-1 และตารางที่ 3-2 นั้น ยังเป็นแค่ข้อมูลดิบ ที่ไม่สามารถเอาไปใช้ในการสร้างแบบจำลองได้เลยทีเดียว ยังต้องผ่าน

กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาว่าข้อมูลที่ได้มานั้นมีการแจกแจงในรูปแบบใดและข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด อยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้หรือไม่ ซึ่งกระบวนการนี้สามารถใช้โปรแกรม Arena ในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า (Input analyzer) ในการทดสอบการแจกแจงทางสถิติของข้อมูลดิบชุดนั้น ๆ การดำเนินงานในขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้จัดทำได้นำเสนอไว้ในส่วนของบทที่ 4

การออกแบบและการสร้างแบบจำลอง

ในขั้นตอนการออกแบบและการสร้างแบบจำลองจำเป็นต้องทำหลังจากที่ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทางสถิติและได้ศึกษาสภาพจริงของบริเวณกรณีศึกษา เพื่อให้แบบจำลองที่สร้างออกมานั้นมีความใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด หลังจากที่สร้างแบบจำลองเสร็จเรียบร้อยแล้วต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองว่าเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่ อย่างไรก็ตามรายละเอียดต่าง ๆ ในการออกแบบและการสร้างแบบจำลอง ผู้จัดทำได้นำเสนอไว้ในส่วนของบทที่ 4

การทดสอบและทวนสอบ

ในขั้นตอนการทวนสอบความถูกต้องของแบบจำลอง เป็นการตรวจสอบว่าเมื่อแบบจำลองทำงานถูกต้องแล้วจะให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องด้วยหรือไม่ โดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแบบจำลองกับสถานการณ์จริงว่ามีค่าตรงหรือเท่ากับสถานการณ์ต้นแบบหรือไม่ รายละเอียดต่าง ๆ ในการทดสอบและทวนสอบแบบจำลอง ผู้จัดทำได้นำเสนอไว้ในส่วนของบทที่ 4

การวิเคราะห์ผล

ในขั้นตอนการวิเคราะห์ผลนี้ เป็นขั้นตอนหลังจากการทดสอบและทวนสอบ คือ การนำผลการรันแบบจำลอง มาวิเคราะห์เพื่อหาจำนวนรอบในการรันที่เหมาะสม ผู้จัดทำได้นำเสนอไว้ในส่วนของบทที่ 4

การบ่งชี้ปัญหาและนำเสนอแนวทางการแก้ไข

หลังจากได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาจากแบบจำลองทำให้เราได้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการระบายรถออกจากจุดสี่แยกไฟแดงดอนหัวฬ่อนี้ ดังนั้น เมื่อเราทราบถึงปัญหาที่แท้จริงเราจึงต้องมีแนวทางในการปรับปรุงและแก้ไข จากที่ได้กล่าวข้างต้น โครงงานนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างทางข้ามที่แยกดอนหัวฬ่อ ดังนั้น แนวทางการปรับปรุงและแก้ไขของเราที่จะนำเสนอนั้น ก็คือ การสร้างทางข้ามสี่แยกดอนหัวฬ่อ หลังจากได้แนวทางการปรับปรุงเราจะใช้การจำลองการจราจร โดยการสร้างแบบจำลองที่มีทางข้ามสี่แยกขึ้นมาเพื่อให้เห็นผลลัพธ์หลังการปรับปรุงและแก้ไข หลังจากนั้นนำผลลัพธ์มาวิเคราะห์และประเมินผล เพื่อเป็นข้อมูลหนึ่งใน

การพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการสร้างทางข้ามสี่แยกที่ดอนหัวพ่อนี้ ผู้จัดทำได้นำเสนอไว้ในส่วนของบทที่ 4

การปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไข

จากที่ผู้จัดทำได้ดำเนินงานตามขั้นตอนต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้นจนถึงแนวทางการปรับปรุงและแก้ไข หลังจากได้ทำการปรับปรุงและแก้ไขแล้วจำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงว่ามีผลดีขึ้นมากน้อยเพียงใด โดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์กับสภาพที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งในการเปรียบเทียบนี้จะต้องสามารถวัดผลออกมาเป็นตัวเลขได้ และสามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นได้อย่างชัดเจน โดยการเปรียบเทียบที่ได้กล่าวถึงนี้สามารถเปรียบเทียบได้จากผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง จากนั้นก็ทำการสรุปผลที่ได้และนำเสนอเพื่อการประยุกต์ใช้จริงในโอกาสต่อไป

บทที่ 4
การดำเนินงาน และผลการดำเนินงาน

การดำเนินงานของโครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ทำการศึกษาปัญหาการจราจรสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ โดยการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ จากวิธีการดำเนินงานตามขั้นตอนต่าง ๆ ที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 ผู้จัดทำได้นำมาใช้ในการวางแผนการดำเนินงาน เพื่อให้บรรลุวัตถุประ สงค์หลักของโครงงาน ซึ่งเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการดำเนินงานและผลการของดำเนินงานทั้งหมดของโครงงานนี้

ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล

ในขั้นตอนการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลนั้น เป็นขั้นตอนแรกและเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการออกแบบและสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ ดังนั้น เราจำเป็นจะต้องทำการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบและถูกวิธี เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องตามความต้องการ เพื่อให้แบบจำลองที่สร้างขึ้นมานั้นมีความใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด

การศึกษาสภาพการจราจรบริเวณกรณีศึกษา

การศึกษาสภาพการจราจรบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ จำเป็นจะต้องทำเป็นขั้นตอนแรกก่อนที่จะทำการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อใช้ในการวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูลและใช้ในการออกแบบการสร้างแบบจำลอง ดังนั้น ในขั้นตอนนี้จึงต้องทำการศึกษาสภาพความเป็นจริงในส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. ศึกษาประเภทของยานพาหนะ ผู้จัดทำได้ศึกษาประเภทของยานพาหนะที่สัญจรผ่านบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ จึงพบว่าบริเวณนี้มียานพาหนะหลายชนิดที่สัญจรผ่าน ดังนั้น ผู้จัดทำจึงได้แบ่งประเภทของยานพาหนะออกเป็น 5 ประเภท เพื่อให้ง่ายต่อการนำข้อมูลไปใช้ในการสร้างแบบจำลอง ได้แก่

1.1 ประเภทที่ 1 รถสองล้อและสามล้อ

1.2 ประเภทที่ 2 รถสี่ล้อ

1.3 ประเภทที่ 3 รถหกล้อ

1.4 ประเภทที่ 4 รถสิบล้อ

1.5 ประเภทที่ 5 รถมากกว่าสิบล้อขึ้นไป

2. ศึกษาช่องทางการเดินรถ ผู้จัดทำได้ศึกษาช่องทางการเดินรถขาเข้ามาในบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ พบว่ามีทั้งหมด 11 ช่องทาง ดังนี้

2.1 เส้นทางการเดินรถจากอมตะนครมี 3 ช่องทางจราจร ช่องทางใน กลาง นอก

2.2 เส้นทางการเดินรถจากพนัสนิคมมี 3 ช่องทางจราจร ช่องทางใน กลาง นอก

2.3 เส้นทางการเดินรถจากเมืองชลบุรีมี 3 ช่องทางจราจร ช่องทางใน กลาง นอก

2.4 เส้นทางการเดินรถจากแหลมฉบังมี 2 ช่องทางจราจร ช่องทางใน นอก

3. ศึกษาทิศทางการเดินรถ ผู้จัดทำได้ศึกษาทิศทางการเดินรถขาออกจากสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ พบว่ามีทั้งหมด 14 ทิศทางการเดินรถ ดังนี้

3.1 จากชลบุรีไปอมตะ

3.2 จากชลบุรีไปพนัสนิคม

3.3 จากชลบุรีไปแหลมฉบัง

3.4 จากชลบุรีไปชลบุรี

3.5 จากอมตะนครไปพนัสนิคม

3.6 จากอมตะนครไปแหลมฉบัง

3.7 จากอมตะนครไปชลบุรี

3.8 จากอมตะนครไปอมตะนคร

3.9 จากพนัสนิคมไปแหลมฉบัง

3.10 จากพนัสนิคมไปชลบุรี

3.11 จากพนัสนิคมไปพนัสนิคม

3.12 จากแหลมฉบังไปชลบุรี

3.13 จากแหลมฉบังไปอมตะนคร

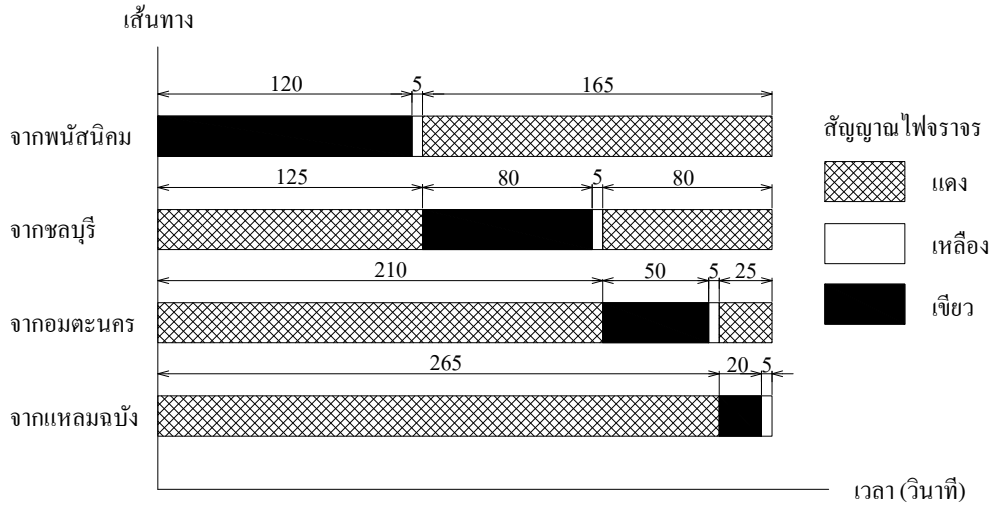
3.14 จากแหลมฉบังไปพนัสนิคม

4. ศึกษาเวลาการทำงานของสัญญาณไฟจราจร จากการศึกษาเวลาการทำงานของสัญญาณไฟจราจรบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ ผู้จัดทำได้ทำการจดบันทึกเวลาการทำงานของไฟเขียวหรือสัญญาณไฟที่อนุญาตให้รถผ่านไปได้ พบว่าระยะเวลาการทำงานของสัญญาณไฟจราจรแต่ละเส้นทางมีระยะเวลาที่ไม่เท่ากัน ซึ่งเวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียวของแต่ละเส้นทาง ช่วงเวลา 06.00-08.00 น. และช่วงเวลา 16.00-18.00 น. แสดงดังตารางที่ 4-1

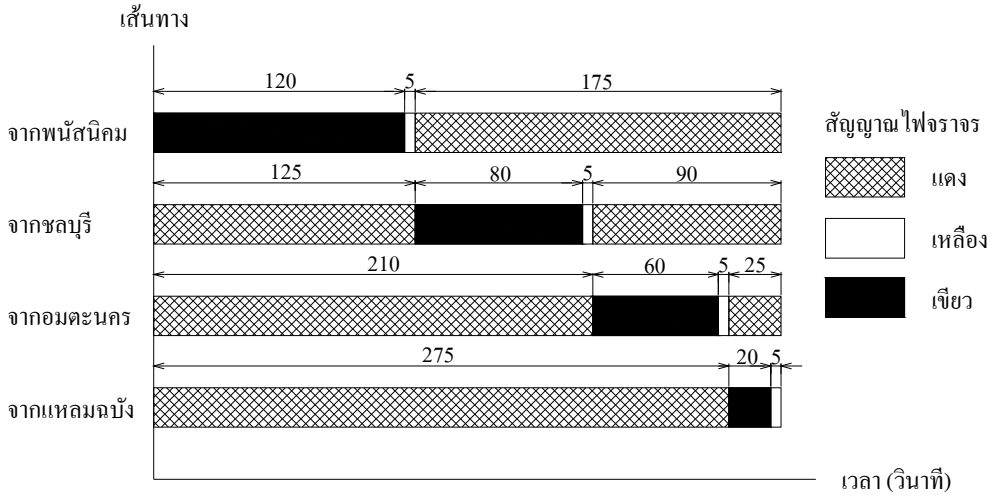
ตารางที่ 4-1 เวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียวของแต่ละเส้นทาง

ช่วงเวลา / เส้นทาง	เวลา 06.00-08.00 น. (วินาที)	เวลา 16.00-18.00 น. (วินาที)
จากอำเภอพนัสนิคม	120	120
จากอำเภอเมืองชลบุรี	80	80
จากนิคมอมตะนคร	50	60
จากแหลมฉบัง	20	20

จากเวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียวของแต่ละเส้นทาง แสดงดังตารางที่ 4-1 สามารถนำมาเขียนเป็นแผนผังลำดับเวลาในการทำงานของสัญญาณไฟจราจรของแต่ละเส้นทางได้ โดยเริ่มจากเส้นทางจากอำเภอพนัสนิคม เส้นทางจากอำเภอเมืองชลบุรี เส้นทางจากนิคมอมตะนคร และเส้นทางจากแหลมฉบังตามลำดับ ในช่วงเวลา 06.00-08.00 น. และช่วงเวลา 16.00-18.00 น. แสดงดังภาพที่ 4-1 และภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-1 ลำดับเวลาในการทำงานของสัญญาณไฟจราจรแต่ละเส้นทาง ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.



ภาพที่ 4-2 ลำดับเวลาในการทำงานของสัญญาณไฟจราจรและเส้นทาง ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

จากภาพที่ 4-1 และภาพที่ 4-2 แถบสีทึบแทนช่วงเวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียว แถบสีขาวแทนช่วงเวลาการทำงานของสัญญาณไฟเหลือง แถบลายตาข่ายแทนช่วงเวลาการทำงานของสัญญาณไฟแดง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

จากขั้นตอนการศึกษาสภาพจริงบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ ผู้จัดทำได้ทำการ ศึกษาระบบการจราจร โดยเริ่มจากการสำรวจเส้นทางการเดินรถรวมถึงพฤติกรรมของรถที่ใช้เส้นทางนี้จากสภาพความเป็นจริง มาถึงในขั้นตอนนี้ผู้จัดทำได้ทำการจดบันทึกจำนวนของรถและเวลาในการมาถึงของรถแต่ละคันแต่ละประเภทในแต่ละช่องทางการเดินรถ โดยใช้ภาพที่ได้จากกล้องวงจรปิดทั้งสี่เส้นทาง ได้แก่ 1) เส้นทางจากนิคมอมตะนคร 2) เส้นทางจากอำเภอพนัสนิคม 3) เส้นทางจากเมืองชลบุรี 4) เส้นทางจากแหลมฉบัง เราได้ทำการเก็บข้อมูลเฉพาะวันทำงาน 5 วัน ตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์ เนื่องจากเป็นช่วงวันที่มีการจราจรคับคั่งมากที่สุด โดยเฉพาะช่วงเวลาในตอนเช้า 06.00-08.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาในการเดินทางไปทำงานของพนักงานบริษัทที่ทำงานในนิคมอมตะนคร และช่วงเวลาในตอนเย็น 16.00-18.00 น. เป็นช่วงเวลาในการเดินทางกลับที่พักหลังจากเลิกงาน ตัวอย่างตารางการบันทึกข้อมูลทางสถิติของการจราจรบริเวณกรณีศึกษาแสดงดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ตัวอย่างตารางการบันทึกข้อมูลทางสถิติของการจราจรบริเวณกรณีศึกษา

ชนิดของรถ	ช่องทางเดินรถ (เลน)	ทิศทางการออกจากสี่แยก	เวลาการมาถึง			ระยะเวลาห่าง
			ชั่วโมง	นาที	วินาที	
รถตู้	ขวา	ขวา	7	30	0	0
รถตู้	ขวา	กลับรถ	7	30	1	1
รถเก๋ง	กลาง	ตรง	7	30	1	0
มอเตอร์ไซค์	กลาง	ตรง	7	30	2	1
รถเก๋ง	ซ้าย	ซ้าย	7	30	3	1
รถสองแถว	กลาง	ตรง	7	30	3	0
รถกระบะ	ขวา	กลับรถ	7	30	4	1
รถเก๋ง	กลาง	ตรง	7	30	5	1
รถกระบะ	กลาง	ตรง	7	30	5	0
รถเครน	ขวา	ขวา	7	30	7	2
รถเก๋ง	กลาง	ตรง	7	30	8	1
รถสองแถว	กลาง	ตรง	7	30	8	0
รถกระบะบรรทุก	ขวา	ขวา	7	30	9	1
มอเตอร์ไซค์	กลาง	ตรง	7	30	10	1
รถบรรทุก 6 ล้อ	ซ้าย	ซ้าย	7	30	10	0
รถตู้	กลาง	ตรง	7	30	10	0
รถสองแถว	กลาง	ตรง	7	30	11	1
รถกระบะ	ซ้าย	ซ้าย	7	30	11	0
มอเตอร์ไซค์	กลาง	ตรง	7	30	12	1
รถเก๋ง	ขวา	ขวา	7	30	13	1
รถเก๋ง	ขวา	กลับรถ	7	30	14	1
รถกระบะ	กลาง	ตรง	7	30	14	0

สัดส่วนการมาของรถและทิศทางการเดินรถ

จากการที่ผู้จัดทำได้ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพการจราจรในบริเวณสี่แยกไฟแดงที่ดอนหัวพ่อ จะเห็นได้ว่ามีเส้นทางการเดินรถอยู่ด้วยกันทั้งหมด 4 เส้นทาง ได้แก่ เส้นทางจากอำเภอเมืองชลบุรี เส้นทางจากอำเภอพนัสนิคม เส้นทางจากแหลมฉบังและเส้นทางจากนิคมอมตะนคร และจากข้อมูลได้เก็บรวบรวมมานั้น ผู้จัดทำได้แบ่งประเภทของรถออกเป็น 5 ประเภท และทำการหาสัดส่วนการมาของรถแต่ละประเภทในแต่ละเส้นทางเพื่อใช้ในการกำหนดคุณสมบัติให้กับวัตถุในกระบวนการสร้างแบบจำลอง สัดส่วนการมาของรถแต่ละประเภทของแต่ละเส้นทางแสดงดังตารางที่ 4-3 และตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-3 สัดส่วนการมาของรถแต่ละประเภทของแต่ละเส้นทาง (%) ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.

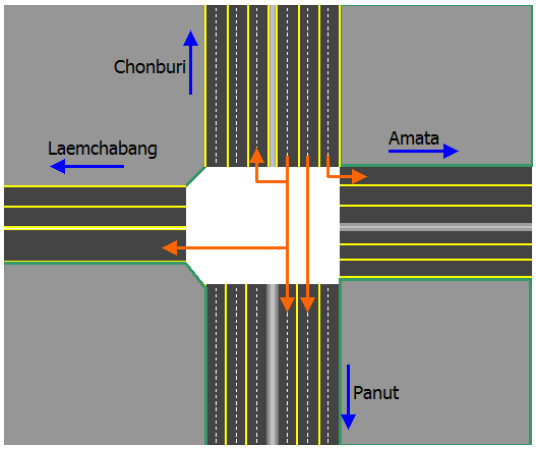
ประเภทรถ / เส้นทาง	รถสองล้อและสามล้อ	รถสี่ล้อ	รถหกล้อ	รถสิบล้อ	รถมากกว่าสิบล้อ
จากอำเภอเมืองชลบุรี	28.02	65.83	2.51	3.10	0.54
จากอำเภอพนัสนิคม	26.10	67.20	0.99	5.13	0.58
จากแหลมฉบัง	43.85	52.54	1.94	1.64	0.03
จากนิคมอมตะนคร	23.38	70.03	0.97	3.51	2.11

ตารางที่ 4-4 สัดส่วนการมาของรถแต่ละประเภทของแต่ละเส้นทาง (%) ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

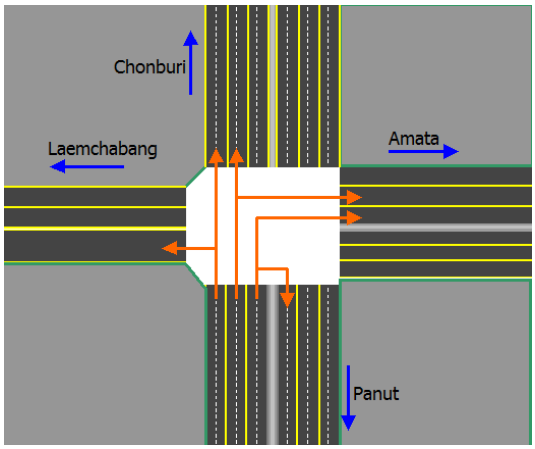
ประเภทรถ / เส้นทาง	รถสองล้อและสามล้อ	รถสี่ล้อ	รถหกล้อ	รถสิบล้อ	รถมากกว่าสิบล้อ
จากอำเภอเมืองชลบุรี	18.23	74.95	2.43	2.41	1.98
จากอำเภอพนัสนิคม	12.29	74.85	2.05	8.08	2.72
จากแหลมฉบัง	30.73	61.66	1.85	5.62	0.13
จากนิคมอมตะนคร	20.86	40.47	1.30	4.40	2.97

จากขั้นตอนการศึกษาและเก็บข้อมูลสภาพการจราจรบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อทำให้เราทราบถึงสัดส่วนทิศทางการเดินรถของแต่ละเส้นทาง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการสร้าง

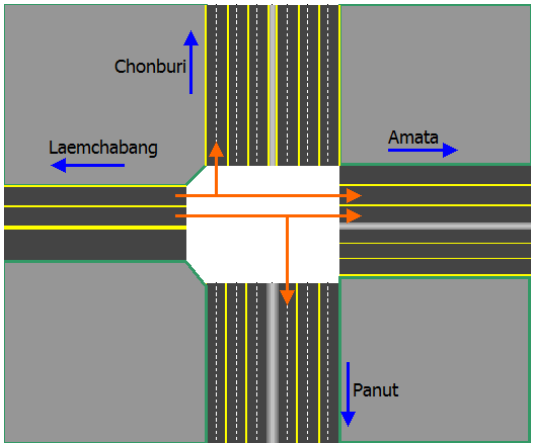
แบบจำลอง เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยรูปแบบทิศทางการเดินรถของแต่ละเส้นทางแสดงดังภาพที่ 4-3



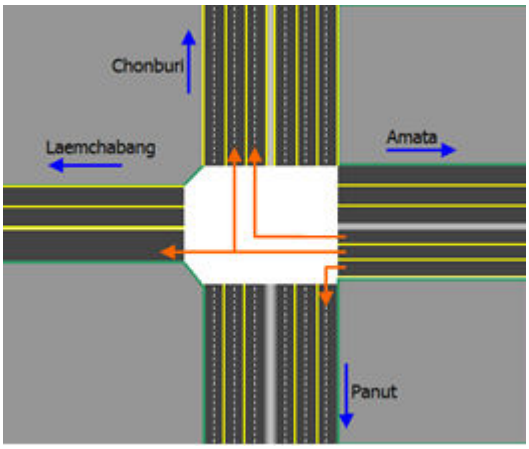
(ก) แสดงทิศทางการเดินรถจากอำเภอเมืองชลบุรี



(ข) แสดงทิศทางการเดินรถจากอำเภอพนัสนิคม



(ค) แสดงทิศทางการเดินรถจากอำเภอแหลมฉบัง



(ง) แสดงทิศทางการเดินรถจากนิคมอมตะนคร

ภาพที่ 4-3 รูปแบบทิศทางการเดินรถของแต่ละเส้นทาง

สัดส่วนทิศทางการเดินรถของแต่ละเส้นทางคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ช่วงเวลา 06.00-08.00 น. และช่วงเวลา 16.00-18.00 น. แสดงดังตารางที่ 4-5 และตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-5 สัดส่วนทิศทางการเดินรถของแต่ละเส้นทาง (%) ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.

ทิศทางเดินรถ	ช่องทางเดินรถ						
	ขวา			กลาง		ซ้าย	
เส้นทาง	กลับรถ	เลี้ยวขวา	ตรง	เลี้ยวขวา	ตรง	ตรง	เลี้ยวซ้าย
จากอำเภอเมืองชลบุรี	1.25	7.11	16.97	-	35.97	-	38.70
จากอำเภอพนัสนิคม	0.43	27.02	-	19.99	15.24	36.34	0.99
จากแหลมฉบัง	-	31.25	6.11	-	-	47.31	15.33
จากนิคมอมตะนคร	-	23.03	-	25.02	5.22	-	46.73

ตารางที่ 4-6 สัดส่วนทิศทางการเดินรถของแต่ละเส้นทาง (%) ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

ทิศทางเดินรถ	ช่องทางเดินรถ						
	ขวา			กลาง		ซ้าย	
เส้นทาง	กลับรถ	เลี้ยวขวา	ตรง	เลี้ยวขวา	ตรง	ตรง	เลี้ยวซ้าย
จากอำเภอเมืองชลบุรี	1.59	5.50	21.34	-	33.74	-	37.83
จากอำเภอพนัสนิคม	0.66	24.61	-	19.11	24.42	30.44	0.75
จากแหลมฉบัง	-	30.35	6.07	-	-	47.16	16.42
จากนิคมอมตะนคร	-	29.17	-	26.80	4.52	-	39.50

การวิเคราะห์ข้อมูล

จากวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมานั้นจะยังเป็นข้อมูลดิบอยู่และยังไม่สามารถที่จะนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองได้เลย เนื่องจากข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลที่มีค่าไม่แน่นอนและเป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบการแจกแจง จำเป็นจะต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านี้เพื่อหารูปแบบการแจกแจงที่ถูกต้อง ก่อนจะนำข้อมูลรูปแบบการแจกที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ในการสร้างแบบจำลอง

ในการสร้างแบบจำลองนั้นมีขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่ง คือ การศึกษาระบบจริง เพื่อให้แบบจำลองที่สร้างขึ้นมามีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ในส่วนของโครงงานนี้ผู้จัดทำได้ศึกษาระบบการจราจรในบริเวณสี่แยกไฟแดงที่ดอนหัวพ่อ โดยการจดบันทึกข้อมูลต่าง ๆ

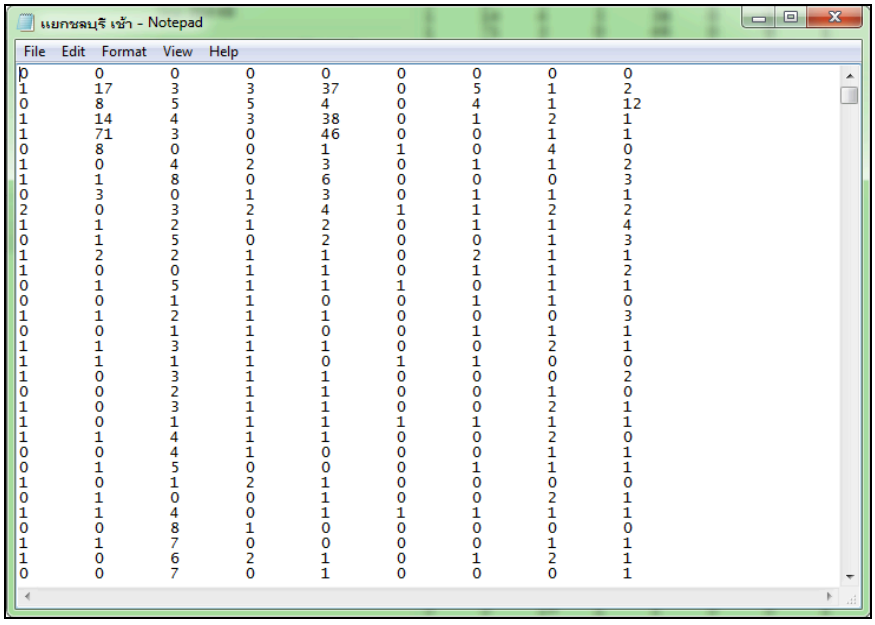
ได้แก่ อัตราการมาถึงของรถแต่ละคัน ประเภทของรถ รูปแบบการเดินรถ ระบบสัญญาณไฟแดง ของแต่ละเส้นทางการเดินรถ ซึ่งมีรายระเอียด ดังนี้

การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้า (Input analyzer)

ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกพฤติกรรมของยานพาหนะดังตารางที่ 4-2 จะเห็นได้ว่ายังเป็นแค่ข้อมูลดิบที่ไม่สามารถเอาไปใช้กับการสร้างแบบจำลองได้ เนื่องจากข้อมูลที่จะใช้ในการสร้างแบบจำลองนั้นต้องเป็นข้อมูลในรูปแบบการแจกแจง จึงต้องผ่านกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาว่าข้อมูลที่ได้มามีการแจกแจงแบบใดและข้อมูลมีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใดอยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้หรือไม่ ซึ่งกระบวนการนี้สามารถใช้โปรแกรม Arena ในการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า (Input analyzer) ในการทดสอบการแจกแจงทางสถิติของข้อมูลดิบชุดนั้น ๆ

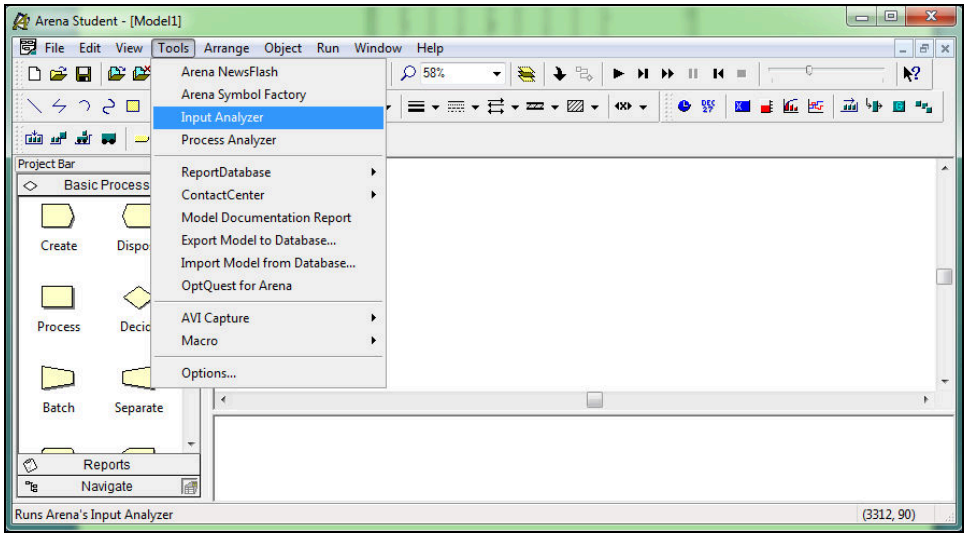
โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าเป็นเครื่องมือมาตรฐานของโปรแกรมอารีนา เครื่องมือนี้สามารถใช้เพื่อทดสอบการแจกแจงทางสถิติของข้อมูลที่ป้อนเข้าไปว่ามีลักษณะการแจกแจงแบบใด โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

1. นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลใส่ลงในไฟล์ Excel หรือ Notepad แล้วทำการบันทึก (Save as) เพื่อเปลี่ยนสกุลของไฟล์ใหม่เป็น “ชื่อแฟ้ม.txt” หรือ “ชื่อแฟ้ม.dst” ดังภาพที่ 4-4



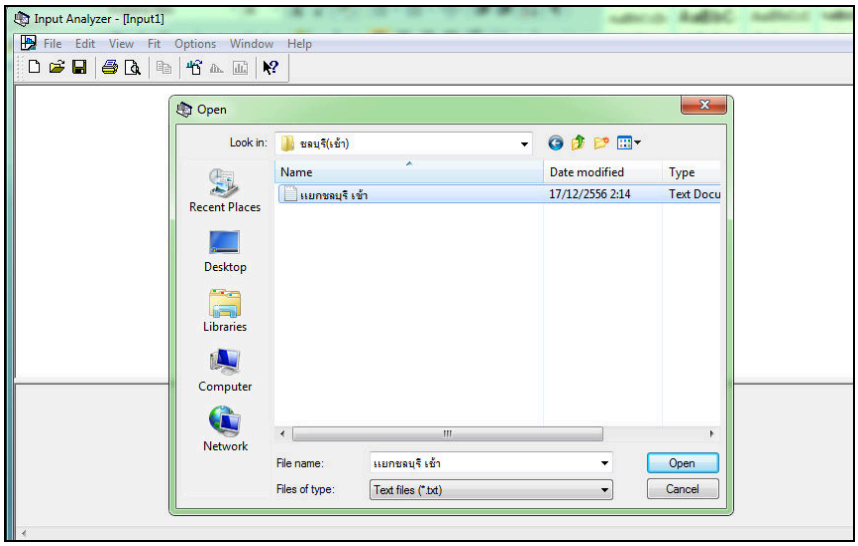
ภาพที่ 4-4 การเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์

2. เรียกใช้เครื่องมือ Input Analyzer โดยการเลือก Tool > Input Analyzer ดังภาพที่ 4-5



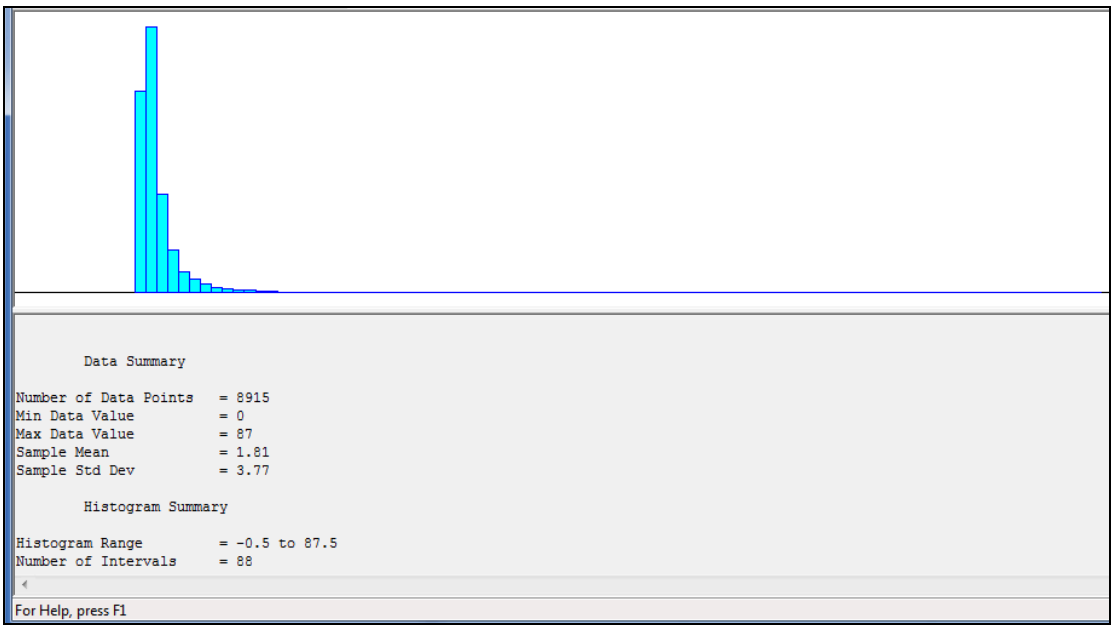
ภาพที่ 4-5 การเรียกใช้เครื่องมือ Input analyzer

3. จากนั้นจะขึ้นหน้าต่าง Input Analyzer ขึ้นมาให้เลือกที่ New แล้วเลือก File > Data File > Use Existing…. เลือกข้อมูลที่ได้ทำการบันทึกไว้เป็นไฟล์ “ชื่อแฟ้ม.txt” แสดงดังภาพที่ 4-6



ภาพที่ 4-6 ขั้นตอนการใช้เครื่องมือ Input analyzer

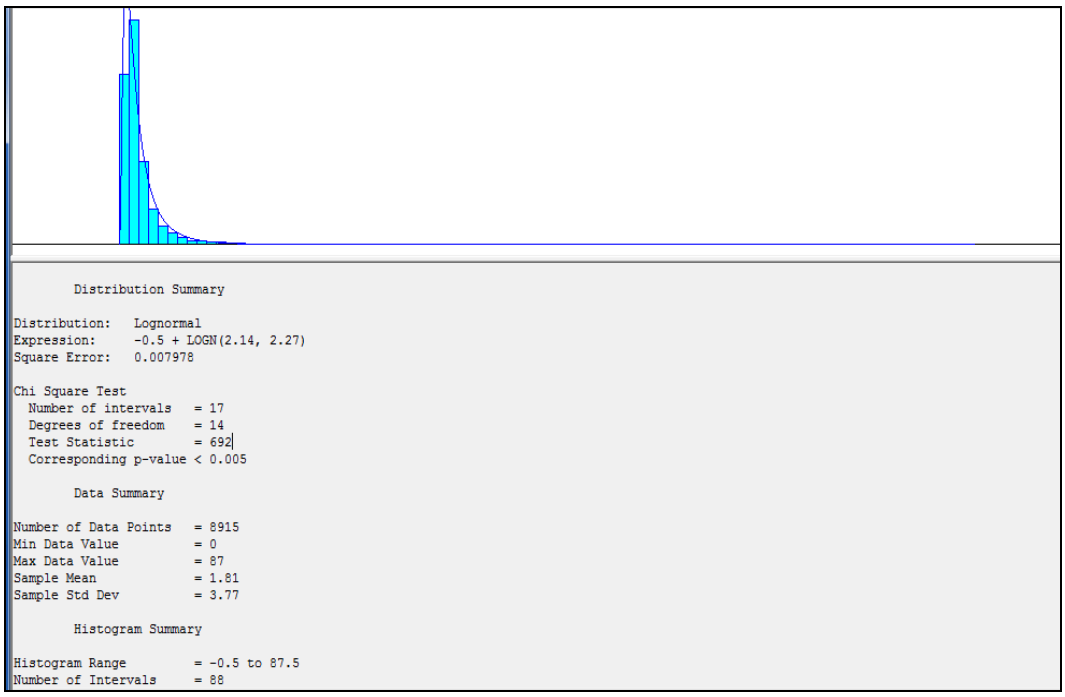
4. หลังจากนั้นเลือกที่ปุ่ม Open โปรแกรมจะแสดงข้อมูลดังภาพที่ 4-7



ภาพที่ 4-7 หน่วยข้อมูลเวลาอัตราการมาของรถ

5. วิเคราะห์ข้อมูลเวลาในการมาของรถ โดยเลือกคำสั่ง Fit > Fit all หรือคลิกที่ปุ่ม โปรแกรมจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลดิบ โดยจะเลือกการแจกแจงซึ่งให้ค่า Sum square-error ที่น้อยที่สุด แสดงดังภาพที่ 4-8 และภาพที่ 4-9

ค่า Sum square-error คือ ค่าผลรวมกำลังสองของค่าความแตกต่างระหว่างค่าการแจกแจงความน่าจะเป็นที่กำหนดค่าการประมาณความน่าจะเป็นที่วัดได้ในแต่ละช่วงจากกราฟแท่งฮิสโทแกรม



```
       Distribution Summary

Distribution:   Lognormal
Expression:     -0.5 + LOGN(2.14, 2.27)
Square Error:   0.007978

Chi Square Test
  Number of intervals   = 17
  Degrees of freedom    = 14
  Test Statistic        = 692
  Corresponding p-value < 0.005

       Data Summary

Number of Data Points   = 8915
Min Data Value          = 0
Max Data Value          = 87
Sample Mean             = 1.81
Sample Std Dev          = 3.77

       Histogram Summary

Histogram Range         = -0.5 to 87.5
Number of Intervals     = 88
```

ภาพที่ 4-8 หน่วยผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้คำสั่ง Fit all

จากการวิเคราะห์ด้วยคำสั่ง Fit all ได้ผลว่า ข้อมูลเวลาในการมาถึงของรถมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Lognormal ซึ่งมีค่า Sum square-error เท่ากับ 0.007978

```
       Distribution Summary

Distribution:   Lognormal
Expression:     -0.5 + LOGN(2.14, 2.27)
Square Error:   0.007978
```

ภาพที่ 4-9 ผลการวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูล

จากวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้น ทำการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าทั้งหมดซึ่งสามารถนำมาสรุปเป็นตารางสรุปข้อมูลการแจกแจงความน่าจะเป็นของช่วงเวลาการมาถึงได้ดังตารางที่ 4-7 และตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-7 การแจกแจงความน่าจะเป็นของช่วงเวลาการมาถึงของรถในแต่ละเส้นทาง ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.

เส้นทางการเดินรถ	การแจกแจงความน่าจะเป็น
จากอำเภอเมืองชลบุรี	-0.5 + LOGN (2.14, 2.27)
จากอำเภอพนัสนิคม	-0.5 + LOGN (2.18, 2.03)
จากแหลมฉบัง	-0.5 + LOGN (4.59, 5.43)
จากนิคมอมตะนคร	-0.5 + LOGN (4.46, 5.17)

ตารางที่ 4-8 การแจกแจงความน่าจะเป็นของช่วงเวลาการมาถึงของรถในแต่ละเส้นทาง ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

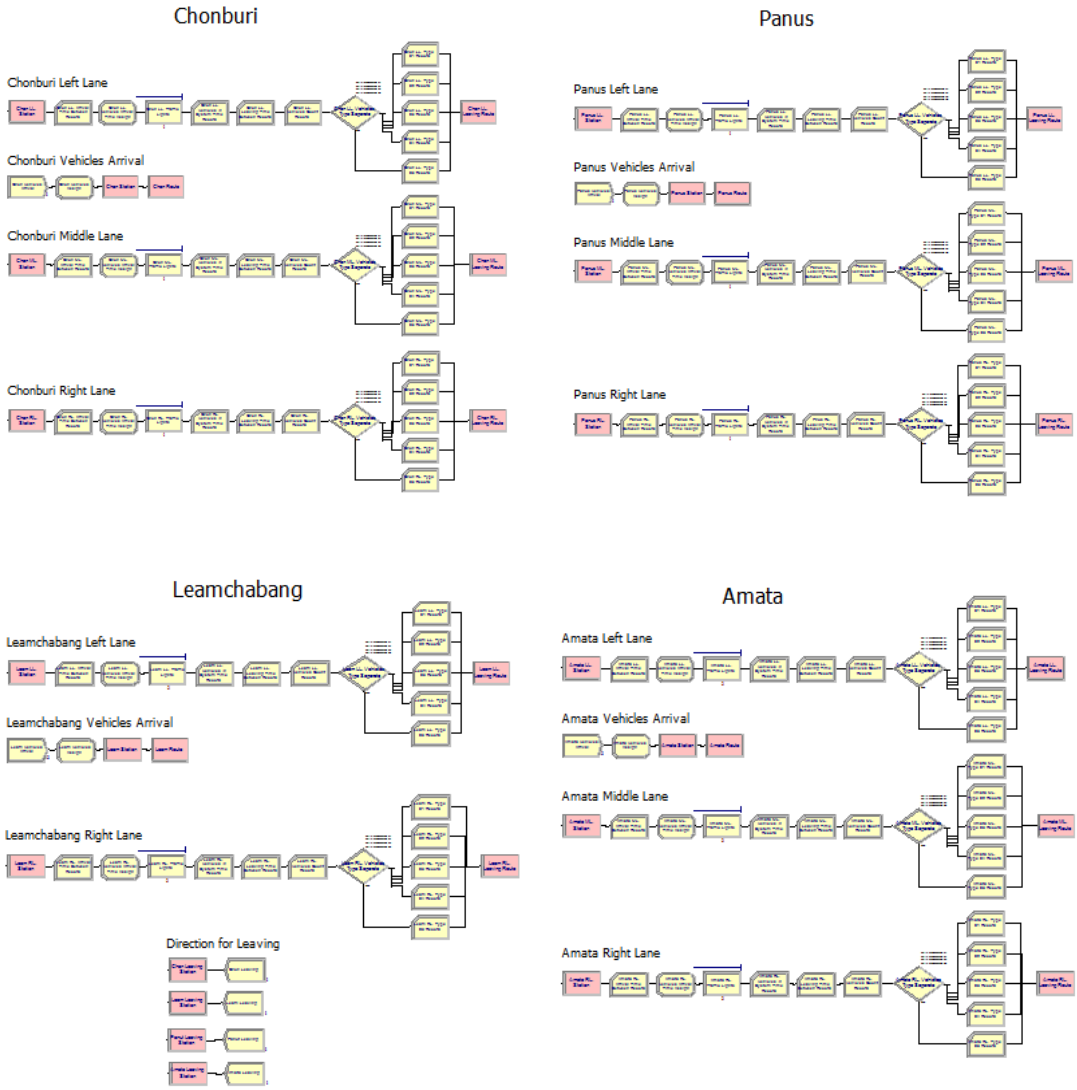
เส้นทางการเดินรถ	การแจกแจงความน่าจะเป็น
จากอำเภอเมืองชลบุรี	-0.5 + LOGN (2.47, 2.81)
จากอำเภอพนัสนิคม	-0.5 + LOGN (2.39, 2.31)
จากแหลมฉบัง	-0.5 + LOGN (10.2, 15.8)
จากนิคมอมตะนคร	-0.5 + LOGN (3.25, 3.69)

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์

ในการสร้างแบบจำลองการจราจรบริเวณสี่แยกไฟแดงที่ดอนหัวพ่อ ผู้จัดทำได้ศึกษาสภาพจริงและเก็บข้อมูลเบื้องต้น เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบและสร้างแบบจำลองนี้ จึงทราบได้ว่าที่แยกไฟแดงนี้ประกอบด้วยเส้นทาง 4 เส้นทาง ได้แก่ เส้นทางจากอำเภอเมืองชลบุรี เส้นทางจากอำเภอพนัสนิคม เส้นทางจากแหลมฉบัง และเส้นทางจากนิคมอมตะนคร ในการออกแบบการสร้างแบบจำลองจะแบ่งกลุ่มโมดูลออกเป็น 5 กลุ่มโมดูล ดังนี้

1. กลุ่มโมดูลเส้นทางจากชลบุรี
2. กลุ่มโมดูลเส้นทางจากนิคมอมตะนคร
3. กลุ่มโมดูลเส้นทางจากพนัสนิคม
4. กลุ่มโมดูลเส้นทางจากแหลมฉบัง
5. กลุ่มโมดูลทางออก

รูปแบบการวางผังโครงสร้างโมดูลในการสร้างแบบจำลองการจราจรบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อที่สร้างด้วยโปรแกรมอารีนา แสดงดังภาพที่ 4-10



ภาพที่ 4-10 แบบจำลองการจราจรบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อในส่วน Flowchart view

การเตรียมข้อมูลในการสร้างแบบจำลอง

1. โมดูลเส้นทางจากชลบุรี

การสร้างโมดูลแบบจำลองของเส้นทางจากอำเภอเมืองชลบุรี จำเป็นต้องมีข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์เพื่อป้อนให้กับโมดูลต่าง ๆ โดยตารางที่ 4-9 ถึงตารางที่ 4-12 เป็นข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองของเส้นทางจากอำเภอเมืองชลบุรี

ตารางที่ 4-9 สัดส่วนการมาของรถแต่ละประเภทของเส้นทางจากชลบุรี (%)

ประเภทรถ / ช่วงเวลา	รถสองล้อและสามล้อ	รถสี่ล้อ	รถหกล้อ	รถสิบล้อ	รถมากกว่าสิบล้อ
06.00-08.00 น.	28.02	65.83	2.51	3.10	0.54
16.00-18.00 น.	18.23	74.95	2.43	2.41	1.98

ตารางที่ 4-10 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาการมาถึงของรถเส้นทางจากชลบุรี

ช่วงเวลา / เส้นทาง	เวลา 06.00-08.00 น.	เวลา 16.00-18.00 น.
จากชลบุรี	-0.5 + LOGN (2.14, 2.27)	-0.5 + LOGN (2.47, 2.81)

ตารางที่ 4-11 สัดส่วนทิศทางการเดินรถของเส้นทางจากชลบุรี (%)

ทิศทางเดินรถ	ช่องทางเดินรถ						
	ขวา			กลาง		ซ้าย	
ช่วงทาง	กลับรถ	เลี้ยวขวา	ตรง	เลี้ยวขวา	ตรง	ตรง	เลี้ยวซ้าย
06.00-08.00 น.	1.25	7.11	16.97	-	35.97	-	38.70
16.00-18.00 น.	1.59	5.50	21.34	-	33.74	-	37.83

ตารางที่ 4-12 เวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียวของเส้นทางจากชลบุรี (วินาที)

ช่วงเวลา / เส้นทาง	เวลา 06.00-08.00 น. (วินาที)	เวลา 16.00-18.00 น. (วินาที)
จากชลบุรี	80	80

จากตารางที่ 4-9 ถึงตารางที่ 4-12 เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ต้องใช้ในการสร้างแบบจำลองเส้นทางจากอำเภอเมืองชลบุรี ประกอบไปด้วย สัดส่วนของรถแต่ละประเภท การแจกแจงเวลาการมาถึงของรถ สัดส่วนทิศทางการเดินรถ และเวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียว

2. โมดูลเส้นทางจากอำเภอพนัสนิคม

การสร้างโมดูลแบบจำลองของเส้นทางจากอำเภอพนัสนิคม จำเป็นต้องมีข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์เพื่อป้อนให้กับโมดูลต่าง ๆ โดยตารางที่ 4-13 ถึงตารางที่ 4-16 เป็นข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองของเส้นทางจากอำเภอพนัสนิคม

ตารางที่ 4-13 สัดส่วนการมาของรถแต่ละประเภทของเส้นทางจากพนัสนิคม (%)

ประเภทรถ / ช่วงเวลา	รถสองล้อและสามล้อ	รถสี่ล้อ	รถหกล้อ	รถสิบล้อ	รถมากกว่าสิบล้อ
06.00-08.00 น.	26.10	67.20	0.99	5.13	0.58
16.00-18.00 น.	12.29	74.85	2.05	8.08	2.72

ตารางที่ 4-14 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาการมาถึงของรถเส้นทางจากพนัสนิคม

ช่วงเวลา / เส้นทาง	เวลา 06.00-08.00 น.	เวลา 16.00-18.00 น.
จากพนัสนิคม	-0.5 + LOGN (2.18, 2.03)	-0.5 + LOGN (2.39, 2.31)

ตารางที่ 4-15 สัดส่วนทิศทางการเดินรถของเส้นทางจากพนัสนิคม (%)

ทิศทางเดินรถ	ช่องทางเดินรถ						
	ขวา			กลาง		ซ้าย	
ช่วงทาง	กลับรถ	เลี้ยวขวา	ตรง	เลี้ยวขวา	ตรง	ตรง	เลี้ยวซ้าย
06.00-08.00 น.	0.43	27.02	-	19.99	15.24	36.34	0.99
16.00-18.00 น.	0.66	24.61	-	19.11	24.42	30.44	0.75

ตารางที่ 4-16 เวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียวของเส้นทางจากพนัสนิคม

ช่วงเวลา / เส้นทาง	เวลา 06.00-08.00 น. (วินาที)	เวลา 16.00-18.00 น. (วินาที)
จากพนัสนิคม	120	120

จากตารางที่ 4-13 ถึงตารางที่ 4-16 เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ต้องใช้ในการสร้างแบบจำลองเส้นทางจากอำเภอพนัสนิคมประกอบไปด้วย สัดส่วนของรถแต่ละประเภท การแจกแจงเวลาการมาถึงของรถ สัดส่วนทิศทางการเดินรถ และเวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียว

3. โมดูลเส้นทางจากอำเภอแหลมฉบัง

การสร้างโมดูลแบบจำลองของเส้นทางจากอำเภอแหลมบัง จำเป็นต้องมีข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์เพื่อป้อนให้กับโมดูลต่าง ๆ โดยตารางที่ 4-17 ถึงตารางที่ 4-20 เป็นข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองของเส้นทางจากอำเภอแหลมบัง

ตารางที่ 4-17 สัดส่วนการมาของรถแต่ละประเภทของเส้นทางจากแหลมฉบัง (%)

ประเภทรถ / ช่วงเวลา	รถสองล้อและสามล้อ	รถสี่ล้อ	รถหกล้อ	รถสิบล้อ	รถมากกว่าสิบล้อ
06.00-08.00 น.	43.85	52.54	1.94	1.64	0.03
16.00-18.00 น.	30.73	61.66	1.85	5.62	0.13

ตารางที่ 4-18 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาการมาถึงของรถเส้นทางจากแหลมฉบัง

ช่วงเวลา / เส้นทาง	เวลา 06.00-08.00 น.	เวลา 16.00-18.00 น.
จากแหลมฉบัง	-0.5 + LOGN (4.59, 5.43)	-0.5 + LOGN (10.2, 15.8)

ตารางที่ 4-19 สัดส่วนทิศทางการเดินรถของเส้นทางจากแหลมฉบัง (%)

ทิศทางเดินรถ	ช่องทางเดินรถ						
	ขวา			กลาง		ซ้าย	
ช่วงทาง	กลับรถ	เลี้ยวขวา	ตรง	เลี้ยวขวา	ตรง	ตรง	เลี้ยวซ้าย
06.00-08.00 น.	-	31.25	6.11	-	-	47.31	15.33
16.00-18.00 น.	-	30.35	6.07	-	-	47.16	16.42

ตารางที่ 4-20 เวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียวของเส้นทางจากแหลมฉบัง

ช่วงเวลา / เส้นทาง	เวลา 06.00-08.00 น. (วินาที)	เวลา 16.00-18.00 น. (วินาที)
จากแหลมฉบัง	20	20

จากตารางที่ 4-17 ถึงตารางที่ 4-20 เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ต้องใช้การสร้างแบบจำลองเส้นทางจากอำเภอแหลมฉบังประกอบไปด้วย สัดส่วนของรถแต่ละประเภท การแจกแจงเวลาการมาถึงของรถ สัดส่วนทิศทางการเดินรถ และเวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียว

4. โมดูลเส้นทางจากนิคมอมตะนคร

การสร้างโมดูลแบบจำลองของเส้นทางจากนิคมอมตะนคร จำเป็นต้องมีข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์เพื่อป้อนให้กับโมดูลต่าง ๆ โดยตารางที่ 4-21 ถึงตารางที่ 4-24 เป็นข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองของเส้นทางจากนิคมอมตะนคร

ตารางที่ 4-21 สัดส่วนการมาของรถแต่ละประเภทของเส้นทางจากอมตะนคร (%)

ประเภทรถ / ช่วงเวลา	รถสองล้อและสามล้อ	รถสี่ล้อ	รถหกล้อ	รถสิบล้อ	รถมากกว่าสิบล้อ
06.00-08.00 น.	23.38	70.03	0.97	3.51	2.11
16.00-18.00 น.	20.86	40.47	1.30	4.40	2.97

ตารางที่ 4-22 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาการมาถึงของรถเส้นทางจากอมตะนคร

ช่วงเวลา / เส้นทาง	เวลา 06.00-08.00 น.	เวลา 16.00-18.00 น.
จากอมตะนคร	-0.5 + LOGN (4.46, 5.17)	-0.5 + LOGN (3.25, 3.69)

ตารางที่ 4-23 สัดส่วนทิศทางการเดินรถของเส้นทางจากอมตะนคร (%)

ทิศทางเดินรถ	ช่องทางเดินรถ						
	ขวา			กลาง		ซ้าย	
ช่วงทาง	กลับรถ	เลี้ยวขวา	ตรง	เลี้ยวขวา	ตรง	ตรง	เลี้ยวซ้าย
06.00-08.00 น.	-	23.03	-	25.02	5.22	-	46.73
16.00-18.00 น.	-	29.17	-	26.80	4.52	-	39.50

ตารางที่ 4-24 เวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียวของเส้นทางจากอมตะนคร

ช่วงเวลา / เส้นทาง	เวลา 06.00-08.00 น. (วินาที)	เวลา 16.00-18.00 น. (วินาที)
จากอมตะนคร	50	60

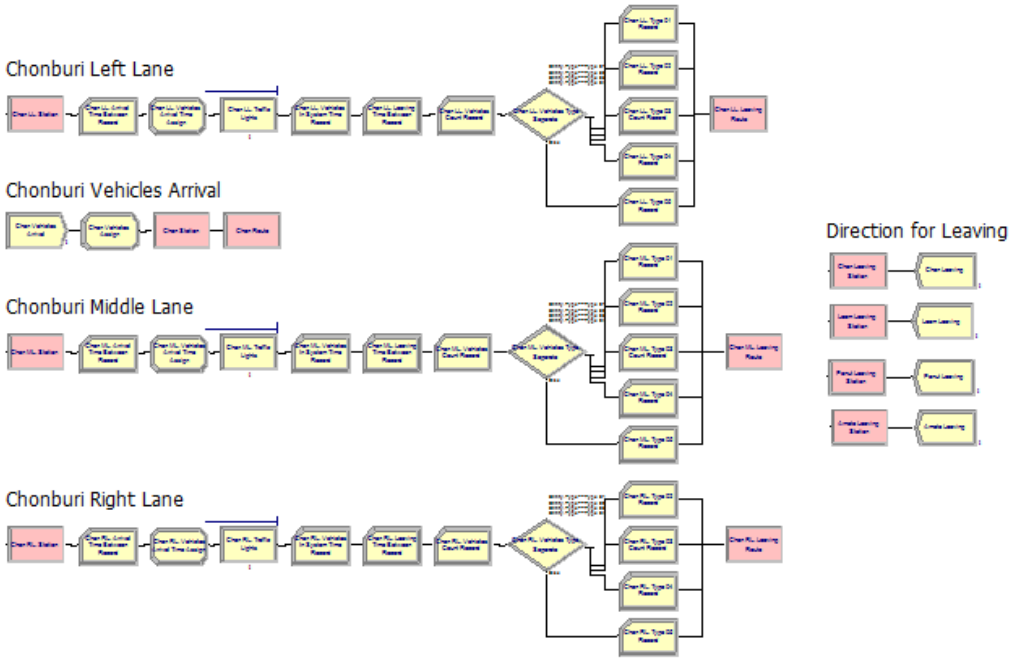
จากตารางที่ 4-21 ถึงตารางที่ 4-24 เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ต้องใช้การสร้างแบบจำลองเส้นทางจากนิคมอมตะนครประกอบไปด้วย สัดส่วนของรถแต่ละประเภท การแจกแจงเวลาการมาถึงของรถ สัดส่วนทิศทางการเดินรถ และเวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียว

5. โมดูลทางออก

มีเส้นทางออกทั้งหมด 4 เส้นทาง ได้แก่ ทางออกมุ่งหน้าไปอำเภอเมืองชลบุรี ทางออกมุ่งหน้าไปนิคมอมตะนคร ทางออกมุ่งหน้าไปอำเภอพนัสนิคม และทางออกมุ่งหน้าไปอำเภอแหลมฉบัง

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง

ในการอธิบายขั้นตอนการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมอารีน่า ผู้จัดทำจะนำเสนอขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองโดยการยกตัวอย่างขั้นตอนการสร้างเพียงเส้นทางเดียว เนื่องจากขั้นตอนการสร้างแบบจำลองของและเส้นทางจะมีหลักการและโครงสร้างโมดูลที่คล้ายคลึงกัน ต่างกันเพียงแค่ข้อมูลที่ป้อนให้กับโมดูลแต่ละโมดูลเท่านั้น การป้อนข้อมูลของทุกเส้นทางและทุกโมดูลผู้จัดทำจะนำเสนอในรูปแบบตาราง ในที่นี้ผู้จัดทำจะยกตัวอย่างขั้นตอนการแบบจำลองเส้นทางจากชลบุรี ดังภาพที่ 4-11 ในการแสดงภาพแบบจำลองสี่แยกชลบุรี

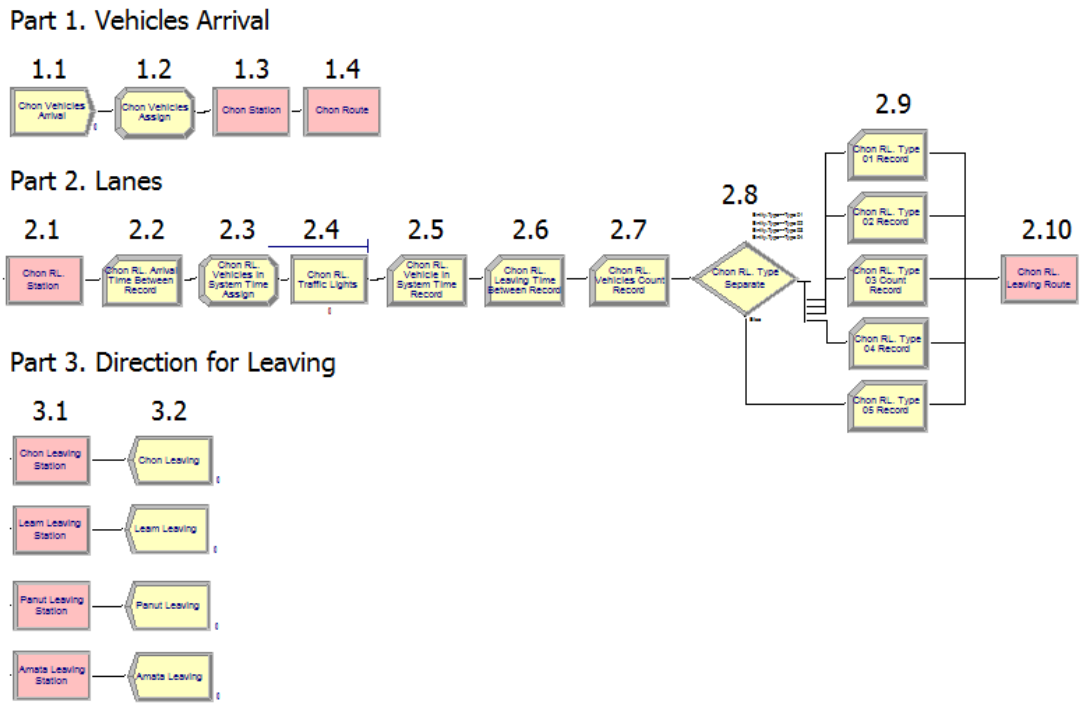


ภาพที่ 4-11 แบบจำลองสถานการณ์เส้นทางชลบุรีในส่วน Flowchart view

ขั้นตอนในการสร้างแบบจำลอง เพื่อให้ง่ายต่อการนำเสนอรายระเอียดต่าง ๆ ผู้จัดทำจะแบ่งขั้นตอนออกเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่

1. ขั้นตอนการสร้างการเข้ามาในระบบของยานพาหนะ
2. ขั้นตอนการสร้างช่องทางการเดินรถของยานพาหนะ
3. ขั้นตอนการสร้างทิศทางการออกจากระบบของยานพาหนะ

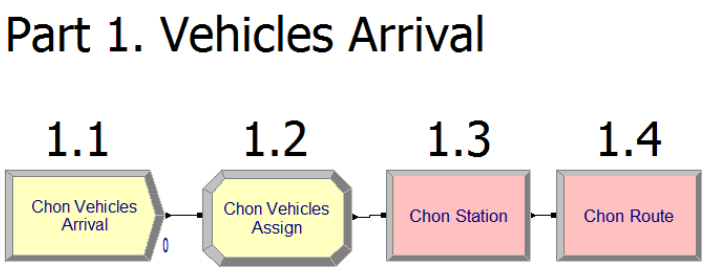
ขั้นตอนหลักในแต่ละขั้นตอนจะมีขั้นตอนย่อยดังภาพที่ 4-12 ซึ่งในแต่ละขั้นตอนจะกล่าวถึงในลำดับต่อไป



ภาพที่ 4-12 ขั้นตอนในการสร้างแบบจำลอง

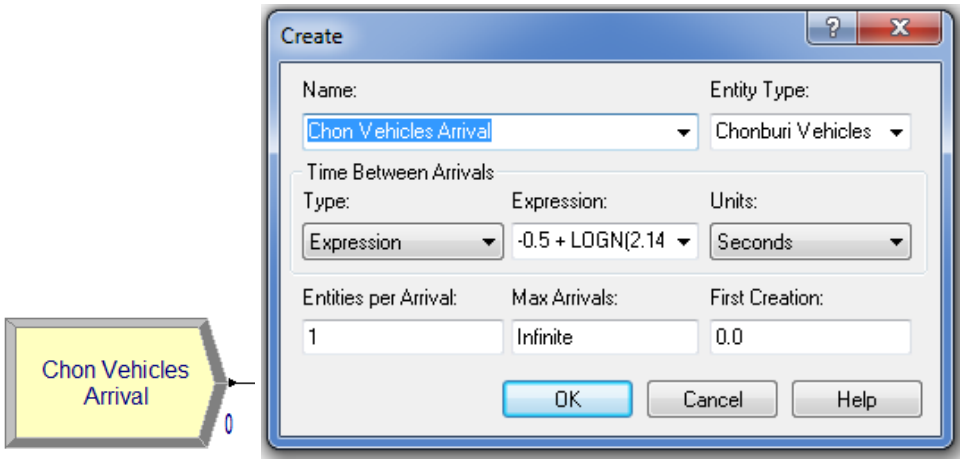
ขั้นตอนการสร้างการเข้ามาในระบบของยานพาหนะ

ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรกในการสร้างแบบจำลอง นั่นคือ ขั้นตอนการสร้างวัตถุที่เราสนใจ (Entity) เพื่อให้เข้ามาในระบบและทำการกำหนดคุณสมบัติต่าง ๆ ตามข้อมูลที่เราเก็บรวบ รวมมาได้ เพื่อให้แบบจำลองของเรามีลักษณะการทำงานใกล้เคียงระบบจริงมากที่สุด โดยส่วนของโครงสร้างโมดูลในกลุ่มนี้จะประกอบด้วย 4 โมดูลตามภาพที่ 4-13 และรายละเอียดต่าง ๆ ในการสร้างแต่ละโมดูลได้อธิบายไว้ตามด้านล่างนี้



ภาพที่ 4-13 ผังโมดูลในการสร้างการเข้ามาในระบบของยานพาหนะ

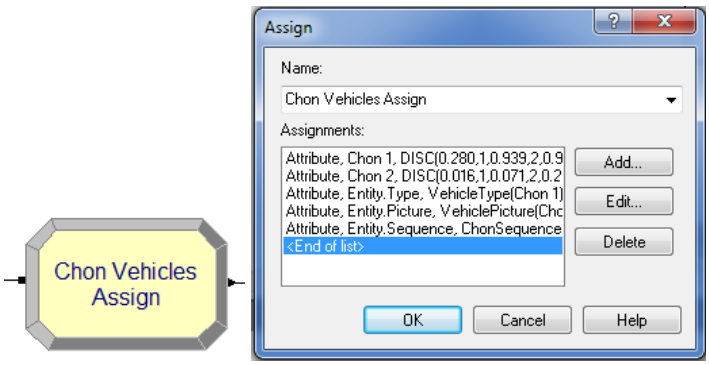
1. สร้างครีเอตโมดูล (Create module) ตั้งชื่อโมดูลว่า “Chonburi vehicles arrival” เพื่อสร้างวัตถุที่เราสนใจชื่อว่า “Chonburi vehicles” วัตถุนี้จะเข้ามาในระบบด้วยช่วงเวลาการมาถึงของยานพาหนะเป็นแบบสูตร (Expression) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ Input analyzer มีรูปแบบการแจกแจงแบบ Lognormal หน่วยเป็น วินาที จำนวนที่เข้ามาในระบบเป็นการเข้ามาทีละ 1 คัน โดยไม่จำกัดจำนวนของรถ ตัวอย่างหน้าต่างของครีเอตโมดูลและการกำหนดค่าแสดงดังภาพที่ 4-14



ภาพที่ 4-14 ตัวอย่างหน้าต่างของครีเอตโมดูลและการใส่ข้อมูล

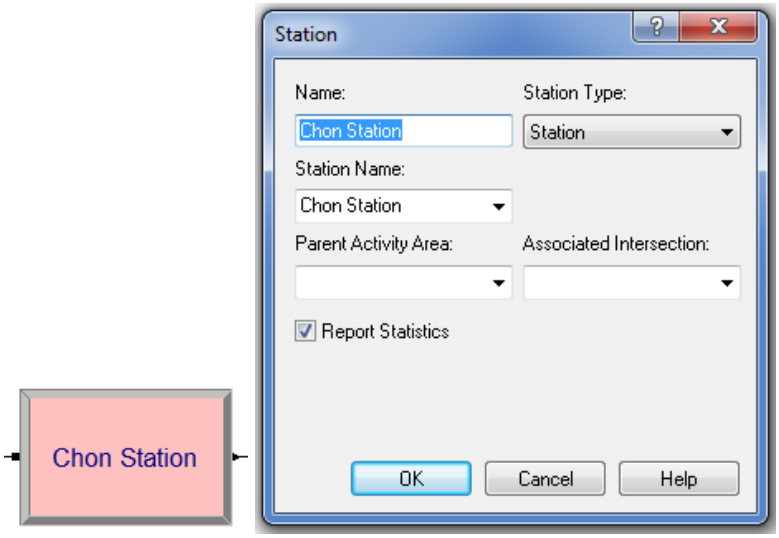
ส่วนรายละเอียดทั้งหมดที่ใช้ในการสร้างครีเอตโมดูลของแต่ละเส้นทางในช่วงเวลา 06.00-8.00 น. และช่วงเวลา 16.00-18.00 น. แสดงดังตารางภาคผนวก ก-1

2. สร้างแอสไซน์โมดูล (Assign module) ตั้งชื่อโมดูลว่า “Chon vehicles assign” เพื่อกำหนดคุณสมบัติของภาพและการแจกแจงสัดส่วนของประเภทของวัตถุ (Entity) ที่เข้ามาในระบบ มีการสร้างคุณสมบัติ (Attribute) ให้กับวัตถุ 4 คุณสมบัติ คือ คุณสมบัติที่ 1 ตั้งชื่อว่า “Chon 1” เพื่อแบ่งสัดส่วนประเภทของยานพาหนะ คุณสมบัติที่ 2 ตั้งชื่อว่า “Chon 2” เพื่อแบ่งสัดส่วนทิศทางการเดินรถของยานพาหนะ คุณสมบัติที่ 3 เป็นการกำหนดประเภทของยานพาหนะตามสัดส่วนของคุณสมบัติที่ 1 คุณสมบัติที่ 4 เป็นการกำหนดคุณสมบัติของรูปภาพให้กับยานพาหนะแต่ละ ประเภทตามสัดส่วนของคุณสมบัติที่ 1 คุณสมบัติที่ 5 เป็นการกำหนดทิศทางการเดินรถของยานพาหนะตามสัดส่วนของคุณสมบัติที่ 2 ตัวอย่างหน้าต่างแอสไซน์โมดูลและการใส่ข้อมูล แสดงดังภาพที่ 4-15 ส่วนรายละเอียดทั้งหมดในการใส่ข้อมูลในแอสไซน์โมดูลของแต่ละเส้นทาง ในช่วงเวลา 06.00-8.00 น. และช่วงเวลา 16.00-18.00 น. แสดงดังตารางภาคผนวก ก-2



ภาพที่ 4-15 ตัวอย่างหน้าต่างแอสไซน์โมดูลและการใส่ข้อมูล

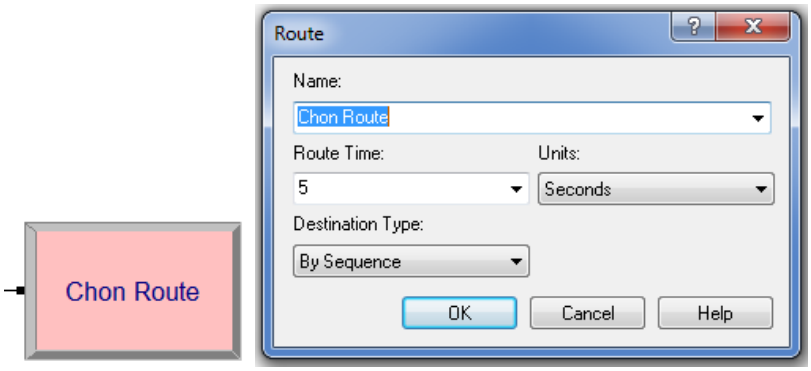
3. สร้างสเตชั่นโมดูล (Station module) ตั้งชื่อโมดูลว่า “Chon station” ซึ่งชื่อนี้จะปรากฏเป็นชื่อบนโมดูล เลือกประเภทของสถานีเป็นแบบระบุชื่อสถานี (Station) ตั้งชื่อให้สถานีเพื่อระบุชื่อสถานีที่ยานพาหนะมาถึงเป็นชื่อ “Chon station” เมื่อสร้างโมดูลนี้ขึ้นลักษณะตำแหน่งทางกายภาพเกี่ยวกับที่ตั้งของสถานีจะสามารถกำหนดได้โดยใช้ Station animation ซึ่งจะอยู่ในขั้นตอนการสร้างภาพเคลื่อนไหว ตัวอย่างหน้าต่างสเตชั่นโมดูลและการใส่ข้อมูลแสดงดังภาพที่ 4-16 และรายละเอียดการใส่ข้อมูลในสเตชั่นโมดูลของแต่ละเส้นทางแสดงดังตารางภาคผนวก ก-3



ภาพที่ 4-16 ตัวอย่างหน้าต่างสเตชั่นโมดูลและการใส่ข้อมูล

4. สร้างรูทโมดูล (Route module) ตั้งชื่อโมดูลนี้ว่า “Chon route” เพื่อทำหน้าที่ขนย้ายวัตถุที่เข้ามาในระบบที่ชื่อว่า “Chonburi vehicles” ไปยังสถานีปลายทางด้วยเวลาในการขนย้าย

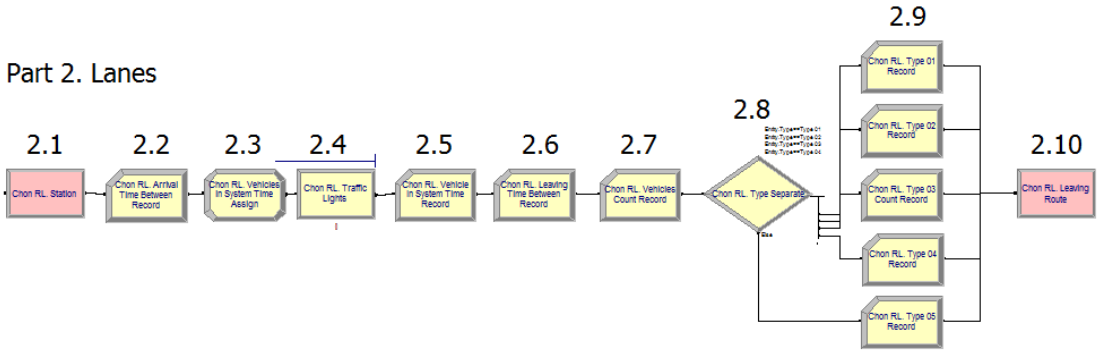
5 วินาที เลือกรูปแบบการขนย้ายเป็นแบบประเภทระบุสถานีปลายทางตามลำดับใน Sequence spreadsheet module 11 แสดงตัวอย่างหน้าต่างรูทโมดูลและการใส่ข้อมูลดังภาพที่ 4-17 และรายละเอียดการใส่ข้อมูลในรูทโมดูลของแต่ละเส้นทางแสดงดังตารางภาคผนวก ก-4



ภาพที่ 4-17 ตัวอย่างหน้าต่างรูทโมดูลและการใส่ข้อมูล

ขั้นตอนการสร้างช่องทางการเดินรถของยานพาหนะ

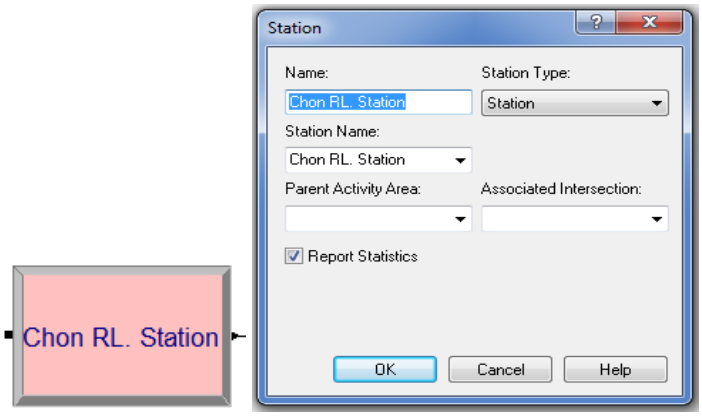
ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สองในการสร้างแบบจำลอง นั่นคือ ขั้นตอนการสร้างช่องทางการเดินรถ โดยส่วนของโครงสร้างโมดูลในกลุ่มนี้จะประกอบด้วย 14 โมดูล ตามภาพที่ 4-18 และรายละเอียดต่าง ๆ ในการสร้างแต่ละโมดูลได้อธิบายไว้ตามด้านล่าง



ภาพที่ 4-18 ผังโมดูลการสร้างช่องทางการเดินรถของยานพาหนะ

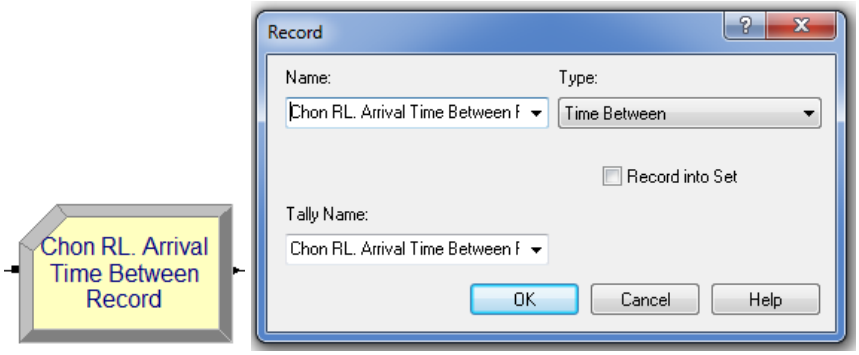
1. สร้างสเตชั่นโมดูล (Station module) ตั้งชื่อโมดูลว่า “Chon RL. Station” ซึ่งชื่อนี้จะปรากฏเป็นชื่อบนโมดูล เลือกประเภทของสถานีเป็นแบบระบุชื่อสถานี (Station) ตั้งชื่อให้สถานีเพื่อระบุชื่อสถานีที่ยานพาหนะมาถึงเป็นชื่อ “Chon RL. Station” เมื่อสร้างโมดูลนี้ขึ้นลักษณะ

ตำแหน่งทางกายภาพเกี่ยวกับที่ตั้งของสถานีจะสามารถกำหนดได้โดยใช้ Station animation ซึ่งจะอยู่ในขั้นตอนการสร้างภาพเคลื่อนไหว ตัวอย่างหน้าต่างสเตชั่นโมดูลและการใส่ข้อมูลแสดงดังภาพที่ 4-19 และรายละเอียดการใส่ข้อมูลในสเตชั่นโมดูลแต่ละเส้นทางแสดงดังตารางภาคผนวก ก-5



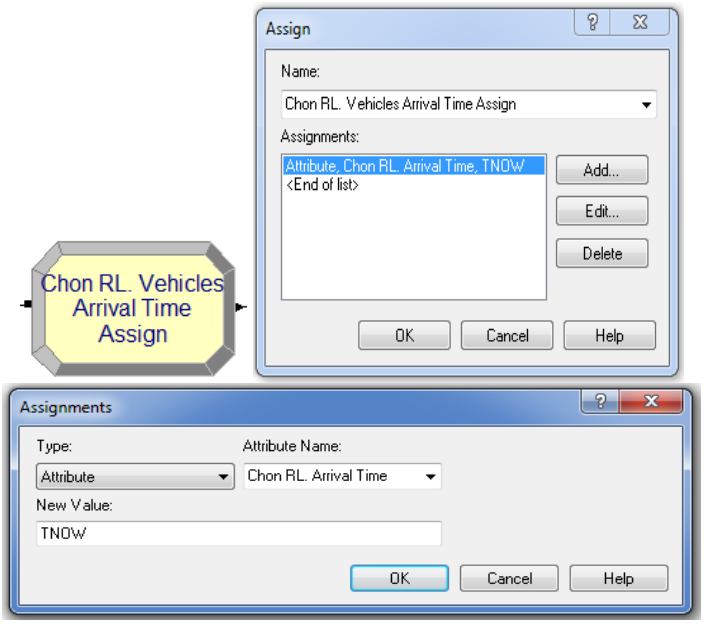
ภาพที่ 4-19 ตัวอย่างหน้าต่างสเตชั่นโมดูลและการใส่ข้อมูล

2. สร้างเรคคอร์ดโมดูล (Record module) ชื่อ “Chon RL. Arrival Time Between Record” ทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลทางสถิติในแบบจำลองประเภทสถิติที่ต้องการบันทึกเป็นแบบ Time Between เพื่อบันทึกระยะห่างของเวลาระหว่างรถแต่ละคันที่เข้ามา ตั้งชื่อที่ใช้บันทึกผลชื่อ “Chon RL. Arrival Time Between Record” ตัวอย่างหน้าต่างเรคคอร์ดโมดูลและการใส่ข้อมูลแสดงดังภาพที่ 4-20 และรายละเอียดการใส่ข้อมูลในเรคคอร์ดโมดูลของแต่ละเส้นทางแสดงดังตารางภาคผนวก ก-6



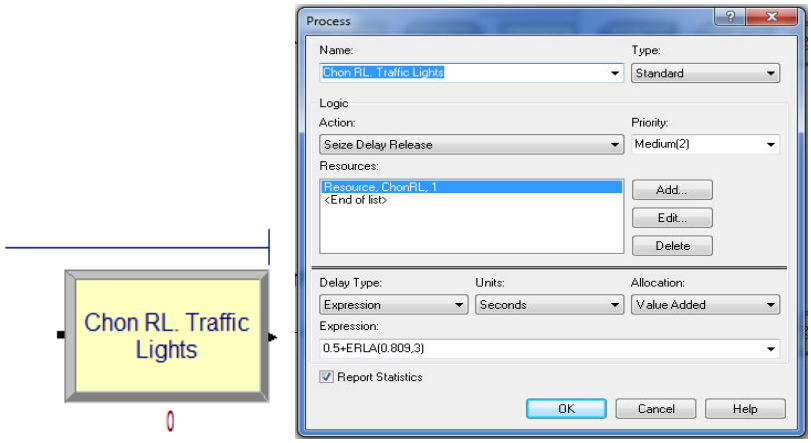
ภาพที่ 4-20 ตัวอย่างหน้าต่างเรคคอร์ดโมดูลและการใส่ข้อมูล

3. สร้างแอสไซน์โมดูล ชื่อ “Chon RL. Vehicles Arrival Time Assign” เพื่อกำหนดคุณสมบัติให้กับยานพาหนะบันทึกค่าเวลาเริ่มต้นเมื่อรถเริ่มเข้ามาในช่องทางเดินรถ โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติให้กับรถ 1 คุณสมบัติชื่อ “Chon RL. Arrival Time” ให้ค่า TNOW ใช้เก็บเวลาปัจจุบันขณะที่รถเข้าสู่โมดูลนี้เพื่อใช้ในการคำนวณเวลาอยู่ในระบบของรถแต่ละคัน ในเรคคอรอดโมดูล ชื่อ “Chon RL. Vehicles in System Time Record” ตัวอย่างหน้าต่างแอสไซน์โมดูลและการใส่ข้อมูลแสดงดังภาพที่ 4-21 และรายละเอียดการใส่ข้อมูลในแอสไซน์โมดูลของแต่ละเส้นทางแสดงดังตารางภาคผนวก ก-7



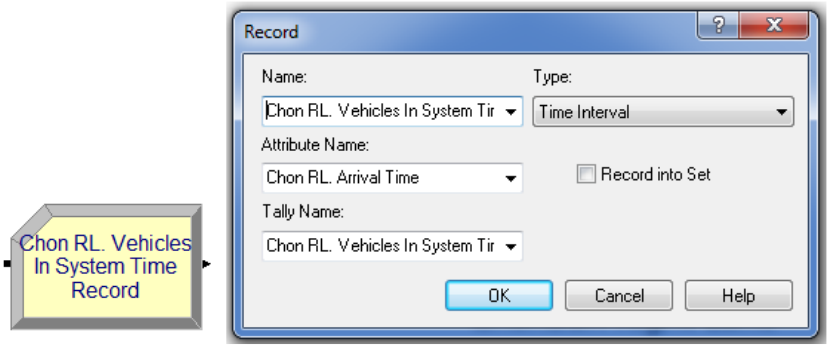
ภาพที่ 4-21 ตัวอย่างหน้าต่างแอสไซน์โมดูลและการใส่ข้อมูล

4. สร้างโพรเซสโมดูล (Process module) ชื่อ Chon RL. Traffic Lights เป็นโมดูลที่นำมาประยุกต์ใช้แทนเวลาการทำงานของสัญญาณไฟจราจร ด้วยการใส่ Resource module และ Schedule module แทนเวลาการทำงานของไฟจราจรแต่ละแยกโดยให้ Resource module เป็นสิ่งที่จะกำหนดการเคลื่อนตัวของรถ (ไฟเขียว-ไฟแดง) และให้เวลาการทำงานของ Resource module เป็นช่วงระยะเวลาการเคลื่อนตัวของรถแต่ละคัน ตัวอย่างหน้าต่างโพรเซสโมดูลและการใส่ข้อมูลแสดงดังภาพที่ 4-22 และรายละเอียดการใส่ข้อมูลในโพรเซสโมดูลของแต่ละเส้นทางแสดงดังตารางภาคผนวก ก-8



ภาพที่ 4-22 ตัวอย่างหน้าต่างโพรเซสโมดูลและการใส่ข้อมูล

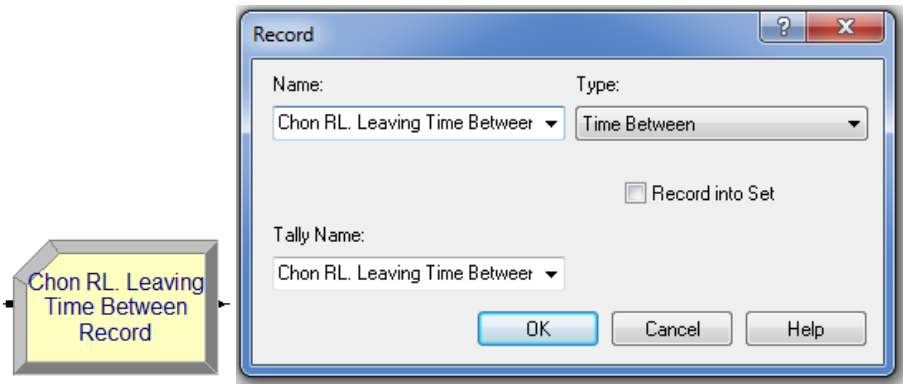
5. สร้างเรคคอร์ดโมดูล ชื่อ “Chon RL. Vehicles in System Time Record” เมื่อมียานพาหนะเคลื่อนผ่านโมดูลนี้จะมีการบันทึกข้อมูลประเภท Time interval เพื่อคำนวณระยะเวลาจากแอสไซน์โมดูลที่มีการกำหนดคุณสมบัติเวลาตั้งต้น TNOW ชื่อคุณสมบัติ “Chon RL. Arrival Time” ตัวอย่างหน้าต่างเรคคอร์ดโมดูลและการใส่ข้อมูลแสดงดังภาพที่ 4-23 และรายละเอียดการใส่ข้อมูลในเรคคอร์ดโมดูลของแต่ละเส้นทางแสดงดังตารางภาคผนวก ก-9



ภาพที่ 4-23 ตัวอย่างหน้าต่างเรคคอร์ดโมดูลและการใส่ข้อมูล

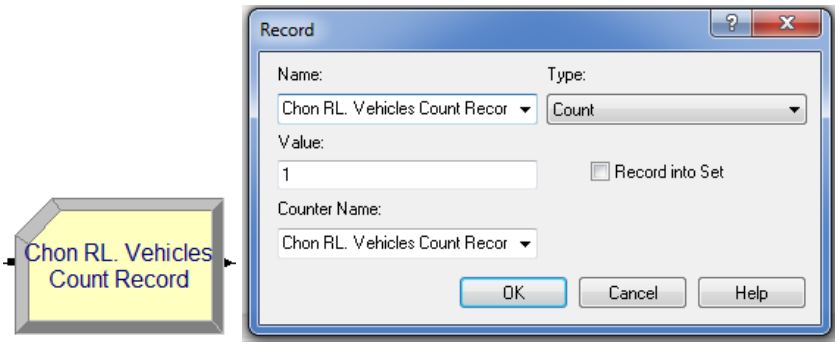
6. สร้างเรคคอร์ดโมดูล ชื่อ “Chon RL. Leaving Time Between Record” เพื่อทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลทางสถิติในแบบจำลอง กำหนดประเภทของสถิติที่ต้องการบันทึกเป็นแบบ Time Between เพื่อบันทึกระยะเวลาห่างในการออกจากระบบของรถแต่ละคัน โดยชื่อที่ใช้บันทึกผลลัพธ์ทางสถิติ (Tally name) คือ “Chon RL. Leaving Time Between Record” ตัวอย่างหน้าต่างเรคคอร์ด

โมดูลและการใส่ข้อมูลแสดงดังภาพที่ 4-24 และรายละเอียดการใส่ข้อมูลในเรคคอร์ดโมดูลของแต่ละเส้นทางแสดงดังตารางภาคผนวก ก-10



ภาพที่ 4-24 ตัวอย่างหน้าต่างเรคคอร์ดโมดูลและการใส่ข้อมูล

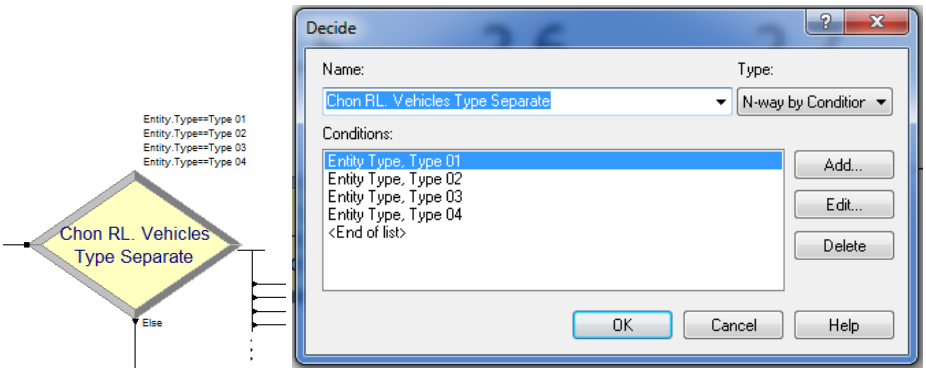
7. สร้างเรคคอร์ดโมดูล ชื่อ “Chon RL. Vehicles Count Record” เพื่อทำหน้าที่นับจำนวนของรถทุกประเภทรวมกันในแต่ละช่องทางเดินรถ ตัวอย่างหน้าต่างเรคคอร์ดโมดูลและการใส่ข้อมูลแสดงดังภาพที่ 4-25 และรายละเอียดการใส่ข้อมูลในเรคคอร์ดโมดูลของแต่ละเส้นทางแสดงดังตารางภาคผนวก ก-11



ภาพที่ 4-25 ตัวอย่างหน้าต่างเรคคอร์ดโมดูลและการใส่ข้อมูล

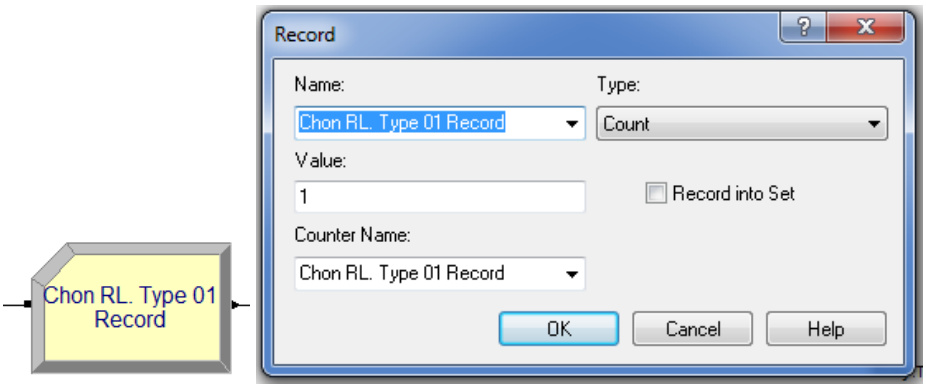
8. สร้างดีไซน์โมดูล (Decide module) ชื่อ “Chon RL. Vehicles Type Separate” เพื่อแยกประเภทของยานพาหนะใช้เกณฑ์ของเงื่อนไขในการตัดสินใจ N ทางเลือก (N-way by condition) เติมเงื่อนไขลงไปทั้งหมด 4 ช่องทาง ตามประเภทตามของรถทำให้มีช่องทางออก 5 ช่องทาง

ตัวอย่างหน้าต่างดีไซน์โมดูลและการใส่ข้อมูลแสดงดังภาพที่ 4-26 และรายละเอียด การใส่ข้อมูลในดีไซน์โมดูลของแต่ละเส้นทางแสดงดังตารางภาคผนวก ก-12



ภาพที่ 4-26 ตัวอย่างหน้าต่างดีไซน์โมดูลและการใส่ข้อมูล

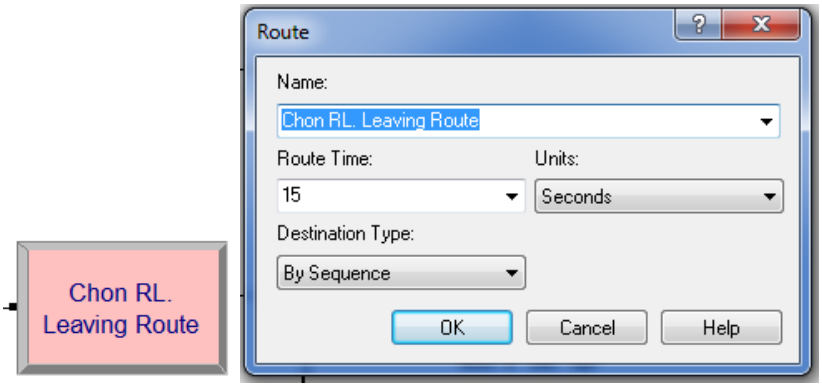
9. สร้างเรคคอร์ดโมดูล ชื่อ “Chon RL. Type 01 Record” เพื่อทำหน้าที่นับ (Count) จำนวนรถแต่ละประเภทที่เข้ามาแต่ละช่องทางเดินรถ ตัวอย่างหน้าต่างเรคคอร์ดโมดูลและการใส่ข้อมูลแสดงดังภาพที่ 4-27 และรายละเอียดการใส่ข้อมูลในเรคคอร์ดโมดูลของเส้นทางจากชลบุรีช่องทางเดินรถทางด้านขวาแสดงดังตารางภาคผนวก ก-13



ภาพที่ 4-27 ตัวอย่างหน้าต่างเรคคอร์ดโมดูลและการใส่ข้อมูล

10. สร้างรูทโมดูล ชื่อ “Chon RL. Leaving Route” หลังจากเข้าสู่กระบวนการสี่แยกไฟแดงเพื่อรอสัญญาณไฟเขียว รถจะเดินทางออกไปยังเส้นทางออกต่าง ๆ สร้างรูทโมดูลเพื่อทำหน้าที่ขนย้ายยานพาหนะออกจากสี่แยกไฟแดงคอนหัวพ่อไปทางออกจากแยกต่าง ๆ ใช้เวลาใน

การเคลื่อนตัวไปยังปลายทางที่กำหนดด้วยเวลา 15 วินาที เลือกรูปแบบการขนย้ายเป็นแบบประเภท ระบุสถานีปลายทางตามลำดับใน Sequence spreadsheet module ตัวอย่างหน้าต่างรูทโมดูลและการใส่ข้อมูลแสดงดังภาพที่ 4-28 และรายละเอียดการใส่ข้อมูลในรูทโมดูลของแต่ละเส้นทาง แสดงดังตารางภาคผนวก ก-14

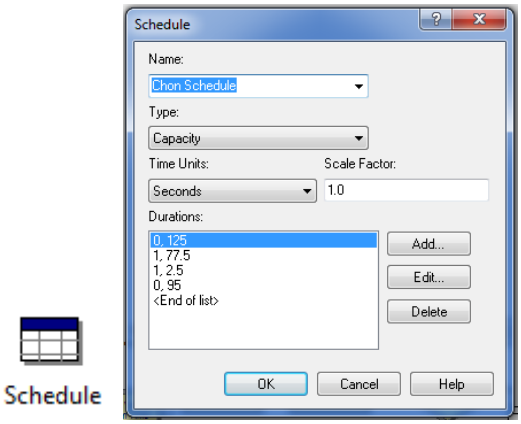


ภาพที่ 4-28 ตัวอย่างหน้าต่างรูทโมดูลและการใส่ข้อมูล

การสร้างแบบจำลองในส่วนของโมดูลตารางจัดการข้อมูล (Spreadsheet modules)

ข้อมูลในแต่ละหน่วยการจัดการข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับหน่วยของโครงสร้างแบบจำลอง (Flowchart module) ประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

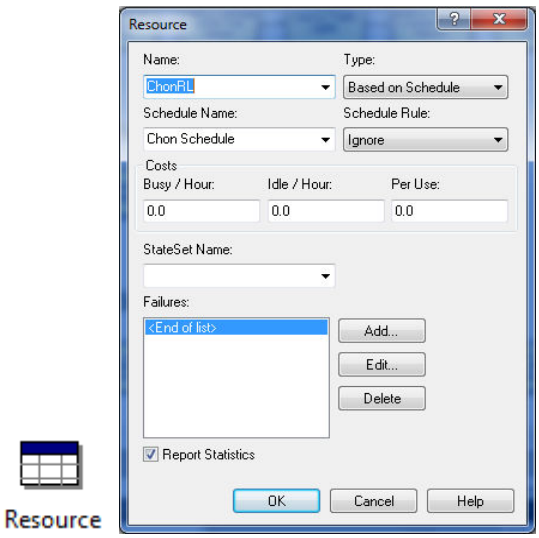
1. การสร้างตารางเวลาการทำงานด้วย Schedule spreadsheet module จากข้อมูลรอบเวลาของสัญญาณไฟจราจร กำหนดให้ทรัพยากรตัวที่ 1 ทำงานแทนสัญญาณไฟเขียวโดยจะปล่อยให้รถเคลื่อนผ่านไปได้ ทรัพยากรตัวที่ 1 ไม่ทำงานแทนสัญญาณไฟแดง ทรัพยากรตัวที่ 2 ทำงานแทนสัญญาณไฟเขียวและไฟแดงและไม่ทำงานแทนสัญญาณไฟเหลือง ตัวอย่างหน้าต่างตารางเวลาการทำงานและการใส่ข้อมูลแสดงดังภาพที่ 4-29 และรายละเอียดการใส่ข้อมูลของแต่ละเส้นทาง แสดงดังตารางภาคผนวก ก-15 และตารางภาคผนวก ก-16



ภาพที่ 4-29 ตัวอย่างหน้าต่างตารางเวลาการทำงานและการใส่ข้อมูล

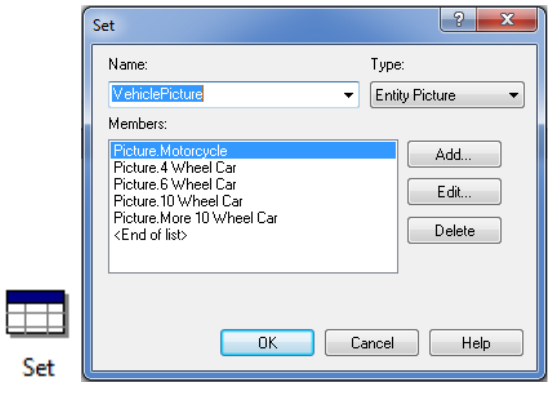
จากตารางภาคผนวก ก-15 และตารางภาคผนวก ก-16 สัญลักษณ์ 0 หมายถึง การไม่ทำงาน สัญลักษณ์ 1 หมายถึง การทำงานตัวเลขต่อท้าย หมายถึง เวลาหน่วยเป็นวินาที เช่น 0, 125 หมายถึง ไม่ทำงาน 125 วินาที เป็นต้น

2. การกำหนดตารางเวลาการทำงานให้กับทรัพยากร (Resource) เนื่องจากเวลาของสัญญาณไฟจราจรของแต่ละเส้นทางมีเวลาการทำงานที่ไม่เหมือนกัน จึงจำเป็นต้องกำหนดตารางเวลาการทำงานให้กับทรัพยากรของแต่ละเส้นทาง โดยทรัพยากรของเส้นทางจากชลบุรีมีรูปแบบการทำงานตามตารางเวลา (Based on schedule) ชื่อว่า “Chon schedule” ยกเว้นช่องทางเดินรถด้านซ้ายที่เป็นแบบ Fixed capacity เนื่องจากช่องทางเดินรถทางด้านซ้ายของเส้นทางจากชลบุรี สามารถสัญจรผ่านได้ตลอดเวลาตามสภาพจริง ตัวอย่างหน้าต่าง Resource spreadsheet module และการใส่ข้อมูลแสดงดังภาพที่ 4-30 และรายละเอียดการใส่ข้อมูลของแต่ละเส้นทางแสดงดังตารางภาคผนวก ก-17

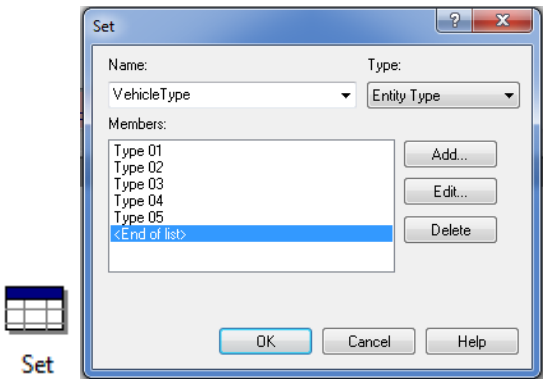


ภาพที่ 4-30 ตัวอย่างหน้าต่าง Resource spreadsheet module และการใส่ข้อมูล

3. สร้างกลุ่มข้อมูลโดยใช้ Set spreadsheet module เริ่มจากสร้างกลุ่มข้อมูลภาพวัตถุเคลื่อนไหว (Entity picture) ชื่อ “Vehicle picture” โดยมีสมาชิกทั้งหมด 5 ประเภท ได้แก่ Picture. Motorcycle, Picture. 4 Wheel Car, Picture. 6 Wheel Car, Picture. 10 Wheel Car, Picture. More 10 Wheel Car ดังภาพที่ 4-31 หลังจากนั้นสร้างกลุ่มข้อมูลประเภทของยานพาหนะ ชื่อ “Vehicle type” โดยมีสมาชิกทั้งหมด 5 ประเภท คือ Type 01, Type 02, Type 03, Type 04, Type 05 ดังภาพที่ 4-32 โดยกลุ่มข้อมูลทั้งสองกลุ่มนี้

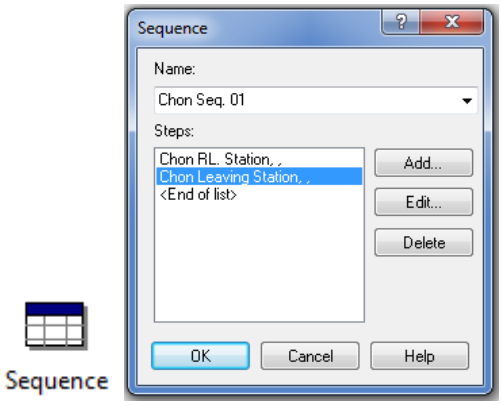


ภาพที่ 4-31 ตัวอย่างหน้าต่าง Set spreadsheet module สร้างกลุ่มข้อมูลภาพวัตถุเคลื่อนไหว



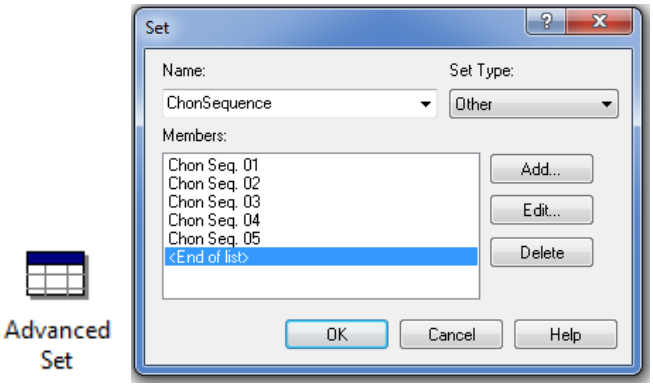
ภาพที่ 4-32 ตัวอย่างหน้าต่าง Set spreadsheet module สร้างกลุ่มข้อมูลประเภทของยานพาหนะ

4. สร้างหน่วยข้อมูลโดยใช้ Sequence spreadsheet module เพื่อเป็นหน่วยข้อมูลแสดงลำดับการเดินทางตามสถานีให้กับวัตถุ โดยแต่ละสี่แยกจะมีทิศทางดังแสดงในภาพที่ 4-33 และรายละเอียดข้อมูลที่กำหนดค่าใน Sequence spreadsheet module แสดงดังตารางภาคผนวก ก-18



ภาพที่ 4-33 ตัวอย่างการกำหนดค่าลงใน Sequence spreadsheet module

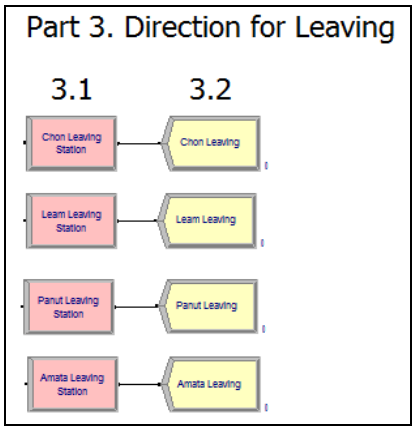
5. สร้างหน่วยเก็บกลุ่มข้อมูลโดยใช้ Advanced set spreadsheet module ซึ่งเป็นหน่วยข้อมูลที่ใช้จัดเก็บ โดยจะแสดงหน่วยสมาชิกย่อย ๆ ที่มีประเภทกลุ่มเดียวกัน โดยจะมีจำนวนข้อมูลตรงตามที่สร้างไว้ใน Sequence spreadsheet module แสดงดังภาพที่ 4-34 และการกำหนดค่าใน Advanced set spreadsheet module ของแต่ละเส้นทาง แสดงดังตารางภาคผนวก ก-19



ภาพที่ 4-34 ตัวอย่างการกำหนดค่าลง Advanced set

ขั้นตอนการสร้างทิศทางการออกจากระบบของยานพาหนะ

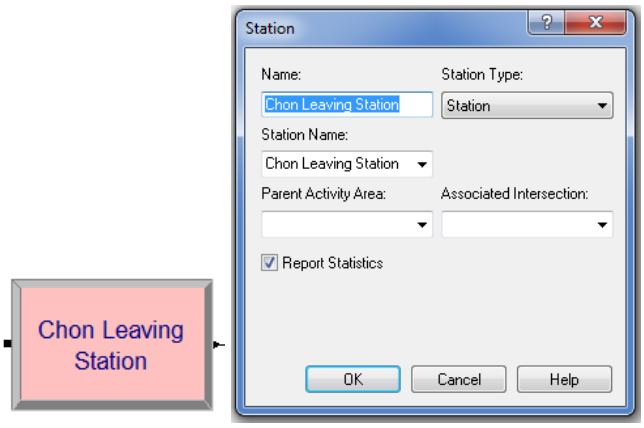
โมดูลทางออกมีทั้งหมด 4 เส้นทาง ได้แก่ เส้นทางมุ่งหน้าไปอำเภอเมืองชลบุรี มุ่งหน้าไปอำเภอพนัสนิคม มุ่งหน้าไปอำเภอแหลมฉบัง มุ่งหน้าไปนิคมอมตะนครง โครงสร้างโมดูลในส่วนของทางออกนี้ ประกอบด้วย 8 โมดูล ตามภาพที่ 4-35 ซึ่งรายละเอียดและขั้นตอนการสร้างแต่ละโมดูลมี ดังนี้



ภาพที่ 4-35 ตัวอย่างแผนภาพการสร้างแบบจำลองโมดูลทางออก

1. สร้างสเตชั่นโมดูลเพื่อทำหน้าที่แสดงตำแหน่งที่ยานพาหนะเข้ามาถึงทางออกเพื่อมุ่งหน้าไปตัวเมืองชลบุรี ตั้งชื่อว่า “Chon leaving station” ทำหน้าที่เป็นสถานีชื่อ “Chon leaving station” เลือกประเภทของสถานีงานเป็นแบบ Station ตั้งชื่อให้สถานีเพื่อระบุชื่อยานพาหนะมาถึง

เป็นชื่อ “Chon leaving station” กำหนดค่าดังภาพที่ 4-36 และรายละเอียดข้อมูลที่กำหนดค่าในสเตชั่นโมดูล แสดงดังตารางภาคผนวก ก-20



ภาพที่ 4-36 ตัวอย่างการกำหนดค่าลงสเตชั่นโมดูลทางออกไปชลบุรี

2. เมื่อยานพาหนะออกจากสี่แยก ยานพาหนะจะถูกนำออกจากระบบของแบบจำลองโดยการดิสโพสโมดูล (Dispose module) ตั้งชื่อว่า “Chon leaving” กำหนดค่าดังภาพที่ 4-37 และรายละเอียดข้อมูลที่กำหนดค่าดิสโพสโมดูลแสดงดังตารางภาคผนวก ก-21

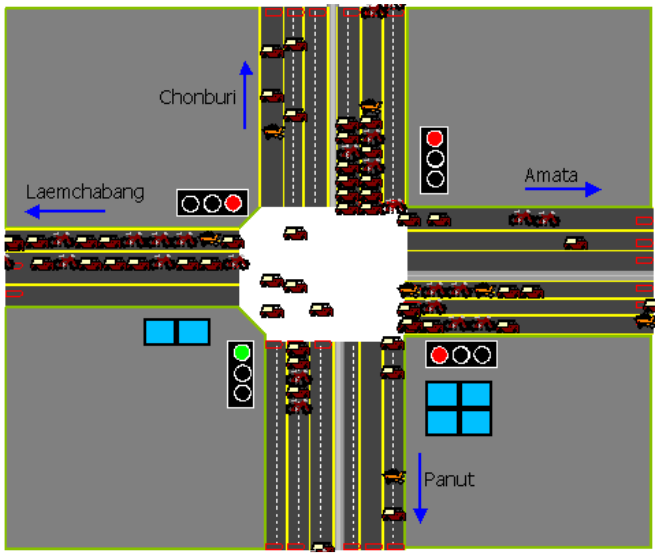
ภาพที่ 4-37 ตัวอย่างการกำหนดค่าลงในดิสโพสโมดูล

การตรวจสอบและทวนสอบแบบจำลอง

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบแบบจำลอง (Verification) ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการหรือไม่ โดยการเปลี่ยนค่าขอมูลขาเข้า (Input) ที่ป้อนลงใน

Create module ให้กำหนดจำนวนรถที่เข้ามาในโมเดลเป็นค่าคงที่ (Constant) ที่มากสุด 100 คัน และเปลี่ยนค่าเวลาการทำงานของทรัพยากรใน Schedule spreadsheet module ให้ทำงาน 15 นาที แล้วทำการประมวลผลแบบจำลองที่สร้างขึ้นจำนวน 1 รอบ พร้อมทั้งทำการสังเกตภาพเคลื่อนไหวในขณะที่แบบจำลองทำงานแบบช้า ๆ เพื่อดูว่ารถมีทิศทางถูกต้องตามที่ได้ตั้งไว้ หรือไม่ ตามภาพที่ 4-38 จะเห็นได้ว่ายานพาหนะมีทิศทางการเดินรถที่ถูกต้องและสอดคล้องกับความเป็นจริง ดังนั้นเราสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานั้นมีการทำงานที่ถูกต้อง



ภาพที่ 4-38 ทิศทางการเดินรถจากแอนิเมชั่นของแบบจำลอง

การทวนสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การทวนสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Validation) เป็นการตรวจสอบว่าเมื่อแบบจำลองทำงานถูกต้องแล้วจะให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องด้วยหรือไม่ โดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแบบจำลองกับสถานการณ์จริงว่ามีค่าตรงหรือเท่ากับสถานการณ์ต้นแบบหรือไม่ โดยคณะผู้จัดทำโครง งานได้ทำการทวนสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ดังนี้

1. เปรียบเทียบปริมาณรถที่เข้าสู่สี่แยกไฟแดงแต่ละช่องทางเดินรถ เพื่อยืนยันผลว่าแบบจำลองสะท้อนการทำงานของระบบจริงในระดับความเชื่อมั่นที่ยอมรับได้ ผลการเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ 4-25 และตารางที่ 4-26

ตารางที่ 4-25 เปรียบเทียบจำนวนรถที่เข้ามาสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.

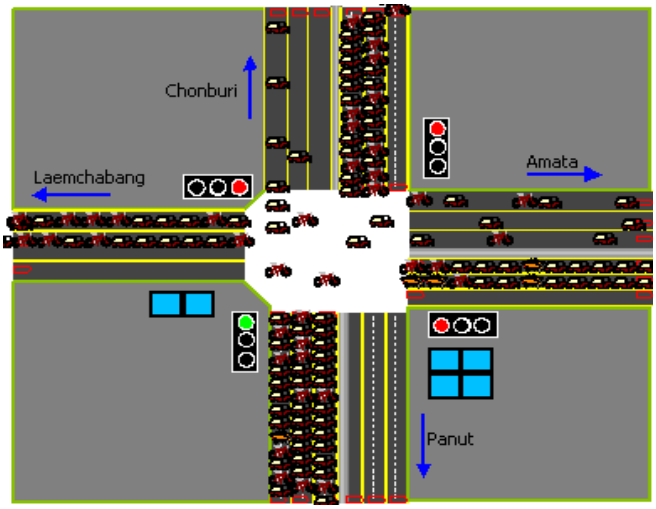
เส้นทาง	จำนวนรถที่เข้าในระบบจากสถานการณ์จริง (คัน)	จำนวนรถที่เข้าในระบบจากแบบจำลอง (คัน)	ความคลาดเคลื่อน (%)
จากชลบุรี	4,108	4,347	5.8
จากพนัสนิคม	4,377	4,263	2.6
จากแหลมฉบัง	1,931	1,762	8.7
จากนิคมอมตะนคร	1,784	1,805	1.8

ตารางที่ 4-26 เปรียบเทียบจำนวนรถที่เข้ามาสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

เส้นทาง	จำนวนรถที่เข้าในระบบจากสถานการณ์จริง (คัน)	จำนวนรถที่เข้าในระบบจากแบบจำลอง (คัน)	ความคลาดเคลื่อน (%)
จากชลบุรี	3488	3,611	3.5
จากพนัสนิคม	3643	3,784	3.9
จากแหลมฉบัง	701	751	7.7
จากนิคมอมตะนคร	2438	2623	7.5

จากตารางที่ 4-25 และตารางที่ 4-26 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนรถจากสถานการณ์จริงกับจำนวนรถที่ได้จากการรัน จะเห็นได้ว่าจากการเปรียบเทียบของทั้ง 2 ช่วงเวลา มีค่าความคลาดเคลื่อนที่ไม่เกิน 10% ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานั้นสามารถเชื่อถือได้

2. ทางผู้จัดทำได้ทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการรันแบบจำลองกับสภาพจริง โดยการสังเกตการณ์จากสถานการณ์จริงบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อเพื่อตรวจสอบผลที่ได้จากการรันแบบจำลองมีความสอดคล้อง ตามสภาพความเป็นจริงหรือไม่ จากการสังเกตการณ์จากสถานการณ์จริง พบว่าบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อในช่วงเวลาวิกฤตมีสภาพการจราจรติดขัดและมีปริมาณรถในแถวคอยเป็นจำนวนมากส่งผลให้มีรถติดในระยะไกล โดยข้อมูลสภาพจริงที่ได้มีความสอดคล้องกับผลจากการรันแบบจำลอง แสดงดังภาพที่ 4-39



ภาพที่ 4-39 ทิศทางการเดินรถจากแอนิเมชั่นของแบบจำลอง

การรันแบบจำลองและวิเคราะห์ผลลัพธ์

การกำหนดขนาดตัวอย่าง

ในขั้นตอนการรันแบบจำลองนั้นจำเป็นต้องกำหนดจำนวนรอบการรันของแบบจำลอง (Replication) เพื่อต้องการให้ผลลัพธ์ที่ได้มานั้นมีความน่าเชื่อถือในระดับที่ยอมรับได้ ในการรันครั้งแรกให้กำหนดจำนวนรอบในการรันเท่ากับ 10 รอบ จากนั้นพิจารณาเลือกค่า Half Width ของพารามิเตอร์เวลารอคอยที่มีเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนมากที่สุด เพื่อนำมาคำนวณหาค่า n ที่เหมาะสม ส่วนค่า Half Width ที่ต้องการจะต้องมีค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ไม่เกิน 5% ของพารามิเตอร์เวลารอคอย หลังจากนั้นนำค่าที่ได้ทั้งหมดมาคำนวณหาค่า n ดังสมการที่ 4-1 ทำจนกว่าจะได้ค่า n ที่เหมาะสม คือ ได้ผลการรันที่มีค่า Half Width ไม่เกิน 5% ของพารามิเตอร์เวลารอคอย

จากสูตร

$$n = n_0 \frac{h_0^2}{h^2} \qquad (4\text{-}1)$$

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

Wait Time	Average	Half Width
Type 01	15.1007	.21
Type 02	13.5743	.24
Type 03	13.9976	1.04
Type 04	13.9496	.68
Type 05	9.6444	.87

ภาพที่ 4-40 ค่า Half Width การรันแบบจำลอง ของช่วงเวลา 06.00-08.00 น. จำนวน 10 รอบ

Wait Time	Average	Half Width
Type 01	15.1222	.18
Type 02	13.6666	.16
Type 03	14.2648	.48
Type 04	13.7741	.31
Type 05	9.6421	.46

ภาพที่ 4-41 ค่า Half Width การรันแบบจำลอง ของช่วงเวลา 06.00-08.00 น. จำนวน 43 รอบ

Wait Time	Average	Half Width
Type 01	13.6489	.55
Type 02	12.8818	.40
Type 03	13.1526	.97
Type 04	12.8112	.64
Type 05	12.4987	.79

ภาพที่ 4-42 ค่า Half Width การรันแบบจำลอง ของช่วงเวลา 16.00-18.00 น. จำนวน 10 รอบ

Wait Time	Average	Half Width
Type 01	13.5185	.35
Type 02	12.7644	.22
Type 03	12.8362	.48
Type 04	12.9128	.36
Type 05	11.9905	.49

ภาพที่ 4-43 ค่า Half Width การรันแบบจำลอง ของช่วงเวลา 16.00-18.00 น. จำนวน 22 รอบ

จากการคำนวณหาจำนวนรอบในการรันแบบจำลองของแต่ละช่วงเวลา 06.00-08.00 น. และช่วงเวลา 16.00-18.00 น. ดังสมการที่ 4-1 ทำให้ได้จำนวนรอบที่เหมาะสมในการรันแบบจำลอง ดังตารางที่ 4-27

ตารางที่ 4-27 ผลการคำนวณหาจำนวนครั้งในการรัน Replication ในแต่ละช่วงเวลา

ช่วงเวลา	จำนวนรอบในการรันแบบจำลอง (รอบ)
06.00-08.00 น.	43
16.00-18.00 น.	22

บ่งชี้ปัญหาและนำเสนอแนวทางการปรับปรุง

บ่งชี้ปัญหา

จากรายงานผลลัพธ์ที่ได้รับจากการรันแบบจำลอง สามารถนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการบ่งชี้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยผู้จัดทำได้เลือกพิจารณาจากค่าพารามิเตอร์เวลาการรอคอยของรถแต่ละคัน (Waiting time) และค่าพารามิเตอร์จำนวนรถในการรอคอย (Number waiting) เท่านั้น แสดงดังภาพที่ 4-44 ถึงภาพที่ 4-47

Waiting Time	Average
Amata LL.Traffic Lights.Queue	0.01817205
Amata ML.Traffic Lights.Queue	15.3129
Amata RL.Traffic Lights.Queue	3.4223
Chon LL.Traffic Lights.Queue	0.08642546
Chon ML.Traffic Lights.Queue	34.4639
Chon RL.Traffic Lights.Queue	23.4925
Leam LL.Traffic Lights.Queue	50.6819
Leam RL.Traffic Lights.Queue	45.6680
Panus LL.Traffic Lights.Queue	21.0030
Panus ML.Traffic Lights.Queue	19.8630
Panus RL.Traffic Lights.Queue	8.1990

ภาพที่ 4-44 ค่าพารามิเตอร์เวลาที่รถรอคอยจากผลการรัน ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.

Number Waiting	Average
Amata LL.Traffic Lights.Queue	0.1276
Amata ML.Traffic Lights.Queue	69.0663
Amata RL.Traffic Lights.Queue	11.8977
Chon LL.Traffic Lights.Queue	1.2184
Chon ML.Traffic Lights.Queue	441.75
Chon RL.Traffic Lights.Queue	212.51
Leam LL.Traffic Lights.Queue	464.61
Leam RL.Traffic Lights.Queue	250.36
Panus LL.Traffic Lights.Queue	278.68
Panus ML.Traffic Lights.Queue	249.90
Panus RL.Traffic Lights.Queue	80.6256

ภาพที่ 4-45 ค่าพารามิเตอร์จำนวนรถที่รอในแถวจากผลการรัน ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.

Waiting Time	Average
Amata LL.Traffic Lights.Queue	0.02664213
Amata ML.Traffic Lights.Queue	25.7625
Amata RL.Traffic Lights.Queue	21.3433
Chon LL.Traffic Lights.Queue	0.04840820
Chon ML.Traffic Lights.Queue	28.5596
Chon RL.Traffic Lights.Queue	20.7949
Leam LL.Traffic Lights.Queue	38.9954
Leam RL.Traffic Lights.Queue	27.2814
Panus LL.Traffic Lights.Queue	10.3631
Panus ML.Traffic Lights.Queue	23.7606
Panus RL.Traffic Lights.Queue	2.2871

ภาพที่ 4-46 ค่าพารามิเตอร์เวลาที่รถรอคอยจากผลการรัน ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

Number Waiting	Average
Amata LL.Traffic Lights.Queue	0.2308
Amata ML.Traffic Lights.Queue	171.84
Amata RL.Traffic Lights.Queue	133.10
Chon LL.Traffic Lights.Queue	0.5530
Chon ML.Traffic Lights.Queue	288.19
Chon RL.Traffic Lights.Queue	176.18
Leam LL.Traffic Lights.Queue	148.33
Leam RL.Traffic Lights.Queue	61.7796
Panus LL.Traffic Lights.Queue	102.28
Panus ML.Traffic Lights.Queue	334.08
Panus RL.Traffic Lights.Queue	18.2202

ภาพที่ 4-47 ค่าพารามิเตอร์จำนวนรถที่รอในแถวจากผลการรัน ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

จากภาพที่ 4-44 ถึง ภาพที่ 4-47 จะเห็นได้ว่าทางผู้จัดทำได้กำหนดคุณสมบัติที่เป็นชื่อนำหน้าที่ติดตัววัตถุมาเมื่อวัตถุเคลื่อนผ่านแต่ละโมดล เพื่อความเข้าใจในการอ่านค่าจากผลการรัน สามารถอธิบายความหมายของแต่ละชื่อได้ ดังนี้

Amata LL. หมายถึง เส้นทางจากนิคมอมตะนคร ช่องทางเดินรถช่องซ้าย

Amata ML. หมายถึง เส้นทางจากนิคมอมตะนคร ช่องทางเดินรถช่องกลาง

Amata RL. หมายถึง เส้นทางจากนิคมอมตะนคร ช่องทางเดินรถช่องขวา

Chon LL. หมายถึง เส้นทางจากชลบุรี ช่องทางเดินรถช่องซ้าย

Chon ML หมายถึง เส้นทางจากชลบุรี ช่องทางเดินรถช่องกลาง

Chon RL. หมายถึง เส้นทางจากชลบุรี ช่องทางเดินรถช่องขวา

Leam LL. หมายถึง เส้นทางจากแหลมฉบัง ช่องทางเดินรถช่องซ้าย

Leam RL. หมายถึง เส้นทางจากแหลมฉบัง ช่องทางเดินรถช่องขวา

Panus LL. หมายถึง เส้นทางจากพนัสนิคม ช่องทางเดินรถช่องซ้าย

Panus ML. หมายถึง เส้นทางจากพนัสนิคม ช่องทางเดินรถช่องกลาง

Panus RL. หมายถึง เส้นทางจากพนัสนิคม ช่องทางเดินรถช่องขวา

จากค่าพารามิเตอร์เวลาการรอคอยของรถแต่ละเส้นทางและค่าพารามิเตอร์จำนวนรถในแถวคอยของแต่ละช่องทางเดินรถ สามารถนำมาเขียนเป็นตารางเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจ แสดงดังตารางที่ 4-28 และตารางที่ 4-29

ตารางที่ 4-28 ค่าพารามิเตอร์เวลารอคอยและจำนวนรถในแถวคอยของแต่ละช่องทางเดินรถ ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.

เส้นทาง	**ช่องทางเดินรถ**	**เวลาในรอคอย (นาที)**	**จำนวนรถในแถวคอย (คัน)**
จากอมตะนคร	ซ้าย	0.02	0.12
	กลาง	15.31	69.06
	ขวา	3.42	11.89
จากชลบุรี	ซ้าย	0.09	1.21
	กลาง	34.46	441.75
	ขวา	23.49	212.51
จากแหลมฉบัง	ซ้าย	50.68	464.61
	ขวา	49.66	250.36
จากพนัสนิคม	ซ้าย	21.00	278.69
	กลาง	19.86	249.90
	ขวา	8.19	80.62

ตารางที่ 4-29 ค่าพารามิเตอร์เวลารอคอยและจำนวนรถในแถวคอยของแต่ละช่องทางเดินรถ ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	เวลารอคอย (นาที)	จำนวนรถในแถวคอย (คัน)
จากอมตะนคร	ซ้าย	0.03	0.23
	กลาง	25.76	171.84
	ขวา	21.34	133.10
จากชลบุรี	ซ้าย	0.05	0.55
	กลาง	28.56	288.19
	ขวา	20.79	176.18
จากแหลมฉบัง	ซ้าย	39.99	148.33
	ขวา	27.28	61.77
จากพนัสนิคม	ซ้าย	10.36	102.28
	กลาง	23.76	334.08
	ขวา	2.29	18.22

จากผลการรันแบบจำลองแสดงดังตารางที่ 4-28 และตารางที่ 4-29 เราสามารถนำเวลารอคอยและจำนวนรถในการรอคอยของแต่ละเส้นทางมาคำนวณหาระยะทางที่รถติดในระว่างการรอคอยและการสิ้นเปลืองพลังงานรวมถึงค่าใช้จ่ายด้วย

การคำนวณระยะทางที่รถติด สามารถคำนวณคร่าว ๆ ได้จากการเอาขนาดของความยาวรถสี่ล้อคูณด้วยจำนวนรถสี่ล้อที่อยู่ในแถวคอย ซึ่งหาได้จากเปอร์เซ็นต์สัดส่วนการมาของรถสี่ล้อของแต่ละเส้นทาง โดยตัดจำนวนรถสองล้อและสามล้อออกเนื่องจากมีขนาดเล็ก ส่วนรถที่มากกว่าสี่ล้อจะเห็นได้ว่ามีสัดส่วนการมาน้อยน้อยมากจึงต้องตัดออกเช่นเดียวกันเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ ตัวอย่าง จากตารางที่ 4-29 ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. เส้นทางจากชลบุรีช่องทางเดินรถกลาง มีรถอยู่ในแถวคอย 289 คัน เป็นรถสี่ล้อ 75% เท่ากับ 217 คัน คูณด้วย 5 เมตร จะได้ระยะทางที่ระติดเท่ากับ 1.3 กม. (รถสี่ล้อความยาวตัวรถประมาณ 4.8 เมตร) ระยะทางที่รถติดของเส้นทางอื่น ๆ แสดงไว้ดังตารางที่ 4-30 และตารางที่ 4-31

การคำนวณการสิ้นเปลืองพลังงานและการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย สามารถใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4-28 และตารางที่ 4-29 มาใช้ในการคำนวณได้ จากการหาข้อมูลทางอินเตอร์เน็ตเรื่อง

วิธีการคิดอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน จึงทราบได้ว่าการจอดรถทิ้งไว้ 1 นาที จะสูญเสียพลังงานน้ำมันเท่ากับ 20 CC. หรือ 0.02 ลิตร ถ้าคิดตามราคาน้ำมันขณะนี้เท่ากับ 26.8 บาท ต่อลิตร (อ้างอิงราคาน้ำมันแก๊สโซฮอล 91 ของปั๊ม ปตท. ณ วันที่ 12 มีนาคม 2560) จอดรถทิ้งไว้ 1 นาที จะสูญเสียค่าใช้จ่ายเท่ากับ 0.54 บาท ตัวอย่าง จากตารางที่ 4-29 ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. เส้นทางจากชลบุรี ช่องทางเดินรถกลาง มีรถอยู่ในแถวคอย 289 คัน เวลาในแถวคอยเท่ากับ 28.56 นาที จะใช้พลังงานในระหว่างการรอคอยเท่ากับ 165.08 ลิตร (289 x 28.56x 0.02) จะสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ และจะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเท่ากับ 4,424 บาท (165.08 x 26.8) พลังงานของแต่ละเส้นทางเดินรถแสดงดังตารางที่ 4-30 และตารางที่ 4-31

ตารางที่ 4-30 ระยะทางที่รถติด การสิ้นเปลืองพลังงาน การสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ของแต่ละเส้นทางเดินรถ ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.

เส้นทาง	**ช่องทางเดินรถ**	**ระยะทางที่รถติด (กม.)**	**สิ้นเปลืองพลังงานน้ำมัน (ลิตร)**	**สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย (บาท)**
จากอมตะนคร	ซ้าย	-	-	-
	กลาง	0.14	21.13	566.23
	ขวา	0.02	0.75	20.16
จากชลบุรี	ซ้าย	-	-	-
	กลาง	1.66	304.63	8163.99
	ขวา	0.80	100.07	2681.81
จากแหลมฉบัง	ซ้าย	1.42	471.32	12631.48
	ขวา	0.77	249.29	6681.06
จากพนัสนิคม	ซ้าย	1.05	117.18	3140.42
	กลาง	0.94	99.30	2661.24
	ขวา	0.30	13.27	355.58
	รวม		1376.94	36,902

ตารางที่ 4-31 ระยะทางที่รถติด การสิ้นเปลืองพลังงาน การสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ของแต่ละเส้นทางเดินรถ ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	ระยะทางที่รถติด (กม.)	สิ้นเปลืองพลังงานน้ำมัน (ลิตร)	สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย (บาท)
จากอมตะนคร	ซ้าย	-	-	-
	กลาง	0.34	88.61	2374.87
	ขวา	0.27	57.19	1532.72
จากชลบุรี	ซ้าย	-	-	-
	กลาง	1.08	165.08	4424.06
	ขวา	0.66	73.60	1972.39
จากแหลมฉบัง	ซ้าย	0.45	119.17	3193.76
	ขวา	0.19	33.83	906.57
จากพนัสนิคม	ซ้าย	0.39	21.34	571.95
	กลาง	1.25	158.72	4253.61
	ขวา	0.07	0.87	23.32
	รวม		718.41	19,253

จากตารางที่ 4-30 และตารางที่ 4-31 จะเห็นได้ว่าปัญหาการจราจรบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ คือ การที่มีรถติดค้างอยู่เป็นจำนวนมากและต้องเสียเวลาในการรอคอยเป็นเวลานาน ปัญหานี้อาจส่งผลเสียหลายด้านกับผู้คนที่สัญจรไปมาผ่านบริเวณนี้เป็นประจำ ปัญหาการจราจรบริเวณนี้ คือ มีรถติดสะสมเป็นจำนวนมาก ยกตัวอย่างในช่วงเวลา 06.00-08.00 น. จะเห็นได้ว่าเส้นทางจากชลบุรีในช่องเดินรถกลางมีรถติดสะสมยาวที่สุด ถึง 1.66 กม. และในช่วงเวลา 16.00-18.00 น. เส้นทางจากพนัสนิคมในช่องเดินรถกลางมีความยาวรถติดสะสมมากที่สุดเท่ากับ 1.25 กม. ปัญหาการสิ้นเปลืองพลังงานและค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก จากผลการคำนวณการสิ้นเปลืองแสดงดังตารางที่ 4-30 และตารางที่ 4-31 จะเห็นได้ว่าเวลาแค่ 2 ชั่วโมง ในช่วงเวลาเช้า 06.00-08.00 น. ต้องสิ้นเปลืองพลังงานโดยประมาณเท่ากับ 1376.94 ลิตร สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเท่ากับ 36,902 บาท และ เวลา 2 ในช่วงเวลาเย็น 16.00-18.00 น. สิ้นเปลืองพลังงานโดยประมาณเท่ากับ 718.41 ลิตร สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเท่ากับ 19,253 บาท ดังนั้น แต่ละวันเราต้องสูญเสียพลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์รวม 4 ชั่วโมง เท่ากับ 2095.41 ลิตร คิดเป็นเงินที่ต้องสูญเสียไปเท่ากับ 56,155 บาท

แต่อย่างไรก็ตามการคำนวณการสิ้นเปลืองทั้งหมดนี้ ผู้จัดทำได้ทำขึ้นเพื่อบ่งชี้ให้เห็นถึงปัญหาการจราจรบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อนี้เท่านั้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการนำเสนอแนวทางการปรับปรุงในขั้นตอนถัดไป

การนำเสนอแนวทางการแก้ไข

จากขั้นตอนการบ่งชี้ปัญหา จะเห็นได้ว่าปัญหาหลัก ๆ ของการจราจรบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ คือ การที่มีรถติดสะสมอยู่ในบริเวณนี้เป็นจำนวนมากและต้องเสียเวลาในการรอคอยในแถวคอยเป็นเวลานาน ๆ ผู้จัดทำจึงได้ศึกษาและนำเสนอแนวทางการแก้ไข เพื่อทำการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขในขั้นตอนต่อไป

แนวทางการแก้ไขที่ 1 การศึกษาการทำงานของสัญญาณไฟจราจรพบว่าเวลาที่ตั้งไว้ไม่สัมพันธ์กับสัดส่วนการมาของรถแต่ละเส้นทาง ผู้จัดทำจึงเสนอให้ทำการปรับเวลาการทำงานของสัญญาณไฟจราจรใหม่ โดยจัดตารางเวลาตามสัดส่วนการมาของรถแต่ละเส้นทางและเพิ่มเวลาของการทำงาน เพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาได้ตรงจุดและยังไม่มีค่าใช้จ่ายในการแก้ไขปัญหาด้วย

แนวทางการแก้ไขที่ 2 ผู้จัดทำเสนอให้สร้างสะพานข้ามแยก 1 ช่องทางเดินรถพร้อมทั้งปรับสัญญาณไฟจราจรตามสัดส่วนการมาของรถแต่ละเส้นทาง แต่อย่างไรก็ตามสะพานข้ามแยกที่เสนอให้สร้างนั้นไม่สามารถสร้างจากเส้นทางพนัสนิคมไปสู่เส้นทางอื่น ๆ ได้ เนื่องจากเส้นทางนี้มีสะพานของถนนมอเตอร์เวย์ สายกรุงเทพ-ชลบุรี ดังภาพที่ 3-2 ดังนั้น จึงเหลือเพียง 3 เส้นทางที่สามารถสร้างสะพานข้ามแยก ได้แก่ เส้นทางจากชลบุรี เส้นทางจากนิคมอมตะนคร และเส้นทางจากแหลมฉบัง เมื่อพิจารณาจากจำนวนรถที่เข้ามาในสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อจากแต่ละเส้นทาง จะเห็นได้ว่าควรจะเลือกสร้างที่เส้นทางจากอำเภอเมืองชลบุรีและเส้นทางนิคมอมตะนครเท่านั้น โดยเส้นทางจากชลบุรีสามารถสร้างได้เพียงทางเดียว แต่เมื่อพิจารณาจากจำนวนรถที่จะใช้งานสะพานข้ามแยกผู้จัดทำจึงเลือกสร้างสะพานข้ามแยกจากนิคมอมตะนครเลี้ยวขวาไปชลบุรี

แนวทางการแก้ไขที่ 3 ผู้จัดทำเสนอให้สร้างสะพานข้ามแยก 2 ช่องทางเพิ่มเติมจากแนวทางการแก้ไขที่ 2 และทำการปรับสัญญาณไฟจราจรตามสัดส่วนการมาของรถแต่ละเส้นทาง

จากที่ได้กล่าวมาทั้งหมดข้างต้นผู้จัดทำจึงขอนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาการจราจรสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ 3 แนวทาง ดังต่อไปนี้

1. แนวทางการแก้ไขที่ 1 ปรับเวลาการทำงานของสัญญาณไฟจราจร ด้วยการจัดตารางเวลาตามสัดส่วนการมาของรถแต่ละเส้นทางและเพิ่มเวลาของรอบการทำงาน

2. แนวทางการแก้ไขที่ 2 สร้างสะพานข้ามแยกจากนิคมอมตะนครเลี้ยวขวาไปทางชลบุรีจำนวน 1 ช่องทาง พร้อมปรับเวลาการทำงานของสัญญาณไฟจราจรตามสัดส่วนการมาของรถแต่ละเส้นทาง

3. แนวทางการแก้ไขที่ 3 สร้างสะพานข้ามแยกจากนิคมอมตะนครเลี้ยวขวาไปทางชลบุรีจำนวน 2 ช่องทาง พร้อมปรับเวลาการทำงานของสัญญาณไฟจราจรตามสัดส่วนการมาของรถแต่ละเส้นทาง

การสร้างแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไข

แนวทางการแก้ไขที่ 1

ปรับเวลาการทำงานของสัญญาณไฟจราจรใหม่ โดยจัดตารางเวลาตามสัดส่วนการมาของรถแต่ละเส้นทางและเพิ่มเวลารอบการทำงานของสัญญาณไฟจราจร จากเวลารอบการทำงานเดิม 5 นาที เป็น 6 นาที ของทั้ง 2 ช่วงเวลา แสดงดังตารางที่ 4-32 และ ตารางที่ 4-33

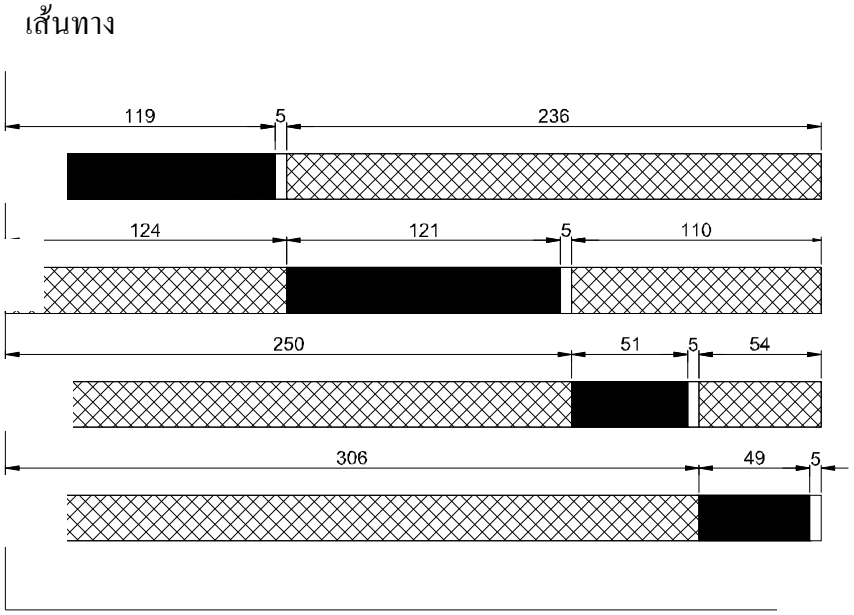
ตารางที่ 4-32 เวลาสัญญาณไฟเขียวแนวทางการแก้ไขที่ 1 ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.

เส้นทาง	จำนวนรถ (คัน)	สัดส่วนรถ (%)	เวลาไฟเขียว (วินาที)
จากชลบุรี	4347	35.70	121
จากนิคมอมตะนคร	1805	14.82	51
จากพนัสนิคม	4263	35.02	119
จากแหลมฉบัง	1761	14.46	49
รวมทั้งหมด	12176	100	340

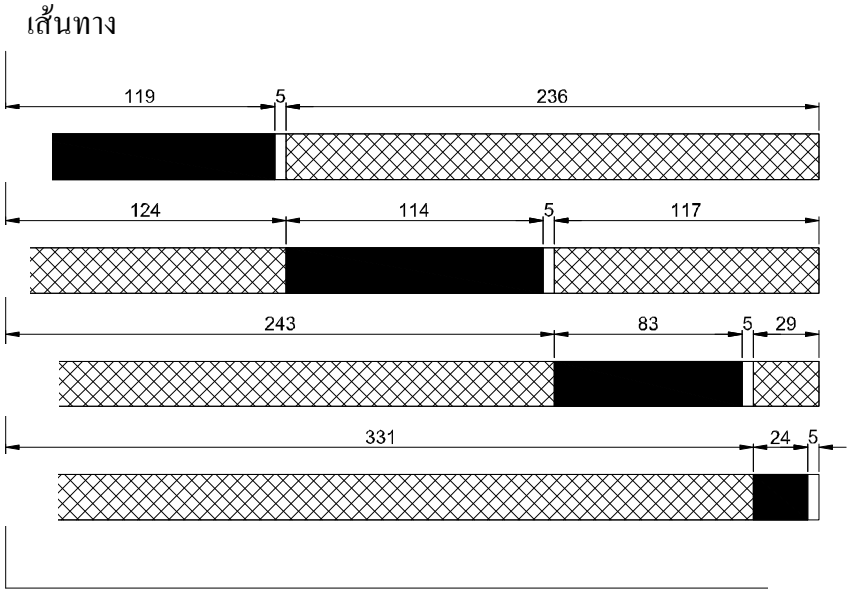
ตารางที่ 4-33 เวลาสัญญาณไฟเขียวแนวทางการแก้ไขที่ 1 ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

เส้นทาง	จำนวนรถ (คัน)	สัดส่วนรถ (%)	เวลาไฟเขียว (วินาที)
จากชลบุรี	3611	33.53	114
จากนิคมอมตะนคร	2623	24.36	83
จากพนัสนิคม	3784	35.14	119
จากแหลมฉบัง	751	6.97	24
รวมทั้งหมด	10769	100	340

จากตารางที่ 4-32 และตารางที่ 4-33 เวลาของสัญญาณไฟเขียวที่ได้ปรับตามแนวทางการแก้ไขที่ 1 สามารถนำมาเขียนเป็นลำดับขั้นการทำงานของสัญญาณไฟจราจรได้ เพื่อให้เห็นภาพได้ชัดเจนในการปรับปรุงแบบจำลอง แสดงดังภาพที่ 4-48 และภาพที่ 4-49



ภาพที่ 4-48 ลำดับเวลาของสัญญาณไฟจราจรตามแนวทางการแก้ไขที่ 1 ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.



หมายเหตุ: สัญลักษณ์แทนสัญญาณไฟจราจร

สัญญาณไฟแดง

สัญญาณไฟเหลือง

สัญญาณไฟเขียว

ภาพที่ 4-49 ลำดับเวลาของสัญญาณไฟจราจรตามแนวทางการแก้ไขที่ 1 ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

จากข้อมูลที่แสดงดังภาพที่ 4-48 และภาพที่ 4-49 นำไปแก้ไขค่าข้อมูลในโมเดล แล้วรันแบบจำลอง นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์กับผลของแบบจำลองในสภาพปัจจุบัน ผู้จัดทำจะกล่าวถึงในหัวข้อผลจากการปรับปรุง

แนวทางการแก้ไขที่ 2

สร้างสะพานข้ามแยกจากนิคมอมตะนครเลี้ยวขวาไปทางชลบุรีจำนวน 1 ช่องทาง โดยเริ่มจากการวิเคราะห์สัดส่วนการเดินรถใหม่ เพื่อใช้ในการปรับปรุงแบบจำลอง จากตารางที่ 4-5 และตารางที่ 4-6 สามารถนำข้อมูลสัดส่วนการเดินรถของเส้นทางจากนิคมอมตะนครมาจัดใหม่ โดยให้รถที่มาช่องทางขวาแล้วเลี้ยวขวากับรถที่มาช่องทางกลางแล้วเลี้ยวขวาขึ้นสะพาน แต่ต้องจำกัดไม่ให้รถประเภทมากกว่าสี่ล้อขึ้นสะพานเนื่องจากขนาดของสะพานแคบและมีแค่ช่องทางเดียว ข้อมูลการจัดทิศทางการเดินรถใหม่ของเส้นทางจากนิคมอมตะนคร ตามแนวทางการแก้ไขที่ 2 ในช่วงเวลา 06.00-08.00 น. และ 16.00-18.00 น. แสดงดังตารางที่ 4-34

ตารางที่ 4-34 การจัดสัดส่วนทิศทางการเดินรถใหม่ ของเส้นทางจากนิคมอมตะนคร ตามแนวทางการแก้ไขที่ 2

ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.			**ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.**		
ช่องทาง	**ทิศทาง**	**สัดส่วน (%)**	**ช่องทาง**	**ทิศทาง**	**สัดส่วน (%)**
ข้ามสะพาน	เลี้ยวขวา	44.85	ข้ามสะพาน	เลี้ยวขวา	51.13
กลาง	เลี้ยวขวา	3.20	กลาง	เลี้ยวขวา	4.85
	ตรงไป	5.22		ตรงไป	4.52
ซ้าย	เลี้ยวซ้าย	46.73	ซ้าย	เลี้ยวซ้าย	39.50

จะเห็นได้ว่าจากแนวทางการแก้ไขที่ 2 ข้างต้นโดยการสร้างสะพานข้ามแยกจากนิคมอมตะนครจำนวน 1 เส้นทาง น่าจะแก้ปัญหาการจราจรได้แค่เส้นทางเดียว คือ เส้นทางจากนิคมอมตะนครเลี้ยวขวาไปอำเภอเมืองชลบุรี แต่ยังเหลืออีก 3 เส้นทางยังไม่ได้ถูกแก้ไข ดังนั้นในแนวทางการแก้ไขที่ 2 นี้ ผู้จัดทำจึงจะทำการปรับเวลาการทำงานของสัญญาณไฟจราจรด้วย

จากข้อมูลในตารางที่ 4-34 นำมาปรับปรุงแบบจำลอง หลังจากนั้นรันแบบจำลองเพื่อให้ได้ผลการรัน นำผลการรันเฉพาะที่เป็นจำนวนรถที่เข้ามาในระบบแต่ละเส้นทาง ตามภาพที่ 4-50 และภาพที่ 4-51 ตัดสัดส่วนของรถที่ไม่ต้องรอสัญญาณไฟจราจรออก นำจำนวนรถที่ได้มาคิดสัดส่วนของรถที่ต้องรอสัญญาณไฟจราจร และหลังจากนั้นนำมาคำนวณหาเวลาการทำงานของ

สัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสม ของช่วงเวลา 06.00-08.00 น. และช่วงเวลา 16.00-18.00 น. ได้ตามแสดงดังตารางที่ 4-36 ถึงตารางที่ 4-37

Number In	Average
Amata Vehicles	1823.00
Chonburi Vehicles	4358.37
Leam Vehicles	1762.95
Panus Vehicles	4260.42

ภาพที่ 4-50 จำนวนรถที่เข้ามาในระบบแต่ละเส้นทางจากผลการรัน ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.

Number In	Average
Amata Vehicles	2612.95
Chonburi Vehicles	3622.95
Leam Vehicles	747.82
Panus Vehicles	3786.23

ภาพที่ 4-51 จำนวนรถที่เข้ามาในระบบแต่ละเส้นทางจากผลการรัน ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

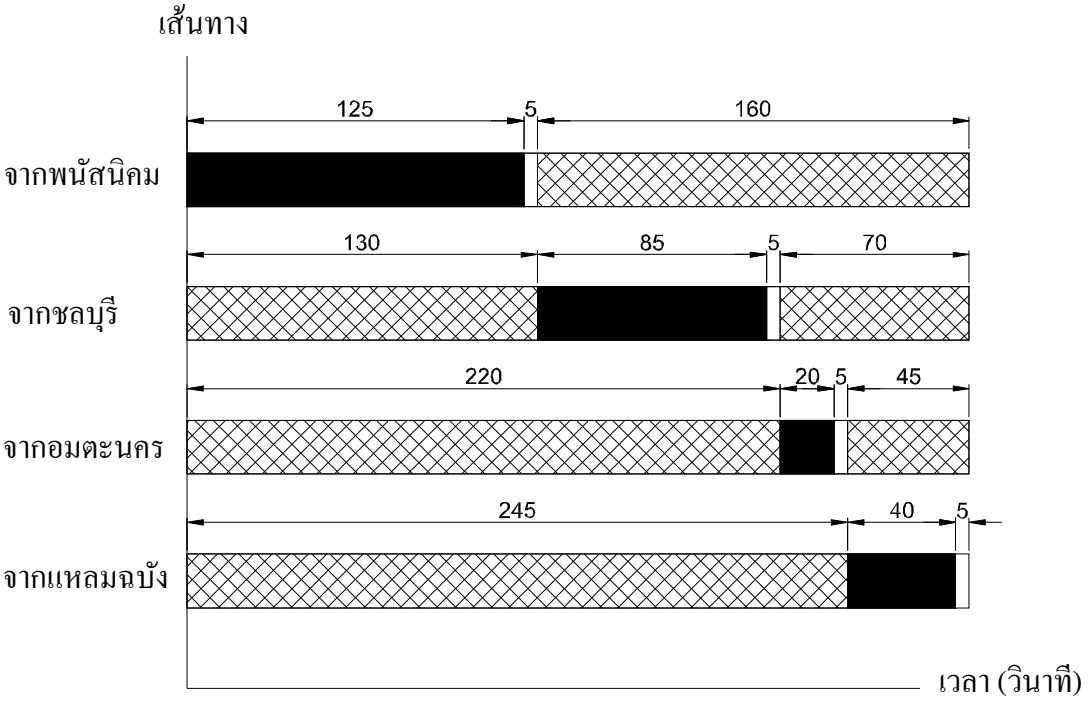
ตารางที่ 4-35 เวลาสัญญาณไฟเขียวแนวทางเลือกที่ 2 ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.

เส้นทาง	**จำนวนรถ (คัน)**	**สัดส่วนรถ (%)**	**เวลาไฟเขียว (วินาที)**
จากชลบุรี	2671	31.87	85
จากนิคมอมตะนคร	-	-	20
จากพนัสนิคม	4218	50.32	125
จากแหลมฉบัง	1493	17.81	40
รวมทั้งหมด	8382	100	270

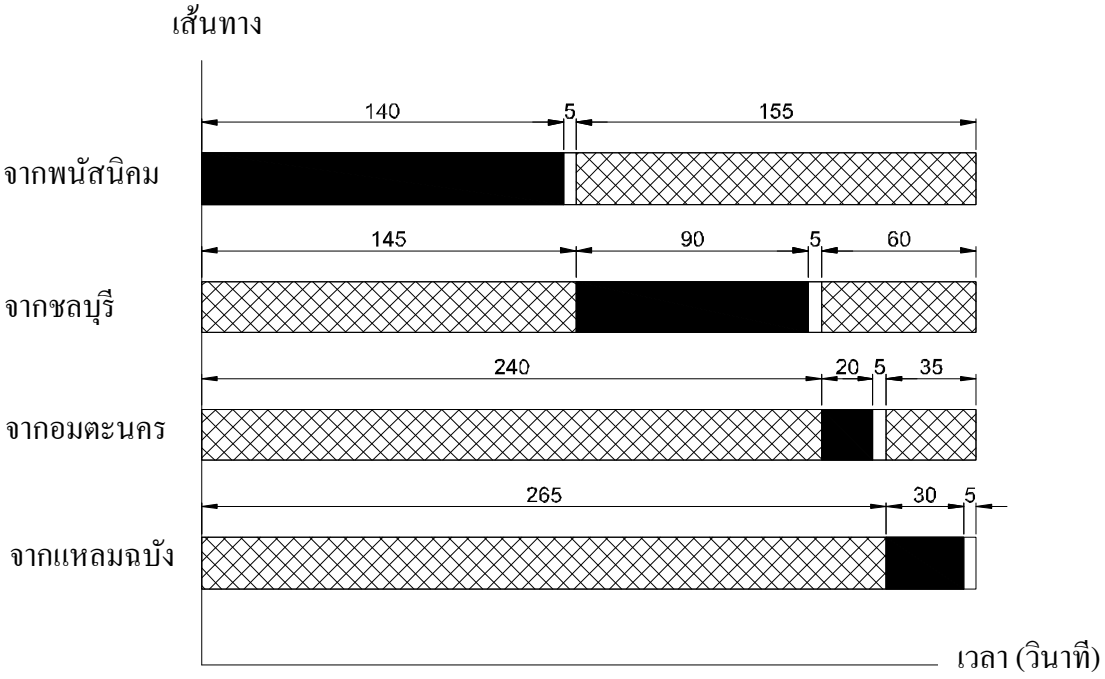
ตารางที่ 4-36 เวลาสัญญาณไฟเขียวแนวทางเลือกที่ 2 ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

เส้นทาง	จำนวนรถ (คัน)	สัดส่วนรถ (%)	เวลาไฟเขียว (วินาที)
จากชลบุรี	2253	33.95	90
จากนิคมอมตะนคร	-	-	20
จากพนัสนิคม	3758	56.63	140
จากแหลมฉบัง	625	9.42	30
รวมทั้งหมด	6636	100	280

จากตารางที่ 4-35 และตารางที่ 4-36 จะเห็นได้ว่าผู้จัดทำได้กำหนดเวลาสัญญาณไฟจราจรขั้นต่ำให้กับเส้นทางจากนิคมอมตะนครเป็น 20 วินาที เนื่องจากการปรับเวลาอ้างอิงจากสัดส่วนจำนวนรถที่ตรงไปกับเลี้ยวขวาของช่องทางเดินรถช่องกลางมีจำนวนน้อยมาก จากตารางที่ 4-35 เส้นทางจากชลบุรีเมื่อเปรียบเทียบจากสัดส่วนของรถที่มาแล้วเวลาการทำงานของสัญญาณไฟเขียวไม่ได้เพิ่มขึ้นจากเดิมเลยเพื่อให้การปรับเวลามีผลต่อทุกเส้นทาง ผู้จัดทำจึงทำการเพิ่มเวลาให้เส้นทางจากชลบุรี 5 วินาที โดยการลดเวลาจากแหลมฉบังลง 5 วินาที เนื่องจากเวลาของเส้นทางจากแหลมฉบังเพิ่มขึ้นจากเดิมถึง 25 วินาที และจากตารางที่ 4-36 ผู้จัดทำก็ได้ปรับเพิ่มลดเวลาจากการคำนวณด้วยสัดส่วนของจำนวนรถตามความเหมาะสม แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้จาก 2 ตารางนี้ยังไม่สามารถใช้ในการปรับปรุงแบบจำลองได้เลยทีเดียว ผู้จัดทำจะต้องเขียนลำดับขั้นการทำงานของสัญญาณไฟจราจรออกมาก่อน แสดงดังภาพที่ 4-52 และภาพที่ 4-53



ภาพที่ 4-52 ลำดับเวลาของสัญญาณไฟจราจรตามแนวทางการแก้ไขที่ 2 ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.



ภาพที่ 4-53 ลำดับเวลาของสัญญาณไฟจราจรตามแนวทางการแก้ไขที่ 2 ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

จากการวิเคราะห์ปัญหาที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น สามารถสรุปว่าแนวทางการแก้ไขที่ 2 จำเป็นต้องดำเนินการปรับปรุงแบบจำลอง ดังนี้

1. สร้างสะพานข้ามแยกจากนิคมอมตะนครไปอำเภอเมืองชลบุรี จำนวน 1 เส้นทาง
2. ปรับเวลาสัญญาณไฟจราจรตามสัดส่วนของรถที่เข้ามาของแต่ละเส้นทาง

แนวทางการแก้ไขที่ 3

สร้างสะพานข้ามแยกจากนิคมอมตะนครเลี้ยวขวาไปทางชลบุรีจำนวน 2 ช่องทาง คือ ช่องทางขวาเลี้ยวขวาไปชลบุรี และช่องทางกลางเลี้ยวขวาไปชลบุรี โดยเริ่มจากการวิเคราะห์สัดส่วนการเดินรถใหม่ เพื่อใช้ในการปรับปรุงแบบจำลอง จากตารางที่ 4-5 และตารางที่ 4-6 สามารถนำข้อมูลสัดส่วนการเดินรถของเส้นทางจากนิคมอมตะนครมาจัดใหม่ โดยให้รถที่มาช่องทางขวาแล้วเลี้ยวขวาขึ้นสะพานช่องทาง 1 และให้รถที่มาช่องทางกลางเลี้ยวขวาขึ้นสะพานช่องทาง 2 โดยที่ไม่จำกัดขนาดรถเพราะสะพานมีขนาดใหญ่ขึ้น ส่วนรถที่มาช่องทางกลางเพื่อตรงไปให้เลี้ยวซ้ายไปยูเทินข้างหน้า เนื่องจากมีสัดส่วนที่น้อยมากเมื่อเทียบกับเส้นทางอื่น ข้อมูลการจัดทิศทางการเดินรถใหม่ของเส้นทางจากนิคมอมตะนคร ตามแนวทางการแก้ไขที่ 3 ในช่วงเวลา 06.00-08.00 น. และ 16.00-18.00 น. แสดงดังตารางที่ 4-37

ตารางที่ 4-37 การจัดสัดส่วนทิศทางการเดินรถใหม่ ของเส้นทางจากนิคมอมตะนคร ตามแนวทางการแก้ไขที่ 3 ในช่วงเวลา 06.00-08.00 น. และ 16.00-18.00 น.

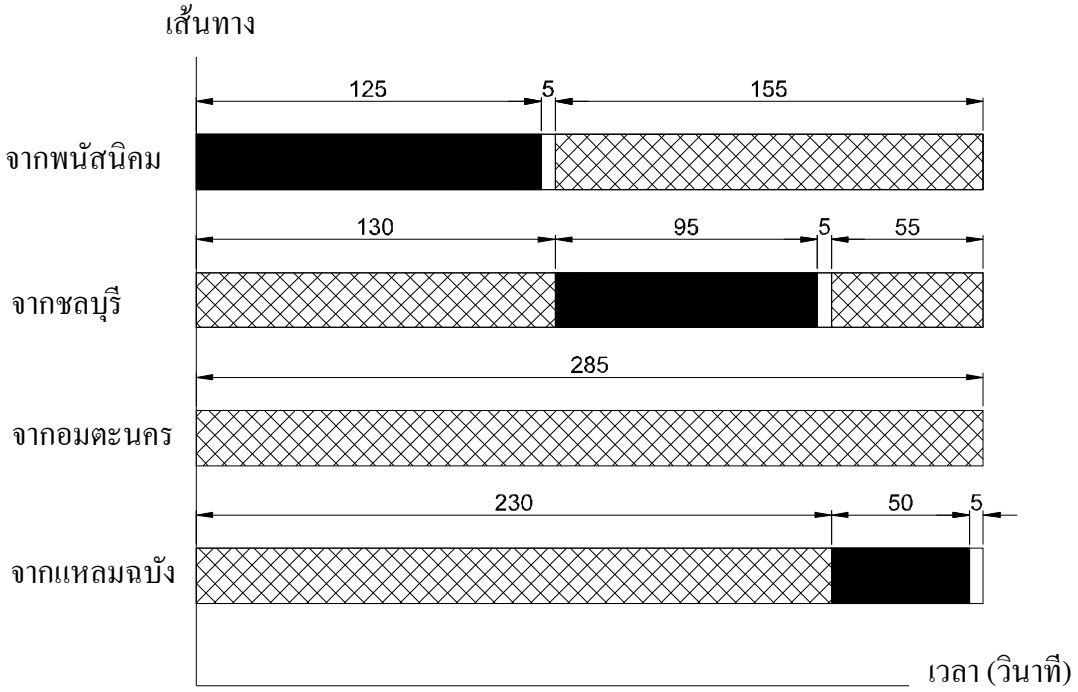
ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.			**ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.**		
ช่องทาง	**ทิศทาง**	**สัดส่วน (%)**	**ช่องทาง**	**ทิศทาง**	**สัดส่วน (%)**
สะพาน 1	เลี้ยวขวา	24.02	สะพาน 1	เลี้ยวขวา	27.99
สะพาน 2	เลี้ยวขวา	24.02	สะพาน 2	เลี้ยวขวา	27.99
ซ้าย	เลี้ยวซ้าย	51.96	ซ้าย	เลี้ยวซ้าย	44.02

จากแนวทางการแก้ไขที่ 3 ข้างต้นคือการเพิ่มช่องทางของสะพานข้ามแยกเป็น 2 ช่องทาง แล้วให้รถที่มาจากช่องทางกลางจะตรงไปแหลมฉบังออกทางช่องทางซ้าย จึงทำให้เราสามารถที่จะตัดสัญญาณไฟเขียวของเส้นทางจากนิคมอมตะนครออกได้ ดังนั้น เราสามารถเอาเวลาไฟเขียวของเส้นทางนิคมอมตะนครไปเพิ่มให้กับเส้นทางอื่นที่ยังน้อยอยู่ตามความเหมาะสมได้ เวลาไฟเขียวปรับตามแนวทางการแก้ไขที่ 3 ทั้ง 2 ช่วงเวลาแสดงดังตารางที่ 4-38

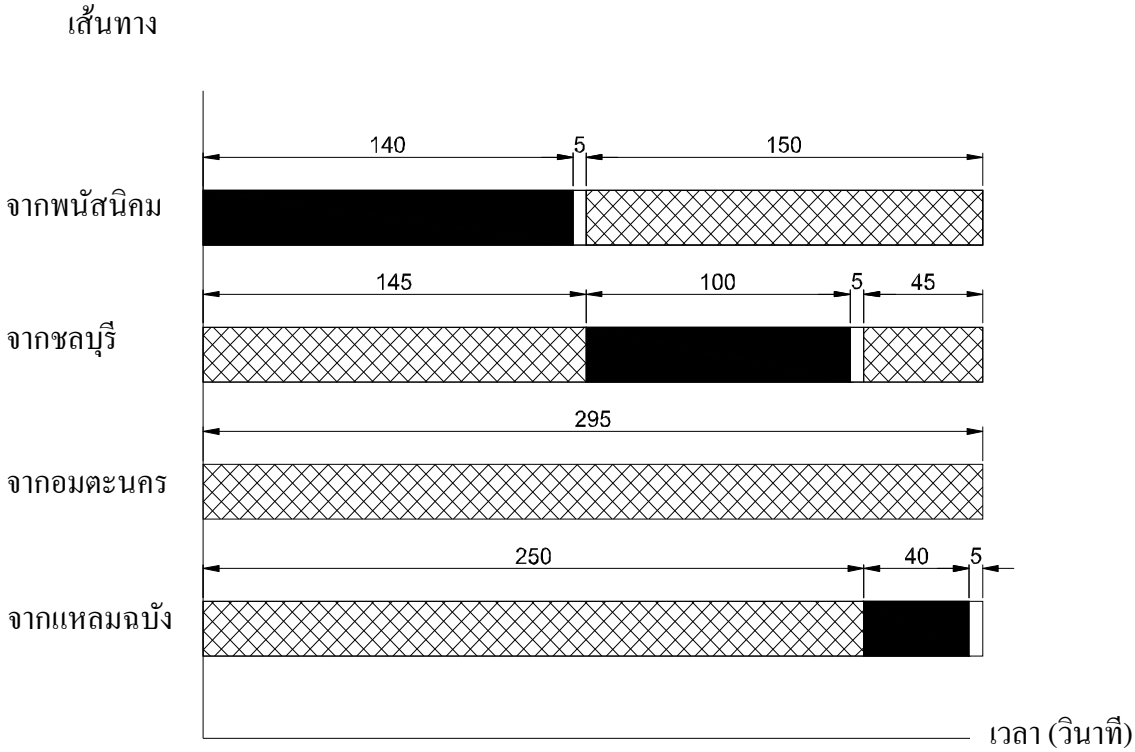
ตารางที่ 4-38 เวลาสัญญาณไฟเขียวแนวทางการแก้ไขที่ 3 ช่วงเวลา 06.00-08.00 น. และช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

เส้นทาง	06.00-08.00 น.	16.00-18.00 น.
	เวลาไฟเขียว (วินาที)	เวลาไฟเขียว (วินาที)
จากชลบุรี	95	100
จากนิคมอมตะนคร	-	-
จากพนัสนิคม	125	140
จากแหลมฉบัง	50	40
รวมทั้งหมด	270	280

จากตารางที่ 4-38 เวลาของสัญญาณไฟเขียวที่ได้ปรับตามแนวทางการแก้ไขที่ 3 สามารถนำมาเขียนเป็นลำดับขั้นการทำงานของสัญญาณไฟจราจรได้ เพื่อให้เห็นภาพได้ชัดเจนในการปรับปรุงแบบจำลอง แสดงดังภาพที่ 4-54 และภาพที่ 4-55



ภาพที่ 4-54 ลำดับเวลาของสัญญาณไฟจราจรตามแนวทางการแก้ไขที่ 3 ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.



ภาพที่ 4-55 ลำดับเวลาของสัญญาณไฟจราจรตามแนวทางการแก้ไขที่ 3 ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

จากการวิเคราะห์ปัญหาที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น สามารถสรุปว่าแนวทางการแก้ไขที่ 2 จำเป็น ต้องดำเนินการปรับปรุงแบบจำลอง ดังนี้

1. สร้างสะพานข้ามแยกจากนิคมอมตะนครไปอำเภอเมืองชลบุรี จำนวน 3 เส้นทาง
2. ปรับเวลาสัญญาณไฟจราจรตามสัดส่วนของรถที่เข้ามาของแต่ละเส้นทาง

ผลจากการปรับปรุง

ผลจากการปรับปรุงตามแนวทางการแก้ไขที่ 1

จากการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขที่ 1 โดยการปรับเวลาการทำงานของสัญญาณไฟจราจรใหม่ ด้วยการจัดตารางเวลาตามสัดส่วนการมาของรถแต่ละเส้นทางและเพิ่มเวลาในแต่ละรอบการทำงานแล้วรันแบบจำลอง เพื่อให้ทราบถึงผลจากการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไข เราสามารถนำผลการรันเฉพาะค่าพารามิเตอร์เวลารอคอยและค่าพารามิเตอร์จำนวนรถในแถวคอยของทั้ง 2 ช่วงเวลา มาทำเป็นตารางเปรียบเทียบกับค่าพารามิเตอร์จากผลการรันแบบจำลองสภาพปัจจุบันได้ แสดงดังตารางที่ 4-39

ตารางที่ 4-39 การเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของสภาพปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 1 ของช่วงเวลา 06.00-08.00 น. และช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

เส้นทาง	พารามิเตอร์	ช่วงเวลา	ช่องทางเดินรถ	สภาพปัจจุบัน	แนวทางแก้ไขที่ 1	ผลต่าง
จากอมตะนคร	เวลารอคอย (วินาที)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	-	-	-
			กลาง	15.3	20.1	-4.7
			ขวา	3.4	15.9	-12.5
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	-	-	-
			กลาง	25.8	24.0	1.8
			ขวา	21.3	10.5	10.8
	จำนวนรถในแถวคอย (คัน)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	-	-	-
			กลาง	69.1	134.0	-64.9
			ขวา	11.9	97.8	-85.9
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	-	-	-
			กลาง	171.8	106.8	65.0
			ขวา	133.1	36.2	96.9
จากชลบุรี	เวลารอคอย (วินาที)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	-	-	-
			กลาง	34.5	22.7	11.8
			ขวา	23.5	14.5	9.0
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	-	-	-
			กลาง	28.6	28.3	0.3
			ขวา	20.8	14.8	6.0
	จำนวนรถในแถวคอย (คัน)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	-	-	-
			กลาง	441.8	231.3	210.5
			ขวา	212.5	123.2	89.3
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	-	-	-
			กลาง	288.2	368.5	-80.3
			ขวา	176.2	137.8	38.4

ตารางที่ 4-39 (ต่อ)

เส้นทาง	พารามิเตอร์	ช่วงเวลา	ช่องทางเดินรถ	สภาพปัจจุบัน	แนวทางแก้ไขที่ 1	ผลต่าง
จากแหลมฉบัง	เวลารอคอย (วินาที)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	50.7	40.0	10.7
			ขวา	45.7	27.3	18.4
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	39.0	44.2	-5.2
			ขวา	27.3	32.7	-5.4
	จำนวนรถในแถวคอย (คัน)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	464.6	150.3	314.3
			ขวา	250.4	59.7	190.7
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	148.3	391.8	-243.4
			ขวา	61.78	171.98	-110.2
จากพนัสนิคม	เวลารอคอย (วินาที)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	21.0	18.7	2.3
			กลาง	19.9	29.6	-9.8
			ขวา	8.2	9.2	-1.0
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	10.4	28.9	-18.5
			กลาง	23.8	27.3	-3.6
			ขวา	2.3	18.0	-15.7
	จำนวนรถในแถวคอย (คัน)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	278.7	186.6	92.1
			กลาง	249.9	412.9	-163.0
			ขวา	80.6	74.3	6.3
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	102.3	390.0	-287.7
			กลาง	334.1	345.0	-10.9
			ขวา	18.2	175.5	-157.3

หมายเหตุ: ผลต่างที่มีค่าติดลบ หมายถึง ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากแนวทางการแก้ไขมีค่ามากกว่าสภาพปัจจุบัน

จากค่าผลต่างที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของสภาพปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 1 ที่แสดงดังตารางที่ 4-39 สามารถสรุปและวิเคราะห์ผลจากแนวทางแก้ไขที่ 1 ว่าสามารถแก้ไขปัญหาได้มากน้อยเพียงใด จากค่าผลต่างจะเห็นได้ว่าแต่ละเส้นทางจะมีผลที่แตกต่าง

กันมีบางเส้นทางที่มีค่าพารามิเตอร์ลดลงและมีบางเส้นทางมีค่าพารามิเตอร์มากขึ้น ยกตัวอย่าง ช่วงเวลา 16.00-18.00 เส้นทางจากอำเภอพนัสนิคม มีผลต่างของค่าพารามิเตอร์เวลารอคอย ช่องทางเดินรถซ้ายเพิ่มขึ้นเท่ากับ 18.5 นาที ช่องทางเดินรถกลางเพิ่มขึ้นเท่ากับ 3.6 นาที ช่องทางเดินรถขวาเพิ่มขึ้นเท่ากับ 15.7 วินาที ในขณะที่ผลต่างของค่าพารามิเตอร์ของเส้นทางจากอมตะนครมีค่าลดลงจากสภาพปัจจุบัน โดยช่องทางเดินรถซ้ายไม่นำมาเปรียบเทียบเนื่องจากไม่ต้องรอสัญญาณไฟ ช่องทางเดินลดกลางมีค่าพารามิเตอร์เวลารอคอยลดลง 1.8 นาที ช่องทางเดินรถขวามีค่าพารามิเตอร์ลดลง 10.8 นาที จะเห็นได้ว่าการปรับเวลาการทำงานของสัญญาณไฟจราจรนั้น ส่งผลกระทบกับแต่ละเส้นทางแตกต่างกัน ถ้าหากเพิ่มสัดส่วนของเวลาให้เส้นทางใดเส้นทางหนึ่งก็จะส่งผลกระทบต่ออีก 3 เส้นทางที่เหลือ ในส่วนของการเพิ่มเวลาของรอบการทำงานก็ไม่มีผลมากนักเนื่องจากสัญญาณไฟจราจรทำงานเป็นแบบวนรอบ

สรุปว่า ผลจากการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขที่ 1 ไม่สามารถที่จะแก้ไขปัญหาการจราจรสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อได้มากเท่าที่ควร แต่อย่างไรก็ตามการปรับเวลาการทำงานตามสัดส่วนการมาของรถแต่ละเส้นทางก็ทำให้ค่าพารามิเตอร์เวลารอคอยและค่าพารามิเตอร์รถในแถวคอยของแต่ละเส้นทางมีความสมดุลมากขึ้นและไม่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

ผลจากการปรับปรุงตามแนวทางการแก้ไขที่ 2

จากการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขที่ 2 โดยการสร้างสะพานข้ามแยกจากสี่แยกนิคมอมตะนครเลี้ยวขวาไปทางอำเภอเมืองชลบุรีจำนวน 1 ช่องทาง ผู้จัดทำได้นำผลการรันมาทำการเปรียบเทียบเพื่อบ่งชี้ว่าแนวทางแก้ไขปัญหาที่ 2 นี้สามารถที่จะแก้ไขปัญหาในจุดไหนได้บ้างและมากน้อยเพียงใดและยังบ่งชี้ได้ว่าจุดไหนยังคงมีปัญหาอยู่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเสนอแนวทางการแก้ไขเพิ่มเติม ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์โดยเฉลี่ยของทั้ง 2 ช่วงเวลา แสดงดังตารางที่ 4-40

ตารางที่ 4-40 การเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยของสภาพปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 2 ของช่วงเวลา 06.00-08.00 น. และช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

เส้นทาง	พารามิเตอร์	ช่วงเวลา	ช่องทางเดินรถ	สภาพปัจจุบัน	แนวทางแก้ไขที่ 2	ผลต่าง
จากอมตะนคร	เวลารอคอย (วินาที)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	-	-	-
			กลาง	15.3	4.8	10.5
			ขวา	3.4	0.0	3.4
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	-	-	-
			กลาง	25.8	22.3	3.4
			ขวา	21.3	0.0	21.3
	จำนวนรถในแถวคอย (คัน)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	-	-	-
			กลาง	69.1	6.2	62.9
			ขวา	11.9	0.1	11.8
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	-	-	-
			กลาง	171.8	44.5	127.4
			ขวา	133.1	0.5	132.6
จากชลบุรี	เวลารอคอย (วินาที)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	-	-	-
			กลาง	34.5	33.2	1.3
			ขวา	23.5	20.6	2.9
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	-	-	-
			กลาง	28.6	25.2	3.4
			ขวา	20.8	17.1	3.7
	จำนวนรถในแถวคอย (คัน)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	-	-	-
			กลาง	441.8	425.6	16.1
			ขวา	212.5	187.2	25.4
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	-	-	-
			กลาง	288.2	253.7	34.5
			ขวา	176.2	144.8	31.4

ตารางที่ 4-40 (ต่อ)

เส้นทาง	พารามิเตอร์	ช่วงเวลา	ช่องทางเดินรถ	สภาพปัจจุบัน	แนวทางแก้ไขที่ 2	ผลต่าง
จาก	เวลารอคอย	06.00-	ซ้าย	50.7	41.3	9.4
แหลม	(วินาที)	08.00 น.	ขวา	45.7	30.7	15.0
ฉบัง		16.00-	ซ้าย	39.0	29.2	9.8
		18.00 น.	ขวา	27.3	10.5	16.8
	จำนวนรถ	06.00-	ซ้าย	464.6	381.9	82.8
	ในแถวคอย	08.00 น.	ขวา	250.4	169.8	80.6
	(คัน)	16.00-	ซ้าย	148.3	109.0	39.3
		18.00 น.	ขวา	61.78	23.92	37.9
จากพนัส	เวลารอคอย	06.00-	ซ้าย	21.0	19.2	1.8
นิคม	(วินาที)	08.00 น.	กลาง	019.9	18.5	1.4
			ขวา	8.2	6.2	2.1
		16.00-	ซ้าย	10.4	3.5	6.9
		18.00 น.	กลาง	23.8	17.9	5.9
			ขวา	2.3	1.3	1.0
	จำนวนรถใน	06.00-	ซ้าย	278.7	253.6	25.1
	แถวคอย	08.00 น.	กลาง	249.9	233.1	16.8
	(คัน)		ขวา	80.6	59.6	21.0
		16.00-	ซ้าย	102.3	34.5	67.8
		18.00 น.	กลาง	334.1	251.3	82.8
			ขวา	18.2	10.3	7.9

จากตารางที่ 4-40 ในช่องผลต่างจะเห็นได้ว่าค่าพารามิเตอร์เวลาในการรอคอยและจำนวนรถในแถวคอยมีค่าที่ลดลง โดยเฉพาะเส้นทางจากนิคมอมตะนครจะมีค่าพารามิเตอร์ที่ลดลงมากที่สุด เนื่องจากเป็นเส้นทางที่ทำการสร้างทางข้ามแยก ส่วนเส้นทางอื่น ๆ นั้นที่ลดลงเนื่องจากมีการนำเวลาจากเส้นทางจากอมตะนครมาปรับเพิ่มให้ทั้ง 3 เส้นทาง

จากค่าผลต่างที่แสดงดังตารางที่ 4-40 สามารถสรุปเป็นตารางเวลาในการรอคอยที่ลดลงจากการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขที่ 2 แสดงดังตารางที่ 4-41

ตารางที่ 4-41 เวลาในการรอคอยที่ลดได้ จากการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขที่ 2

เส้นทาง	**ช่วงเวลา**	**เวลาในการรอคอยที่ลดลง (นาที)**
จากอมตะนคร	06.00-08.00 น.	13.9
	16.00-18.00 น.	24.7
จากชลบุรี	06.00-08.00 น.	4.1
	16.00-18.00 น.	7.1
จากแหลมฉบัง	06.00-08.00 น.	24.4
	16.00-18.00 น.	26.6
จากพนัสนิคม	06.00-08.00 น.	5.2
	16.00-18.00 น.	13.8
รวม		119.8

จากตารางที่ 4-41 จะได้ว่าเวลาในการรอคอยที่ลดลงจากสภาพปัจจุบันหลังจากที่ได้ทำการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขที่ 2 ของแต่ละเส้นทางมีความแตกต่างกัน แต่โดยภาพรวมสามารถสรุปได้ว่า จากการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขที่ 2 สามารถลดเวลาในการรอคอยได้ 119.8 นาที

ในการสรุปผลการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขที่ 2 ยังสามารถใช้ผลต่างจากการคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานในการที่รถต้องจอดติดในแถวคอยมาเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงได้ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจากการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขที่ 2 แสดงดังตารางที่ 4-42 และตารางที่ 4-43

ตารางที่ 4-42 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของแต่ละเส้นทางเดินรถ ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	ระยะทางที่รถติด (กม.)	สิ้นเปลืองพลังงานน้ำมัน (ลิตร)	สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย (บาท)
จากอมตะนคร	ซ้าย	-	-	-
	กลาง	0.01	0.60	16.02
	ขวา	-	-	-
จากชลบุรี	ซ้าย	-	-	-
	กลาง	1.92	282.52	7571.53
	ขวา	0.84	77.22	2069.44
จากแหลมฉบัง	ซ้าย	1.40	315.56	8457.03
	ขวา	0.62	104.06	2788.89
จากพนัสนิคม	ซ้าย	1.14	97.53	2613.82
	กลาง	1.05	86.16	2309.12
	ขวา	0.27	7.33	196.43
	รวม		970.98	26,022

ตารางที่ 4-43 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของแต่ละเส้นทางเดินรถ ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	ระยะทางที่รถติด (กม.)	สิ้นเปลืองพลังงานน้ำมัน (ลิตร)	สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย (บาท)
จากอมตะนคร	ซ้าย	0.00	0.00	0.00
	กลาง	0.11	19.87	532.49
	ขวา	0.00	0.00	0.01
จากชลบุรี	ซ้าย	0.00	0.00	0.02
	กลาง	1.14	127.66	3421.20
	ขวา	0.65	49.43	1324.67
จากแหลมฉบัง	ซ้าย	0.40	63.56	1703.49
	ขวา	0.09	5.03	134.75

ตารางที่ 4-43 (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	ระยะทางที่รถติด (กม.)	สิ้นเปลืองพลังงานน้ำมัน (ลิตร)	สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย (บาท)
จากพนัสนิคม	ซ้าย	0.16	2.38	63.91
	กลาง	1.13	90.00	2411.94
	ขวา	0.05	0.26	7.09
	รวม		358.19	9,600

จากตารางที่ 4-42 และตารางที่ 4-43 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมทั้ง 2 ช่วงเวลา เท่ากับ 26,022 + 9,600 = 35,622 บาท เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของสภาพปัจจุบัน สรุปได้ว่าผลจากการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขที่ 2 สามารถลดค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ได้เท่ากับ 56,155-35,622 = 20,533 บาท

ผลจากการปรับปรุงตามแนวทางการแก้ไขที่ 3

จากการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขปัญหาที่ 3 โดยการสร้างสะพานข้ามแยกจากสี่แยกนิคมอมตะนครเลี้ยวขวาไปทางเมืองชลบุรี จำนวน 2 ช่องทาง ผู้จัดทำได้นำผลการรันมาทำการเปรียบเทียบเพื่อบ่งชี้ว่าแนวทางแก้ไขปัญหาที่ 3 นี้สามารถที่จะแก้ไขปัญหาในจุดไหนได้บ้างและมากน้อยเพียงใดและยังบ่งชี้ได้ว่าจุดไหนยังคงมีปัญหาอยู่ เพื่อเสนอแนวทางการแก้ไขเพิ่มเติม ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของทั้ง 2 ช่วงเวลา แสดงดังตารางที่ 4-44

ตารางที่ 4-44 การเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยของสภาพปัจจุบันกับแนวทางการแก้ไขที่ 3 ของช่วงเวลา 06.00-08.00 น. และช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

เส้นทาง	พารามิเตอร์	ช่วงเวลา	ช่องทางเดินรถ	สภาพปัจจุบัน	แนวทางแก้ไขที่ 3	ผลต่าง
จากอมตะนคร	เวลารอคอย (วินาที)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	-	-	-
			กลาง	15.3	0.0	15.3
			ขวา	3.4	0.0	3.4

ตารางที่ 4-44 (ต่อ)

เส้นทาง	พารามิเตอร์	ช่วงเวลา	ช่องทางเดินรถ	สภาพปัจจุบัน	แนวทางแก้ไขที่ 3	ผลต่าง
จากอมตะนคร	เวลารอคอย (วินาที)	16.00-18.00 น.	ซ้าย	-	-	-
			กลาง	25.8	0.0	25.7
			ขวา	21.3	0.0	21.3
จากอมตะนคร	จำนวนรถในแถวคอย (คัน)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	-	-	-
			กลาง	69.1	0.0	69.0
			ขวา	11.9	0.0	11.9
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	-	-	-
			กลาง	171.8	0.1	171.7
			ขวา	133.1	0.1	133.0
จากชลบุรี	เวลารอคอย (วินาที)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	-	0.1	-
			กลาง	34.5	28.6	5.9
			ขวา	23.5	14.6	8.9
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	-	-	-
			กลาง	28.6	19.7	8.9
			ขวา	20.8	12.0	8.8
	จำนวนรถในแถวคอย (คัน)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	-	1.1	-
			กลาง	441.8	373.3	68.4
			ขวา	212.5	134.1	78.5
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	-	-	-
			กลาง	288.2	198.6	89.6
			ขวา	176.2	102.4	73.8
จากแหลมฉบัง	เวลารอคอย (วินาที)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	50.7	37.2	13.5
			ขวา	45.7	22.2	23.5
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	39.0	18.2	20.8
			ขวา	27.3	2.9	24.3

ตารางที่ 4-44 (ต่อ)

เส้นทาง	พารามิเตอร์	ช่วงเวลา	ช่องทางเดินรถ	สภาพปัจจุบัน	แนวทางแก้ไขที่ 3	ผลต่าง
จากแหลมฉบัง	จำนวนรถในแถวคอย (คัน)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	464.6	331.9	132.8
			ขวา	250.4	120.2	130.2
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	148.3	71.7	76.7
			ขวา	61.78	6.63	55.2
จากพนัสนิคม	เวลารอคอย (วินาที)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	21.0	18.7	2.3
			กลาง	19.9	17.5	2.3
			ขวา	8.2	5.3	2.9
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	10.4	3.6	6.7
			กลาง	23.8	18.2	5.5
			ขวา	2.3	1.2	1.1
	จำนวนรถในแถวคอย (คัน)	06.00-08.00 น.	ซ้าย	278.7	245.5	33.2
			กลาง	249.9	219.7	30.3
			ขวา	80.6	51.7	28.9
		16.00-18.00 น.	ซ้าย	102.3	36.3	66.0
			กลาง	334.1	247.8	86.3
			ขวา	18.2	9.3	8.9

จากตารางที่ 4-44 ในช่องผลต่างจะเห็นได้ว่าค่าพารามิเตอร์เวลาในการรอคอยและจำนวนรถในแถวคอยมีค่าที่ลดลง โดยเฉพาะเส้นทางจากนิคมอมตะนคร จะมีค่าพารามิเตอร์ที่ลดลงมากที่สุด เนื่องจากเป็นเส้นทางที่ทำการสร้างทางข้ามแยก ส่วนเส้นทางอื่น ๆ นั้นที่ลดลงเนื่องจากมีการนำเวลาจากเส้นทางจากอมตะนครมาปรับเพิ่มให้ทั้ง 3 เส้นทาง

จากค่าผลต่างที่แสดงดังตารางที่ 4-44 สามารถสรุปเป็นตารางเวลาในการรอคอยที่ลดลงจากการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขที่ 3 แสดงดังตารางที่ 4-45

ตารางที่ 4-45 เวลาในการรอคอยที่ลดได้ จากการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขที่ 3

เส้นทาง	ช่วงเวลา	เวลาในการรอคอยที่ลดลง (นาที)
จากอมตะนคร	06.00-08.00 น.	18.7
	16.00-18.00 น.	47.1
จากชลบุรี	06.00-08.00 น.	14.7
	16.00-18.00 น.	17.7
จากแหลมฉบัง	06.00-08.00 น.	37.0
	16.00-18.00 น.	45.1
จากพนัสนิคม	06.00-08.00 น.	7.6
	16.00-18.00 น.	13.4
รวม		201.3

จากตารางที่ 4-45 จะได้ว่าเวลาในการรอคอยที่ลดลงจากสภาพปัจจุบันหลังจากที่ได้ทำการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขที่ 3 ของแต่ละเส้นทางมีความแตกต่างกัน แต่โดยภาพรวมสามารถสรุปได้ว่า จากการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขที่ 3 สามารถลดเวลาในการรอคอยได้ 201.3 นาที

ในการสรุปผลการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขที่ 3 ยังสามารถใช้ผลต่างจากการคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานในการที่รถต้องจอดติดในแถวคอยมาเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงได้ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจากการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขที่ 3 แสดงดังตารางที่ 4-46 และตารางที่ 4-47

ตารางที่ 4-46 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของแต่ละเส้นทางเดินรถ ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	ระยะทางที่รถติด (กม.)	สิ้นเปลืองพลังงานน้ำมัน (ลิตร)	สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย (บาท)
จากอมตะ	ซ้าย	0.00	0.000	0.00
นคร	กลาง	0.00	0.00	0.00
	ขวา	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ 4-46 (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	ระยะทางที่รถติด (กม.)	สิ้นเปลืองพลังงานน้ำมัน (ลิตร)	สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย (บาท)
	ซ้าย	0.01	0.00	0.05
จากชลบุรี	กลาง	1.68	213.54	5722.85
	ขวา	0.60	39.23	1051.26
จากแหลมฉบัง	ซ้าย	1.21	246.90	6616.82
	ขวา	0.44	53.24	1426.83
จากพนัสนิคม	ซ้าย	1.10	91.77	2459.38
	กลาง	0.99	76.97	2062.67
	ขวา	0.23	5.47	146.68
	รวม		727.109	19,487

ตารางที่ 4-47 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของแต่ละเส้นทางเดินรถ ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	ระยะทางที่รถติด (กม.)	สิ้นเปลืองพลังงานน้ำมัน (ลิตร)	สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย (บาท)
จากอมตะนคร	ซ้าย	0.00	0.00	0.01
	กลาง	0.00	0.00	0.00
	ขวา	0.00	0.00	0.00
จากชลบุรี	ซ้าย	0.00	0.00	0.02
	กลาง	0.89	78.07	2092.16
	ขวา	0.46	24.51	656.80
จากแหลมฉบัง	ซ้าย	0.26	26.13	700.21
	ขวา	0.02	0.39	10.45
จากพนัสนิคม	ซ้าย	0.16	2.64	70.80
	กลาง	1.12	90.31	2420.29
	ขวา	0.04	0.22	5.83
	รวม		222.26	5,957

จากตารางที่ 4-46 และตารางที่ 4-47 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมทั้ง 2 ช่วงเวลา เท่ากับ 19,487+ 5957 = 25,444 บาท เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของสภาพปัจจุบัน สรุปได้ว่าผลจากการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขที่ 3 สามารถลดค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ได้เท่ากับ 56,155-25,444 = 30,711 บาท

บทที่ 5
สรุปผลและอภิปราย

สรุปผลการดำเนินงาน

การศึกษาปัญหาการจราจรสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อ โดยการใช้เทคนิคจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาและกำหนดแนวทางแก้ไขปัญหาพร้อมทั้งประเมินผลลัพธ์ ด้วยการใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากผลการรันแบบจำลองในการบ่งชี้ปัญหา ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ผู้จัดทำเลือกนำมาใช้มี 2 ประเภท คือ ค่าพารามิเตอร์เวลาในการรอคอยของรถในแถวคอยและค่าพารามิเตอร์จำนวนของรถที่สะสมในแถวคอย จากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 2 ประเภท ผู้จัดทำได้นำมาใช้เป็นข้อมูลในการบ่งชี้ปัญหา โดยการนำค่าพารามิเตอร์เวลาในการรอคอยและค่าพารามิเตอร์จำนวนรถในแถวคอยมาคำนวณหาระยะทางที่รถติดสะสมและอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน จากตารางการคำนวณพบว่าในช่วงเวลา 06.00-08.00 น. เส้นทางที่มีรถติดสะสมมากที่สุดคือ เส้นทางจากอำเภอเมืองชลบุรีในช่องทางเดินรถกลางมีรถติดสะสมยาวถึง 1.66 กม. ในช่วงเวลา 16.00-18.00 น. เส้นทางที่มีรถติดสะสมมากที่สุดคือเส้นทางจากอำเภอพนัสนิคมในช่องทางเดินรถกลาง มีรถติดสะสมยาว 1.25 กม. จากปัญหาที่มีรถติดสะสมเป็นระยะทางที่ยามมากส่งผลกระทบต่อการที่ต้องสูญเสียพลังงานในการจอดรถติดในแถวคอย จากตารางการคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานในรวมทั้ง 2 ช่วงเวลาเราจะต้องสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ถึง 2,095.41ลิตร คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปเท่ากับ 56,155 บาท

จากข้อมูลทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น เพียงพอที่ใช้ในการจะบ่งชี้ได้ว่าปัญหาการจราจรติดขัดบริเวณสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อส่งผลการทบต่อผู้คนที่ต้องสัญจรไปมาผ่านบริเวณนี้เป็นประจำ ทั้งด้านการสิ้นเปลืองพลังงาน การที่ต้องเสียเวลาในแถวคอย และยังมีผลกระทบอีกหลายอย่างที่ไม่ได้กล่าวถึงและไม่ได้นำมาวิเคราะห์ด้วย เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องเวลาและขอบเขตในการศึกษา

ดังนั้น ทางผู้จัดทำจึงได้เสนอแนวทางการแก้ไขเพื่อปรับปรุงแบบจำลองและวิเคราะห์ผล มา 3 แนวทางและได้ผลจากการปรับปรุงแบบจำลองดังต่อไปนี้

1. แนวทางการแก้ไขที่ 1 ปรับเวลาการทำงานของสัญญาณไฟจราจร ด้วยการจัดตารางเวลาตามสัดส่วนการมาของรถแต่ละเส้นทางและเพิ่มเวลาของรอบการทำงาน สรุปผลจากการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขที่ 1 ไม่สามารถที่จะแก้ไขปัญหาการจราจรสี่แยกไฟแดงดอนหัวพ่อได้มากเท่าที่ควร แต่อย่างไรก็ตามการปรับเวลาการทำงานตามสัดส่วนการมาของ

รถแต่ละเส้นทางก็ทำให้ค่าพารามิเตอร์เวลารอคอยและค่าพารามิเตอร์รถในแถวคอยของแต่ละเส้นทางมีความสมดุลมากขึ้นและไม่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

2. แนวทางการแก้ไขที่ 2 สร้างสะพานข้ามแยกจากนิคมอมตะนครเลี้ยวขวาไปทางชลบุรีจำนวน 1 ช่องทาง พร้อมปรับเวลาการทำงานของสัญญาณไฟจราจรตามสัดส่วนการมาของรถแต่ละเส้นทาง สรุปผลการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขที่ 2 สามารถลดเวลาในการรอคอยได้ 119.8 นาที สามารถลดค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ได้ 20,533 บาท

3. แนวทางการแก้ไขที่ 3 สร้างสะพานข้ามแยกจากนิคมอมตะนครเลี้ยวขวาไปทางชลบุรีจำนวน 2 ช่องทาง พร้อมปรับเวลาการทำงานของสัญญาณไฟจราจรตามสัดส่วนการมาของรถแต่ละเส้นทาง สรุปผลการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขที่ 3 สามารถลดเวลาในการรอคอยได้ 201.3 นาที สามารถลดค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ได้ 30,711 บาท

จารผลการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขทั้ง 3 แนวทางจะเห็นได้ว่าแนวทางการแก้ไขที่ 1 ไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ดีเท่าที่ควร ผู้จัดทำจึงไม่สามารถนำมาพิจารณาในการเลือกแนวทางการแก้ไขที่ดีที่สุด ดังนั้น เราสามารถเปรียบเทียบผลขอลการปรับปรุงแบบจำลองได้ดังตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 การเปรียบเทียบผลจากการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขที่เสนอ

ปรับปรุงแบบจำลอง	เวลาในการรอคอยที่ลดลง (นาที)	ค่าใช้จ่ายที่ลดลง (บาท)
ตามแนวทางการแก้ไขที่ 2	119.8	20,533
ตามแนวทางการแก้ไขที่ 3	201.3	30,711

จากตารางที่ 5-1 จะเห็นได้ว่าผลของการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขที่ 3 จะสามารถลดเวลาในการรอคอยและลดค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียในการรอคอยมากกว่าแนวทางการแก้ไขที่ 2 ผู้จัดทำจึงตัดสินใจเลือกแนวทางการแก้ไขที่ 3 เป็นแนวทางการแก้ไขที่ดีที่สุดใน 3 แนวทางนี้

อภิปรายผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานตามขั้นตอนต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 และบทที่ 4 ทำให้สามารถที่จะชี้ให้เห็นถึงปัญหาการจราจรบริเวณสี่แยกไฟแดงคอนหัวพ่อซึ่งเป็นบริเวณกรณีศึกษา

ได้ และยังสามารถที่จะเสนอแนวทางการแก้ไขได้ 3 แนวทางการแก้ไข ตามที่ได้กล่าวในหัวข้อที่แล้ว และจากการเปรียบเทียบผลการปรับปรุงแบบจำลองตามแนวทางการแก้ไขทั้ง 3 แนวทาง สรุปได้ว่าแนวทางการแก้ไขที่ 3 เป็นแนวทางการแก้ไขที่ดีที่สุด แต่ในการพิจารณาและนำเสนอแนวทางการแก้ไขที่ได้กล่าวมาทั้งหมดเป็นเพียงการพิจารณาโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองคอมพิวเตอร์เท่านั้น ไม่ได้นำปัจจัยอื่น ๆ ที่น่าจะเกี่ยวข้องมาพิจารณาร่วมด้วย เช่น ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ปัจจัยด้านการคุมทุน ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เนื่องจากในการสร้างทางข้ามแยกจะต้องมีค่าใช้จ่ายในการสร้างอีกทั้งยังมีผลกระทบกับการจราจรในระหว่างก่อสร้างด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. การนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาทั้ง 3 แนวทาง ไม่ได้มีการพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจจะส่งผลกระทบด้วย หากมีการใช้ทฤษฎีอื่น ๆ ที่เหมาะสมในการพิจารณา ก็อาจจะได้แนวทางการแก้ไขที่ดีขึ้น

2. แบบจำลองคอมพิวเตอร์เป็นเพียงเครื่องมือที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์เท่านั้น ซึ่งข้อมูลที่ได้มาจากการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล ไม่สามารถใช้ในการแก้ไขปัญหาได้ แต่ใช้เพียงเพื่อแสดงผลลัพธ์และเป็นข้อมูลในการบ่งชี้ปัญหาและเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาเท่านั้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าผู้จัดทำโครงงานนี้ไม่ได้นำเทคนิคหรือเครื่องมืออื่น ๆ มาช่วยในการสร้างทางเลือกในการแก้ไขปัญหาเลย ในอนาคตผู้ที่สนใจสามารถนำทฤษฎีหรือเครื่องมืออื่น ๆ มาประยุกต์ใช้ร่วมกันได้

บรรณานุกรม

ชลารักษ์ คนรักษ์. (2553). *การเปรียบเทียบเวลาการเดินรถภายในมหาวิทยาลัยบูรพา โดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์*. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

นุชิดา อาจวิชัย. (2542). *การประยุกต์ใช้โปรแกรม ARENA ในการจำลองรูปแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษา ระบบแถวคอยของสารการประกอบปืนอิเล็กตรอน ณ บริษัท ไทยอิเล็กตรอนกัน จำกัด*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ปานหทัย นิติลัทธิ. (2552). *การประยุกต์ใช้ RFID เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบควบคุมการเข้า-ออกประตูตรวจสอบอัตโนมัติ (E-GATE) โดยใช้แบบจำลองสถานการณ์กรณีศึกษาท่าเรือกรุงเทพการท่าเรือแห่งประเทศไทย*. เข้าถึงได้จาก http://logisticscorner.com/index.php?option=com_content&view=article&id=2408:-rfid-e-gate-2552&catid=64:

พูลศักดิ์ แก้วสุวรรณ์ (2553). *การสร้างสถานการณ์จำลองการปรับปรุงการจัดการสินค้าคงคลังกรณีศึกษาธุรกิจจำหน่ายอาหารแช่แข็ง*. เข้าถึงได้จาก http://logisticscorner.com/index.php?option=com_content&view=article&id=2525:

มัญชุมาศ ฤกษ์มงคล. (2552). *การวิเคราะห์นโยบายการสั่งซื้อวัตถุดิบที่ราคาแปรปรวนด้วยการสร้างแบบจำลองสถานการณ์*. เข้าถึงได้จาก http://logisticscorner.com/index.php?option=com_content&view=article&id=2404:2552&catid=55:inventory-

รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ. (2553). *คู่มือสร้างแบบจำลอง ARENA*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

วรชน แสงศักดา. (2554). *การจัดสรรพื้นที่การจัดวางสินค้าภายในคลังสินค้าโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์กรณีศึกษา อุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง*. เข้าถึงได้จาก http://www.logisticscorner.com/index.php?option=com_content&view=article&id=2703:-2554&catid=59:warehouse-management&Itemid=76

ศศิวรรณ รัตนอุบล และชานินทร์ ศรีสุวรรณนภา. (2556). *รายงานการวิจัย การจำลองสถานการณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การให้บริการของแผนกอายุรกรรม ตึกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลพุทธโสธร*. สมุทรปราการ: คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง .

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. (2536). *สถิติสำหรับงานวิศวกรรม*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

อำนาจ วังจีน และพรรณี บุญสุยา. (2553). *สถิติทั่วไป*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

Kelton ,D. W. (2003). Simulation with arena (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.

Maria, A. (1997). *Introduction to model and simulation.* n.p.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวก ก-1 การใส่ข้อมูลในครีเอตโมดูลของแต่ละเส้นทาง

เส้นทาง	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล	
		ช่วงเลา 06.00-08.00 น.	**ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.**
จากชลบุรี	Name:	Chon Vehicles Arrival	Chon Vehicles Arrival
	Entity Type:	Chonburi Vehicles	Chonburi Vehicles
	Expression:	-0.5 + LOGN (2.14, 2.27)	-0.5 + LOGN (2.47, 2.81)
จากพนัสนิคม	Name:	Panus Vehicles Arrival	Panus Vehicles Arrival
	Entity Type:	Panus Vehicles	Panus Vehicles
	Expression:	-0.5 + LOGN (2.18, 2.03)	-0.5 + LOGN (2.39, 2.31)
จากแหลมฉบัง	Name:	Leam Vehicles Arrival	Leam Vehicles Arrival
	Entity Type:	Leam Vehicles	Leam Vehicles
	Expression:	-0.5 + LOGN (4.59, 5.43)	-0.5 + LOGN (10.2, 15.8)
จากอมตะนคร	Name:	Amata Vehicles Arrival	Amata Vehicles Arrival
	Entity Type:	Amata Vehicles	Amata Vehicles
	Expression:	-0.5 + LOGN (4.46, 5.17)	-0.5 + LOGN (3.25, 3.69)

ตารางภาคผนวก ก-2 การใส่ข้อมูลในแอสไซน์โมดูลของแต่ละเส้นทาง

เส้นทาง	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากชลบุรี	Name:	Chon Vehicle Assign
	Assignment: (06.00-08.00 น.)	1. Attribute, Chon 1, DISC (0.280,1,0.939,2,0.964,3,0.995,4,1,5) 2. Attribute, Chon 2, DISC (0.012,1,0.084,2,0.253,3,0.613,4,1,5) 3. Attribute, Entity.Type, VehicleType (Chon 1) 4. Attribute, Entity.Picture, VehiclePicture (Chon 1) 5. Attribute, Entity.Sequence, ChonSequence (Chon 2)

ตารางภาคผนวก ก-2 (ต่อ)

เส้นทาง	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากชลบุรี	Assignment:	1. Attribute, Chon 1, DISC
	(16.00-18.00 น.)	(0.182,1,0.932,2,0.956,3,0.980,4,1,5)
		2. Attribute, Chon 2, DISC
		(0.016,1,0.071,2,0.284,3,0.622,4,1,5)
		3. Attribute, Entity.Type, VehicleType (Chon 1)
		4. Attribute, Entity.Picture, VehiclePicture (Chon 1)
		5. Attribute, Entity.Sequence, ChonSequence (Chon 2)
จากพนัส	Name:	Panus Vehicles Assign
	Assignment:	1. Attribute, Panus 1, DISC
	(06.00-08.00 น.)	(0.261,1,0.933,2,0.943,3,0.994,4,1,5)
		2. Attribute, Panus 2, DISC
		(0.004,1,0.274,2,0.474,3,0.627,4,0.990,5,1,6)
		3. Attribute, Entity.Type, VehicleType (Panus 1)
		4. Attribute, Entity.Picture, VehiclePicture (Panus 1)
		5. Attribute, Entity.Sequence, PanutSequence (Panus 2)
	Assignment:	1. Attribute, Panut 1, DISC
	(16.00-18.00 น.)	(0.123,1,0.871,2,0.892,3,0.973,4,1,5)
		2. Attribute, Panus 2, DISC
		(0.007,1,0.253,2,0.444,3,0.688,4,0.992,5,1,6)
		3. Attribute, Entity.Type, VehicleType (Panus 1)
		4. Attribute, Entity.Picture, VehiclePicture (Panus 1)
		5. Attribute, Entity.Sequence, PanutSequence (Panus 2)

ตารางภาคผนวก ก-2 (ต่อ)

เส้นทาง	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากแหลมฉบัง	Name:	Leam Vehicles Assign
	Assignment:	1. Attribute, Leam 1, DISC
	(06.00-08.00 น.)	(0.438,1,0.964,2,0.983,3,0.9997,4,1,5)
		2. Attribute, Leam 2, DISC (0.312,1,0.374,2,0.847,3,1,4)
		3. Attribute, Entity.Type, VehicleType (Leam 1)
		4. Attribute, Entity.Picture, VehiclePicture (Leam 1)
		5. Attribute, Entity.Sequence, LeamSequence (Leam 2)
	Name:	Leam Vehicles Assign
	Assignment:	1. Attribute, Leam 1, DISC
	(16.00-18.00 น.)	(0.307,1,0.924,2,0.942,3,0.999,4,1,5)
		2. Attribute, Leam 2, DISC (0.304,1,0.364,2,0.836,3,1,4)
		3. Attribute, Entity.Type, VehicleType (Leam 1)
		4. Attribute, Entity.Picture, VehiclePicture (Leam 1)
		5. Attribute, Entity.Sequence, LeamSequence (Leam 2)
จากอมตะ	Name:	Amata Vehicles Assign
	Assignment:	1. Attribute, Amata 1, DISC
	(06.00-08.00 น.)	(0.243,1,0.934,2,0.944,3,0.979,4,1,5)
		2. Attribute, Amata 2, DISC
		(0.230,1,0.480,2,0.533,3,1,4)
		3. Attribute, Entity.Type, VehicleType (Amata 1)
		4. Attribute, Entity.Picture, VehiclePicture (Amata 1)
		5. Attribute, Entity.Sequence, AmataSequence (Amata 2)

ตารางภาคผนวก ก-2 (ต่อ)

เส้นทาง	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากอมตะ	Assignment: (16.00-18.00 น.)	1. Attribute, Amata 1, DISC (0.209,1,0.913,2,0.926,3,0.970,4,1,5) 2. Attribute, Amata 2, DISC (0.292,1,0.560,2,0.605,3,1,4) 3. Attribute, Entity.Type, VehicleType (Amata 1) 4. Attribute, Entity.Picture, VehiclePicture (Amata 1) 5. Attribute, Entity.Sequence, AmataSequence (Amata 2)

ตารางภาคผนวก ก-3 การใส่ข้อมูลการในสเตชั่นโมดูลของแต่ละเส้นทาง

เส้นทาง	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากอำเภอเมืองชลบุรี	Name:	Chon Station
	Assignment:	Chon Station
จากอำเภอพนัสนิคม	Name:	Panus Station
	Assignment:	Panus Station
จากอำเภอแหลมฉบัง	Name:	Leam Station
	Assignment:	Leam Station
จากนิคมอมตะนคร	Name:	Amata Station
	Assignment:	Amata Station

ตารางภาคผนวก ก-4 การใส่ข้อมูลการในรูทโมดูลของแต่ละเส้นทาง

เส้นทาง	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากชลบุรี	Name:	Chon Route
	Route Time:	5 Seconds
	Destination Type:	By Sequence
จากอำเภอพนัสนิคม	Name:	Panus Route
	Route Time:	5 Seconds
	Destination Type:	By Sequence
จากอำเภอแหลมฉบัง	Name:	Leam Route
	Route Time:	5 Seconds
	Destination Type:	By Sequence
จากนิคมอมตะนคร	Name:	Amata Route
	Route Time:	5 Seconds
	Destination Type:	By Sequence

ตารางภาคผนวก ก-5 การใส่ข้อมูลการในสเตชั่นโมดูลของแต่ละเส้นทาง

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากชลบุรี	ซ้าย	Name:	Chon LL. Station
		Station Name:	Chon LL. Station
	กลาง	Name:	Chon ML. Station
		Station Name:	Chon ML. Station
	ขวา	Name:	Chon RL. Station
		Station Name:	Chon RL. Station

ตารางภาคผนวก ก-5 (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากอำเภอพนัสนิคม	ซ้าย	Name:	Panus LL. Station
		Station Name:	Panus LL. Station
	กลาง	Name:	Panus ML. Station
		Station Name:	Panus ML. Station
	ขวา	Name:	Panus RL. Station
		Station Name:	Panus RL. Station
จากอำเภอแหลมฉบัง	ซ้าย	Name:	Leam LL. Station
		Station Name:	Leam LL. Station
	ขวา	Name:	Leam RL. Station
		Station Name:	Leam RL. Station
จากนิคมอมตะนคร	ซ้าย	Name:	Amata LL. Station
		Station Name:	Amata LL. Station
	กลาง	Name:	Amata ML. Station
		Station Name:	Amata ML. Station
	ขวา	Name:	Amata RL. Station
		Station Name:	Amata RL. Station

ตารางภาคผนวก ก-6 การใส่ข้อมูลการในเรคคอร์ดโมดูลของแต่ละเส้นทาง

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากชลบุรี	ซ้าย	Name:	Chon LL. Arrival Time Between Record
		Type:	Time Between
		Tally Name:	Chon LL. Arrival Time Between Record
	กลาง	Name:	Chon ML. Arrival Time Between Record
		Type:	Time Between
		Tally Name:	Chon ML. Arrival Time Between Record
	ขวา	Name:	Chon RL. Arrival Time Between Record
		Type:	Time Between
		Tally Name:	Chon RL. Arrival Time Between Record
จากพนัสนิคม	ซ้าย	Name:	Panus LL. Arrival Time Between Record
		Type:	Time Between
		Tally Name:	Panus LL. Arrival Time Between Record
	กลาง	Name:	Panus ML. Arrival Time Between Record
		Type:	Time Between
		Tally Name:	Panus ML. Arrival Time Between Record
	ขวา	Name:	Panus RL. Arrival Time Between Record
		Type:	Time Between
		Tally Name:	Panus RL. Arrival Time Between Record
จากแหลมฉบัง	ซ้าย	Name:	Leam LL. Arrival Time Between Record
		Type:	Time Between
		Tally Name:	Leam LL. Arrival Time Between Record
	ขวา	Name:	Leam RL. Arrival Time Between Record
		Type:	Time Between
		Tally Name:	Leam RL. Arrival Time Between Record

ตารางภาคผนวก ก-6 (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากอมตะนคร	ซ้าย	Name:	Amata LL. Arrival Time Between Record
		Type:	Time Between
		Tally Name:	Amata LL. Arrival Time Between Record
	กลาง	Name:	Amata ML. Arrival Time Between Record
		Type:	Time Between
		Tally Name:	Amata ML. Arrival Time Between Record
	ขวา	Name:	Amata RL. Arrival Time Between Record
		Type:	Time Between
		Tally Name:	Amata RL. Arrival Time Between Record

ตารางภาคผนวก ก-7 การใส่ข้อมูลการในแอสไซน์โมดูลของแต่ละเส้นทาง

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากชลบุรี	ซ้าย	Name:	Chon LL. Vehicles Arrival Time Assign
		Assignments:	Attibute, Chon LL. Arrival Time, TNOW
	กลาง	Name:	Chon ML. Vehicles Arrival Time Assign
		Assignments:	Attibute, Chon ML. Arrival Time, TNOW
	ขวา	Name:	Chon RL. Vehicles Arrival Time Assign
		Assignments:	Attibute, Chon RL. Arrival Time, TNOW
จากพนัสนิคม	ซ้าย	Name:	Panus LL. Vehicles Arrival Time Assign
		Assignments:	Attibute, Panut LL. Arrival Time, TNOW
	กลาง	Name:	Panus ML. Vehicles Arrival Time Assign
		Assignments:	Attibute, Panut ML. Arrival Time, TNOW
	ขวา	Name:	Panus RL. Vehicles Arrival Time Assign
		Assignments:	Attibute, Panut RL. Arrival Time, TNOW

ตารางภาคผนวก ก-7 (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากแหลมฉบัง	ซ้าย	Name:	Leam LL. Vehicles Arrival Time Assign
		Assignments:	Attibute, Leam LL. Arrival Time, TNOW
	ขวา	Name:	Leam RL. Vehicles Arrival Time Assign
		Assignments:	Attibute, Leam RL. Arrival Time, TNOW
จากอมตะนคร	ซ้าย	Name:	Amata LL. Vehicles Arrival Time Assign
		Assignments:	Attibute, Amata LL. Arrival Time, TNOW
	กลาง	Name:	Amata ML. Vehicles Arrival Time Assign
		Assignments:	Attibute, Amata ML. Arrival Time, TNOW
	ขวา	Name:	Amata RL. Vehicles Arrival Time Assign
		Assignments:	Attibute, Amata RL. Arrival Time, TNOW

ตารางภาคผนวก ก-8 การใส่ข้อมูลการในโพรเซสโมดูลของแต่ละเส้นทาง

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากชลบุรี	ซ้าย	Name:	Chon LL. Traffic Lights
		Action:	Seize Delay Release
		Resources:	ChonLL
		Expression:	0.5+ERLA (0.809,3)
	กลาง	Name:	Chon ML. Traffic Lights
		Action:	Seize Delay Release
		Resources:	ChonML, ChonML Y
		Expression:	0.5+ERLA (0.809,3)
	ขวา	Name:	Chon RL. Traffic Lights
		Action:	Seize Delay Release
		Resources:	ChonRL
		Expression:	0.5+ERLA (0.809,3)
จากพนัสนิคม	ซ้าย	Name:	Panus LL. Traffic Lights
		Action:	Seize Delay Release
		Resources:	PanusLL
		Expression:	0.5+ERLA (0.809,3)
	กลาง	Name:	Panus ML. Traffic Lights
		Action:	Seize Delay Release
		Resources:	PanusML, ChonML Y
		Expression:	0.5+ERLA (0.809,3)
		Name:	Panus RL. Traffic Lights
	ขวา	Action:	Seize Delay Release
		Resources:	PanusRL
		Expression:	0.5+ERLA (0.809,3)

ตารางภาคผนวก ก-8 (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากแหลมฉบัง	ซ้าย	Name:	Leam LL. Traffic Lights
		Action:	Seize Delay Release
		Resources:	LeamLL
		Expression:	0.5+ERLA (0.809,3)
	ขวา	Name:	Leam RL. Traffic Lights
		Action:	Seize Delay Release
		Resources:	LeamRL, LeamRL Y
		Expression:	0.5+ERLA (0.809,3)
จากอมตะนคร	ซ้าย	Name:	Amata LL. Traffic Lights
		Action:	Seize Delay Release
		Resources:	AmataLL
		Expression:	0.5+ERLA (0.809,3)
	กลาง	Name:	Amata ML. Traffic Lights
		Action:	Seize Delay Release
		Resources:	AmataML, AmataML Y
		Expression:	0.5+ERLA (0.809,3)
	ขวา	Name:	Amata RL. Traffic Lights
		Action:	Seize Delay Release
		Resources:	AmataRL
		Expression:	0.5+ERLA (0.809,3)

ตารางภาคผนวก ก-9 การใส่ข้อมูลการในเรคคอร์ดโมดูลของแต่ละเส้นทาง

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากชลบุรี	ซ้าย	Name:	Chon LL. Vehicles In System Time Record
		Type:	Time Interval
		Attribute Name:	Chon LL. Arrival Time
		Tally Name:	Chon LL. Vehicles In System Time Record
	กลาง	Name:	Chon ML. Vehicles In System Time Record
		Type:	Time Interval
		Attribute Name:	Chon ML. Arrival Time
		Tally Name:	Chon ML. Vehicles In System Time Record
	ขวา	Name:	Chon RL. Vehicles In System Time Record
		Type:	Time Interval
		Attribute Name:	Chon RL. Arrival Time
		Tally Name:	Chon RL. Vehicles In System Time Record
จาก พนัสนิคม	ซ้าย	Name:	Panus LL. Vehicles In System Time Record
		Type:	Time Interval
		Attribute Name:	Panus LL. Arrival Time
		Tally Name:	Panus LL. Vehicles In System Time Record
	กลาง	Name:	Panus ML. Vehicles In System Time Record
		Type:	Time Interval
		Attribute Name:	Panus ML. Arrival Time
		Tally Name:	Panus ML. Vehicles In System Time Record
	ขวา	Name:	Panus RL. Vehicles In System Time Record
		Type:	Time Interval
		Attribute Name:	Panus RL. Arrival Time
		Tally Name:	Panus RL. Vehicles In System Time Record

ตารางภาคผนวก ก-9 ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จาก	ซ้าย	Name:	Leam LL. Vehicles In System Time Record
แหลม		Type:	Time Interval
ฉบัง		Attribute Name:	Leam LL. Arrival Time
		Tally Name:	Leam LL. Vehicles In System Time Record
	ขวา	Name:	Leam RL. Vehicles In System Time Record
		Type:	Time Interval
		Attribute Name:	Leam RL. Arrival Time
		Tally Name:	Leam RL. Vehicles In System Time Record
จาก	ซ้าย		Amata LL. Vehicles In System Time
อมตะนคร		Name:	Record
		Type:	Time Interval
		Attribute Name:	Amata LL. Arrival Time
			Amata LL. Vehicles In System Time
		Tally Name:	Record
	กลาง		Amata ML. Vehicles In System Time
		Name:	Record
		Type:	Time Interval
		Attribute Name:	Amata ML. Arrival Time
			Amata ML. Vehicles In System Time
		Tally Name:	Record
	ขวา	Name:	Amata RL. Vehicles In System Time Record
		Type:	Time Interval
		Attribute Name:	Amata RL. Arrival Time
			Amata RL. Vehicles In System Time
		Tally Name:	Record

ตารางภาคผนวก ก-10 การใส่ข้อมูลการในเรคคอร์ดโมดูลของแต่ละเส้นทาง

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากชลบุรี	ซ้าย	Name:	Chon LL. Leaving Time Between Record
		Type:	Time Between
		Tally Name:	Chon LL. Leaving Time Between Record
	กลาง	Name:	Chon ML. Leaving Time Between Record
		Type:	Time Between
		Tally Name:	Chon ML. Leaving Time Between Record
	ขวา	Name:	Chon RL. Leaving Time Between Record
		Type:	Time Between
		Tally Name:	Chon RL. Leaving Time Between Record
จากพนัสนิคม	ซ้าย	Name:	Panus LL. Leaving Time Between Record
		Type:	Time Between
		Tally Name:	Panus LL. Leaving Time Between Record
	กลาง	Name:	Panus ML. Leaving Time Between Record
		Type:	Time Between
		Tally Name:	Panus ML. Leaving Time Between Record
	ขวา	Name:	Panus RL. Leaving Time Between Record
		Type:	Time Between
		Tally Name:	Panus RL. Leaving Time Between Record
จากแหลมฉบัง	ซ้าย	Name:	Leam LL. Leaving Time Between Record
		Type:	Time Between
		Tally Name:	Leam LL. Leaving Time Between Record
	ขวา	Name:	Leam RL. Leaving Time Between Record
		Type:	Time Between
		Tally Name:	Leam RL. Leaving Time Between Record

ตารางภาคผนวก ก-10 (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากอมตะนคร	ซ้าย	Name:	Amata LL. Leaving Time Between Record
		Type:	Time Between
		Tally Name:	Amata LL. Leaving Time Between Record
	กลาง	Name:	Amata ML. Leaving Time Between Record
		Type:	Time Between
		Tally Name:	Amata ML. Leaving Time Between Record
	ขวา	Name:	Amata RL. Leaving Time Between Record
		Type:	Time Between
		Tally Name:	Amata RL. Leaving Time Between Record

ตารางภาคผนวก ก-11 การใส่ข้อมูลการในเรคคอร์ดโมดูลของแต่ละเส้นทาง

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากชลบุรี	ซ้าย	Name:	Chon LL. Vehicles Count Record
		Type:	Count
		Counter Name:	Chon LL. Vehicles Count Record
	กลาง	Name:	Chon ML. Vehicles Count Record
		Type:	Count
		Tally Name:	Chon ML. Vehicles Count Record
	ขวา	Name:	Chon RL. Vehicles Count Record
		Type:	Count
		Tally Name:	Chon RL. Vehicles Count Record

ตารางภาคผนวก ก-11 ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากพนัสนิคม	ซ้าย	Name:	Panus LL. Vehicles Count Record
		Type:	Count
		Tally Name:	Panus LL. Vehicles Count Record
	กลาง	Name:	Panus ML. Vehicles Count Record
		Type:	Count
		Tally Name:	Panus ML. Vehicles Count Record
	ขวา	Name:	Panus RL. Vehicles Count Record
		Type:	Count
		Tally Name:	Panus RL. Vehicles Count Record
จากแหลมฉบัง	ซ้าย	Name:	Leam LL. Vehicles Count Record
		Type:	Count
		Tally Name:	Leam LL. Vehicles Count Record
	ขวา	Name:	Leam RL. Vehicles Count Record
		Type:	Count
		Tally Name:	Leam RL. Vehicles Count Record
จากอมตะนคร	ซ้าย	Name:	Amata LL. Vehicles Count Record
		Type:	Count
		Tally Name:	Amata LL. Vehicles Count Record
	กลาง	Name:	Amata ML. Vehicles Count Record
		Type:	Count
		Tally Name:	Amata ML. Vehicles Count Record
	ขวา	Name:	Amata RL. Vehicles Count Record
		Type:	Count
		Tally Name:	Amata RL. Vehicles Count Record

ตารางภาคผนวก ก-12 การใส่ข้อมูลการในดีไซน์โมดูลของแต่ละเส้นทาง

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากชลบุรี	ซ้าย	Name:	Chon LL. Vehicles Type Separate
		Type:	N-way by Condition
		Condition:	Entity Type, Type 01
			Entity Type, Type 02
			Entity Type, Type 03
			Entity Type, Type 04
	กลาง	Name:	Chon ML. Vehicles Type Separate
		Type:	N-way by Condition
		Condition:	Entity Type, Type 01
			Entity Type, Type 02
			Entity Type, Type 03
			Entity Type, Type 04
	ขวา	Name:	Chon RL. Vehicles Type Separate
		Type:	N-way by Condition
		Condition:	Entity Type, Type 01
			Entity Type, Type 02
			Entity Type, Type 03
			Entity Type, Type 04
จากพนัสนิคม	ซ้าย	Name:	Panus LL. Vehicles Type Separate
		Type:	N-way by Condition
		Condition:	Entity Type, Type 01
			Entity Type, Type 02
			Entity Type, Type 03
			Entity Type, Type 04

ตารางภาคผนวก ก-12 (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากพนัสนิคม	กลาง	Name:	Panus ML. Vehicles Type Separate
		Type:	N-way by Condition
		Condition:	Entity Type, Type 01
			Entity Type, Type 02
			Entity Type, Type 03
			Entity Type, Type 04
	ขวา	Name:	Panus RL. Vehicles Type Separate
		Type:	N-way by Condition
		Condition:	Entity Type, Type 01
			Entity Type, Type 02
			Entity Type, Type 03
			Entity Type, Type 04
จากแหลมฉบัง	ซ้าย	Name:	Leam LL. Vehicles Type Separate
		Type:	N-way by Condition
		Condition:	Entity Type, Type 01
			Entity Type, Type 02
			Entity Type, Type 03
			Entity Type, Type 04
	ขวา	Name:	Leam RL. Vehicles Type Separate
		Type:	N-way by Condition
		Condition:	Entity Type, Type 01
			Entity Type, Type 02
			Entity Type, Type 03
			Entity Type, Type 04

ตารางภาคผนวก ก-12 (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากอมตะนคร	ซ้าย	Name:	Amata LL. Vehicles Type Separate
		Type:	N-way by Condition
		Condition:	Entity Type, Type 01
			Entity Type, Type 02
			Entity Type, Type 03
			Entity Type, Type 04
	กลาง	Name:	Amata ML. Vehicles Type Separate
		Type:	N-way by Condition
		Condition:	Entity Type, Type 01
			Entity Type, Type 02
			Entity Type, Type 03
			Entity Type, Type 04
จากอมตะนคร	ขวา	Name:	Amata RL. Vehicles Type Separate
		Type:	N-way by Condition
		Condition:	Entity Type, Type 01
			Entity Type, Type 02
			Entity Type, Type 03
			Entity Type, Type 04

ตารางภาคผนวก ก-13 การใส่ข้อมูลการในเรคคอร์ดโมดูลของแต่ล่ะเส้นทางและแต่ละช่องทาง

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	ชนิดของรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากชลบุรี	ช่องซ้าย	รถสองล้อ	Name:	Chon LL. Type 01 Record
		และสามล้อ	Type:	Count
			Counter Name:	Chon LL. Type 01 Record
		รถสี่ล้อ	Name:	Chon LL. Type 02 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Chon LL. Type 02 Record
		รถหกล้อ	Name:	Chon LL. Type 03 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Chon LL. Type 03 Record
		รถสิบล้อ	Name:	Chon LL. Type 04 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Chon LL. Type 04 Record
		รถมากกว่า	Name:	Chon LL. Type 05 Record
		สิบล้อ	Type:	Count
			Counter Name:	Chon RL. Type 05 Record
	ช่องกลาง	รถสองล้อ	Name:	Chon ML. Type 01 Record
		และสามล้อ	Type:	Count
			Counter Name:	Chon ML. Type 01 Record
		รถสี่ล้อ	Name:	Chon ML. Type 02 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Chon ML. Type 02 Record
		รถหกล้อ	Name:	Chon ML. Type 03 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Chon ML. Type 03 Record

ตารางภาคผนวก ก-13 (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	ชนิดของรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากชลบุรี	ช่องกลาง	รถสิบล้อ	Name:	Chon ML. Type 04 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Chon ML. Type 04 Record
		รถมากกว่าสิบล้อ	Name:	Chon ML. Type 05 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Chon ML. Type 05 Record
	ช่องขวา	รถสองล้อและสามล้อ	Name:	Chon RL. Type 01 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Chon RL. Type 01 Record
		รถสี่ล้อ	Name:	Chon RL. Type 02 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Chon RL. Type 02 Record
		รถหกล้อ	Name:	Chon RL. Type 03 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Chon RL. Type 03 Record
		รถสิบล้อ	Name:	Chon RL. Type 04 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Chon RL. Type 04 Record
		รถมากกว่าสิบล้อ	Name:	Chon RL. Type 05 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Chon RL. Type 05 Record
จากพนัสนิคม	ช่องซ้าย	รถสองล้อและสามล้อ	Name:	Panus LL. Type 01 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Panus LL. Type 01 Record

ตารางภาคผนวก ก-13 (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	ชนิดของรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากพนัสนิคม	ช่องซ้าย	รถสี่ล้อ	Name:	Panus LL. Type 02 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Panus LL. Type 02 Record
		รถหกล้อ	Name:	Chon LL. Type 03 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Panus LL. Type 03 Record
		รถสิบล้อ	Name:	Panus LL. Type 04 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Panus LL. Type 04 Record
		รถมากกว่าสิบล้อ	Name:	Panus LL. Type 05 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Panus RL. Type 05 Record
	ช่องกลาง	รถสองล้อและสามล้อ	Name:	Panus ML. Type 01 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Panus ML. Type 01 Record
		รถสี่ล้อ	Name:	Panus ML. Type 02 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Panus ML. Type 02 Record
		รถหกล้อ	Name:	Panus ML. Type 03 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Panus ML. Type 03 Record
		รถสิบล้อ	Name:	Panus ML. Type 04 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Panus ML. Type 04 Record

ตารางภาคผนวก ก-13 (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	ชนิดของรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากพนัสนิคม	ช่องกลาง	รถมากกว่าสิบล้อ	Name:	Panus ML. Type 05 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Panus ML. Type 05 Record
	ช่องขวา	รถสองล้อและสามล้อ	Name:	Panus RL. Type 01 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Panus RL. Type 01 Record
		รถสี่ล้อ	Name:	Panus RL. Type 02 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Panus RL. Type 02 Record
		รถหกล้อ	Name:	Panus RL. Type 03 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Panus RL. Type 03 Record
		รถสิบล้อ	Name:	Panus RL. Type 04 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Panus RL. Type 04 Record
		รถมากกว่าสิบล้อ	Name:	Panus RL. Type 05 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Panus RL. Type 05 Record
จากแหลมฉบัง	ช่องซ้าย	รถสองล้อและสามล้อ	Name:	Leam LL. Type 01 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Leam LL. Type 01 Record
		รถสี่ล้อ	Name:	Leam LL. Type 02 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Leam LL. Type 02 Record

ตารางภาคผนวก ก-13 (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	ชนิดของรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากแหลมฉบัง	ช่องซ้าย	รถหกล้อ	Name:	Leam LL. Type 03 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Leam LL. Type 03 Record
		รถสิบล้อ	Name:	Leam LL. Type 04 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Leam LL. Type 04 Record
		รถมากกว่าสิบล้อ	Name:	Leam LL. Type 05 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Leam RL. Type 05 Record
	ช่องขวา	รถสองล้อและสามล้อ	Name:	Leam RL. Type 01 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Leam RL. Type 01 Record
		รถสี่ล้อ	Name:	Leam RL. Type 02 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Leam RL. Type 02 Record
		รถหกล้อ	Name:	Leam RL. Type 03 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Leam RL. Type 03 Record
		รถสิบล้อ	Name:	Leam RL. Type 04 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Leam RL. Type 04 Record
		รถมากกว่าสิบล้อ	Name:	Leam RL. Type 05 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Leam RL. Type 05 Record

ตารางภาคผนวก ก-13 (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	ชนิดของรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากอมตะนคร	ช่องซ้าย	รถสองล้อและสามล้อ	Name:	Amata LL. Type 01 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Amata LL. Type 01 Record
		รถสี่ล้อ	Name:	Amata LL. Type 02 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Amata LL. Type 02 Record
		รถหกล้อ	Name:	Amata LL. Type 03 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Amata LL. Type 03 Record
		รถสิบล้อ	Name:	Amata LL. Type 04 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Amata LL. Type 04 Record
		รถมากกว่าสิบล้อ	Name:	Amata LL. Type 05 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Amata RL. Type 05 Record
	ช่องกลาง	รถสองล้อและสามล้อ	Name:	Amata ML. Type 01 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Amata ML. Type 01 Record
		รถสี่ล้อ	Name:	Amata ML. Type 02 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Amata ML. Type 02 Record
		รถหกล้อ	Name:	Amata ML. Type 03 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Amata ML. Type 03 Record

ตารางภาคผนวก ก-13 (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	ชนิดของรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากอมตะนคร	ช่องกลาง	รถสิบล้อ	Name:	Amata ML. Type 04 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Amata ML. Type 04 Record
		รถมากกว่าสิบล้อ	Name:	Amata ML. Type 05 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Amata ML. Type 05 Record
	ช่องขวา	รถสองล้อและสามล้อ	Name:	Amata RL. Type 01 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Amata RL. Type 01 Record
		รถสี่ล้อ	Name:	Amata RL. Type 02 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Amata RL. Type 02 Record
		รถหกล้อ	Name:	Amata RL. Type 03 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Amata RL. Type 03 Record
		รถสิบล้อ	Name:	Amata RL. Type 04 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Amata RL. Type 04 Record
		รถมากกว่าสิบล้อ	Name:	Amata RL. Type 05 Record
			Type:	Count
			Counter Name:	Amata RL. Type 05 Record

ตารางภาคผนวก ก-14 การใส่ข้อมูลการในเรคคอร์ดโมดูลของแต่ละเส้นทาง

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากชลบุรี	ซ้าย	Name:	Chon LL. Leaving Route
		Route Time:	15 Seconds
		Destination Type:	By Sequence
	กลาง	Name:	Chon ML. Leaving Route
		Route Time:	15 Seconds
		Destination Type:	By Sequence
	ขวา	Name:	Chon RL. Leaving Route
		Route Time:	15 Seconds
		Destination Type:	By Sequence
จากพนัสนิคม	ซ้าย	Name:	Panus LL. Leaving Route
		Route Time:	15 Seconds
		Destination Type:	By Sequence
	กลาง	Name:	Panus ML. Leaving Route
		Route Time:	15 Seconds
		Destination Type:	By Sequence
	ขวา	Name:	Panus RL. Leaving Route
		Route Time:	15 Seconds
		Destination Type:	By Sequence
จากแหลมฉบัง	ซ้าย	Name:	Leam LL. Leaving Route
		Route Time:	15 Seconds
		Destination Type:	By Sequence
	ขวา	Name:	Leam RL. Leaving Route
		Route Time:	15 Seconds
		Destination Type:	By Sequence

ตารางภาคผนวก ก-14 (ต่อ)

เส้นทาง	ช่องทางเดินรถ	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากอมตะนคร	ซ้าย	Name:	Amata LL. Leaving Route
		Route Time:	15 Seconds
		Destination Type:	By Sequence
	กลาง	Name:	Amata ML. Leaving Route
		Route Time:	15 Seconds
		Destination Type:	By Sequence
	ขวา	Name:	Amata RL. Leaving Route
		Route Time:	15 Seconds
		Destination Type:	By Sequence

ตารางภาคผนวก ก-15 การใส่ข้อมูลตารางเวลาของแต่ละเส้นทาง ช่วงเวลา 06.00-08.00 น.

เส้นทาง	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล	
		ทรัพยากรตัวที่ 1	ทรัพยากรตัวที่ 2
จากพนัส	Name:	Panus Schedule	Panus Schedule Y
	Type:	Capacity	Capacity
	Durations:	1, 117.5	1, 117.5
		1, 2.5	0, 5
		0, 170	1, 167.5

ตารางภาคผนวก ก-15 (ต่อ)

เส้นทาง	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล	
		ทรัพยากรตัวที่ 1	ทรัพยากรตัวที่ 2
จากชลบุรี	Name:	Chon Schedule	Chon Schedule Y
	Type:	Capacity	Capacity
	Durations:	0, 125	1, 125
		1, 77.5	1, 77.5
		1, 2.5	0, 5
		0, 85	1, 82.5
จากอมตะนคร	Name:	Amata Schedule	Amata Schedule Y
	Type:	Capacity	Capacity
	Durations:	0, 210	1, 210
		1, 47.5	1, 47.5
		1, 2.5	0, 5
		0, 30	1, 27.5
จากแหลมฉบัง	Name:	Leam Schedule	Leam Schedule Y
	Type:	Capacity	Capacity
	Durations:	0, 265	1, 265
		1, 17.5	1, 17.5
		1, 2.5	0, 5
		0, 5	1, 2.5

ตารางภาคผนวก ก-16 การใส่ข้อมูลตารางเวลาของแต่ละเส้นทาง ช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

เส้นทาง	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล	
		ทรัพยากรตัวที่ 1	ทรัพยากรตัวที่ 2
จากพนัส	Name:	Panus Schedule	Panus Schedule Y
	Type:	Capacity	Capacity
	Durations:	1, 117.5	1, 117.5
		1, 2.5	0, 5
		0, 180	1, 177.5
จากชลบุรี	Name:	Chon Schedule	Chon Schedule Y
	Type:	Capacity	Capacity
	Durations:	0, 125	1, 125
		1, 77.5	1, 77.5
		1, 2.5	0, 5
		0, 95	1, 92.5
จากอมตะนคร	Name:	Amata Schedule	Amata Schedule Y
	Type:	Capacity	Capacity
	Durations:	0, 210	1, 210
		1, 57.5	1, 57.5
		1, 2.5	0, 5
		0, 30	1, 27.5
จากแหลมฉบัง	Name:	Leam Schedule	Leam Schedule Y
	Type:	Capacity	Capacity
	Durations:	0, 275	1, 275
		1, 17.5	1, 17.5
		1, 2.5	0, 5
		0, 5	1, 2.5

ตารางภาคผนวก ก-17 การใส่ข้อมูลใน Resource Spreadsheet Module ของแต่ละเส้นทาง

เส้นทาง	การใส่ข้อมูล			
	Resource Name:	**Type:**	**Schedule Name:**	**Schedule Rule:**
จากชลบุรี	Chon LL	Fixed Capacity	1	Wait
	Chon ML	Based on Schedule	Chon Schedule	Ignore
	Chon ML Y	Based on Schedule	Chon Schedule Y	Ignore
	Chon RL	Based on Schedule	Chon Schedule	Ignore
จากพนัสนิคม	Panus LL	Based on Schedule	Panus Schedule	Ignore
	Panus ML	Based on Schedule	Panus Schedule	Ignore
	Panus ML Y	Based on Schedule	Panus Schedule Y	Ignore
	Panus RL	Based on Schedule	Panus Schedule	Ignore
จากแหลมฉบัง	Leam LL	Based on Schedule	Leam Schedule	Ignore
	Leam RL	Based on Schedule	Leam Schedule	Ignore
	Leam RL Y	Based on Schedule	Leam Schedule Y	Ignore
จากอมตะนคร	Amata LL	Fixed Capacity	1	Wait
	Amata ML	Based on Schedule	Amata Schedule	Ignore
	Amata ML Y	Based on Schedule	Amata Schedule Y	Ignore
	Amata RL	Based on Schedule	Amata Schedule	Ignore

ตารางภาคผนวก ก-18 การใส่ข้อมูลใน Sequence Spreadsheet Module ของแต่ละเส้นทาง

เส้นทาง	Sequence	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากชลบุรี	1	Name:	Chon Seq. 01
		Steps:	Chon RL. Station
			Chon Leaving Station

ตารางภาคผนวก ก-18 (ต่อ)

เส้นทาง	Sequence	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากชลบุรี	2	Name:	Chon Seq. 02
		Steps:	Chon RL. Station
			Leam Leaving Station
	3	Name:	Chon Seq. 03
		Steps:	Chon RL. Station
			Panus Leaving Station
	4	Name:	Chon Seq. 04
		Steps:	Chon ML. Station
			Panus Leaving Station
	5	Name:	Chon Seq. 05
		Steps:	Chon LL. Station
			Amata Leaving Station
จากพนัส	1	Name:	Panus Seq. 01
		Steps:	Panus RL. Station
			Panus Leaving Station
	2	Name:	Panus Seq. 02
		Steps:	Panus RL. Station
			Amata Leaving Station
	3	Name:	Panus Seq. 03
		Steps:	Panus ML. Station
			Amata Leaving Station
	4	Name:	Panus Seq. 04
		Steps:	Panus ML. Station
			Chon Leaving Station

ตารางภาคผนวก ก-18 (ต่อ)

เส้นทาง	Sequence	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากพนัส	5	Name:	Panus Seq. 05
		Steps:	Panus LL. Station
			Chon Leaving Station
	6	Name:	Panus Seq. 06
		Steps:	Panus LL. Station
			Leam Leaving Station
จากแหลมฉบัง	1	Name:	Leam Seq. 01
		Steps:	Leam RL. Station
			Panus Leaving Station
	2	Name:	Leam Seq. 02
		Steps:	Leam RL. Station
			Amata Leaving Station
	3	Name:	Leam Seq. 03
		Steps:	Leam LL. Station
			Amata Leaving Station
	4	Name:	Leam Seq. 04
		Steps:	Leam LL. Station
			Chon Leaving Station
จากอมตะนคร	1	Name:	Amata Seq. 01
		Steps:	Amata RL. Station
			Chon Leaving Station
	2	Name:	Amata Seq. 02
		Steps:	Amata ML. Station
			Chon Leaving Station

ตารางภาคผนวก ก-18 (ต่อ)

เส้นทาง	Sequence	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากอมตะนคร	3	Name:	Amata Seq. 03
		Steps:	Amata ML. Station
			Leam Leaving Station
	4	Name:	Amata Seq. 04
		Steps:	Amata LL. Station
			Panus Leaving Station

ตารางภาคผนวก ก-19 การใส่ข้อมูลใน Advanced Set Spreadsheet Module แต่ละเส้นทาง

เส้นทาง	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากชลบุรี	Name:	ChonSequence
	Set Type:	Other
	Members:	Chon Seq. 01
		Chon Seq. 02
		Chon Seq. 03
		Chon Seq. 04
		Chon Seq. 05
จากพนัส	Name:	PanusSequence
	Set Type:	Other
	Members:	Panus Seq. 01
		Panus Seq. 02
		Panus Seq. 03
		Panus Seq. 04
		Panus Seq. 05
		Panus Seq. 06

ตารางภาคผนวก ก-19 (ต่อ)

เส้นทาง	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
จากแหลมฉบัง	Name:	LeamSequence
	Set Type:	Other
	Members:	Leam Seq. 01
		Leam Seq. 02
		Leam Seq. 03
		Leam Seq. 04
จากอมตะ	Name:	AmataSequence
	Set Type:	Other
	Members:	Amata Seq. 01
		Amata Seq. 02
		Amata Seq. 03
		Amata Seq. 04

ตารางภาคผนวก ก-20 ข้อมูลการกำหนดค่าลงสเตชั่นโมดูลทางออก

ทิศทางออก	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
ทางออกไปชลบุรี	Name:	Chon Leaving Station
	Station Type:	Station
	Station Name:	Chon Leaving Station
ทางออกไปพนัสนิคม	Name:	Panus Leaving Station
	Station Type:	Station
	Station Name:	Panus Leaving Station

ตารางภาคผนวก ก-20 (ต่อ)

ทิศทางออก	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
ทางออกไปแหลมฉบัง	Name:	Leam Leaving Station
	Station Type:	Station
	Station Name:	Leam Leaving Station
ทางออกไปอมตะนคร	Name:	Amata Leaving Station
	Station Type:	Station
	Station Name:	Amata Leaving Station

ตารางภาคผนวก ก-21 ข้อมูลกำหนดค่าในดิสโพสโมดูล เพื่อนำยานพาหนะออกจากระบบ

ทิศทางออก	คำสั่ง	การใส่ข้อมูล
ทางออกไปชลบุรี	Name:	Chon Leaving
ทางออกไปพนัสนิคม	Name:	Panus Leaving
ทางออกไปแหลมฉบัง	Name:	Leam Leaving
ทางออกไปอมตะนคร	Name:	Amata Leaving