

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การจำลองระบบเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับด่านเก็บค่าธรรมเนียม
ผ่านทาง สะพานมิตรภาพไทย-ลาว แห่งที่ 1 จังหวัดหนองคาย

SIMULATION MODELING FOR TOLL WAY COLLECTION DECISION
SUPPORT SYSTEM CASE STUDY AT THAI-LAOS FRIENDSHIP BRIDGE I
NONGKAY PROVINCE



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2554

KMITL-2011-IT-M-001-004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**SIMULATION MODELING FOR TOLL WAY COLLECTION DECISION
SUPPORT SYSTEM CASE STUDY AT THAI-LAOS FRIENDSHIP BRIDGE I
NONGKAY PROVINCE**



**A THESIS SUBMITTED IN PATIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INFORMATION TECHNOLOGY
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2011

KMITL-2011-IT-M-001-004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2011

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การจำลองระบบเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับด่านเก็บ
ค่าธรรมเนียมผ่านทาง สะพานมิตรภาพไทย-ลาว แห่งที่ 1
จังหวัด หนองคาย

นักศึกษา

นายวรจักร เลิศลิตรุ่งโรจน์

รหัสนักศึกษา

49066707

ปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

เทคโนโลยีสารสนเทศ

แขนงวิชา

วิทยาการสารสนเทศ

พ.ศ.

2554

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. พรฤดี เนติโสภาคกุล

บทคัดย่อ

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอการจำลองระบบเพื่อช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการเพิ่มช่องทางที่ 2 สำหรับด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางสะพานมิตรภาพไทย-ลาว แห่งที่ 1 จังหวัดหนองคาย โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ เพื่อหาแบบจำลองจำนวนรถที่เหมาะสมกับระบบฯ ที่ทำการศึกษาโดยมีแบบจำลองอัตราการมาถึงของรถ ได้แก่ แบบจำลองแบบไม่มีความแปรปรวนแบบจำลองแบบแปรปรวนเดี่ยวรายชั่วโมง แบบจำลองแปรปรวนเดี่ยวรายวันในสัปดาห์แบบจำลองแปรปรวนสองตัวแปรจากค่าเฉลี่ยแท้ แบบจำลองแปรปรวนสองตัวแปรจากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง แบบจำลองแปรปรวนสามตัวแปรจากค่าเฉลี่ยแท้ แบบจำลองแปรปรวนสามตัวแปรจากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง โดยเปรียบเทียบแบบจำลองทั้ง 7 ประเภท ทำการวัดค่าที่ได้จากค่าของจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับจำนวนรถที่ได้จากการจำลองเพื่อหาแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด จากนั้นนำไปใช้ในการจำลองระบบ 2 ช่องทาง โดยพฤติกรรมของระบบที่มีการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้คุณลักษณะของระบบมีการเปลี่ยนแปลงคือ การเข้าใช้ระบบมีได้หลายรูปแบบ จึงได้ทำการกำหนดนโยบายการเข้าใช้ระบบออกเป็น 4 นโยบายได้แก่ การมาถึงแบบสุ่ม การมาถึงแบบสลับ การมาถึงแบบแถวคอยสั้นที่สุด และการมาถึงแบบใกล้ช่องเก็บเงินมากที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้คือปัจจัยที่ชี้วัดประสิทธิภาพของระบบได้แก่ จำนวนแถวคอย จำนวนแถวคอยที่ต้องคอยมากกว่า 10 วินาที เวลาคอยโดยรวม เวลาคอยโดยเฉลี่ย จำนวนแถวคอยที่ติดต่อกันมากที่สุด พื้นที่ ๆ ถูกใช้เนื่องจากแถวคอยติดต่อกันมากที่สุด และรายได้ที่ได้รับเมื่อเพิ่มช่องทางที่ 2

ผลลัพธ์การวิจัยในส่วนของแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดคือ แบบจำลองแปรปรวนสามตัวแปรจากค่าเฉลี่ยแท้ และผลลัพธ์ในส่วนของนโยบายการเข้าใช้ระบบเมื่อมี 2 ช่องทางที่ดีที่สุดคือ นโยบายการเข้าใช้ระบบแบบสลับ อันดับถัดมาคือนโยบายการเข้าใช้ระบบแบบแถวคอยสั้นที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Simulation modeling for toll way collection decision support system case study at Thai-Laos friendship bridge I Nongkay province
Student	Mr.Worachat Lertlilitrunroj
Student ID.	49066707
Degree	Master of Science
Program	Information Technology
Major	Information Science
Year	2011
Thesis Advisor	Asst.Prof. Dr. Ponrudee Netisopakul

ABSTRACT

In this work, to present the simulation modeling for toll way collection decision support system for open the new service lane at Thai-Laos friendship bridge I Nongkay province. The objectives in this works are to explore the appropriate arrival rate model and simulating the new system that opened the 2 lane for service with an appropriate arrival rate model. To explore the appropriate arrival rate model for current system; by the arrival rate model can be divided into 7 models. These are the arrival rate model (1) non-variate model: NVM. (2) uni-variate by hour model: UVHM. (3) uni-variate by day model: UVDM. (4) bi-variate true mean model: BVTMM. (5) bi-variate blocked mean model: BVBMM (6) tri-variate true mean model: TVTMM. (7) tri-variate blocked mean model: TBTMM. The appropriate model is minimum values from the comparison 7 models with calculation the total differences, absolute error, sum square error, mean square error, and standard deviation error. To simulating the new system that opened 2 lanes for service with appropriate arrival rate model; by the new system have a feature that the customer selection lane service policies. The customer selection lane service policies can be divided into 4 policies. These are (1) Random Lane Selection: RLS. (2) Seesaw Lane Selection: SLS. (3) Shortest Queue Lane Selection: SQLS. (4) Shortest Distance Lane Selection: SDLS. The result of this work is the performance system factors when system changed. The performance system factors consist of number of waiting customer, number of waiting customer more than 10 seconds, total waiting time, average waiting time, maximum number of waiting customer in each

hour, total distance for maximum number of waiting customer in each hour, and revenue when a system opened the 2 lane for service.

The result of appropriate arrival rate model from this research is the tri-variate true mean model (TVTMM). By the number of vehicles from simulation is similar to the collected data. The best policy is the seesaw lane selection (SLS) when comparison with other policies and the second is the shortest queue lane selection (SQLS).



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก ผศ.ดร. พรฤดี เนติโสภาคกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และ ดร. ปานวิทย์ ฐะนุติ ข้าพเจ้ารู้สึกทราบบซึ่งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ทั้งสองท่านอย่างยิ่งและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบพระคุณคณาจารย์คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบคุณองค์กรฝ่ายจัดเก็บและพัฒนาด้านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางฯ สะพานมิตรภาพไทย-ลาว แห่งที่ 1 จังหวัดหนองคาย ที่ได้สนับสนุนข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ในห้องปฏิบัติการวิศวกรรมองค์ความรู้ (KMAKE Lab) คณะเทคโนโลยีสารสนเทศสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ให้คำแนะนำต่าง ๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกเรื่องๆ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

วรฉัตร เลิศลิขิตรุ่งโรจน์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	IV
สารบัญ.....	V
สารบัญตาราง.....	IX
สารบัญรูป.....	XIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.6 ขั้นตอนการศึกษา.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 การจำลองระบบ.....	4
2.1.1 ขั้นตอนการจำลองระบบ.....	4
2.1.2 ปัจจัยที่มีความสำคัญในการจำลองระบบ.....	5
2.1.3 องค์ประกอบของระบบจำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง.....	6
2.1.4 การวิเคราะห์ผลลัพธ์จากการจำลองระบบ.....	8
2.2 ทฤษฎีแถวคอย.....	10
2.2.1 แบบจำลองแถวคอย.....	10
2.2.2 องค์ประกอบและสัญลักษณ์แถวคอย.....	12
2.2.3 พารามิเตอร์แถวคอย.....	13
2.2.4 การวัดประสิทธิภาพแถวคอย.....	14
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	16
2.3.1 Input Modeling Techniques for Discrete-Event Simulations.....	16
2.3.2 Simulating a Nonstationary Poisson process using bivariate thinning: the case of “typical weekday” arrivals at a consumer electronics store.....	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.3 Using computer simulation to determine operations policies for a mechanized car park.....	21
บทที่ 3 การจำลองระบบเพื่อช่วยสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทาง...	24
3.1 การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบจำลองและกลไกการจำลองระบบ.....	24
3.1.1 การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบจำลอง.....	24
3.1.2 กลไกการจำลองระบบ.....	26
3.1.2.1 โมดูลการกำหนดค่าเบื้องต้น.....	26
3.1.2.2 โมดูลการจำลองระบบ.....	27
3.1.2.3 โมดูลการสร้างรายงาน.....	34
3.1.3 การจัดรูปแบบไฟล์แบบจำลองเพื่อใช้ในการจำลองระบบ.....	35
3.2 ข้อมูลทางสถิติที่รวบรวมและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง.....	37
3.2.1 ข้อมูลทางสถิติจำนวนรถไม่แยกประเภท.....	37
3.2.2 ข้อมูลทางสถิติจำนวนรถที่มีการแยกประเภท.....	39
3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบทัวซองค์.....	43
3.2.4 เวลาในการให้บริการต่อกัน.....	45
3.2.5 อัตราค่าธรรมเนียมแยกตามประเภท.....	45
3.2.6 ความยาวรถแต่ละประเภท.....	46
บทที่ 4 การออกแบบการทดลองและผลการทดลอง.....	49
4.1 กระบวนการทดลองและการออกแบบการจำลองระบบ.....	49
4.1.1 กำหนดวัตถุประสงค์การจำลองระบบ.....	49
4.1.2 กำหนดตัวชี้วัดประสิทธิภาพของระบบ.....	49
4.1.3 กำหนดตัวแปรต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับการจำลองระบบ.....	50
4.1.4 สมมติฐานและปัจจัยคงที่ที่ใช้ในการจำลองระบบ.....	51
4.2 ผลลัพธ์การจำลองระบบ.....	52
4.2.1 แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงไม่มีความแปรปรวน (NVM).....	52
4.2.2 แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันเดียวตามชั่วโมง (UVHM).....	55
4.2.3 แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันเดียวตามวันสัปดาห์ (UVDM).....	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ผ่านการอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังถือว่าผิดกฎหมาย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.4	แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันสองตัวแปรตามชั่วโมงตามวันในสัปดาห์ จากค่าเฉลี่ยแท้ (BVTMM).....	59
4.2.5	แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันสองตัวแปรตามชั่วโมงตามวันในสัปดาห์ จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง (BVBMM).....	63
4.2.6	แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันสามตัวแปรตามชั่วโมงตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทรถ จากค่าเฉลี่ยแท้ (TVTMM).....	70
4.2.7	แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันสามตัวแปรตามชั่วโมงตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทรถ จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง (TVBMM).....	83
บทที่ 5	การจำลองระบบเพื่อสร้างข้อเสนอแนะเพิ่มช่องทางที่ 2	100
- 5.1	จำนวนรถ อัตราการใช้สอยระบบและรายได้ที่ได้รับจากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง.....	100
5.1.1	จำนวนรถการจำลองระบบ 2 ช่องทาง.....	100
5.1.2	รายได้ที่ได้รับจากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง.....	110
5.1.3	อัตราการใช้สอยระบบจากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง.....	114
5.2	ผลลัพธ์การจำลองระบบ 2 ช่องทางจากนโยบายที่ต่างกัน.....	115
5.2.1	การจำลองระบบจากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสุ่ม.....	115
5.2.2	การจำลองระบบจากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสลับ.....	121
5.2.3	การจำลองระบบจากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบแถวคอยสั้นที่สุด.....	126
5.2.4	การจำลองระบบจากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบใกล้ช่องเก็บเงินที่สุด.....	130
5.3	เปรียบเทียบผลลัพธ์การจำลองระบบ 2 ช่องทางจากนโยบายเข้าใช้บริการที่แตกต่างกัน.....	135
5.3.1	จำนวนแถวคอย.....	135
5.3.2	จำนวนแถวคอยที่ต้องคอยมากกว่า 10 วินาที.....	136
5.3.3	เวลาคอยโดยรวม.....	136
5.3.4	เวลาคอยโดยเฉลี่ย.....	137
5.3.5	จำนวนแถวคอยที่ติดต่อนี้อันมากที่สุด.....	138
5.3.6	ระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากแถวคอยที่ติดต่อนี้อันมากที่สุด.....	138
5.4	สรุปผลการจำลองระบบการเพิ่มช่องทางที่ 2.....	139

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นโดยไม่ผูกมัดใจหากนำไปใช้ประโยชน์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	141
บรรณานุกรม.....	142
ภาคผนวก.....	143
ภาคผนวก ก. ข้อมูลจากระบบด้านเก็บค่าผ่านทางฯ.....	144
ภาคผนวก ข. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	215
ประวัติผู้เขียน.....	241



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างตารางเหตุการณ์.....	7
3.1 รายการเวลามาถึงของรถแต่ละคัน ประเภทรถ อัตราค่าธรรมเนียม เวลาการให้บริการที่เกิดจากการจำลองระบบ.....	30
3.2 รายการเหตุการณ์จากการจำลองระบบ.....	33
3.3 รายได้ที่ได้รับแยกตามประเภท.....	34
3.4 รูปแบบไฟล์อัตราเฉลี่ยการมาถึงไม่แยกประเภท.....	35
3.5 รูปแบบไฟล์อัตราเฉลี่ยการมาถึงแยกประเภท 7 ประเภท.....	35
3.6 รูปแบบไฟล์เวลาการใช้บริการต่อรถหนึ่งคัน.....	36
3.7 รูปแบบไฟล์อัตราค่าธรรมเนียมตามประเภท.....	36
3.8 รูปแบบไฟล์ความยาวรถแยกตามประเภท.....	37
3.9 ประเภทรถและค่าจำกัดความ.....	39
3.10 เวลาในการให้บริการต่อรถแต่ละประเภท.....	45
3.11 อัตราค่าธรรมเนียมของรถแต่ละประเภท.....	45
3.12 ความยาวรถของยี่ห้อต่าง ๆ ประเภทรถ และความยาวของรุ่นตามยี่ห้อรถ.....	46
3.13 ความยาวรถโดยเฉลี่ยแยกตามประเภท.....	48
4.1 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถที่ได้รับการจำลองระบบแบบไม่มีความแปรปรวน.....	53
4.2 ค่าตัววัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง NVM.....	55
4.3 อัตราเฉลี่ยการมาถึงในชั่วโมงที่ h จากแบบจำลองแปรผันเดียวตามชั่วโมง.....	55
4.4 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถที่ได้รับการจำลองระบบแบบแปรผันเดียวตามชั่วโมง.....	56
4.5 ค่าตัววัดประสิทธิภาพของแบบจำลองแบบแปรผันเดียวตามชั่วโมง UVHM.....	57
4.6 ผลรวมจำนวนรถตามวันในสัปดาห์และอัตราเฉลี่ยการมาถึงแปรผันเดียวตามวันในสัปดาห์.....	58
4.7 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนรถที่ได้รับการจำลองระบบแบบแปรผันเดียวตามวันในสัปดาห์.....	58
4.8 ค่าตัววัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง UVDM.....	59
4.9 ผลรวมจำนวนรถตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์และอัตราเฉลี่ยการมาถึงแปรผันสองตัวแปรตามชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์.....	60
4.10 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถที่ได้รับการจำลองระบบแบบแปรผันสองตัวแปรตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จากค่าเฉลี่ยแท้.....	62
4.11 ค่าตัววัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง BVTMM.....	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.12 ผลรวมจำนวนรถตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์และจำนวนรถโดยเฉลี่ยตามชั่วโมงตามวันในสัปดาห์.....	64
4.13 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถตัดแบ่งตามชั่วโมงและปัจจัยตัดแบ่งตามชั่วโมง.....	66
4.14 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถตัดแบ่งตามวันในสัปดาห์และปัจจัยตัดแบ่งตามวันในสัปดาห์.....	66
4.15 ผลคูณระหว่างปัจจัยตัดแบ่งตามชั่วโมงกับปัจจัยตัดแบ่งตามวันในสัปดาห์.....	67
4.16 อัตราเฉลี่ยการมาถึงแปรผันสองตัวแปรตามชั่วโมงของวันตามวันในสัปดาห์จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง.....	67
4.17 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนรถที่ได้รับการจำลองระบบแบบแปรผันสองตัวแปร ตามชั่วโมงตามวันในสัปดาห์ จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง.....	68
4.18 ค่าตัววัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง BVBMM.....	69
4.19 ผลรวมจำนวนรถ 14 สัปดาห์ ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทรถ.....	70
4.20 อัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ แยกตามประเภทรถ.....	73
4.21 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนรถที่ได้รับการจำลองระบบแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมงตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทรถ จากค่าเฉลี่ยแท้.....	76
4.22 ค่าตัววัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง TVTMM.....	83
4.23 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทรถ.....	83
4.24 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถตัดแบ่งตามชั่วโมงและปัจจัยตัดแบ่งตามชั่วโมง.....	86
4.25 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถตัดแบ่งตามวันในสัปดาห์และปัจจัยตัดแบ่งตามวันในสัปดาห์.....	87
4.26 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถตัดแบ่งตามประเภทรถและปัจจัยตัดแบ่งตามประเภทรถ.....	88
4.27 ผลคูณดินนิ่งแฟกเตอร์ทั้ง 3 ปัจจัย.....	88
4.28 อัตราเฉลี่ยการมาถึงแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทรถ จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง.....	91
4.29 ค่าตัววัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง TVBMM.....	98
4.30 เปรียบเทียบค่าตัววัดประสิทธิภาพของแบบจำลองแต่ละแบบจำลองจากแบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงทั้ง 7 แบบจำลอง.....	98
5.1 อัตราเฉลี่ยการมาถึงแปรผันสามตัวแปร รายชั่วโมง รายวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทรถ จากค่าเฉลี่ยแท้ (TVTMM) ที่เพิ่มขึ้น 30%.....	101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.2 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากแบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทรถจากค่าเฉลี่ยแท้ที่เพิ่มขึ้น30%.....	104
5.3 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยอัตราการใช้สอยระบบจากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง.....	115
5.4 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอย จากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสุ่ม.....	116
5.5 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่คอยมากกว่า 10 วินาที จากนโยบายการมาถึงแบบสุ่ม.....	117
5.6 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยรวม จากนโยบายการมาถึงแบบสุ่ม.....	118
5.7 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอย จากนโยบายการมาถึงแบบสุ่ม.....	119
5.8 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนเนื่องกันมากที่สุด จากนโยบายการมาถึงแบบสุ่ม.....	120
5.9 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนเนื่องกันมากที่สุด จากนโยบายการมาถึงแบบสุ่ม.....	121
5.10 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอย จากนโยบายการมาถึงแบบสลับ.....	122
5.11 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่คอยมากกว่า 10 วินาที จากนโยบายการมาถึงแบบสลับ.....	122
5.12 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยรวม จากนโยบายการมาถึงแบบสลับ.....	123
5.13 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอย จากนโยบายการมาถึงแบบสลับ.....	124
5.14 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนเนื่องกันมากที่สุด จากนโยบายการมาถึงแบบสลับ.....	124
5.15 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากแถวคอยติดต่อนเนื่องกันมากที่สุด จากนโยบายการมาถึงแบบสลับ.....	125
5.16 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอย จากนโยบายการมาถึงแบบแถวคอยสั้นที่สุด.....	126
5.17 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่คอยมากกว่า 10 วินาที จากนโยบายการมาถึงแบบแถวคอยสั้นที่สุด.....	127
5.18 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยรวม จากนโยบายการมาถึงแบบแถวคอยสั้นที่สุด.....	127
5.19 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอย จากนโยบายการมาถึงแบบแถวคอยสั้นที่สุด.....	128

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.20 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่ติดต่อเนื่องกันมากที่สุด จากนโยบายการมาถึงแบบแถวคอยสั้นที่สุด.....	129
5.21 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากแถวคอยติดต่อเนื่องกันมากที่สุด จากนโยบายการมาถึงแบบแถวคอยสั้นที่สุด.....	130
5.22 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอย จากนโยบายการมาถึงแบบใกล้ช่องเก็บเงินมากที่สุด.....	131
5.23 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่คอยมากกว่า 10 วินาที จากนโยบายการมาถึงแบบใกล้ช่องเก็บเงินมากที่สุด.....	131
5.24 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยรวม จากนโยบายการมาถึงแบบใกล้ช่องเก็บเงินมากที่สุด.....	132
5.25 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอย จากนโยบายการมาถึงแบบใกล้ช่องเก็บเงินมากที่สุด.....	133
5.26 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่ติดต่อเนื่องกันมากที่สุด จากนโยบายการมาถึงแบบใกล้ช่องเก็บเงินมากที่สุด.....	133
5.27 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากแถวคอยติดต่อเนื่องกันมากที่สุด จากนโยบายแบบใกล้ช่องเก็บเงินมากที่สุด.....	134
5.28 เปรียบเทียบคุณลักษณะเด่นของนโยบายทั้ง 4 นโยบาย.....	139

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ขั้นตอนวิธีการในการจำลองระบบ.....	4
2.2 รูปแบบแถวคอยเดี่ยวช่องทางเดียว.....	10
2.3 รูปแบบแถวคอยเดี่ยวหลายช่องทาง.....	11
2.4 รูปแบบแถวคอยเดี่ยวหลายขั้นตอน.....	11
2.5 รูปหลายแถวคอยหลายขั้นตอน.....	12
2.6 คำตัวแปรในตำแหน่งต่าง ๆ ในกระบวนการดำเนินการแถวคอย.....	13
2.7 การแบ่งแยกประเภทของแบบจำลองนำเข้าและการจำลองระบบที่เหมาะสม.....	19
3.1 สถาปัตยกรรมกลไกการจำลองระบบเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจดำเนินการ ด้านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทาง.....	25
3.2 แผนภาพส่วนประกอบของแบบจำลองระบบ.....	25
3.3 แนวคิดในการปรับเปลี่ยนเวลาจริงเป็นเวลาจำลองระบบ.....	27
3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนแถวคอยที่เพิ่มขึ้นและจำนวนแถวคอยติดค่อเนื่องมากที่สุด.....	32
3.5 การกระจายข้อมูลจำนวนรถจากข้อมูลจริง.....	38
3.6 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงจัดเรียงตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์.....	38
3.7 ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ระยะ 16 ชั่วโมงจัดเรียงตามชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์.....	39
3.8 การกระจายข้อมูลจำนวนรถประเภทที่ 1 จัดเรียงตามรายชั่วโมง.....	40
3.9 การกระจายข้อมูลจำนวนรถประเภทที่ 2 จัดเรียงตามรายชั่วโมง.....	40
3.10 การกระจายข้อมูลจำนวนรถประเภทที่ 3 จัดเรียงตามรายชั่วโมง.....	41
3.11 การกระจายข้อมูลจำนวนรถประเภทที่ 4 จัดเรียงตามรายชั่วโมง.....	41
3.12 การกระจายข้อมูลจำนวนรถประเภทที่ 5 จัดเรียงตามรายชั่วโมง.....	42
3.13 การกระจายข้อมูลจำนวนรถประเภทที่ 6 จัดเรียงตามรายชั่วโมง.....	42
3.14 การกระจายข้อมูลจำนวนรถประเภทที่ 7 จัดเรียงตามรายชั่วโมง.....	43
3.15 เปรียบเทียบค่าความถี่ของข้อมูลจำนวนรถประเภทที่ 1 ในวันจันทร์ช่วงเวลา 06.00 – 07.00 น. กับค่าความน่าจะเป็นด้วยการแจกแจงแบบพัวซองค์.....	44
3.16 เปรียบเทียบค่าความถี่ของข้อมูลจำนวนรถประเภทที่ 1 ในวันจันทร์ช่วงเวลา 07.00 – 08.00 น. กับค่าความน่าจะเป็นด้วยการแจกแจงแบบพัวซองค์.....	44
4.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบด้วย แบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบไม่แปรปรวน (NVM)	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.2	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันตามรายชั่วโมง (UVHM).....57
4.3	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันตามวันในสัปดาห์ (UVDM).....59
4.4	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสองตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จากค่าเฉลี่ยแท้ (BVTMM).....63
4.5	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสองตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง (BVBMM).....69
4.6	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปรตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทรถที่ 1 จากค่าเฉลี่ยแท้ (TVTMM).....79
4.7	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปรตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทรถที่ 2 จากค่าเฉลี่ยแท้ (TVTMM).....80
4.8	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปรตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทรถที่ 3 จากค่าเฉลี่ยแท้ (TVTMM).....80
4.9	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปรตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทรถที่ 4 จากค่าเฉลี่ยแท้ (TVTMM).....81
4.10	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทรถที่ 5 จากค่าเฉลี่ยแท้ (TVTMM).....81
4.11	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทรถที่ 6 จากค่าเฉลี่ยแท้ (TVTMM).....82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.12 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรอดจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรอดจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทที่ 7 จากค่าเฉลี่ยแท้ (TVTMM).....	82
4.13 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรอดจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรอดจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทที่ 1 จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง (TVBMM).....	94
4.14 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรอดจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรอดจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทที่ 2 จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง (TVBMM).....	95
4.15 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรอดจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรอดจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทที่ 3 จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง (TVBMM).....	95
4.16 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรอดจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรอดจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทที่ 4 จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง (TVBMM).....	96
4.17 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรอดจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรอดจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทที่ 5 จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง (TVBMM).....	96
4.18 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรอดจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรอดจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทที่ 6 จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง (TVBMM).....	97
4.19 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรอดจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรอดจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทที่ 7 จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง (TVBMM).....	97
5.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรอดประเภทที่ 1 จากการจำลองระบบ 1 ช่องทางกับค่าเฉลี่ยจำนวนรอดประเภทที่ 1 จากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง.....	107
5.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรอดประเภทที่ 2 จากการจำลองระบบ 1 ช่องทางกับค่าเฉลี่ยจำนวนรอดประเภทที่ 2 จากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง.....	107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 3 จากการจำลองระบบ 1 ช่องทางกับ ค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 3 จากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง.....	108
5.4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 4 จากการจำลองระบบ 1 ช่องทางกับ ค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 4 จากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง.....	108
5.5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 5 จากการจำลองระบบ 1 ช่องทางกับ ค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 5 จากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง.....	109
5.6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 6 จากการจำลองระบบ 1 ช่องทางกับ ค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 6 จากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง.....	109
5.7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 7 จากการจำลองระบบ 1 ช่องทางกับ ค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 7 จากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง.....	110
5.8 เปรียบเทียบรายได้ที่ได้รับในวันจันทร์ จัดเรียงตามชั่วโมง จำแนกตามประเภทรถ จากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง.....	111
5.9 เปรียบเทียบรายได้ที่ได้รับในวันอังคาร จัดเรียงตามชั่วโมง จำแนกตามประเภทรถ จากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง.....	111
5.10 เปรียบเทียบรายได้ที่ได้รับในวันพุธ จัดเรียงตามชั่วโมง จำแนกตามประเภทรถ จากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง.....	112
5.11 เปรียบเทียบรายได้ที่ได้รับในวันพฤหัสบดี จัดเรียงตามชั่วโมง จำแนกตามประเภทรถ จากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง.....	112
5.12 เปรียบเทียบรายได้ที่ได้รับในวันศุกร์ จัดเรียงตามชั่วโมง จำแนกตามประเภทรถ จากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง.....	113
5.13 เปรียบเทียบรายได้ที่ได้รับในวันเสาร์ จัดเรียงตามชั่วโมง จำแนกตามประเภทรถ จากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง.....	113
5.14 เปรียบเทียบรายได้ที่ได้รับในวันอาทิตย์ จัดเรียงตามชั่วโมง จำแนกตามประเภทรถ จากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง.....	114
5.15 เปรียบเทียบผลลัพธ์จำนวนแถวคอยจากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง ทั้ง 4 นโยบายการเข้าใช้บริการ.....	135
5.16 เปรียบเทียบผลลัพธ์จำนวนแถวคอยที่ค้อมากกว่า 10 วินาที จากการจำลองระบบ 2 ช่องทางทั้ง 4 นโยบายการเข้าใช้บริการ.....	136

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.17 เปรียบเทียบผลลัพธ์เวลาคอยโดยรวมจากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง ทั้ง 4 นโยบายการเข้าใช้บริการ.....	137
5.18 เปรียบเทียบผลลัพธ์เวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอย จากการจำลองระบบ 2 ช่องทางทั้ง 4 นโยบายการเข้าใช้บริการ.....	137
5.19 เปรียบเทียบผลลัพธ์จำนวนแถวคอยที่ติดต่อนิ่งกันมากที่สุด จากการจำลองระบบ 2 ช่องทางทั้ง 4 นโยบายการเข้าใช้บริการ.....	138
5.20 เปรียบเทียบผลลัพธ์ระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนิ่งกันมากที่สุด จากการจำลองระบบ 2 ช่องทางทั้ง 4 นโยบายการเข้าใช้บริการ.....	139



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การจำลองระบบเป็นเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาพฤติกรรมของระบบโดยอาศัยข้อมูลปัจจุบัน เพื่อพยากรณ์ผลลัพธ์ที่ต้องการทราบเมื่อระบบมีการเปลี่ยนแปลงค่าในตัวแปรปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง งานวิจัยนี้ได้ทำการจำลองระบบการเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางระหว่างประเทศ คือ สะพานมิตรภาพ ไทย-ลาว แห่งที่ 1 จังหวัดหนองคาย

สะพานข้ามประเทศไทย-ลาว แห่งที่ 1 จังหวัดหนองคาย เปิดอย่างเป็นทางการเมื่อ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2537 โดยมีทางเดินรถ 2 ช่องทาง ประกอบด้วยช่องทางจากไทยไปยังลาว 1 ช่องทางและช่องทางจากลาวมาไทยอีก 1 ช่องทาง โดยระบบดังกล่าวเริ่มจากการเก็บค่าธรรมเนียมแบบแมนนวล มีการจ่ายใบเสร็จค่าธรรมเนียมผ่านทางเมื่อได้รับเงินแล้ว จากนั้นถัดมาในช่วงปี พ.ศ. 2551 ได้มีการวางโครงการจัดหาระบบด้านเก็บค่าธรรมเนียมเพื่อบันทึกข้อมูลเลขทะเบียน ภาพรยนต์ เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนและรองรับในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ ระบบเก็บค่าธรรมเนียมตามโครงการได้แล้วเสร็จและพร้อมใช้งานในวันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2552 มีช่องทางการให้บริการเพียง 1 ช่องทาง ไม่นับช่องทางที่มาจากประเทศลาว สิ่งที่เกิดขึ้นตามมาคือ ในช่วงระยะแรกพนักงานเก็บค่าธรรมเนียมยังไม่มี ความเชี่ยวชาญทำให้การให้บริการมีความล่าช้า ส่งผลให้ผู้ใช้บริการเป็นเวลานาน แต่เมื่อพนักงานมีความเชี่ยวชาญแล้ว การให้บริการก็ เป็นไปอย่างรวดเร็ว แต่ด้วยปริมาณผู้ให้บริการทางข้ามประเทศที่มากขึ้นเรื่อย ๆ ส่งผลให้การบริการเกิดความล่าช้าเนื่องจากปริมาณรถที่มากกว่าความสามารถในการให้บริการ

ดังนั้น ผู้บริหารจึงมีความคิดต้องการที่จะแก้ปัญหาด้วยการเพิ่มช่องทางการให้บริการเพื่อช่วยให้รองรับปริมาณรถที่เพิ่มมากขึ้นได้เพียงพอ ผู้วิจัยจึงนำการจำลองระบบมาใช้ในการศึกษาผลกระทบจากการเปิดช่องทางที่ 2 ซึ่งการจำลองระบบจะทำให้สามารถคาดการณ์สถานการณ์ที่เกิดขึ้นจากนโยบายการให้บริการที่แตกต่างกันได้

ในการศึกษา จะต้องทำการรวบรวมข้อมูลทางสถิติของระบบปัจจุบัน โดยการใช้อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ในการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ และนำข้อมูลที่ได้อามาทำการหาแนวโน้มของปริมาณรถเพื่อนำไปใช้ในการจำลองระบบต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาแบบจำลองที่เหมาะสมในการจำลองระบบปัจจุบันของระบบด้านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางระหว่างประเทศ ไทย-ลาว แห่งที่ 1 จังหวัดหนองคาย

1.2.2 เพื่อจำลองระบบเพื่อสนับสนุนการเพิ่มช่องทางที่ 2 เมื่อคุณลักษณะของระบบเปลี่ยนไป ทำให้เกิดนโยบายที่แตกต่างกันในการเข้าใช้บริการ นโยบายที่แตกต่างกัน ได้แก่ นโยบายการเข้าช่องทางแบบสุ่ม นโยบายการเข้าช่องทางแบบสลับ นโยบายการเข้าช่องทางแบบแถวคอยสั้นที่สุด นโยบายการเข้าช่องทางแบบใกล้ผู้ให้บริการมากที่สุด

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

1.3.1 อัตราเฉลี่ยการมาถึงที่มีความแปรปรวนให้ผลลัพธ์จำนวนรถจากการจำลองระบบดีกว่าอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบคงที่เมื่อเทียบกับข้อมูลจริงที่รวบรวม

1.3.2 นโยบายการมาถึงรถที่แตกต่างกันทำให้ระบบมีประสิทธิภาพแตกต่างกัน

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

1.4.1 เทคนิคการจำลองระบบ (Simulation Modeling Techniques) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบปัจจุบันและใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงไปของระบบเมื่อมีพฤติกรรมที่เกิดการเปลี่ยนแปลงไป โดยอาศัยแบบจำลอง (Model) ต่าง ๆ ที่สร้างขึ้น แบบจำลองที่แตกต่างกันจะส่งผลให้ผลลัพธ์ของการจำลองแตกต่างกันไป เทคนิคการจำลองระบบจะต้องมีการนิยามคุณลักษณะของระบบรวมถึงพฤติกรรมต่าง ๆ ของระบบ ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความล่าช้าของระบบ ทั้งภายในภายนอก หรือแม้แต่จะเป็นช่วงเวลาที่แตกต่างกันตามฤดูกาล เป็นต้น

1.4.2 ทฤษฎีแถวคอย (Queuing Theory) เป็นทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เพื่ออธิบายคุณลักษณะของผู้เข้ารับบริการและผู้ให้บริการ โดยมีการควบคุมปัจจัยที่แน่นอนและปัจจัยที่ไม่แน่นอนที่มีความสัมพันธ์กัน โดยดูความสัมพันธ์กันระหว่างอัตราการให้บริการกับอัตราการใช้บริการในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ๆ สามารถบ่งบอกได้ถึงปริมาณการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในระบบ ปริมาณแถวคอยที่มากที่สุด โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 ทำการรวบรวมข้อมูลทางสถิติ จากด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางประเทศสะพานมิตรภาพไทย-ลาว แห่งที่ 1 จังหวัดหนองคาย โดยมีระยะเวลาตั้งแต่วันที่ 2 พฤศจิกายน 2551 ถึง 7 กุมภาพันธ์ 2552 ตามช่วงเวลาที่เปิดให้บริการตั้งแต่ 06.00 น. – 22.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ทางวิชาการเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.2 รวบรวมข้อมูลความยาวรอดจากเว็บไซต์ที่ให้ข้อมูลที่สามารถหาได้ ส่วนที่หาไม่ได้จะอ้างอิงจากความยาวรอดที่มากที่สุด ของประเภทรถที่ตรงกับการจัดหมวดหมู่ของด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางระหว่างประเทศ สะพานมิตรภาพ ไทย-ลาว แห่งที่ 1 จังหวัดหนองคาย ที่ตรงตามพระราชบัญญัติรถยนต์ในปีพุทธศักราช 2522

1.5.3 จำลองระบบจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นด้วยข้อมูลทางสถิติที่รวบรวม ซึ่งจะนำผลลัพธ์จำนวนรอดโดยเฉลี่ย มาทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลทางสถิติที่รวบรวม

1.5.4 ออกแบบและทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่าง ระบบที่มี 1 ช่องทางให้บริการ และระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงไปเมื่อมี 2 ช่องทางให้บริการ ทั้ง 4 นโยบายการเข้าใช้ระบบ

1.5.5 การศึกษานี้เป็นการศึกษาเฉพาะด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางระหว่างประเทศ สะพานมิตรภาพไทย-ลาว แห่งที่ 1 จังหวัดหนองคาย ไม่รวมถึงสะพานมิตรภาพไทย – ลาว แห่งอื่น

1.5.6 การศึกษานี้ไม่ได้ รวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลทางฤดูกาลของลูกค้าที่ใช้ระบบด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางระหว่างประเทศสะพานมิตรภาพไทย-ลาว แห่งที่ 1 จังหวัดหนองคาย

1.6 ขั้นตอนการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 กล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ สมมติฐาน ทฤษฎี หรือแนวคิดที่นำมาใช้ ขอบเขตของการวิจัย

บทที่ 2 กล่าวถึง ทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ การจำลองระบบ (Simulation) และ ทฤษฎีแถวคอย (Queuing Theory) และงานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้อง

บทที่ 3 กล่าวถึง การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบจำลอง กลไกการจำลองระบบเพื่อช่วยสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทาง โดยมีปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการจำลองระบบ แนวทางการทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองที่ใช้ ขั้นตอนกระบวนการจำลองระบบ ระเบียบวิธีที่ใช้ในการจำลองระบบ ข้อมูลทางสถิติที่ได้รวบรวม

บทที่ 4 กล่าวถึง การออกแบบการทดลอง การทดลองและผลลัพธ์การจำลองระบบเพื่อเปรียบเทียบความเหมาะสมของแบบจำลองกับข้อมูลทางสถิติที่รวบรวม

บทที่ 5 กล่าวถึง การจำลองระบบเพื่อสร้างข้อเสนอแนะเพิ่มช่องทางที่ 2 โดยใช้แบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด เพื่อสร้างข้อเสนอแนะของระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงไปให้กับผู้บริหารใช้ในการตัดสินใจ

บทที่ 6 เป็นบทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

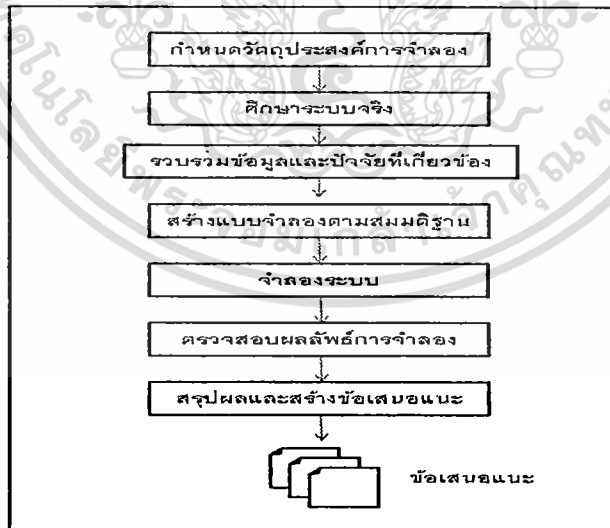
ในหัวข้อนี้เป็นส่วนที่เกี่ยวกับทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การจำลองระบบ (Simulation) ทฤษฎีแถวคอย (Queuing Theory) และงานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้อง

2.1 การจำลองระบบ (Simulation)

การจำลองระบบเป็นกระบวนการเพื่อใช้ศึกษาสิ่งที่มีอยู่จริงด้วยวิธีการเลียนแบบ การจำลองจะช่วยให้ลดระยะเวลาในการศึกษาระบบจริงและใช้ค่าใช้จ่ายน้อยกว่า พิจารณาถ้าระบบจริงเพิ่มช่องทางเก็บค่าผ่านทางของด่านช่องที่ 2 แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้อมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบกับการจำลองระบบเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระบบที่มีอยู่จริงก่อนจะเพิ่มช่องทางจริง

2.1.1 ขั้นตอนการจำลองระบบ (Simulation Procedure)

เริ่มจากการกำหนดวัตถุประสงค์ของการจำลองระบบ ศึกษากระบวนการจริง รวบรวมข้อมูลที่สำคัญและปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้อง สร้างแบบจำลองตามสมมติฐาน จำลองระบบ ตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองระบบ สร้างข้อเสนอแนะจากการจำลองระบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนวิธีการในการจำลองระบบ

- กำหนดวัตถุประสงค์การจำลองระบบ เป็นขั้นตอนในการนิยามเป้าหมายของการจำลองระบบ เป้าหมายของการจำลองระบบ จะเป็นส่วนที่สร้างแนวทางในการจำลองระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดตัวชี้วัดประสิทธิภาพของระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงไป และใช้ในการตรวจสอบผลลัพธ์จากการจำลองระบบให้ตรงกับเป้าหมายการจำลองระบบ

- ศึกษากระบวนการจริง เป็นขั้นตอนในการทำความเข้าใจระบบ กระบวนการดำเนินงานภายในระบบ ปัจจัยภายในและภายนอกที่มีความเกี่ยวข้องกับระบบ สิ่งที่มีผลกระทบทำให้ระบบมีการเปลี่ยนแปลง โดยมีการระบุสิ่งที่สำคัญในการจำลองระบบก่อนที่จะไปยังกระบวนการรวบรวมข้อมูลและปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องในข้อถัดไป
- รวบรวมข้อมูลและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เป็นขั้นตอนในการรวบรวมข้อมูล จัดเก็บ บันทึก ข้อมูลและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง โดยอาจมีการจัดเรียงให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น หรือ ใช้ในการตรวจสอบผลลัพธ์ของการจำลองระบบ
- สร้างแบบจำลองตามสมมติฐาน เป็นขั้นตอนในการนำข้อมูลที่ทำการรวบรวมมาสร้างเป็นแบบจำลอง โดยอาศัยสมมติฐานควบคุมในการสร้างแบบจำลอง เนื่องจากแบบจำลองสามารถเป็นไปได้หลายกรณี จึงจำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบ โดยดูจากผลลัพธ์จากการจำลองระบบเมื่อเทียบกับค่าของข้อมูลจริง
- การจำลองระบบ เป็นกระบวนการนำแบบจำลองที่สร้างขึ้น มาทดลองดำเนินการ เสมือนว่าเกิดระบบนั้นจริง โดยอยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่ถูกกำหนดขึ้น
- ตรวจสอบผลลัพธ์การจำลอง เป็นการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองระบบมาทำการตรวจสอบผลลัพธ์ด้วยค่าข้อมูลของระบบจริง
- สรุปผลและสร้างข้อเสนอแนะ เป็นการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองระบบจากแบบจำลองที่แตกต่างกัน จากนั้นทำการวัดประสิทธิภาพของระบบด้วยตัวชี้วัดประสิทธิภาพเดียวกันของทุก ๆ แบบจำลองที่สร้างขึ้น ข้อเสนอแนะที่สร้างขึ้นจะอาศัยสภาพการณ์ของระบบจริงประกอบกับผลลัพธ์จากการจำลองระบบร่วมกัน

2.1.2 ปัจจัยที่มีความสำคัญในการจำลองระบบ

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำลองระบบได้แก่ รูปแบบการจำลองเวลา และรูปแบบการจำลองการเกิดเหตุการณ์ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 4 มิติที่ควรพิจารณา ดังนี้

- แบบจำลองรูปแบบการจำลองเวลาแบบไม่ต่อเนื่อง/ต่อเนื่อง (Discrete-Time/Continuous-Time Model) ในแบบจำลองเวลาแบบต่อเนื่อง ระบบจำลองจะจำลองเวลาต่อเนื่องกันไปและสังเกตการเปลี่ยนแปลงภายในระบบจำลอง ส่วนแบบจำลองเวลาแบบไม่ต่อเนื่อง จะมีการกำหนดช่วงเวลาเป็นหน่วย เช่น ภายในหนึ่งชั่วโมง และจำลองเหตุการณ์ที่เกิดภายในช่วงเวลานั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบบจำลองการเคลื่อนที่ของเวลาแบบคงที่/ไม่คงที่ (Static/Dynamic Model) ถ้าเวลาของแบบจำลองที่ใช้ดำเนินไปทุก ๆ หน่วยใช้เวลาเท่า ๆ กัน จะเป็นการจำลองเวลาแบบคงที่มีฉะนั้น จะเป็นแบบจำลองการเคลื่อนที่ของเวลาแบบไม่คงที่
- แบบจำลองเวลาที่เกิดเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง/ต่อเนื่อง (Discrete-Event/Continuous-Event Model) ในแบบจำลองเหตุการณ์ต่อเนื่อง ระบบจำลองจะสนใจทุก ๆ เหตุการณ์ที่เวลาดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง แม้ว่าเหตุการณ์จะเปลี่ยนแปลงหรือไม่เปลี่ยนแปลงสถานะของระบบก็ตาม ส่วนในแบบจำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง เราจะสนใจจุดเวลาที่ที่เกิดเหตุการณ์ซึ่งเปลี่ยนแปลงสถานะของระบบเท่านั้น
- แบบจำลองผลลัพธ์แบบคงที่/ความน่าจะเป็น (Deterministic/Probabilistic Model) ถ้าผลลัพธ์ของการจำลองระบบมีที่ได้เป็นค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงในแต่ละรอบของการจำลองระบบจะถือว่าเป็นแบบจำลองคงที่ ตัวอย่างเช่น ในช่วงเวลา 06.00 – 07.00 น. จะมีจำนวนรถเข้ามาใช้บริการเป็นค่าคงที่ 10 คันต่อชั่วโมง ส่วนแบบจำลองผลลัพธ์แบบความน่าจะเป็น ถ้าในช่วงเวลา 06.00-07.00 น. มีจำนวนรถเข้ามาโดยเฉลี่ยต่อชั่วโมง 10 คัน ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลอง อาจมีจำนวนรถเป็น 10 คันหรือไม่ก็ได้ โดยจำนวนรถอาจมีการกระจายตัวแบบต่าง ๆ เช่น การกระจายแบบพิวซง หรือ การกระจายแบบปกติ

ในงานวิจัยนี้เป็นการจำลองระบบแบบเหตุการณ์ไม่ต่อเนื่อง (Discrete-Event Simulation) โดยการเคลื่อนที่ของเวลาเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete-Time Model) แบบจำลองการเคลื่อนที่ของเวลาในการมาถึงของรถเป็นแบบไม่คงที่ (Dynamic Model) โดยเวลาใช้บริการรถต่อคันเป็นแบบจำลองการเคลื่อนที่ของเวลาแบบคงที่ (Static Model) การเกิดเหตุการณ์เป็นแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete-Event Model) และใช้แบบจำลองผลลัพธ์แบบความน่าจะเป็น (Probabilistic Model)

2.1.3 องค์ประกอบของระบบจำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete-Event Simulation)

การจำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง เป็นการจำลองระบบ โดยที่ค่าของสถานะจะเปลี่ยนแปลงไปบางจุดเวลา โดยทั่วไปการจำลองระบบไม่ต่อเนื่องจะมีองค์ประกอบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- ตารางเหตุการณ์ (Event Schedule) เป็นตารางที่เชื่อมต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยมีการจัดกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเหตุการณ์ เช่น การมาถึงของรถที่เวลาใด ๆ ในระบบจำลอง เวลาที่ใช้บริการในระบบจำลอง เวลาที่ออกจากระบบจำลอง ตัวอย่างตารางเหตุการณ์แสดงในตารางที่ 2.1

- เวลาในระบบจำลอง (Simulation Clock) เนื่องจากการจำลองระบบเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง เวลาที่ใช้ในการจำลองระบบจะไม่ใช้เวลาที่ต่อเนื่อง แต่เป็นเวลาในระบบจำลองที่เกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ขึ้น จากตัวอย่างในตารางเหตุการณ์ 2.1 เวลาที่รถคันที่ x เข้ามาสู่ระบบ เวลาที่รถคันที่ x เริ่มใช้บริการ หรือเวลาที่รถคันที่ x ออกจากระบบ

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างตารางเหตุการณ์

Vehicle ID	Arrival Time	Waiting Time	Departure Time	Number of waiting
1	06:00:13	-	06:00:18	0
2	06:00:22	-	06:00:27	0
3	06:00:25	2	06:00:30	1
4	06:00:29	1	06:00:34	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	06:59:59	x	07:00:04	y

จากตารางที่ 2.1 รถคันที่ 1 เข้ามาสู่ระบบตอนเวลา 06:00:13 น. ไม่มีแถวคอยอยู่ ใช้เวลาบริการ 5 วินาทีและออกจากระบบเวลา 06:00:18 น. รถคันที่ 2 เข้ามาสู่ระบบตอนเวลา 06:00:22 น. ไม่มีแถวคอยอยู่ ใช้เวลาบริการ 5 วินาทีออกจากระบบเวลา 06:00:27 น. รถคันที่ 3 เข้ามาในขณะที่รถคันที่ 2 ยังใช้บริการไม่เสร็จสิ้นต้องคอย 2 วินาทีแล้วจึงใช้เวลาบริการ 5 วินาทีและออกจากระบบในเวลา 06:00:30 น. รถคันที่ 4 เข้ามาสู่ระบบในเวลาเวลาที่รถคันที่ 3 ยังใช้บริการไม่เสร็จสิ้น ต้องคอย 1 วินาที จึงได้ใช้บริการและออกจากระบบในเวลา 06:00:34 น.

- ตัวแปรสถานะระบบ (System state variable) เป็นตัวแปรที่ใช้อธิบายถึงสถานะของระบบปัจจุบัน เช่น จำนวนรถที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มจำลองระบบจนเวลาปัจจุบันจนกระทั่งเสร็จสิ้น จำนวนแถวคอยปัจจุบันในระบบ เป็นต้น
- กิจกรรมของเหตุการณ์ (Event Routines) ในแต่ละเหตุการณ์ภายในระบบจำลอง จะมีกิจกรรมที่แตกต่างกัน เช่น เมื่อรถเข้ามาสู่ระบบ (เหตุการณ์: เวลาที่เข้าสู่ระบบ) พบว่าไม่มีแถวคอยปรากฏอยู่ (เหตุการณ์: ไม่ต้องคอยในแถวคอย) ทำให้รถคันปัจจุบันไม่ต้องคอยในแถวคอย สามารถเข้าใช้บริการได้ทันที (เหตุการณ์: เข้าใช้ระบบ) เมื่อใช้บริการเสร็จสิ้นทำการออกจากระบบ (เหตุการณ์: ออกจากระบบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กิจกรรมของข้อมูลนำเข้า (Input Routines) เป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นจากผู้จำลองทำการกำหนดพารามิเตอร์ของแบบจำลอง เช่น เมื่อผู้จำลองกำหนดอัตราเฉลี่ยการมาถึงของรถในแบบจำลอง และกำหนดค่าตั้งต้นเลขสุ่มตั้งต้นที่ใช้ ในการจำลองระบบในแต่ละรอบ จะมีเปลี่ยนแปลงค่าเลขสุ่ม ส่งผลให้จำนวนรถที่เกิดขึ้นจากอัตราเฉลี่ยการมาถึงในแบบจำลองเดียวกันที่ผู้จำลองกำหนด ที่ได้จากการจำลองระบบในแต่ละรอบแตกต่างกัน
- ตัวสร้างรายงาน (Report Generator) เป็นตัวที่กระทำเมื่อการจำลองระบบเสร็จสิ้นต่อครั้ง หรือต่อจำนวนรอบ โดยที่ตัวสร้างรายงานจะนำข้อมูลที่บันทึกไว้ในการจำลองระบบมาทำการสร้างรายงานผลลัพธ์ตามแต่ละระบบจำลอง
- กิจกรรมการติดตาม (Trace Routines) เป็นตัวแสดงผลค่าของตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงไป ระหว่างการจำลองระบบ การติดตามจะช่วยให้ผู้จำลองระบบตรวจสอบผลลัพธ์ความถูกต้องของระบบจำลองได้
- การจัดการหน่วยความจำแบบพลวัต (Dynamic Memory Management) เป็นตัวที่ใช้จัดการพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้ในการจำลองระบบ เนื่องจากการจำลองระบบที่ใช้ระยะเวลาอันยาวนาน จำเป็นต้องมีการจัดการหน่วยความจำเพื่อให้เกิดความสมดุลในการจำลองระบบ โดยอาจใช้วิธีการคืนพื้นที่หน่วยความจำบางส่วนให้กับระบบจำลองหลังการจำลองเสร็จสิ้นในแต่ละรอบ

2.1.4 การวิเคราะห์ผลลัพธ์จากการจำลองระบบ (Analysis of simulation result)

ในการวิเคราะห์ผลลัพธ์จากการจำลองระบบประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือการตรวจสอบความถูกต้องของระบบจำลอง และการตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์การจำลอง มีดังนี้

- การตรวจสอบความถูกต้องของระบบจำลอง ใช้วิธีการติดตามผลลัพธ์ (Trace) โดยนำตารางเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในระบบจำลองเพื่อใช้ในการตรวจสอบความถูกต้อง เช่น ในช่วงเวลา 06.00 – 07.00 น. มีอัตราเฉลี่ยการมาถึง 10 คันต่อชั่วโมง ในระบบจำลองจะให้ผลลัพธ์จำนวนรถในช่วงเวลาดังกล่าวที่แตกต่างกันในแต่ละรอบการจำลอง (เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตั้งต้นเลขสุ่ม) โดยเมื่อทำการเฉลี่ยจำนวนรถในช่วงเวลาดังกล่าวจากการจำลองระบบหลาย ๆ ครั้งจะให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับ 10 คันต่อชั่วโมง
- การตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ ใช้วิธีการเปรียบเทียบผลลัพธ์การจำลองกับข้อมูลจริง โดยทฤษฎีที่ใช้มีดังนี้
 - การหาค่าความผิดพลาดโดยรวมทั้งหมด (Total Error) โดยการนำผลรวมของค่าตัวแปรสุ่มที่ได้ มาหาส่วนต่างจากค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูลจริง ดังสมการที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}\Delta_i &= x_i - \bar{A} \\ \varepsilon &= \sum_{i=1}^n \Delta_i\end{aligned}\quad (2.1)$$

โดยที่ x_i = ค่าของตัวแปรสุ่มที่ i
 \bar{A} = ค่าเฉลี่ยจำนวนรอดข้อมูลจริง
 Δ_i = ส่วนต่างของค่าตัวแปรสุ่ม กับเฉลี่ยจำนวนรอดข้อมูลจริง
 ε = ค่าความผิดพลาดโดยรวม

- การหาค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Absolute Error) โดยการหาผลรวมของค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์ ดังสมการที่ 2.2

$$\Omega = \sum_{i=1}^n |\Delta_i| \quad (2.2)$$

โดย Ω = ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์

- การหาผลรวมค่าความผิดพลาดกำลังสอง (Sum Square Error) โดยการหาผลรวมของค่าความผิดพลาดยกกำลังสอง ดังสมการที่ 2.3

$$SSE = \sum_{i=1}^n (\Delta_i)^2 \quad (2.3)$$

โดย SSE = ผลรวมค่าความผิดพลาดกำลังสอง

- การหาค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error) โดยการนำผลรวมค่าความผิดพลาดกำลังสอง มาแบ่งออกเท่า ๆ กันตามจำนวนของข้อมูล n ตัว ดังสมการที่ 2.4

$$MSE = \frac{SSE}{n} \quad (2.4)$$

โดย MSE = ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย

- การหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความผิดพลาด (Standard Deviation Error) โดยการนำค่าความผิดพลาดโดยเฉลี่ยมาหารากที่ 2 ดังสมการที่ 2.5

$$\sigma = \sqrt{MSE} \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย σ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความผิดพลาด

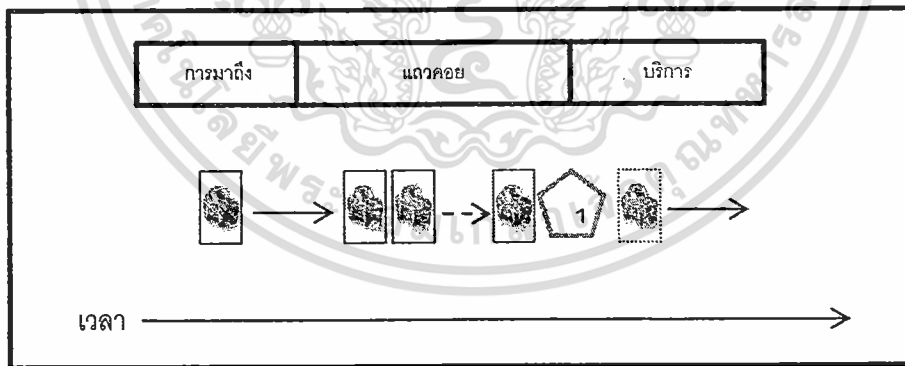
2.2 ทฤษฎีแถวคอย (Queuing Theory)

เป็นทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบ โดยทำการศึกษาจากตัวชี้วัด ประสิทธิภาพของระบบที่ตั้งขึ้น ยกตัวอย่างเช่น เวลาที่ผู้ใช้บริการอยู่ในระบบ หมายถึง เวลาที่ผู้ใช้ คอยอยู่ในแถวคอย เวลาให้บริการ จนกระทั่งออกจากระบบไป การเกิดแถวคอยขึ้นเนื่องมาจากการที่ ผู้ใช้บริการมีการใช้ทรัพยากรร่วมกัน แต่ในช่วงเวลาหนึ่งจะมีผู้ใช้บริการได้หนึ่งทรัพยากรเท่านั้น ผู้ใช้บริการอื่นที่เข้ามาใช้บริการในเวลาใกล้เคียงกันจะต้องคอยจนกว่าจะได้รับบริการหรือออกจาก ระบบไป โดยแถวคอยที่เกิดขึ้นจะมีการแบ่งแยกออกเป็นแบบจำลองแถวคอยประเภทต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับ ระบบงาน

2.2.1 แบบจำลองแถวคอย

โดยทั่วไปโดยการวิเคราะห์รูปแบบแถวคอยนั้นจะมีอยู่ด้วยกันหลายรูปแบบแล้วแต่ระบบงานที่ ต้องการจะสร้างแบบจำลองดังนี้

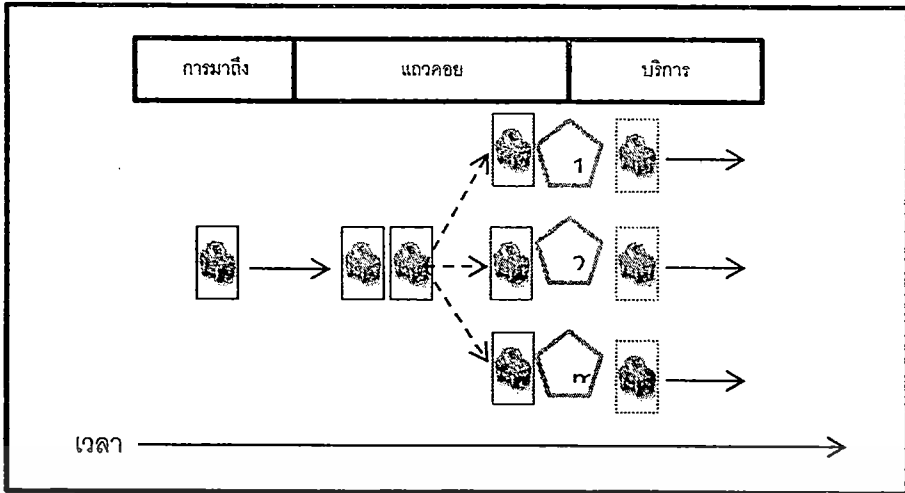
- ระบบแถวคอยเดี่ยวช่องทางเดียว ในรูปแบบนี้การเข้ามาถึงแถวคอยนั้นมีลักษณะแบบ ช่องทางเดียวและจะต้องคอยในแถวคอยจนกว่าผู้ใช้บริการเดี่ยวนั้นจะว่างจึงจะได้รับ บริการและออกจากระบบ



รูปที่ 2.2 แสดงรูปแบบแถวคอยเดี่ยวช่องทางเดียว

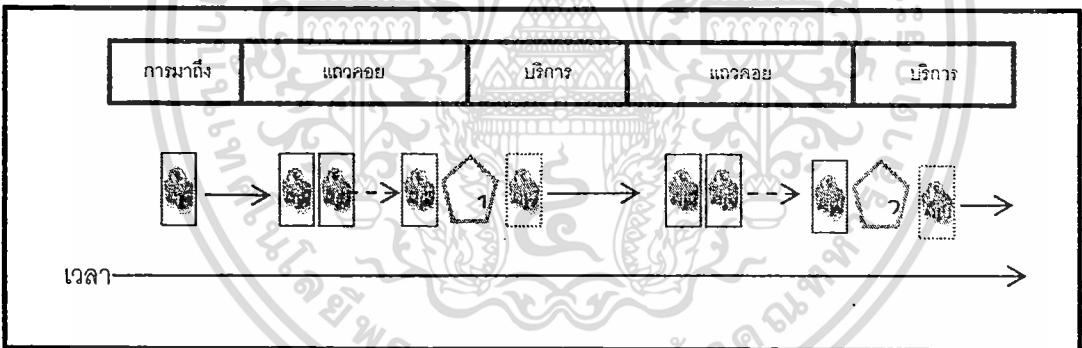
- ระบบแถวคอยเดี่ยวหลายช่องทาง ในรูปแบบนี้การเข้ามาถึงแถวคอยนั้นมีลักษณะแบบ ช่องทางเดียวและจะต้องคอยในแถวคอยจนกว่าผู้ใช้บริการในช่องใด ๆ จะว่างจึงจะ ได้รับบริการและออกจากระบบไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงรูปแบบแถวคอยเดี่ยวหลายช่องทาง

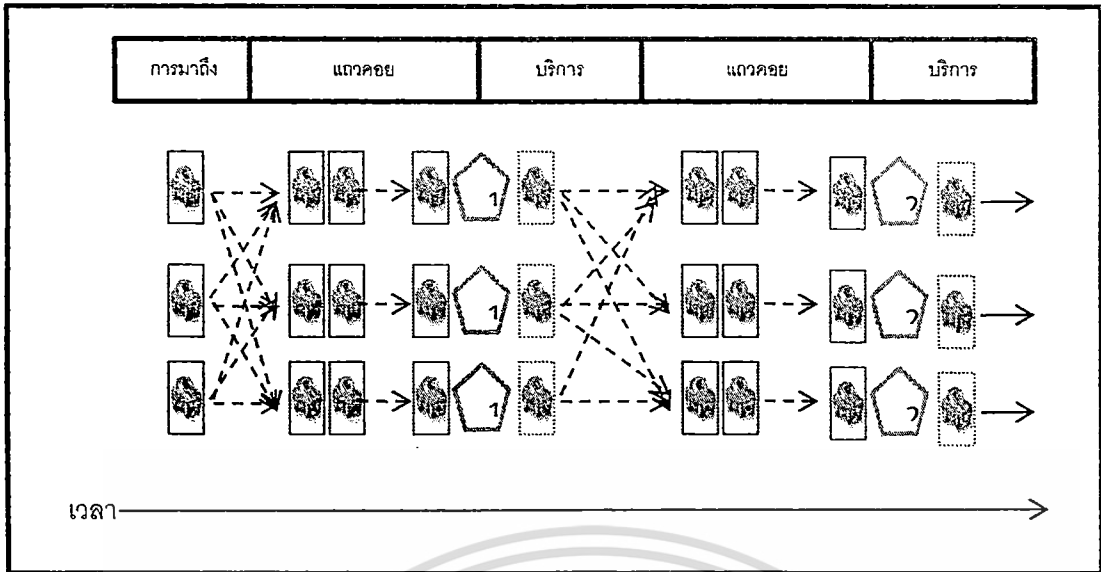
- ระบบแถวคอยเดี่ยวหลายขั้นตอน ในรูปแบบนี้การเข้ามาถึงแถวคายนั้นมีลักษณะแบบช่องทางเดียวและจะต้องคอยในแถวคอยจนกว่าผู้ให้บริการ จะว่างจึงจะได้รับบริการ จากนั้นจะเข้าสู่แถวคอยในขั้นตอนถัดไปเพื่อรอจนกว่าผู้ให้บริการในขั้นตอนถัด ๆ ไป จะว่างจึงจะได้รับบริการจากจนเสร็จและออกจากระบบไป



รูปที่ 2.4 แสดงรูปแถวคอยเดี่ยวหลายขั้นตอน

- ระบบหลายแถวคอยหลายหลายขั้นตอน ในรูปแบบนี้การเข้ามาถึงแถวคายนั้นมีลักษณะแบบหลายช่องทางและจะต้องคอยในแถวคอยจนกว่าผู้ให้บริการจะว่างให้บริการ จากนั้นจะเข้าสู่แถวคอยถัดไปเพื่อรอจนกว่าผู้ให้บริการในขั้นตอนถัดไปจะว่างจึงจะได้รับบริการจนเสร็จและออกจากระบบไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงรูปหลายแถวคอยหลายชั้นตอน

2.2.2 องค์ประกอบและสัญลักษณ์แถวคอย

องค์ประกอบแถวคอยนั้นมีอยู่ 6 ปัจจัย ซึ่งประกอบไปด้วย อัตราการเข้ามาต่อหนึ่งหน่วยเวลา อัตราการให้บริการต่อหนึ่งหน่วยเวลา จำนวนผู้ให้บริการ กฎระเบียบแถวคอย ปริมาณที่ระบบสามารถรองรับได้ และขนาดของผู้ใช้บริการ ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$(A/B)/C):(X/Y)/Z$$

โดยที่

A หมายถึง การแจกแจงของอัตราการเข้ามาสู่ระบบด้วยการกำหนดการแจกแจงความน่าจะเป็นของระยะเวลาห่างระหว่างการเข้ามาถึงระบบ

B หมายถึง การแจกแจงของอัตราการให้บริการด้วยการกำหนดการแจกแจงความน่าจะเป็นของระยะเวลาห่างการให้บริการผู้ใช้บริการแต่ละราย

C หมายถึง จำนวนผู้ให้บริการหรือทรัพยากรที่สามารถให้บริการได้

X หมายถึง กฎระเบียบของแถวคอย เช่น มาก่อนได้รับบริการก่อน เป็นต้น

Y หมายถึง ปริมาณที่ระบบสามารถรองรับได้

Z หมายถึง ขนาดของผู้ใช้บริการ

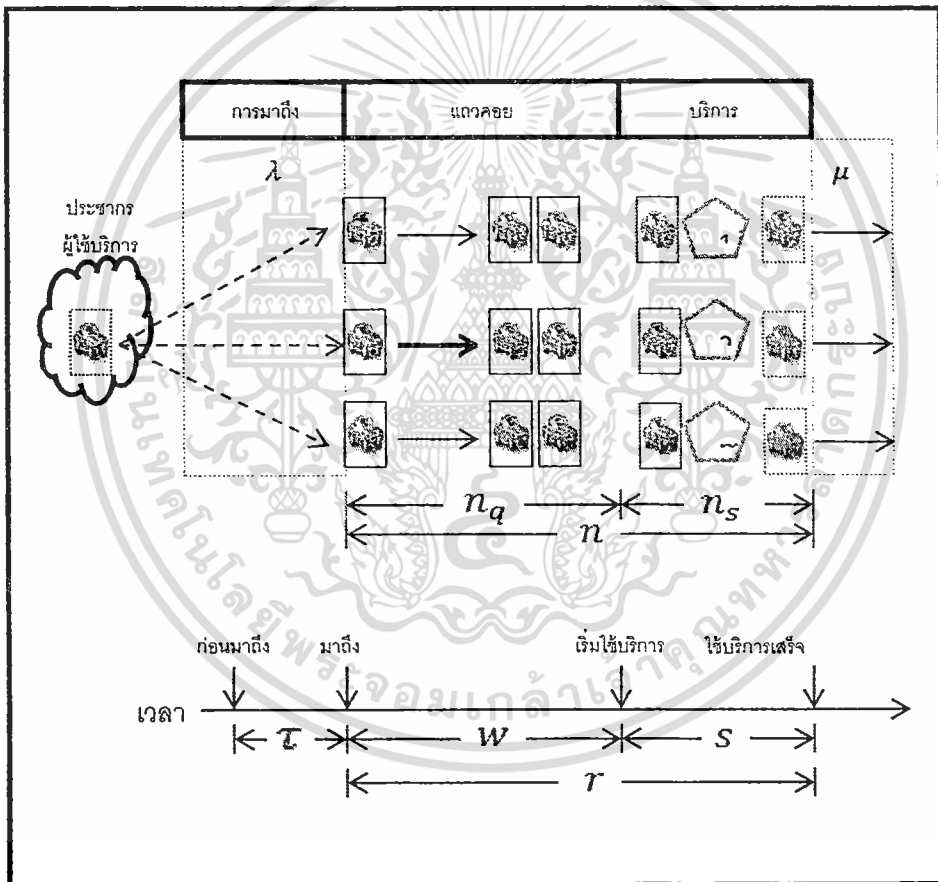
สัญลักษณ์ที่ได้รับความนิยมโดยทั่วไปคือสัญลักษณ์ของเคนดัล (Kendall's Notation) [1] ซึ่งใช้เพียง 3 ปัจจัยแรกในการนำเสนอรูปแบบแถวคอย (A/B)/C ขึ้นอยู่กับรายละเอียดของผู้ออกแบบการวิเคราะห์และข้อจำกัดของงานที่จะทำการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในงานวิจัยนี้จะนำเสนอรูปแบบแถวคอย 2 รูปแบบ ($M/D/1$): ($FCFS/\infty/\infty$) และ ($M/D/2$): ($FCFS/\infty/\infty$) คือ อัตราการเข้ามาเป็นแบบไม่คงที่ ($A=M$) อัตราการให้บริการเป็นรูปแบบไม่คงที่ ($B=D$) ขนาดของผู้ให้บริการมีจำนวน ($C=1$), และ ($C=2$) ช่องทางตามลำดับกฎระเบียบคิวเป็นแบบมาก่อน ($X=FCFS$) ได้รับความบริการก่อน ความสามารถรองรับผู้ใช้บริการมีได้ไม่จำกัด ($Y=\infty$) และขนาดของผู้ใช้บริการมีไม่จำกัด ($Z=\infty$)

2.2.3 พารามิเตอร์ระบบแถวคอย

ในส่วนถัดมานี้จะมาทำความรู้จักกับกับค่าตัวแปรในแต่ละขั้นตอนของการดำเนินการในระบบแถวคอยโดยทั่วไปสามารถอธิบายได้ดังรูป



รูปที่ 2.6 ภาพแสดงค่าตัวแปรในตำแหน่งต่างๆ ในกระบวนการดำเนินการแถวคอย

- λ = อัตราการเข้ามาบริการ (จำนวนรถโดยเฉลี่ยที่เข้ามาบริการในหนึ่งหน่วยเวลา)
- s = เวลาที่ใช้ต่อหนึ่งบริการ
- m = จำนวนผู้ให้บริการในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- μ = อัตราการให้บริการ (จำนวนรถโดยเฉลี่ยที่ทรัพยากรสามารถให้บริการได้ในหนึ่งหน่วยเวลา)
- n = จำนวนรถในระบบและความยาวแถวคอยทั้งหมด (ทั้งที่ใช้บริการอยู่และในแถวคอย)
- n_q = จำนวนรถในแถวคอย
- n_s = จำนวนรถที่กำลังใช้บริการ
- r = เวลาที่ใช้ในระบบทั้งหมด (เวลาในแถวคอยร่วมกับเวลาที่ใช้บริการ)
- W = เวลาที่ใช้ในแถวคอยก่อนที่จะได้รับบริการ

ข้อสังเกตถ้าอัตราการเข้ามารับบริการ λ มีค่ามากกว่าอัตราการให้บริการแล้วจะเกิดแถวคอยที่มีขนาดยาวขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นการพิจารณาแถวคายนั้นควรจะทำในกรณีที่ $\lambda < m\mu$ เสมอ โดยที่ m คือจำนวนผู้ให้บริการ

2.2.4 การวัดประสิทธิภาพแถวคอย

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพแถวคายนั้นจะขึ้นอยู่กับแบบจำลองแถวคอยที่ใช้ โดยตัวชี้วัดประสิทธิภาพแถวคอยในแบบจำลองแถวคอย ($M/M/1$) ที่มีดังนี้

1. อัตราการใช้สอยระบบ (ρ) เป็นอัตราส่วนของอัตราการเข้ามาใช้บริการกับอัตราส่วนของการให้บริการ ซึ่งมีค่าเป็น $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$
2. ความน่าจะเป็นที่ระบบว่างงาน (p_0) คือส่วนกลับของอัตราการใช้สอยระบบ

$$p_0 = 1 - \rho \quad (2.6)$$

3. จำนวนผู้ให้บริการในระบบโดยเฉลี่ย $E[n]$

$$E[n] = \frac{\rho}{1-\rho} \quad \text{หรือ} \quad E[n] = \lambda E[r] \quad (2.7)$$

4. เวลาในการให้บริการโดยเฉลี่ย $E[r]$

$$E[r] = \frac{1/\mu}{1-\rho} \quad (2.8)$$

5. จำนวนผู้ให้บริการที่อยู่ในแถวคอยโดยเฉลี่ย $E[n_q]$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E[n_q] = \frac{\rho^2}{1-\rho} \quad (2.9)$$

6. เวลาเฉลี่ยที่ผู้ใช้บริการใช้คอยในระบบ $E[w]$

$$E[w] = \rho \frac{1/\mu}{1-\rho} \quad (2.10)$$

ส่วนในแบบจำลองแถวคอยผู้ใช้บริการคู่ ($M/M/2$) จะมีการคำนวณค่าตัวชี้วัดประสิทธิภาพ แตกต่างกับแบบจำลองแถวคอยผู้ใช้บริการเดี่ยว ดังนี้

1. อัตราการใช้สอยระบบ (ρ) เป็นอัตราส่วนของอัตราการเข้ามาใช้บริการกับอัตราส่วนของการให้บริการ ซึ่งมีค่าเป็น $\rho = \frac{\lambda}{m\mu}$

2. ความน่าจะเป็นที่ระบบว่างงาน (p_0) คือส่วนกลับของอัตราการใช้สอยระบบ

$$p_0 = \frac{1}{\left[1 + \frac{(m\rho)^2}{m!(1-\rho)} + \sum_{n=1}^{m-1} \frac{(m\rho)^n}{n!}\right]} \quad (2.11)$$

3. จำนวนผู้ใช้บริการในระบบโดยเฉลี่ย $E[n]$

$$E[n] = m\rho + \frac{\rho q}{1-\rho} \quad (2.12)$$

4. ความน่าจะเป็นที่มีจำนวนแถวคอยมากกว่า m คั่น q

$$q = P(\geq m \text{ คั่น}) = \frac{(m\rho)^m}{m!(1-\rho)} p_0 \quad (2.13)$$

5. เวลาในการให้บริการโดยเฉลี่ย $E[r]$

$$E[r] = \frac{1}{\mu} \left(1 + \frac{q}{m(1-\rho)}\right) \quad (2.14)$$

6. จำนวนผู้ใช้บริการที่อยู่ในแถวคอยโดยเฉลี่ย $E[n_q]$

$$E[n_q] = \frac{\rho^2}{1-\rho} \quad (2.15)$$

7. เวลาเฉลี่ยที่ผู้ใช้บริการใช้คอยในระบบ $E[w]$

$$E[w] = \frac{E[n_q]}{\lambda} = \frac{q}{[m\mu(1-\rho)]} \quad (2.16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตัวชี้วัดประสิทธิภาพของแบบจำลองแถวคอยที่แตกต่าง ทำให้การคำนวณตัวชี้วัดประสิทธิภาพมีความแตกต่างกันแต่ในกรณีที่มีจำนวนผู้ให้บริการมากกว่า 2 ผู้ให้บริการขึ้นไป สามารถใช้สูตรเดียวกันกับแบบจำลองแถวคอย ($M/M/2$) ได้

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 Input Modeling Techniques for Discrete-Event Simulations [3, 2001.]

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคในการสร้างแบบจำลองข้อมูลเข้า โดยมีการแบ่งแยกกลุ่มของข้อมูลนำเข้าและตัวอย่างการประยุกต์ใช้ของข้อมูลนำเข้า ดังแสดงในรูปที่ 2.7 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบจำลองไม่ขึ้นกับเวลา (Time-Independent models) โดยแบบจำลองประเภทนี้สถานะของระบบจะไม่มีเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ซึ่งแบบจำลองประเภทนี้จะแบ่งแยกการแปรผันออกเป็น 2 แบบคือ

- แปรผันเดี่ยว (Uni-variate) โดยในแบบจำลองแปรผันเดี่ยวไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา จะมีการแบ่งแบบจำลองนำเข้าเป็น 3 แบบคือ
 - แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete) แบบจำลองประเภทนี้สามารถใช้วิธีการในการจำลองได้ดังนี้
 - จำลองโดยใช้การกระจายข้อมูลแบบทวินาม (Binomial Distribution) ซึ่งมีพารามิเตอร์ 2 ตัวคือ n และ p โดยที่ n คือจำนวนครั้งในการทดลองและ p คือค่าความน่าจะเป็นที่ได้ผลลัพธ์จากการทดลองแต่ละครั้ง
 - จำลองโดยใช้การกระจายข้อมูลแบบค่าคงที่ (Degenerate Distribution) ซึ่งมีพารามิเตอร์ 1 ตัวคือ c หมายถึง ค่าคงที่
 - แบบแปรผันต่อเนื่อง (Continuous) แบบจำลองประเภทนี้สามารถใช้วิธีการในการจำลองได้ดังนี้
 - จำลองโดยใช้การกระจายข้อมูลแบบปรกติ (Normal Distribution) ซึ่งมีพารามิเตอร์ 2 ตัวคือ μ และ s^2 โดยที่ μ คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลและ s^2 คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - จำลองโดยใช้การกระจายข้อมูลแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution) ซึ่งมีพารามิเตอร์ 1 ตัวคือ (λ) โดยที่ (λ) คืออัตราการกระจายของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบบผสม (Mixed) แบบจำลองประเภทนี้ทำการสังเกตการจากระบบจริง และจำลองโดยใช้ค่าจากการสังเกตการจากระบบจริง

○ แปรผันมากกว่า 1 (Multi variate) โดยในแบบจำลองแปรผันเดียวไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาจะมีการแบ่งแบบจำลองนำเข้าเป็น 3 แบบคือ

- แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete) แบบจำลองประเภทนี้สามารถใช้วิธีการในการจำลอง การกระจายข้อมูลแบบทวินามอิสระ (Independent Binomial Distribution) ซึ่งมีพารามิเตอร์ 2 ตัวคือ n และ p โดยที่ n คือจำนวนครั้งในการทดลองและ p คือค่าความน่าจะเป็นที่ได้ผลลัพธ์เป็นค่าที่ต้องการ
- แบบแปรผันต่อเนื่อง (Continuous) แบบจำลองประเภทนี้สามารถใช้วิธีการในการจำลอง การกระจายข้อมูลแบบปกติ (Normal Distribution) ซึ่งมีพารามิเตอร์ 2 ตัวคือ μ และ σ^2 โดยที่ μ คือค่าเฉลี่ยของข้อมูล และ σ^2 คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- แบบผสม (Mixed) แบบจำลองประเภทนี้สามารถใช้วิธีการในการจำลอง การกระจายของข้อมูลแบบแปรผันคู่เอ็กซ์โพเนนเชียล (Bivariate exponential) ซึ่งมีพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ L_1, L_2, L_{12} โดยที่ L_1 (Lambda) คือ อัตราการกระจายข้อมูลในชุดที่ 1 L_2 คือ อัตราการกระจายข้อมูลในชุดที่ 2 และ L_{12} คือ อัตราการกระจายข้อมูลร่วมกันระหว่างข้อมูลชุดที่ 1 และ 2

2. แบบจำลองฟันสุ่ม (Stochastic Processes) โดยแบบจำลองประเภทนี้สถานะของระบบจะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ซึ่งแบบจำลองประเภทนี้จะแบ่งแยกการเปลี่ยนแปลงของเวลาออกเป็น 2 แบบคือ

○ แบบเวลาไม่ต่อเนื่อง (Discrete-Time) โดยการเปลี่ยนแปลงของเวลาแบบไม่ต่อเนื่อง จะมีการแยกการเปลี่ยนแปลงของสถานะออกเป็น 2 แบบคือ

- แบบสถานะเปลี่ยนแปลงไม่ต่อเนื่อง (Discrete-state) ภายในแบบจำลองประเภทนี้จะมีการแบ่งการเปลี่ยนแปลงสถานะออกเป็นแบบคงที่ (Stationary) หรือไม่คงที่ (Nonstationary) โดยที่แบบคงที่可以使用วิธีการในการจำลองแบบห่วงโซ่มาร์คอฟ (Markov chain)
- แบบสถานะเปลี่ยนแปลงแบบต่อเนื่อง (Continuous-state) ภายในแบบจำลองประเภทนี้จะแบ่งการเปลี่ยนแปลงสถานะออกเป็นแบบคงที่ หรือไม่คงที่
 - การเปลี่ยนแปลงสถานะแบบคงที่ สามารถใช้วิธีการในการจำลองอัตราดอดอยค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (ARMA: Autoregressive

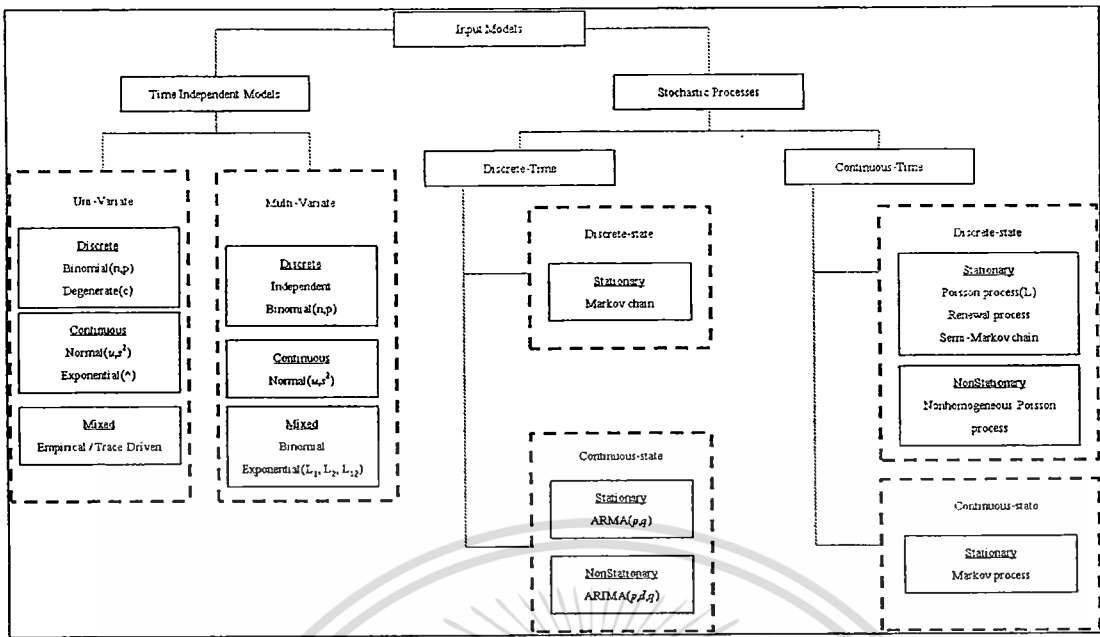
Moving Average) โดยมีพารามิเตอร์ที่ใช้ 2 ตัว คือ p และ q โดยที่ p หมายถึงอัตราการถดถอยอันดับที่ p และ q หมายถึงอันดับของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ q

- การเปลี่ยนแปลงสถานะแบบไม่คงที่ สามารถใช้วิธีการในการจำลองอัตราถดถอยรวมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (ARIMA: Autoregressive Integrated Moving Average) โดยมีพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ p , d , และ q โดยที่ p หมายถึงอัตราการถดถอยอันดับที่ p ในส่วนของพารามิเตอร์ d หมายถึงแนวโน้มของข้อมูล ($d=0$ คือแนวโน้มคงที่, $d=1$ คือแนวโน้มเติบโตเชิงเส้น, $d=2$ คือแนวโน้มกำลังสอง) และ พารามิเตอร์ q หมายถึงอันดับของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ q

○ แบบเวลาต่อเนื่อง (Continuous-Time) โดยการเปลี่ยนแปลงของเวลาแบบต่อเนื่องจะมีการแยกการเปลี่ยนแปลงของสถานะออกเป็น 2 แบบคือ

- แบบสถานะเปลี่ยนแปลงไม่ต่อเนื่อง (Discrete-state) ภายในแบบจำลองประเภทนี้จะมีการแบ่งการเปลี่ยนแปลงสถานะออกเป็นแบบคงที่หรือไม่คงที่
 - การเปลี่ยนแปลงสถานะแบบคงที่ที่สามารถใช้วิธีการในการจำลอง ได้ดังนี้
 - กระบวนการพัชซอง (Poisson process) โดยมีพารามิเตอร์คือ L ($Lambda$) เป็นอัตราเฉลี่ยหรือค่าคาดหวังของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในหนึ่งช่วงเวลา
 - กระบวนการเวียนเกิด (Renewal process)
 - กระบวนการกึ่งห่วงโซ่มาร์คอฟ (Semi-Markov chain)
 - การเปลี่ยนแปลงสถานะแบบไม่คงที่ เช่น กระบวนการพัชซองแบบไม่คงที่ (Nonhomogeneous Poisson Process)
- แบบสถานะเปลี่ยนแปลงต่อเนื่อง (Continuous-state) ภายในแบบจำลองประเภทนี้จะมีการแบ่งการเปลี่ยนแปลงสถานะออกเป็นแบบคงที่หรือไม่คงที่ โดยที่แบบคงที่ที่สามารถใช้วิธีการในการจำลองกระบวนการมาคอฟ (Markov Process)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 การแบ่งแยกประเภทของแบบจำลองนำเข้าและการจำลองระบบที่เหมาะสม

ในวิทยานิพนธ์นี้จะนำเทคนิคในการสร้างแบบจำลองนำเข้าแบบกระบวนการเฟ้นสุ่มช่วงเวลาต่อเนื่อง สถานะของระบบเปลี่ยนแปลงแบบไม่คงที่ (Stochastic Process -> Continuous-Time -> Nonstationary) ซึ่งใช้เทคนิคการจำลองระบบแบบกระบวนการพัชของไม่คงที่ (Nonhomogeneous Poisson Process) ซึ่งมีอัตราเฉลี่ยการมาถึงของรถที่แตกต่างกันตามรายชั่วโมงของวันและตามวันในสัปดาห์

2.3.2 Simulating a Nonstationary Poisson process using bivariate thinning: the case of “typical weekday” arrivals at a consumer electronics store [5, 1999.]

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการจำลองกระบวนการพัชของไม่คงที่โดยใช้ปัจจัยตัดแบ่งแปรผันคู่เพื่อการศึกษการมาถึงของลูกค้าในร้านขายเครื่องใช้ไฟฟ้า

วิธีการที่ใช้ในงานนี้คือ ทำการรวบรวมข้อมูลทั้ง 71 สัปดาห์ ตั้งแต่ปลายปี ค.ศ. 1997 ถึงกลางปี ค.ศ. 1998 ซึ่งในแต่ละวันจะมีช่วงเวลาคือ 10.00 – 20.00 น. โดยแบ่งข้อมูลออกเป็นวันทำงาน (จันทร์ถึงศุกร์) และวันหยุด (เสาร์และอาทิตย์) จากนั้นนำข้อมูลที่มาทำการคัดกรองโดยข้อมูลที่ทำ การคัดกรองแล้วเหลือเพียง 55 สัปดาห์ซึ่งจะถูกนำมาใช้ในการสร้างเป็นแบบจำลอง นำข้อมูล 55 สัปดาห์ที่ทำกรหาค่าเฉลี่ยอัตราการมาถึงแปรผันคู่ด้วยวิธีการตัดแบ่ง โดยวิธีการตัดแบ่ง จะมีการหาค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงจากผลรวมค่าเฉลี่ยในชั่วโมงดังกล่าวในทุกวันในสัปดาห์ นำมาตัดแบ่งออกตามจำนวนวันในสัปดาห์คือ 5 วัน ผลลัพธ์ที่ได้คือค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงจากการตัดแบ่ง ดังสมการ 2.7

$$\bar{x}_i = \frac{1}{5} \sum_{j=2}^6 \bar{x}_{ij}, \forall i = 10, \dots, 20 \quad (2.17)$$

โดยที่ \bar{x}_i = ค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงที่ i จากการตัดแบ่ง
 \bar{x}_{ij} = ค่าเฉลี่ยรายวันในสัปดาห์ j ช่วงเวลาที่ i
 i = ชั่วโมงของวันตั้งแต่ 10.00 น. ถึง 20.00 น.

จากนั้นทำการหาค่าเฉลี่ยรายวันทำงานในสัปดาห์จากผลรวมค่าเฉลี่ยในวันดังกล่าวในทุกชั่วโมงของวัน นำมาตัดแบ่งออกตามจำนวนชั่วโมงของวันคือ 11 ชั่วโมง ผลลัพธ์ที่ได้คือค่าเฉลี่ยรายวันทำงานในสัปดาห์จากการตัดแบ่ง ดังสมการ 2.8

$$\bar{x}_j = \frac{1}{11} \sum_{i=10}^{20} \bar{x}_{ij}, \forall j = 2, \dots, 6 \quad (2.18)$$

โดยที่ \bar{x}_j = ค่าเฉลี่ยลูกค้าที่ใช้บริการ ในวันทำงาน j ในสัปดาห์
 \bar{x}_{ij} = ค่าเฉลี่ยลูกค้าที่ใช้บริการ ในวันสัปดาห์ j ช่วงเวลาที่ i
 j = วันในสัปดาห์ โดยที่เลข 0 หมายถึงวันเสาร์ เลข 2 หมายถึงวันจันทร์
 จนกระทั่ง 6 หมายถึงวันศุกร์

จากนั้นทำการหาค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงจากการตัดแบ่งมาทำการหาค่าปัจจัยตัดแบ่งรายชั่วโมง โดยนำค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงในแต่ละชั่วโมงมาหารด้วยค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงที่มากที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้คือความน่าจะเป็นราย โดยมีจำนวนเท่ากับกับจำนวนชั่วโมงของวัน ดังสมการ 2.9

$$\eta_i = \bar{x}_i / \max(\bar{x}_i), \forall i = 10, \dots, 20 \quad (2.19)$$

โดยที่ η_i = ปัจจัยตัดแบ่งรายชั่วโมง
 $\max(\bar{x}_i)$ = ค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงที่มีค่ามากที่สุด

จากนั้นนำค่าเฉลี่ยรายวันทำงานในสัปดาห์จากการตัดแบ่งมาทำการหาค่าปัจจัยตัดแบ่งรายวันทำงานในสัปดาห์ โดยนำค่าเฉลี่ยรายวันทำงานในสัปดาห์มาหารด้วยค่าเฉลี่ยรายวันทำงานในสัปดาห์ที่มีค่ามากที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้คือความน่าจะเป็นภายใต้ค่าเฉลี่ยรายวันทำงานในสัปดาห์ที่มากที่สุด ดังสมการ 2.10

$$\delta_j = \bar{x}_j / \max(\bar{x}_j), \forall j = 2, \dots, 6 \quad (2.20)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ δ_j = ปัจจัยตัดแบ่งรายวันในสัปดาห์
 $max(\bar{x}_j)$ = ค่าเฉลี่ยรายวันในสัปดาห์ที่มีค่ามากที่สุด

จากนั้นนำความน่าจะเป็นของทั้ง 2 ผลลัพธ์มาคูณกันจะได้ตารางความน่าจะเป็นรายชั่วโมง รายวันทำงานในสัปดาห์ ซึ่งมีขนาดเท่ากับจำนวนชั่วโมง 11 ชั่วโมงจำนวนวันทำงานในสัปดาห์ 5 วัน โดยตารางที่เกิดขึ้นจะมีค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 1 ซึ่งหมายถึงค่าเฉลี่ยที่มากที่สุดของชุดข้อมูล (λ_{max}) ให้นำค่าเฉลี่ยที่มากที่สุดดังกล่าวมาเป็นอัตราเฉลี่ยการมาถึงมากที่สุด จากนั้นนำความน่าจะเป็นรายชั่วโมงรายวันทำงานในสัปดาห์มาคูณกับอัตราเฉลี่ยการมาถึงมากที่สุด จะได้ผลลัพธ์ชุดข้อมูล อัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันคู่จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง ผลลัพธ์ที่ได้จากงานนี้คือ แบบจำลองนำเข้าข้อมูลแปรผันคู่จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง เพื่อนำไปใช้ในการจำลองระบบ

ในวิทยานิพนธ์นี้จะต่อยอดแนวคิด ในการแบ่งแยกข้อมูลออกเป็นรายชั่วโมงรายวันใน สัปดาห์และใช้วิธีการตัดแบ่งแบบแปรผันคู่เพื่อใช้เป็นแบบจำลองอัตราการมาถึงแบบผันคู่ ส่วนที่ แตกต่างคือจะนำแบบจำลองนำเข้าข้อมูลแปรผันคู่จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง มาจำลองระบบและวิเคราะห์ ผลลัพธ์ของจำนวนรถที่ได้จากแบบจำลองดังกล่าว

2.3.3 Using computer simulation to determine operations policies for a mechanized car park [2, 2008]

ในงานวิจัยได้นำเสนอการจำลองระบบเพื่อค้นหา นโยบายการดำเนินงานที่จอดรถอัตโนมัติที่ ดีที่สุด โดยสถานที่จอดรถนั้นมีช่องทางให้บริการ 6 ช่องทางเข้า แต่ละช่องทางรับบริการได้ครั้งละ 2 คันเท่านั้น ส่วนรถคันอื่น ๆ จะต้องคอยในพื้นที่ที่ให้คอก่อนกว่าจะได้รับสัญญาณไฟจึงจะเข้าไปจอด รถเพื่อรับบริการได้ ในงานนี้ได้มีการกำหนดระเบียบการควบคุมการเข้าไว้ 3 วิธีดังนี้

1. ระเบียบคิวสมดุและสั้นที่สุด หมายถึงรถแต่ละคันที่เข้ามาจะได้รับสัญญาณให้ไปยัง ช่องทางที่มีปริมาณรถที่จอดน้อยที่สุดก่อน (ส่งผลกระทบต่อเวลาในการให้บริการ)
2. ระเบียบคิวที่ใกล้กับช่องที่เข้ามาที่มากที่สุดและสั้นที่สุด หมายถึงรถแต่ละคันที่เข้ามาจะไปยัง ช่องทางที่ใกล้ที่สุดและสั้นที่สุดก่อน (ไม่คำนึงถึงปริมาณรถที่จอดน้อยที่สุด)
3. ระเบียบคิวแบบแบ่งแยกกึ่งกลาง หมายถึงจะมีการแบ่งแยกช่องทางออกเป็น 2 ส่วนจาก ตรงกลาง (ช่องที่ 1 – 3 และ ช่องที่ 4 – 6) และคอก ๆ แยกออกมาจนครบทุกช่องทาง

ในส่วนของการนำรถที่เข้ามาให้บริการไปจอดไว้ยังสถานที่ ๆ จัดเตรียมไว้ มีรูปแบบอยู่ ด้วยกัน 4 รูปแบบดังนี้

1. ใช้เวลานำรถไปจอดน้อยที่สุด เป็นนโยบายที่คำนึงถึงเวลาที่จะนำรถไปจอดและใช้เวลา น้อยที่สุด โดยไม่รวมถึงเวลาระยะที่ใกล้ที่สุดจากช่องทางที่เปิดอยู่

2. มือกลที่ใกล้ที่สุดและว่างอยู่ เป็นนโยบายที่คำนึงถึงมือกลที่จะให้บริการว่างอยู่ โดยคำนึงถึงขั้นที่จะนำรถไปจอดก่อนจากนั้นก็ค้นหามือกลที่ใกล้ที่สุดและปริมาณรถที่น้อยที่สุดก่อน

3. จัดวางแบบพริมาตร นโยบายนี้จัดวางรถในรูปแบบสามเหลี่ยมจากชั้นล่างเริ่มจากด้านหน้าไปยังด้านหลังโดยไม่คำนึงถึงเวลาเลย

4. จัดวางแบบเริ่มจากตรงกลางก่อน มีการแบ่งแยกจำนวนพื้นที่ที่ใช้จอดรถออกเป็น 2 ส่วน และแบ่งเส้นกึ่งกลางและนำรถไปจอดตามที่

เนื่องจากในงานนี้ใช้รูปแบบของมือกลในการให้บริการ ดังนั้นเมื่อมือกลมีจำนวนจำกัดทำให้การบริการทั้งในส่วนของการนำรถไปจอดยังพื้นที่ที่จัดเตรียมไว้และส่วนของการนำรถกลับมาให้เจ้าของรถเป็นรูปแบบการใช้ทรัพยากรร่วมกันดังนั้นจึงมีการจัดลำดับความสำคัญของการให้บริการซึ่งในงานนี้ได้นำเสนอไว้ 3 รูปแบบดังนี้

1. มาก่อนได้รับบริการก่อน (FCFS: First Come First Served) เมื่อผู้ใช้บริการคนใดมาถึงก่อนก็จะได้รับบริการก่อนขึ้นอยู่กับเวลาที่มาถึงของผู้ใช้บริการแต่ละคน

2. คอยยาวที่สุดได้รับบริการก่อน (Longest queue first) เมื่อแถวคอยใดมีปริมาณมากที่สุดจะได้รับบริการก่อนไม่ขึ้นอยู่กับเวลาที่มาถึงของผู้ใช้บริการแต่ละคน

3. แบบสลับ (Seesaw) สลับไปมาระหว่างการนำรถไปจอดยังพื้นที่ที่เตรียมไว้และการนำรถกลับมาให้เจ้าของรถ

สามส่วนดังกล่าวข้างต้นจะถูกนำมาใช้ในการกำหนดนโยบาย เช่น “132” หมายถึง แถวคอยแบบสมดุล จัดวางแบบพริมาตร และคิวยาวที่สุดจะได้รับบริการก่อน

ข้อมูลนำเข้าและพารามิเตอร์ที่ใช้ในงานนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. อัตราการมาถึง (Arrival rates) มีการแบ่งช่วงเวลาใน 1 วันออกเป็น 16 ช่วง โดยแต่ละช่วงเวลาของวันจะมีอัตราการมาถึงที่แตกต่างกัน

2. ระยะเวลาในการจอดรถของแต่ละคัน (Storage times) เวลาที่ใช้ในการจอดรถมีการแบ่งออกเป็นอัตราส่วน

3. แบบจำลองและข้อมูลที่ใช้ ประกอบไปด้วยข้อมูลทางโครงสร้างของตึกที่ใช้จอดรถ (นำไปใช้ในการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ได้) และเวลาในการขนส่ง (นำรถไปจอดและนำรถกลับมาให้เจ้าของรถ รวมถึงเวลาในการเปลี่ยนระดับของแต่ละชั้น

ในขั้นตอนการจำลองได้ใช้โปรแกรม Arena เวอร์ชัน 3.0 มาทำการจำลองโดยใช้ระยะเวลาในการจำลอง 1,000 วันต่อนโยบายเพื่อให้ช่วงความเชื่อมั่นที่มากกว่า 95% การทดสอบทั้งหมด 36 นโยบาย ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองมีอยู่ด้วยกัน 3 พารามิเตอร์ซึ่งคือ 1) ค่าเฉลี่ยปริมาณรถที่สามารถให้บริการได้ต่อวัน 2) ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในแถวคอยที่จะนำรถไปจอดยังพื้นที่ที่จัดเตรียมไว้ 3) ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการคอยที่จะรับรถเพื่อออกจากระบบ จากนั้นนำผลลัพธ์มาทำการนอมอลไลซ์ ให้อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่วง 0 ถึง 1 จากนั้นใช้วิธีการคำนวณที่ใช้ในการตัดสินใจแบบ Simple Additive weighting (SAW) จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์เพิ่มประสิทธิภาพด้วยการนำนโยบายที่เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลาของวัน มาปรับใช้ โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการเพิ่มประสิทธิภาพคือ มีการใช้นโยบายร่วมตามช่วงเวลาของวันซึ่งให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการใช้นโยบายเดี่ยวตลอดทั้งวัน

ผลลัพธ์ที่ได้ในงานวิจัยนี้คือ การผสมผสานนโยบายของการเลือกช่องทาง การนำรถไปจอดยังที่จอดรถ และความสำคัญของการให้บริการที่ดีที่สุด โดยเปรียบเทียบจากจำนวนรถที่เข้าใช้บริการ เวลาที่ใช้คอยระหว่างมาถึงและเวลาที่ใช้คอยระหว่างจะออกจากระบบ

ในวิทยานิพนธ์นี้จะมีส่วนคล้ายคลึงกับงานที่นำเสนอข้างต้นได้แก่ แบบจำลองข้อมูลนำเข้า จะใช้เทคนิคเดียวกัน คือ ทำการตัดแบ่งอัตราเฉลี่ยการมาถึงออกเป็นรายชั่วโมง และการเปรียบเทียบนโยบายการดำเนินงานของระบบเพื่อค้นหาโยบายการดำเนินงานที่เหมาะสมที่สุดด้วยตัวชี้วัดประสิทธิภาพของระบบ ส่วนที่แตกต่างกันคือในเรื่องของนโยบายที่ใช้ คือในวิทยานิพนธ์นี้จะทำการออกแบบนโยบายการมาถึง และตัวชี้วัดประสิทธิภาพของระบบก็จะแตกต่างกันตามระบบงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การจำลองระบบเพื่อช่วยสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับด้านเก็บ ค่าธรรมเนียมผ่านทาง

ในบทที่ 3 นี้จะกล่าวถึงการออกแบบสถาปัตยกรรมและกลไกการระบบจำลอง จากนั้นจะแสดงข้อมูลที่รวบรวม ส่วนที่หนึ่งคือ ข้อมูลจำนวนรถที่ไม่มีแยกประเภทรถจำนวน 14 สัปดาห์นำมา แสดงค่าข้อมูลทางสถิติได้แก่ การกระจายของข้อมูลและความถี่ของจำนวนรถจากข้อมูลจริง ค่าเฉลี่ยจำนวนรถจำแนกตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ และค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ระยะ 16 ในส่วนที่สอง จะแสดง ค่าเฉลี่ยจำนวนรถแยกตามประเภทรถทั้งหมด 7 ประเภท จัดเรียงตามชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์ และในส่วนสุดท้ายจะเป็นข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องกับการจำลองระบบซึ่งได้จากการสอบถามเจ้าหน้าที่พนักงานและการรวบรวมจากเว็บไซต์ที่มีความเกี่ยวข้อง ได้แก่ เวลาให้บริการแยกตามประเภทรถ อัตราค่าธรรมเนียมแยกตามประเภทรถ ความยาวรถแต่ละประเภท ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองและเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ในการจำลองระบบในบทถัดไป

3.1 การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบจำลองและกลไกการจำลองระบบ

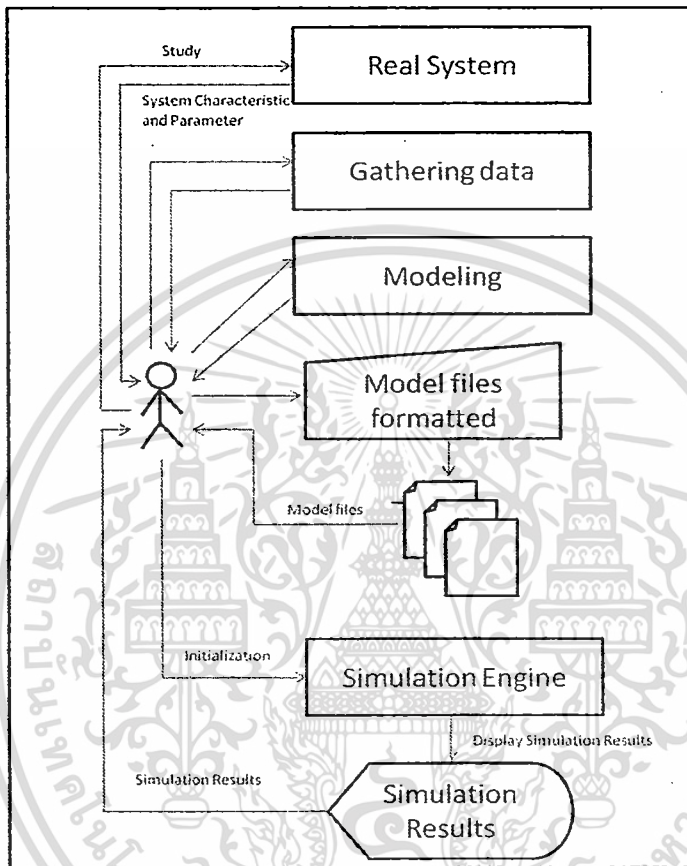
3.1.1 การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบจำลอง

การทำงานของระบบจำลองด้านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเพิ่มช่องทาง ดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดยเริ่มจากผู้ใช้ทำการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องจากระบบจริง จากนั้นทำการรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาคำนวณปัจจัยนำเข้าต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ซึ่งได้แก่ อัตราเฉลี่ยการมาถึงของรถ เวลาให้บริการต่อคัน อัตราค่าธรรมเนียม จำนวนช่องทางให้บริการ และความยาวรถ

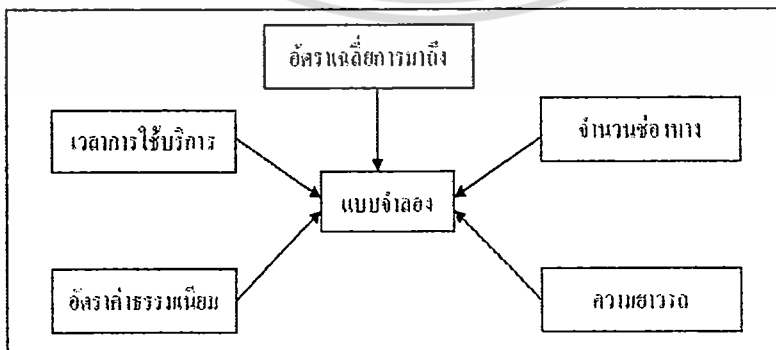
จากนั้นจัดรูปแบบข้อมูลให้เหมาะสมกับระบบจำลอง เพื่อนำเข้าสู่กลไกการจำลองระบบ ซึ่งในการจำลองระบบจะทำการจำลองระบบเป็นจำนวน 700 รอบ เมื่อจำลองเสร็จสิ้นแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกแยกออกเป็นชั่วโมงให้บริการ เช่น 06.00 – 07.00 น. ผลลัพธ์ที่ได้ประกอบไปด้วย จำนวนแถวคอยที่เกิดขึ้น จำนวนแถวคอยที่คอยมากกว่า 10 วินาที เวลาคอยโดยรวม เวลาคอยโดยเฉลี่ยจากจำนวนแถวคอยที่เกิดขึ้น จำนวนแถวคอยที่ติดต่อเนื่องกันยาวที่สุด ระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากรถติดต่อเนื่องกันยาวที่สุด อัตราการใช้สอยระบบ รายได้ที่ได้รับ ผลลัพธ์ดังกล่าว จะได้แสดงในรูปแบบตารางและกราฟให้กับผู้ใช้งาน และสามารถบันทึกเป็นไฟล์นำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกลไกในการจำลองระบบ ได้แก่ จำนวนรอบในการจำลองระบบ จำนวนสัปดาห์ในการจำลองระบบ จำนวนวันในสัปดาห์ และจำนวนชั่วโมงต่อวัน ซึ่งทั้งหมดนี้ มีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการจำลองระบบ



รูปที่ 3.1 สถาปัตยกรรมกลไกการจำลองระบบเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจดำเนินการด้านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทาง



รูปที่ 3.2 แผนภาพส่วนประกอบของแบบจำลองระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของนโยบายการเข้าใช้บริการของรถแต่ละคันจะมีการกำหนดเป็น 4 นโยบาย ซึ่งได้แก่ การเข้าใช้บริการแบบสุ่ม การเข้าใช้บริการแบบสลับ การเข้าใช้บริการแบบแถวคอยสั้นที่สุด การเข้าใช้บริการแบบใกล้ช่องเก็บเงินที่สุด ในแต่ละนโยบายจะมีระเบียบวิธีการมาถึงของรถดังนี้

1. นโยบายการมาถึงของรถแบบสุ่ม (Random Lane Selection) นโยบายชนิดนี้ถูกกำหนดให้การเข้าสู่ช่องทางเป็นแบบสุ่มโดยทำการสุ่มแบบเอกรูป (Uniform) จากช่องทางแรกไปยังช่องทางสุดท้ายที่มีการเปิดให้บริการ

2. นโยบายการมาถึงของรถแบบสลับ (Seesaw Lane Selection) นโยบายชนิดนี้ ถูกกำหนดให้การเข้าสู่ช่องทางเป็นแบบสลับกันไปมา ระหว่างช่องทางที่ 1 และช่องทางที่ 2

3. นโยบายการมาถึงของรถแบบแถวคอยสั้นที่สุด (Shortest Queue Selection) นโยบายชนิดนี้กำหนดให้การเข้าสู่ช่องทางมีการพิจารณาจำนวนรถในแถวคอย ณ ปัจจุบัน จำนวนรถในแถวคอยใดที่น้อยที่สุด รถคันปัจจุบันจะเข้าไปยังช่องทางดังกล่าว

4. นโยบายการมาถึงของรถแบบใกล้ช่องเก็บเงินมากที่สุด (Shortest Distance Selection) นโยบายชนิดนี้ กำหนดให้การเข้าสู่ช่องทาง พิจารณาจากระยะห่างของรถคันสุดท้ายกับช่องเก็บเงิน ณ ปัจจุบัน โดยที่ไม่คำนึงถึงจำนวนรถในแถวคอยที่ปรากฏอยู่

ข้อแตกต่างระหว่างนโยบายการมาถึงของรถแบบแถวคอยสั้นที่สุดกับนโยบายการมาถึงของรถแบบใกล้ช่องเก็บเงินมากที่สุด พิจารณาจากกรณีที่มีจำนวนช่องทางให้บริการ 2 ช่องทาง ในช่องทางที่ 1 เมื่อมีรถบรรทุกที่มีความยาว 20 เมตร คอยใช้บริการอยู่เป็นจำนวน 1 คัน เมื่อเทียบกับช่องทางที่ 2 มีรถยนต์ไม่เกิน 7 คันที่มีความยาวเพียง 4.56 เมตร 2 คัน จะเห็นได้ว่าแถวคอยที่สั้นกว่าอาจมีระยะทางที่ไกลกว่าในการใช้บริการ

3.1.2 กลไกการจำลองระบบ

เป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้งานเพื่อนำแบบจำลองที่ผู้ใช้สร้างขึ้นมาทำการจำลองระบบ และนำเสนอผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองระบบมานำเสนอให้กับผู้ใช้งาน กลไกการจำลองระบบประกอบไปด้วย 3 โมดูลคือ โมดูลการกำหนดค่าเบื้องต้น (Initialization Module) โมดูลการจำลองระบบ (Simulation Module) โมดูลการสร้างรายงาน (Report Module)

3.1.2.1 โมดูลการกำหนดค่าเบื้องต้น เป็นการนำแบบจำลองที่สร้างขึ้น มากำหนดค่าให้กับปัจจัยนำเข้าที่สำคัญให้ครบถ้วน เพื่อเป็นข้อมูลตั้งต้นในการจำลองระบบ โดยค่าที่กำหนดจะสร้างเป็นตารางข้อมูลเข้าแบบแยกประเภท และแบบไม่แยกประเภท เพื่อนำไปจำลองระบบในรูปแบบที่แตกต่างกันได้ต่อไป การกำหนดค่าข้อมูลเข้าที่เก็บเป็นไฟล์นำเข้า ประกอบไปด้วย

- การกำหนดอัตราค่าเฉลี่ยการมาถึงแบบแยกประเภทและแบบไม่แยกประเภท

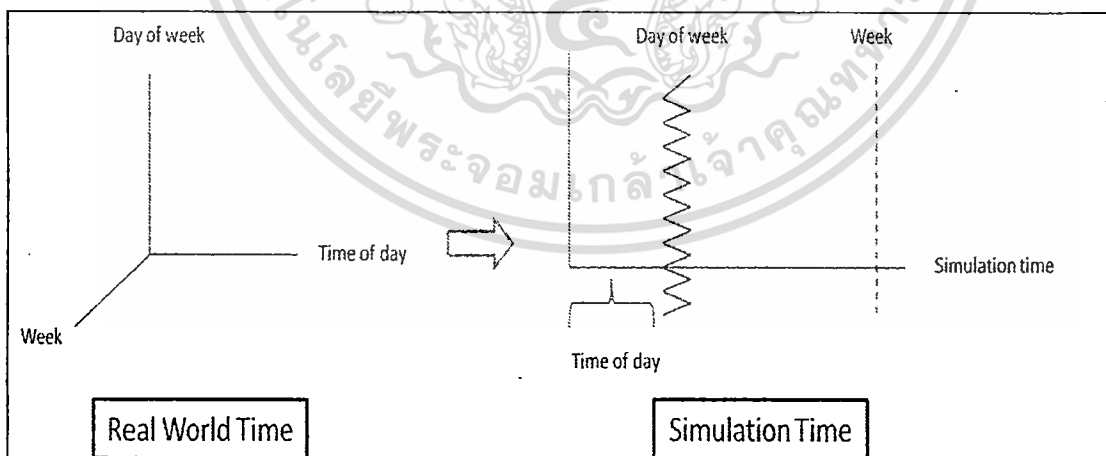
- การกำหนดเวลาการเข้าใช้บริการต่อคันแบบแยกประเภทและแบบไม่แยกประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การกำหนดอัตราค่าธรรมเนียมแบบแยกประเภทและแบบไม่แยกประเภท
 - การกำหนดความยาวรถแบบแยกประเภทและแบบไม่แยกประเภท
- นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำลองระบบ ซึ่งผู้ใช้งานกำหนดได้ ได้แก่
- จำนวนสัปดาห์ที่ต้องการจำลอง
 - จำนวนวันในสัปดาห์ และจำนวนชั่วโมงต่อวัน
 - ทางเลือกของจำนวนช่องทาง (1 หรือ 2 ช่องทาง)
 - นโยบายการมาถึงของรถ ได้แก่
 - แบบสุ่ม (Random Lane Selection)
 - แบบสลับ (Seesaw Lane Selection)
 - แบบแถวคอยสั้นที่สุด (Shortest Queue Selection) และ
 - แบบใกล้ช่องเก็บเงินมากที่สุด (Shortest Distance Selection)
 - ค่าตั้งต้นของเลขสุ่ม

ซึ่งข้อกำหนดเหล่านี้ จะถูกนำไปใช้ในโมดูลการจำลองระบบ ในส่วนถัดไป

3.1.2.2 โมดูลการจำลองระบบ (Simulation Module) มีการทำงานโดยเริ่มจากการนำข้อมูลจากโมดูลก่อนหน้า มาทำการคำนวณจุดเวลาสิ้นสุดในการจำลองระบบ โดยการปรับเปลี่ยนข้อมูลจากเวลาจริงให้อยู่ในเวลาของระบบจำลองดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แนวคิดในการปรับเปลี่ยนเวลาจริงเป็นเวลาจำลองระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีการคำนวณระยะเวลาสิ้นสุดจากสมการ

กำหนด

TSE = จุดเวลาสิ้นสุดการจำลองระบบ

NW = จำนวนสัปดาห์ที่ต้องการจำลองระบบ

ND = จำนวนวันในสัปดาห์ที่ต้องการจำลองระบบ เป็นค่าคงที่ คือ 7 วัน

NH = จำนวนชั่วโมงในหนึ่งวันที่ต้องการจำลองระบบ เป็นค่าคงที่ คือ 16

ชั่วโมง ตั้งแต่ 06.00 น. – 22.00 น.

$TUnit$ = จำนวนนาทีก่อนหนึ่งชั่วโมง เป็นค่าคงที่ คือ 60 นาที

$$TSE = NW * ND * NH * TUnit \quad (3.1)$$

เมื่อได้จุดเวลาสิ้นสุดจากการจำลองระบบ จะเริ่มต้นการจำลองเวลาที่รถเข้ามาสู่ระบบ ณ เวลาสุ่มใด ๆ ด้วยระยะห่างเวลาการมาถึงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลด้วยอัตราเฉลี่ย $(\frac{1}{\lambda})$ ด้วยสมการดังนี้

กำหนด

T_0 = จุดเวลาเริ่มต้นจำลองระบบ เช่น เวลา 6.00 น. วันจันทร์ ณ สัปดาห์ที่หนึ่ง

T_i = จุดเวลามาถึงของรถคันที่ i

T_{i-1} = จุดเวลามาถึงของรถคันก่อนหน้ารถคันที่ i

$U(0,1)$ = ค่าเลขสุ่มในช่วง 0 ถึง 1 โดยมีค่าเป็นจุดทศนิยม

$$T_i = T_{i-1} + \left(-\frac{1}{\lambda}\right) * \ln(U(0,1)) \quad (3.2)$$

ระบบจะหยุดการจำลอง เมื่อจุดเวลาปัจจุบันมากกว่าหรือเท่ากับจุดเวลาสิ้นสุด โดยผลลัพธ์ที่ได้ จะได้จำนวนรถที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าว และเวลามาถึงของรถแต่ละคัน

ในแบบจำลองระบบที่มีอัตราการมาถึงแตกต่างกันในแต่ละชั่วโมง ระบบจำลองจะมีกลไกในการปรับเปลี่ยนอัตราเฉลี่ยการมาถึง เพื่อให้สอดคล้องกับเวลาจำลองในระบบด้วย โดยมีสูตรการหาค่า สัปดาห์ หาค่าวันในสัปดาห์ และหาค่าชั่วโมงในสัปดาห์ รวมถึงคำนวณค่าและวินาที เพื่อใช้ในการปรับเปลี่ยนอัตราเฉลี่ยการมาถึง ดังสมการดังนี้

การหาค่าสัปดาห์ในการจำลองระบบ มีวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

กำหนด

WC = สัปดาห์ปัจจุบันในระบบจำลอง

STW = สัปดาห์เริ่มต้นในระบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$WC = STW + \left\lfloor \left(\frac{T_i}{(ND \cdot NH \cdot TUnit)} \right) \right\rfloor \quad (3.3)$$

การหาค่าวันในสัปดาห์ที่มีวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

กำหนด

DC = วันในสัปดาห์ในระบบจำลอง เริ่มต้นที่ 1 = วันจันทร์ ถึง 7 = วันอาทิตย์

STD = วันเริ่มต้นในระบบจำลอง

$$DC = STD + \left\lfloor \left(\frac{(T_i - ((ND \cdot NH \cdot TUnit) \cdot (WC - 1)))}{(NH \cdot TUnit)} \right) \right\rfloor \quad (3.4)$$

การหาค่าชั่วโมงในวันที่มีวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

กำหนด

HC = ชั่วโมงในระบบจำลอง

STH = ชั่วโมงเริ่มต้นในระบบจำลอง

$$HC = STH + \left\lfloor \left(\frac{(T_i - ((ND \cdot NH \cdot TUnit) \cdot (WC - 1)) - ((NH \cdot TUnit) \cdot (DC - 1)))}{(TUnit)} \right) \right\rfloor \quad (3.5)$$

การหาค่านาทีในแต่ละชั่วโมงที่มีวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

กำหนด

MC = นาทีปัจจุบันในระบบจำลอง

$$MC = (T_i \bmod TUnit) \quad (3.6)$$

การหาค่าวินาทีในแต่ละนาทีที่มีวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

กำหนด

SC = วินาทีปัจจุบันในระบบจำลอง

$$SC = \lfloor (TUnit * (T_i \bmod \lfloor (T_i) \rfloor)) \rfloor \quad (3.7)$$

เมื่อได้เวลาสุ่มที่เกิดขึ้นในแต่ละหน่วยจะทำการเพิ่มจำนวนรอบปัจจุบัน 1 คำน และทำการกำหนดค่าอัตราค่าธรรมเนียม เวลาใช้บริการให้กับรถคันปัจจุบันที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งเวลาในระบบจำลองมากกว่าหรือเท่ากับจุดเวลาสิ้นสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่มียอดมากกว่า 1 ประเภท ระบบจำลองจะทำการสุ่มเวลาทั้งหมดตามจำนวนประเภทตามแบบจำลองที่กำหนด จากนั้นทำการจัดเรียงเวลาการมาถึงของรถทุกประเภทโดยเปรียบเทียบตามเวลาที่มาถึง ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายการเวลามาถึงของรถแต่ละคัน ประเภทรถ อัตราค่าธรรมเนียม เวลาการให้บริการที่เกิดจากการจำลองระบบ

Week	Day_of_week	Arrival_Time	Vehicle_Type	Fare	Service_Time
1	Monday	06:00:34	1	20	15
1	Monday	06:02:46	7	300	20
1	Monday	06:33:46	2	50	16
1	Monday	06:52:17	4	150	15
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	Sunday	HH:mm:ss	x	y	z

วิธีการในการปรับเปลี่ยนอัตราเฉลี่ยการมาถึง โดยการใช้กฎ โดยเมื่อจุดเวลาที่สุ่มได้จากการจำลองระบบมีค่าเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละชั่วโมง จะทำการปรับเปลี่ยนอัตราเฉลี่ยการมาถึงตามรายชั่วโมงและเมื่อจุดเวลาที่สุ่มมีการเปลี่ยนแปลงในส่วนของวันในสัปดาห์จะทำการปรับเปลี่ยนอัตราเฉลี่ยการมาถึงตามวันในสัปดาห์และเริ่มต้นที่ชั่วโมงแรกของวันคือ 06.00 น. ตามที่ได้กำหนดไว้ในโมดูลก่อนหน้านี้

จากนั้นทำการกำหนดช่องทางที่ใช้ให้กับรถแต่ละคัน ในกรณีที่จำนวนช่องทางมีมากกว่า 1 ช่องทางจะทำการอ้างอิงจากนโยบายทั้ง 4 แบบที่ผู้ใช้กำหนด เมื่อได้จำนวนรถแต่ละประเภทในแต่ละเวลามาถึงของแต่ละคัน ช่องทางที่มาถึง ทำการคำนวณหาเวลาคอยและเวลาออกจากระบบโดยมีสมการดังนี้

กำหนด

DT_i = เวลาให้บริการเสร็จสิ้นของรถคันปัจจุบันในระบบจำลอง

AT_i = เวลามาส่งของรถคันใด ๆ ในระบบจำลอง

WT_i = เวลาคอยของรถคันปัจจุบันในระบบจำลอง

ST_i = เวลาการให้บริการของรถประเภทใด ๆ ในระบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$DT_i = AT_i + WT_i + ST_i \quad (3.8)$$

การหาเวลาคอยของรถคันปัจจุบัน แยกคำนวณเป็น 2 กรณีดังนี้

1. ผู้ให้บริการว่าง (Idle) ผู้ใช้บริการสามารถใช้บริการได้ทันทีไม่จำเป็นต้องคอย

$$WT_i = 0 \quad (3.9)$$

2. ผู้ให้บริการไม่ว่าง (Busy) ผู้ใช้บริการจำเป็นต้องคอยก่อนได้รับบริการส่งผลให้ จำนวนแถวคอยเพิ่มขึ้น 1 คัน และเวลาคอยคือส่วนต่างของเวลาที่คันก่อนหน้าในช่องทางเดียวกันใช้บริการเสร็จสิ้น เมื่อเวลาคอยรถคันใดที่มีค่ามากกว่า 10 วินาที จะทำการเพิ่มจำนวนแถวคอยที่มากกว่า 10 วินาทีขึ้น 1 คัน การคำนวณหาเวลาคอยสามารถคำนวณได้จากสมการ

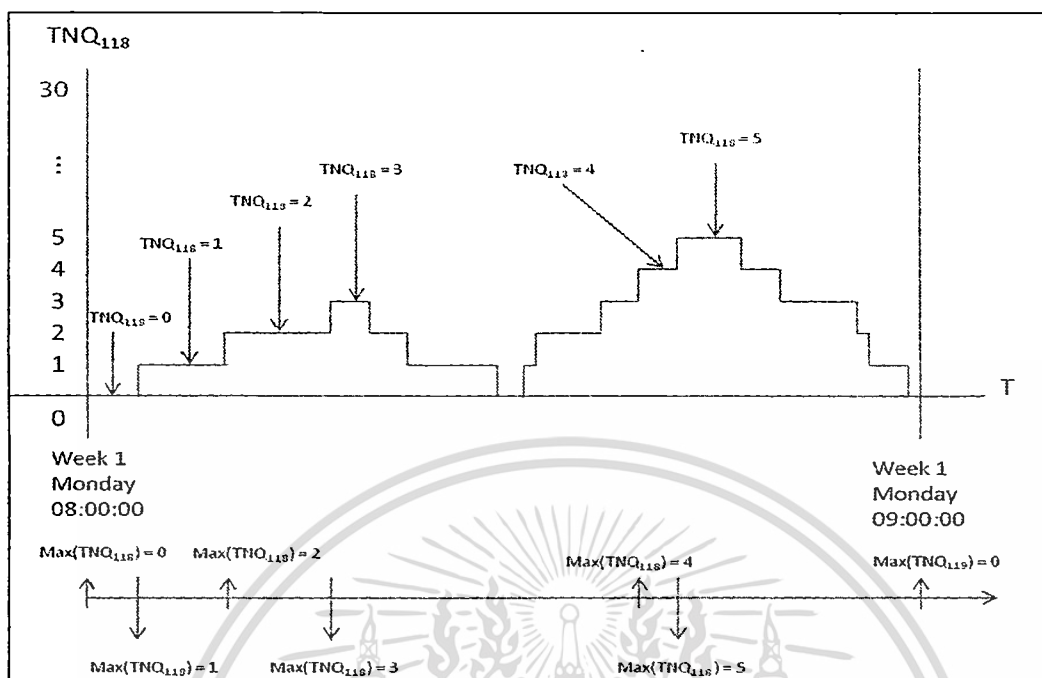
$$WT_i = (AT_i - DT_{i-1}) \quad (3.10)$$

$$NQ_{wdh} = NQ_{wdh} + 1 \quad \text{for } WT_i > 0 \quad (3.11)$$

$$NQTM_{wdh} = NQTM_{wdh} + 1 \quad \text{for } WT_i > 10 \quad (3.12)$$

ในขณะที่จำนวนแถวคอยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ระบบจำลองจะเก็บรายละเอียดของแถวคอยที่ติดต่อกัน ซึ่งได้แก่ จำนวนแถวคอยที่ติดต่อกันในหนึ่งช่วงเวลาย่อย (TNQ_{wdh}) และประเภทรถที่ติดต่อกัน ($TVNQ_{wdh}$) ทำให้สามารถหาจำนวนแถวคอยที่ยาวมากที่สุดในแต่ละชั่วโมง $\max(TNQ_{wdh})$ และระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากแถวคอยที่ยาวมากที่สุด $\max(TVNQ_{wdh})$

ในระหว่างที่คำนวณแถวคอย ระบบจะมีการปรับเปลี่ยนช่องทางในกรณีที่มีนโยบายการมาถึงเป็นแบบแถวคอยสั้นที่สุดจะดูจากจำนวนแถวคอยที่ติดต่อกันในหนึ่งช่วงเวลาย่อยว่า ในช่องทางใดมีจำนวนมากกว่ากัน ในกรณีที่ที่มีจำนวนเท่ากันให้สุ่มเลือกช่องทางใดช่องทางหนึ่งจาก 2 ช่องทาง ส่วนนโยบายการมาถึงแบบใกล้ช่องเก็บเงินมากที่สุดจะทำการคำนวณระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากแถวคอยที่ยาวมากที่สุดมาใช้ในการกำหนดช่องทาง ในกรณีที่มิมีระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากแถวคอยที่ยาวมากที่สุดเท่ากันจะทำการสุ่มเลือกช่องทางใดช่องทางหนึ่งจาก 2 ช่องทาง



รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนแวกคอยที่เพิ่มขึ้น และจำนวนแวกคอยติดต่อเนื่องมากที่สุดในช่วงเวลา สัปดาห์ที่ 1 ในวันจันทร์ ช่วงเวลาของวัน 08.00 – 09.00 น.

จากรูปที่ 3.4 เป็นช่วงเวลาในระบบจำลองคือ 08.00 – 09.00 น. ในจุดเวลาในระบบจำลองตั้งแต่คันที่ 1 ถึงคันที่ 4 ไม่มีจำนวนแวกคอยเกิดขึ้น เมื่อเข้าสู่จุดเวลาที่รถคันที่ 5 เข้ามาสู่ระบบและรถคันที่ 4 (คันก่อนหน้า) ยังใช้บริการไม่เสร็จสิ้น ทำให้จำนวนแวกคอยเพิ่มขึ้น 1 หน่วย (จำนวนแวกคอยติดต่อเนื่องมากที่สุดเท่ากับ 1 คัน) จากนั้นรถคันที่ 6 เข้ามาที่ระยะห่างเวลาที่เข้ามาในขณะที่ยังมีจำนวนแวกคอยอยู่ 1 คันทำให้จำนวนแวกคอยเพิ่มขึ้นเป็น 2 คัน (จำนวนแวกคอยติดต่อเนื่องมากที่สุดเท่ากับ 2 คัน) ต่อจากนั้นรถคันที่ 7 เข้ามาที่ระยะห่างเวลาที่เข้ามาและจำนวนแวกคอยที่มีอยู่ 2 คันเพิ่มขึ้นเป็น 3 คัน (จำนวนแวกคอยติดต่อเนื่องมากที่สุดเท่ากับ 3 คัน) จนกระทั่งรถคันที่ 4 ใช้บริการเสร็จสิ้นและออกจากระบบไปทำให้จำนวนแวกคอยลดลง 1 คัน เหลือเป็นจำนวน 2 คัน จนกระทั่งรถคันที่ 5, 6 และ 7 ใช้บริการเสร็จสิ้นออกจากระบบ จำนวนแวกคอยเท่ากับ 0 คัน (จำนวนแวกคอยติดต่อเนื่องกันมากที่สุดเป็น 3 คัน) ถัดมาอีกหนึ่งช่วงเวลาเมื่อมีจำนวนรถมาถึงใกล้เคียงกันมากทำให้ความยาวแวกคอยเพิ่มขึ้นถึง 4 คัน ทำให้จำนวนแวกคอยติดต่อเนื่องมากที่สุดจากเดิมเป็นจำนวน 3 คันเพิ่มจำนวนเป็น 4 และ 5 คัน จนกระทั่งก่อนหมดชั่วโมงจำนวนแวกคอยลดลงจนไม่มีแวกคอยและหมดช่วงเวลา 08.00 – 09.00 น. ก็จะเปลี่ยนตัวแปรชั่วโมงให้ตรงกับชั่วโมงของวันและจัดเก็บข้อมูลจำนวนแวกคอยที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาต่าง ๆ ของวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำเวลาคอยของรถแต่ละคันในแต่ละชั่วโมงมารวมกันจะได้เวลาคอยโดยรวมตามสัปดาห์ตามวันในสัปดาห์ตามชั่วโมงเพิ่มขึ้น โดยเกิดจากสมการผลรวมเวลาคอยของรถแต่ละคันภายใต้ชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์ ตามรายสัปดาห์ในการจำลองระบบ

$$TWT_{wdh} = \sum_{i=1}^n WT_i \quad \forall i \in [h, h + 1] \quad (3.13)$$

เมื่อได้ผลลัพธ์เวลาคอยโดยรวมและจำนวนแถวคอยในแต่ละชั่วโมง คำนวณหาเวลาเฉลี่ยที่ใช้คอยต่อจำนวนแถวคอยได้ด้วยสมการดังนี้

$$AVGQT_{wdh} = \frac{TWT_{wdh}}{NQ_{wdh}} \quad (3.14)$$

นำข้อมูลเวลาคอยจากการคำนวณ มาเพิ่มเติมลงในตารางเวลาการมาถึง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ของตารางรายการเหตุการณ์ในแต่ละแถวของข้อมูลประกอบไปด้วย สัปดาห์ (Week) วันในสัปดาห์ (Day) เวลามาถึง (AT: Arrivaltime) เลขที่รถ (V_ID : Vehicle_ID) ประเภทรถ (V_T : Vehicle_Type) อัตราค่าธรรมเนียม (Fare) ช่องทางเข้า (En_L : Entry_Lane) เวลาคอย (WT : Waiting Time) เวลาให้บริการ (ST : Service_Time) เวลาออกจากระบบ (DT : Departure_Time) ช่องทางออกจากระบบ (Ex_L : Exit_Lane) และสถานะของระบบ (R_S: Resource_state) ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 รายการเหตุการณ์จากการจำลองระบบ

Week	Day	AT	V_ID	Type	Fare	En_L	WT	ST	DT	Ex_L	R_S
1	Mon	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1	Tue	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
14	Sun	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

การคำนวณอัตราการใช้สอยระบบ โดยการนำจำนวนรถที่เกิดขึ้นในแต่ละชั่วโมงหารด้วยความสามารถในการให้บริการรถต่อหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

กำหนด

ρ_{wdh} = อัตราการใช้สอยระบบตามสัปดาห์ตามวันในสัปดาห์ตามชั่วโมง (%)

N_{wdh} = จำนวนรถตามสัปดาห์ตามวันในสัปดาห์ตามชั่วโมงของวัน (คัน/ชม.)

μ = ความสามารถในการให้บริการรถต่อหน่วยเวลา (คัน/ชม.)

$$\rho_{wdh} = \frac{N_{wdh}}{\mu} \quad (3.15)$$

การคำนวณหารายได้ที่ได้รับ เกิดจากการนำปริมาณรถตามสัปดาห์ตามวันในสัปดาห์คูณกับอัตราค่าธรรมเนียม ในกรณีที่ไม้ได้แยกประเภทรถรายได้ที่ได้จะใช้อัตราคงที่ ส่วนผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณรายได้ที่ได้รับแบบที่มีการแยกประเภทรถจะให้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 3.3

$$Revenue_k = N_{wdhk} * Fare_k \quad (3.16)$$

ตารางที่ 3.3 รายได้ที่ได้รับแยกตามประเภท

Week	Day	Hour	Type1	Type2	Type3	Type4	Type5	Type6	Type7
1	Mon	05-06	200	60	0	0	0	0	300
1	Mon	06-07	300	30	50	200	0	0	900
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
14	Sun	23-00	x	x	x	x	x	x	x

รายได้รวมในแต่ละสัปดาห์แต่ละวันในสัปดาห์ในแต่ละชั่วโมง ได้จากรายได้รวมของรถทุกประเภทดังสมการ

$$Rall_{wdh} = \sum_{k=1}^7 Revenue_k \quad (3.17)$$

3.1.2.3 โมดูลการสร้างรายงาน (Reporter Module) เป็นการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการจำลอง นำมาเสนอในรูปแบบตาราง กราฟ ซึ่งประกอบไปด้วย ตารางรายการเหตุการณ์จากการจำลองระบบ จำนวนรถแยกตามประเภทรถแยกตามสัปดาห์ตามวันในสัปดาห์ตามชั่วโมงของวัน จำนวนแถวคอกที่เกิดขึ้นตามสัปดาห์ตามวันในสัปดาห์ตามชั่วโมงของวัน จำนวนแถวคอกที่ต้องคอยมากกว่า 10 วินาทีตามสัปดาห์ตามวันในสัปดาห์ตามชั่วโมงของวัน เวลาคอยโดยรวมตามสัปดาห์ตามวันในสัปดาห์ตามชั่วโมงของวัน เวลาคอยโดยเฉลี่ยตามสัปดาห์ตามวันในสัปดาห์ตามชั่วโมง จำนวนแถวคอกที่มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สุดตามสัปดาห์ตามวันในสัปดาห์ตามชั่วโมงของวัน พื้นที่ ๆ ถูกใช้เนื่องจากแถวคอกมากที่สุดตามสัปดาห์ตามวันในสัปดาห์ตามชั่วโมงของวัน อัตราการใช้สอยระบบตามสัปดาห์ตามวันในสัปดาห์ตามชั่วโมงของวัน รายได้ที่ได้รับตามสัปดาห์ตามวันในสัปดาห์ตามชั่วโมงของวัน

3.1.3 การจัดรูปแบบไฟล์แบบจำลองเพื่อใช้ในการจำลองระบบ

หลังจากที่ผู้ใช้ทำการศึกษาระบบปัจจุบัน รวบรวมข้อมูล และทำการสร้างแบบจำลองแล้ว จำเป็นต้องทำการการจัดรูปแบบ ให้ตรงกับความต้องการของระบบจำลอง ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้

1. อัตราเฉลี่ยการมาถึง (λ) มีการแยกออกเป็น 2 กรณี คือ

- กรณีไม่แยกประเภทรถ จะประกอบไปด้วย 3 คอลัมน์ ได้แก่ วันในสัปดาห์ ช่วงเวลาของวัน และอัตราเฉลี่ยการมาถึงของรถ ดังแสดงในตารางที่ 3.4
- กรณีแยกประเภทรถ จะประกอบไปด้วย 9 คอลัมน์ ได้แก่ วันในสัปดาห์ ช่วงเวลาของวัน อัตราเฉลี่ยการมาถึงของรถประเภทที่ 1 – 7 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.4 รูปแบบไฟล์อัตราเฉลี่ยการมาถึง ไม่แยกประเภทรถ

Day_of_Week	Hour_of_Day	Arrival_rate (คัน/ชม.)
Monday	00-01	14
:	:	:
Sunday	22-23	70
Sunday	23-00	-1

ตารางที่ 3.5 รูปแบบไฟล์อัตราเฉลี่ยการมาถึงแยกประเภทรถ 7 ประเภท (* T1 – T7 แทนด้วย Arrival_rate_Type_1 ถึง Arrival_rate_Type_7 โดยมีหน่วยคือ คัน/ชม.)

Day_of_Week	Hour_of_Day	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Monday	00-01	13	26	5	2	0	1	7
:	:	:	:	:	:	:	:	:
Sunday	22-23	9	42	8	5	1	0	0
Sunday	23-00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลอัตราเฉลี่ยการมาถึงในแต่ละชั่วโมงของวันระบบจำลองให้กำหนดค่าเป็น “-1” ระบบจะทำการข้ามชั่วโมงดังกล่าวไป

2. เวลาการใช้บริการต่อรถหนึ่งคัน เป็นระยะเวลาที่รถแต่ละคันใช้เวลาตั้งแต่การชำระเงินจนกระทั่งออกจากระบบ ประกอบไปด้วย 2 คอลัมน์ ซึ่งได้แก่ ประเภทรถและเวลาการใช้บริการต่อคัน ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 รูปแบบไฟล์เวลาการใช้บริการต่อรถหนึ่งคัน

Vehicle Type	Service Time (วินาที/คัน)
X (ค่าดีฟอลท์)	15
1	12
2	13
⋮	⋮
7	25

ในกรณีที่แบบจำลองไม่มีการแยกประเภทรถ ระบบจำลองจะใช้เวลาใช้บริการจากประเภทรถในแถวที่มีค่าประเภทเท่ากับ “x”

3. อัตราค่าธรรมเนียม ประกอบไปด้วย 2 คอลัมน์ ได้แก่ ประเภทรถและอัตราค่าธรรมเนียม ดังแสดงในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 รูปแบบไฟล์อัตราค่าธรรมเนียมตามประเภทรถ

Vehicle Type	Fare (บาท/คัน)
X (ค่าดีฟอลท์)	50
1	20
2	30
⋮	⋮
7	300

ในกรณีที่แบบจำลองไม่มีการแยกประเภทรถ ระบบจำลองจะใช้อัตราค่าธรรมเนียมที่อยู่ในแถวของประเภทรถเท่ากับ “x”

4. จำนวนผู้ให้บริการ เป็นส่วนที่ถูกกำหนดก่อนการจำลองระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ความยาวรถ ประกอบไปด้วย 2 คอลัมน์ ได้แก่ ประเภทรถและความยาวรถตามประเภท ดังแสดงในตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 รูปแบบไฟล์ความยาวรถแยกตามประเภท

Vehicle_Type	Vehicle_Length (เมตร/คัน)
X (ค่าดีฟอลท์)	12
1	4.96
2	5.32
:	:
7	22

3.2 ข้อมูลทางสถิติที่รวบรวม

ในส่วนของข้อมูลทางสถิติจะจำแนกข้อมูลจำนวนรถเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งคือข้อมูลทางสถิติจำนวนรถที่ไม่มีการจำแนกประเภทรถ และในส่วนที่สองคือข้อมูลทางสถิติจำนวนรถที่มีการจำแนกตามประเภทรถ โดยข้อมูลที่มีการจำแนกประเภทรถ จะจำแนกตามชั่วโมง ปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ประเภทรถที่ด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางระหว่างประเทศ สะพานมิตรภาพไทย-ลาว แห่งที่ 1 จังหวัดหนองคายกำหนด เวลาใช้บริการต่อคัน อัตราค่าธรรมเนียมและความยาวรถ ที่มีการจำแนกตามประเภทรถ

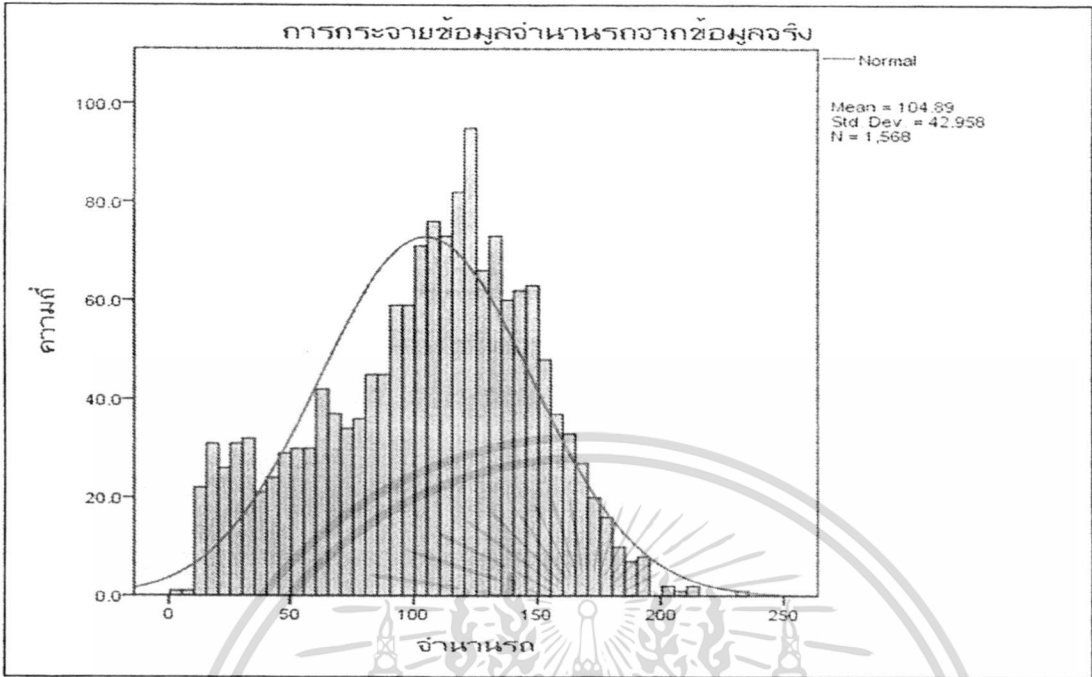
3.2.1 ข้อมูลทางสถิติจำนวนรถที่ไม่มีการแยกประเภทรถ

ข้อมูลทางสถิติจำนวนรถเป็นการรวบรวมจำนวนรถตั้งแต่ 2 พฤศจิกายน 2552 ถึง 7 กุมภาพันธ์ 2553 ดังแสดงในตารางที่ ก-1 โดยจำแนกจำนวนรถตามรายชั่วโมงของวัน

จากรูปที่ 3.5 แสดงการกระจายข้อมูลจำนวนรถจากข้อมูลจริง (1 แท่งต่อ 5 หน่วย) จำนวนชั่วโมงของข้อมูลจริงที่รวบรวมคือ 1,568 ชั่วโมง พบว่ากราฟที่ได้มีลักษณะแบบปกติเบ้ซ้าย โดยมีค่าเฉลี่ยจำนวนรถของข้อมูลจริงคือ 104.89 คัน/ชม. และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 42.96 จำนวนรถที่สูงที่สุดต่อชั่วโมงคือ 235 คัน/ชม. และจำนวนรถที่น้อยที่สุดต่อชั่วโมงคือ 3 คัน/ชม.

รูปที่ 3.6 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริง พบว่าค่าเฉลี่ยจำนวนรถในวันเสาร์ ช่วงเวลา 17.00 - 18.00 น. มีค่าสูงที่สุดคือ 170 คัน/ชม. รองลงมาคือวันอาทิตย์ ช่วงเวลา 17.00 - 18.00 น. ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันคือ 169 คัน/ชม. ในวันทำงานสังเกตได้ว่ามีช่วงเวลาที่จำนวนรถมากที่สุดถูกแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา ช่วงเช้าในช่วงเวลา 10.00 - 11.00 น. และช่วงบ่ายเวลาในช่วงเวลา 15.00 - 16.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

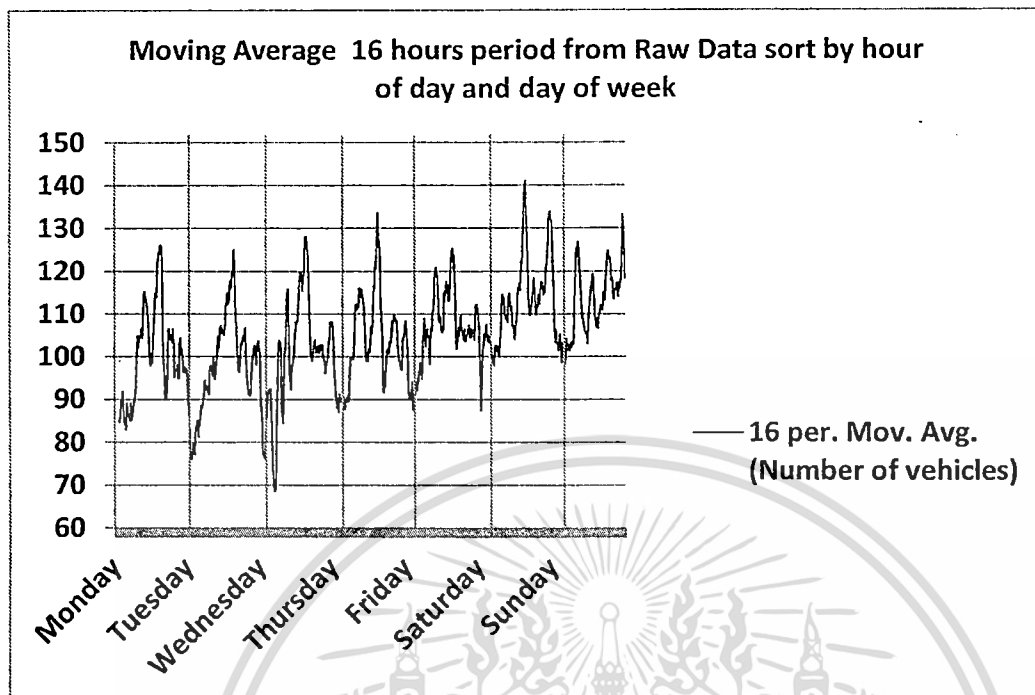


รูปที่ 3.5 การกระจายข้อมูลจำนวนรถจากข้อมูลจริง



รูปที่ 3.6 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงจัดเรียงตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ระยะ 16 ชั่วโมงจัดเรียงตามชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์

จากรูปที่ 3.7 ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ระยะ 16 ชั่วโมง จัดเรียงตามวันในสัปดาห์ แสดงค่าที่ให้ความ
เรียงที่ดีที่สุด พบว่าในวันทำงาน (จันทร์ – ศุกร์) ช่วงค่าเฉลี่ยจำนวนรถสูงสุดของวันมีค่าใกล้เคียงกัน
ส่วนช่วงอื่นของวันในสัปดาห์มีค่าแตกต่างกัน ในวันหยุด (เสาร์-อาทิตย์) ในวันเสาร์จำนวนรถในช่วง
เย็นจะมีแนวโน้มสูงกว่าช่วงเช้า ในขณะที่วันอาทิตย์ช่วงเช้ามีจำนวนรถสูงขึ้นในช่วงก่อนกลางวัน
และลดลงสลับกันไปจนกระทั่งสูงที่สุดในวันช่วงเวลาเย็นจนหมดเวลาให้บริการของวัน

3.2.2 ข้อมูลทางสถิติจำนวนรถที่มีการแยกประเภทรถ

ด้านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางฯ ได้มีจำแนกประเภทรถเป็น 7 ประเภทดังแสดงในตารางที่
3.9 โดยข้อมูลทางสถิติจำนวนรถจำแนกตามประเภทรถ 7 ประเภท ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ ก-2
ถึง ก-8 โดยจำแนกจำนวนรถตามชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์ เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยจำนวนรถตาม
ชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ สำหรับรถแต่ละประเภท ดังแสดงในรูปที่ 3.8 ถึงรูปที่ 3.15

ตารางที่ 3.9 ประเภทรถและคำจำกัดความ

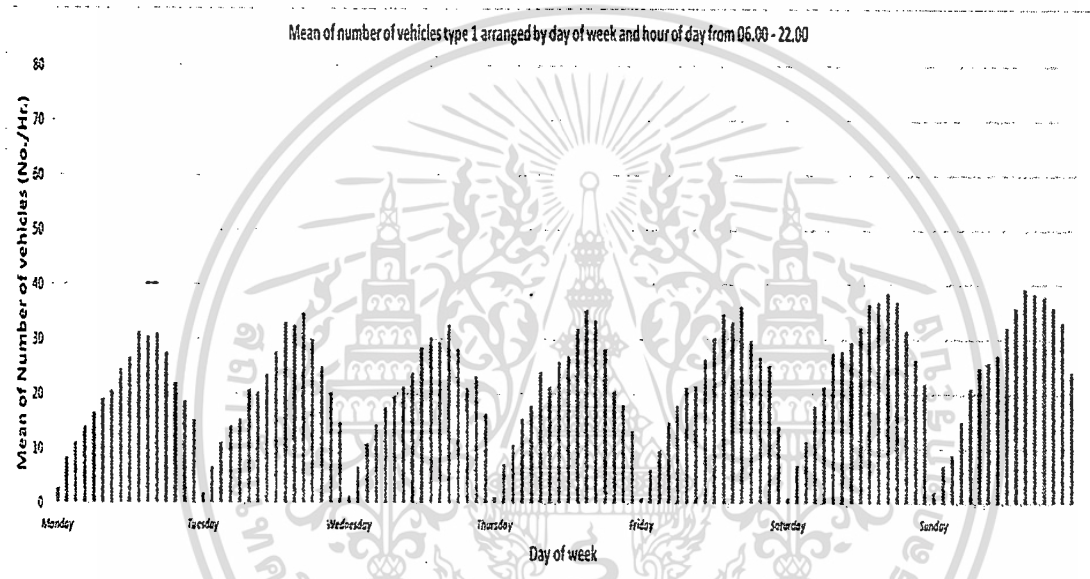
Vehicle Type	Description
1	รถยนต์ประเภทไม่เกิน 7 ที่นั่ง
2	รถยนต์ประเภทตั้งแต่ 7 ที่นั่งแต่ไม่เกิน 12 ที่นั่ง
3	รถโดยสารขนาดเล็กลงตั้งแต่ 12 ที่นั่งแต่ไม่เกิน 24 ที่นั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

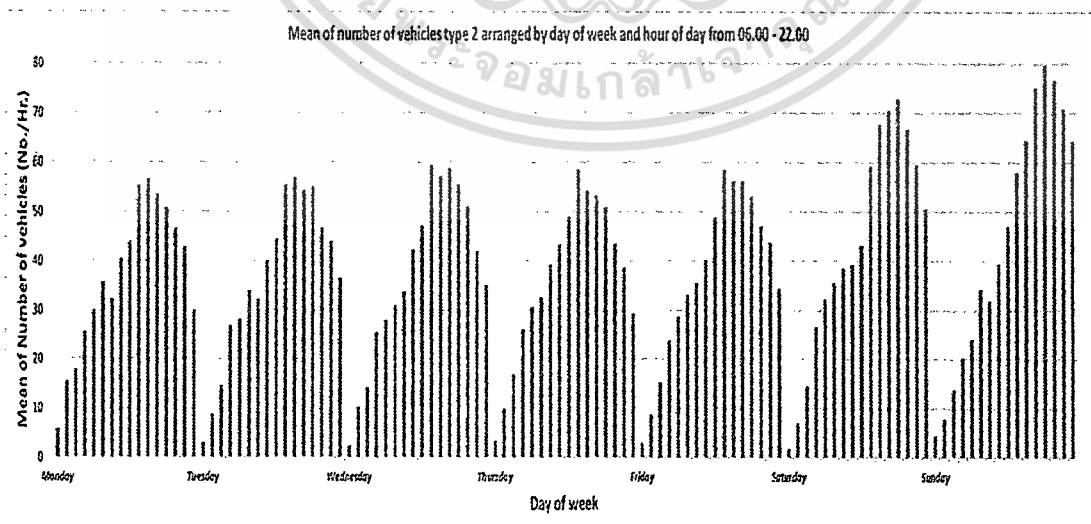
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4	รถโดยสารขนาดใหญ่เกิน 24 ที่นั่ง
5	รถบรรทุก 6 ล้อ
6	รถบรรทุกไม่เกิน 12 ล้อ
7	รถบรรทุกตั้งแต่ 12 ล้อขึ้นไป

จากรูปที่ 3.8 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 1 จัดเรียงตามชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์ พบว่าค่าเฉลี่ยจำนวนรถในวันหยุดมีค่าสูงกว่าในวันทำงานเกือบทุกชั่วโมงของวัน



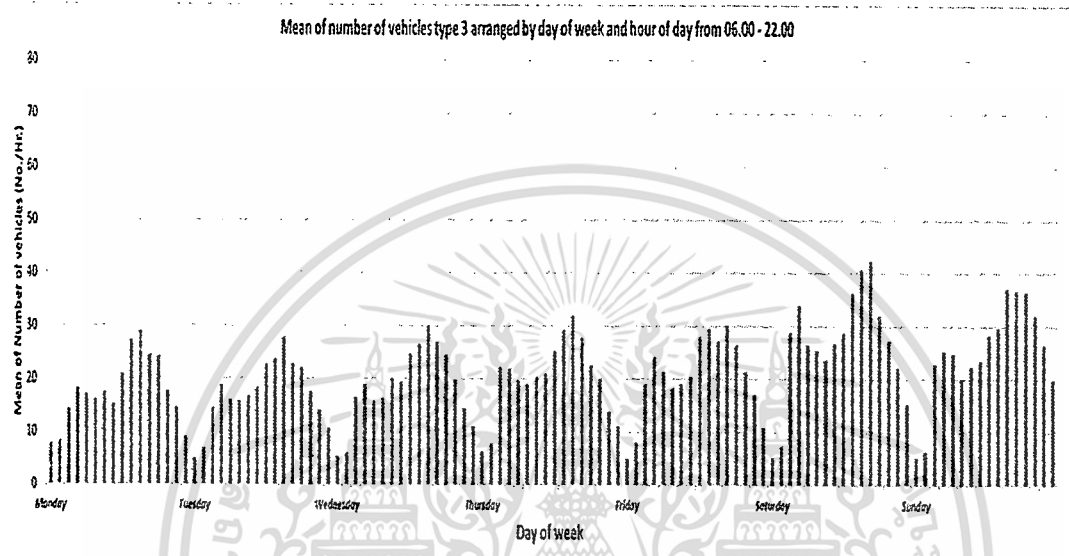
รูปที่ 3.8 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 1 จัดเรียงตามชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์



รูปที่ 3.9 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 2 จัดเรียงตามชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์

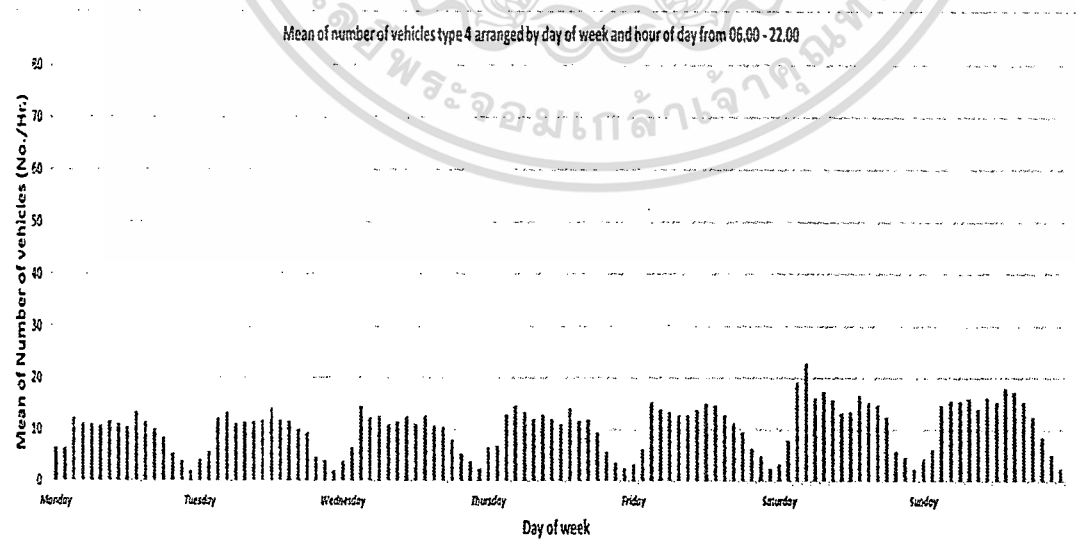
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.9 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 2 จัดเรียงตามชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์ พบว่าค่าเฉลี่ยจำนวนรถในประเภทนี้มีค่าสูงที่สุดจากทั้งหมด 7 ประเภท ค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาเช้าจนถึงช่วงเวลาเที่ยงของวันมีค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 2 ใกล้เคียงกัน ส่วนในช่วงเวลาบ่ายในวันหยุดมีค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 2 สูงกว่าในวันทำงาน



รูปที่ 3.10 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 3 จัดเรียงตามชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์

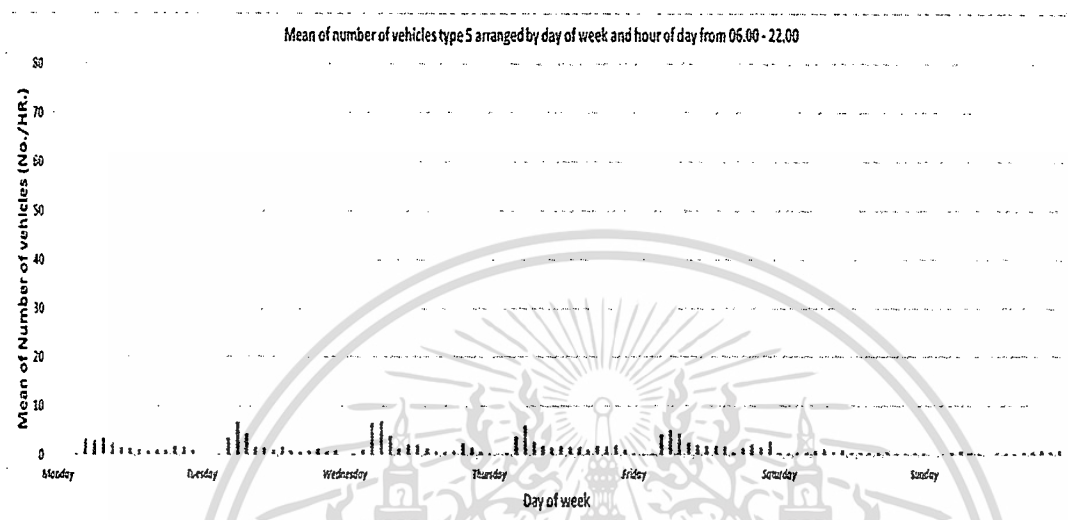
จากรูปที่ 3.10 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 3 จัดเรียงตามชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์ พบว่าค่าเฉลี่ยจำนวนรถในวันหยุดมีค่าสูงกว่าในวันทำงาน



รูปที่ 3.11 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 4 จัดเรียงตามชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์

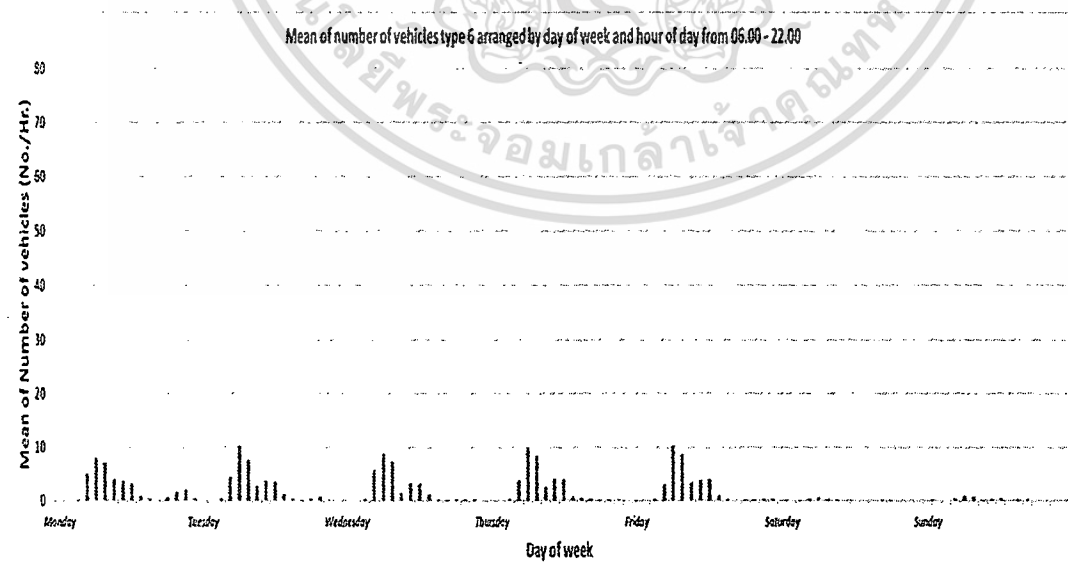
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 3.11 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 4 จัดเรียงตามชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์ พบว่าค่าเฉลี่ยจำนวนรถในวันเสาร์มีค่าสูงที่สุดในทุกช่วงเวลา รองลงมื่อวันอาทิตย์ ในขณะที่วันทำงานมีค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 4 ใกล้เคียงกัน



รูปที่ 3.12 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 5 จัดเรียงตามชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์

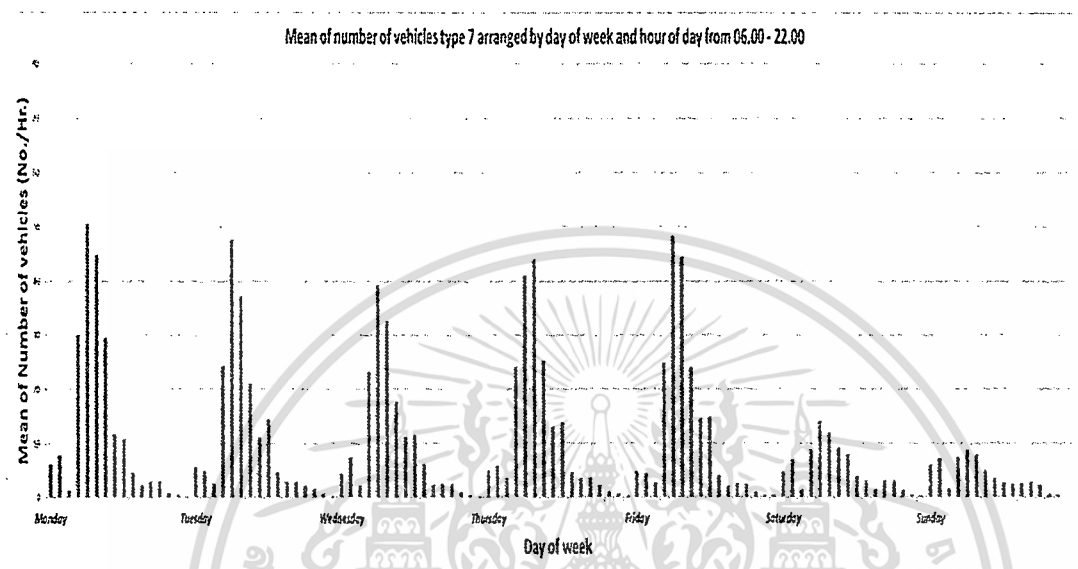
จากรูปที่ 3.12 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 5 จัดเรียงตามชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์ พบว่าค่าเฉลี่ยจำนวนรถในประเภทที่ 5 ในวันทำงานมีค่ามากกว่าในวันหยุด และในรถประเภทนี้มีค่าเฉลี่ยจำนวนรถน้อยที่สุดในชุดข้อมูลจริงที่รวบรวม



รูปที่ 3.13 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 6 จัดเรียงตามชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.13 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 6 จัดเรียงตามชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์ พบว่าค่าเฉลี่ยจำนวนรถในวันทำงานมากกว่าวันหยุด ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 5 เพียงเล็กน้อย



รูปที่ 3.14 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 7 จัดเรียงตามชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์

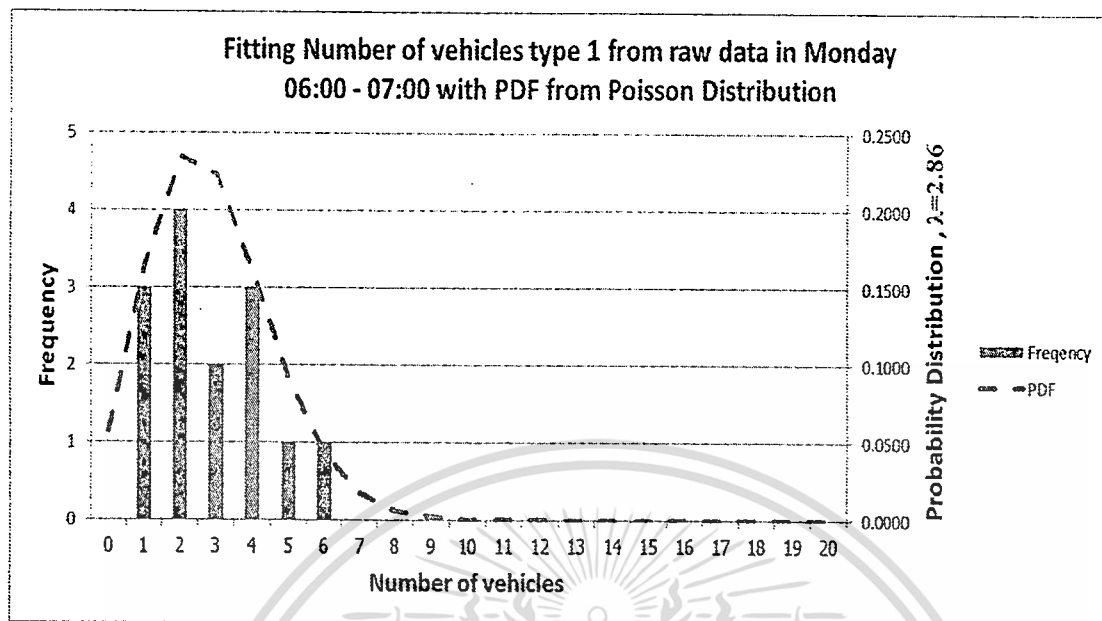
ในรูปที่ 3.14 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 7 จัดเรียงตามชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์ พบว่าค่าเฉลี่ยจำนวนรถในวันทำงานสูงกว่าวันหยุด โดยในวันจันทร์มีค่าสูงที่สุดรองลงมาคือวันศุกร์และอังคารตามลำดับ

3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบพัซซองค์

นำตัวอย่างข้อมูลที่รวบรวมมาทำการหาค่าความถี่ (Frequency) ของข้อมูล โดยจากข้อมูลจะเห็นว่าข้อมูลเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete) จึงทำการหาค่าความน่าจะเป็นโดยใช้ทฤษฎีการหาค่าความน่าจะเป็นจากการแจกแจงแบบพัซซอง (Poisson Distribution) โดยมีค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแต่ละชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์ เป็นพารามิเตอร์เพียงตัวเดียวคือแลมด้า (λ) ในที่นี้จะยกตัวอย่างเพียงบางส่วนของข้อมูลที่รวบรวม

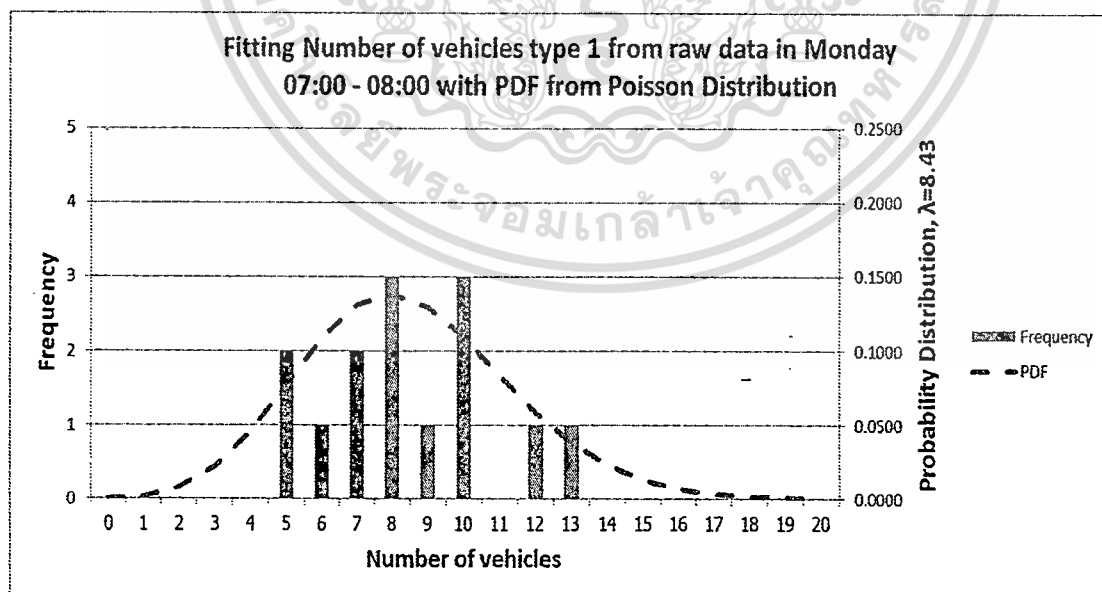
จากรูปที่ 3.15 จากรูปแกน x คือจำนวนรถในประเภทที่ 1 แกน y ทางด้านซ้ายแสดงค่าความถี่ของจำนวนรถประเภทที่ 1 ที่เข้ามาใช้บริการในวันจันทร์ช่วงเวลา 06.00 – 07.00 น. และแกน y ทางด้านขวาเป็นค่าความน่าจะเป็นที่ได้จากการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นจากการแจกแจงแบบพัซซองค์ ซึ่งมีค่าแลมด้า คือ 2.86 จะเห็นว่าค่าความน่าจะเป็นที่ได้มีความใกล้เคียงกันกับความถี่ที่พบจากข้อมูลจริงและมีแนวโน้มใกล้เคียงกับข้อมูลจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 การเปรียบเทียบค่าความถี่ของข้อมูลจำนวนรถประเภทที่ 1 ในวันจันทร์ช่วงเวลา 06.00 – 07.00 น. กับค่าความน่าจะเป็นด้วยการแจกแจงแบบพัวซองค์

จากรูปที่ 3.16 แสดงค่าความถี่ของจำนวนรถประเภทที่ 1 ที่เข้ามาใช้บริการในวันจันทร์ ช่วงเวลา 07.00 – 08.00 น. และค่าความน่าจะเป็นจากการแจกแจงแบบพัวซองค์ ซึ่งมีค่าแลมด้า คือ 8.43



รูปที่ 3.16 การเปรียบเทียบค่าความถี่ของข้อมูลจำนวนรถประเภทที่ 1 ในวันจันทร์ช่วงเวลา 07.00 – 08.00 น. กับค่าความน่าจะเป็นด้วยการแจกแจงแบบพัวซองค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ข้างต้นข้อมูลที่รวบรวมเหมาะสมกับการแจกแจงแบบพัชของค์ ในวิทยานิพนธ์นี้ใช้ค่าแลมด้าที่ได้ในการจำลองระบบ ซึ่งจะกล่าวถึงวิธีการหาค่าแลมด้าเพื่อใช้ในการจำลองระบบโดยละเอียดในบทถัดไป

3.2.4 เวลาในการให้บริการต่อคัน

ทำการสอบถามจากเจ้าหน้าที่พนักงานที่เป็นผู้เก็บเงินในเบื่องต้น และจากนั้นนำข้อมูลจากกล้องวงจรปิดในช่องทางเก็บค่าธรรมเนียมาทำการบันทึกเวลาให้บริการจนแล้วเสร็จซึ่งเมื่อทำการหาค่าเฉลี่ยจากประเภทรถชนิดที่แตกต่างกัน ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 เวลาในการให้บริการต่อรถแต่ละประเภท

Vehicle_Type	Service_Time (Sec.)
1	13.03
2	13.54
3	15.23
4	17.22
5	19.88
6	16.77
7	17.55

3.2.5 อัตราค่าธรรมเนียมรถแยกตามประเภท

อัตราค่าธรรมเนียมรถแยกตามประเภทเป็นข้อมูลที่สามารถหาได้จากป้ายสติกเกอร์ที่ติดไว้ที่ตู้เก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางฯ ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 อัตราค่าธรรมเนียมของรถแต่ละประเภท

Vehicle_Type	Fare (Baths)
1	20
2	30
3	50
4	100
5	150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6	200
7	300

3.2.6 ความยาวรถแต่ละประเภท

ความยาวรถแต่ละประเภทได้ทำการสืบค้นจากอินเทอร์เน็ตและรวบรวมเท่าที่สามารถหาได้ ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.12 ความยาวของรุ่นตามยี่ห้อรถ

Brand	Type	Model	Length (Metres)
Toyota	1	Yaris	3.875
		Vios	4.3
		Altis	4.54
		Camry	4.825
	2	Wish	4.56
		Avanza	4.15
		Innova	4.58
		Fortuner	4.69
Toyota	3	Hiace	4.695
		Commuter	5.38
		Ventury	4.84
		Majesty	4.84
		Alphard	4.85
Honda	1	Jazz	3.9
		City	4.395
		Civic	4.54
		Accord	4.935
		Freed	4.215
	2	CRV	4.529
Mitsubishi	1	Lancer	4.595
	2	Triton	5.105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		Space wagon	4.765
		Pajero	4.695
Nissan	1	Teana	4.85
		Tiida	4.25
		Tiida Latio	4.45
		Navara	5.14
	2	X-Trail	4.63
	3	Urvan	4.995
Volvo	1	V50	4.522
		S40	4.476
		S80	4.851
		C30	4.266
	2	XC60	4.627
		XC90	4.807
BMW	1	120d Coupe	4.36
		Series 3	4.531
		Series 5	4.841
		Series 6	4.82
		Series 7	5.212
		X6	4.877
		Z4	4.239
		M	4.615
	2	X3	4.569
		X5	4.854

ในส่วนประเภทที่หาไม่ได้จะอ้างอิงจากข้อกำหนดขนาดความยาวของรถประเภทดังกล่าวที่มี
ความยาวมากที่สุดโดยเมื่อนำข้อมูลที่หาได้มาทำการหาค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.13 ความยาวรถโดยเฉลี่ยแยกตามประเภทรถ

Vehicle_Type	Vehicle_Length (Metres)
1	4.56
2	4.67
3	4.92
4	12.00
5	6.00
6	15.00
7	20.00



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การออกแบบการทดลอง และผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงกระบวนการทดลอง ขั้นตอนในการทดลอง และปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบการทดลอง เพื่อให้เปรียบเทียบความเหมาะสมของแบบจำลองที่มีอัตราเฉลี่ยการมาถึงที่แตกต่างกัน โดยที่ปัจจัยอื่นในแบบจำลองแต่ละประเภทที่ใช้ในการทดลองไม่มีการเปลี่ยนแปลง จำนวนรอบที่ทำการทดลองคือ 700 รอบ โดยมีค่าตั้งต้นตัวแปรสุ่มที่แตกต่างกันในแต่ละรอบของการทดลอง

ในส่วนของตัวแปรที่ทำการศึกษานำมาเปรียบเทียบความเหมาะสมของแบบจำลอง คือ จำนวนรถโดยเฉลี่ยในแต่ละชั่วโมงของวันตามวันในสัปดาห์จากผลลัพธ์การทดลองจำนวน 700 รอบ ค่าความผิดพลาดกำลังสอง ค่าเฉลี่ยความผิดพลาด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความผิดพลาด

ในส่วนของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองจะใช้ระบบจำลองที่ทำการพัฒนาเมื่อได้แบบจำลองที่มีอัตราเฉลี่ยการมาถึงที่เหมาะสมแล้ว ในบทถัดไปจะทำการเพิ่มจำนวนช่องทางขึ้นอีก 1 ช่องทางทำให้ระบบมีจำนวน 2 ช่องทาง เพิ่มจำนวนรถ 30% เมื่อเปิดให้บริการ 2 ช่องทาง โดยทำการออกแบบการทดลองเพื่อเปรียบเทียบนโยบายการมาถึงที่แตกต่างกัน โดยที่ปัจจัยอื่นในการจำลองระบบที่ใช้ในการทดลองมีคุณลักษณะเช่นเดียวกันกับจำนวน 1 ช่องทาง

ในที่สุดท้ายจะเป็นส่วนของตารางผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณและอัตราเฉลี่ยการมาถึงที่ให้นำเข้าสู่ระบบจำลอง

4.1 กระบวนการทดลองและการออกแบบการจำลองระบบ

4.1.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของการจำลองระบบ

4.1.1.1 ทดลองเปรียบเทียบแบบจำลองที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยใช้อัตราเฉลี่ยการมาถึงที่คำนวณจากข้อมูลทางสถิติจำนวนรถที่รวบรวมจากระบบปัจจุบัน จำนวนช่องทาง 1 ช่องทาง

4.1.1.2 นำแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากข้อที่ 4.1.1.1 มากำหนดจำนวนช่องทางเป็น 2 ช่องทาง และทำการทดลองเปรียบเทียบผลลัพธ์ โดยจำลองนโยบายการมาถึงตามสมมุติฐานต่าง ๆ เพื่อหานโยบายที่เหมาะสมที่สุด ตามความคาดหวังของผู้จัดการด้านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางฯ

4.1.2 กำหนดตัวชี้วัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองระบบ

4.1.2.1 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของแบบจำลองที่เหมาะสม ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผลรวมส่วนต่างทั้งหมด (Total Differences)
 - ผลรวมส่วนต่างสัมบูรณ์ (Absolute Differences)
 - ผลรวมค่าความผิดพลาดกำลังสอง (Sum Square Error)
 - ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (Mean Square Error)
 - ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความผิดพลาด (Standard Deviation Error)
- 4.1.2.2 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของระบบ เพื่อหา นโยบายที่เหมาะสมที่สุด ได้แก่
- จำนวนแถวคอย ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์
 - จำนวนแถวคอยที่คอยมากกว่า 10 วินาที ตามชั่วโมงตามวันในสัปดาห์
 - เวลาคอยโดยรวม ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์
 - เวลาคอยโดยเฉลี่ยจากจำนวนแถวคอย ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์
 - จำนวนแถวคอยที่ติดต่อนานที่สุด ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์
 - ระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนานที่สุด ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์
 - อัตราการใช้สอยระบบ ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์
 - รายได้ที่ได้รับ ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ แยกตามประเภทรถ
- 4.1.3. กำหนดตัวแปรต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องในการจำลองระบบ
- 4.1.3.1 ประเภทของแบบจำลอง แบบแยกประเภทหรือแบบไม่แยกประเภท
- 4.1.3.2 จำนวนช่องทาง 1 ช่องทางหรือ 2 ช่องทาง
- 4.1.3.3 แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึง ตามประเภทของแบบจำลอง ได้แก่
- แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบไม่แปรปรวน (NVM: Non-variate arrival rate model)
 - แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันเดียวตามชั่วโมง (UVHM: Uni-variate arrival rate by hour of day model)
 - แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันเดียวตามวันในสัปดาห์ (UVDM: Uni-variate arrival rate by day of week model)
 - แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันสองตัวแปร ตามวันในสัปดาห์ ตามชั่วโมงจากค่าเฉลี่ยแท้ (BVTMM: Bi-variate True mean value arrival rate by day of week and by hour of day)

- แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันสองตัวแปร ตามวันในสัปดาห์ ตาม ชั่วโมงจากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง (BVBMM: Bi-variate Blocked mean value arrival rate by day of week and by hour of day)
- แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันสามตัวแปร ตามวันในสัปดาห์ ตาม ชั่วโมง จำแนกตามประเภทรถจากค่าเฉลี่ยแท้ (TVTMM: Tri-variate True mean value arrival rate by day of week by hour of day and by vehicle type)
- แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันสามตัวแปร ตามวันในสัปดาห์ ตาม ชั่วโมง จำแนกตามประเภทรถจากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง (TVBMM: Tri-variate Blocked mean value arrival rate by day of week by hour of day and by vehicle type)

4.1.3.4 นโยบายการเข้าใช้บริการในกรณีที่มีจำนวนช่องทาง 2 ช่องทาง ได้แก่

- นโยบายการเข้าใช้บริการแบบสุ่ม (Random Lane Selection)
- นโยบายการเข้าใช้บริการแบบสลับ (Seesaw Lane Selection)
- นโยบายการเข้าใช้บริการแบบแถวคอยสั้นที่สุด (Shortest Queue Lane Selection)
- นโยบายการเข้าใช้บริการแบบใกล้ช่องเก็บเงินมากที่สุด (Shortest Distance Lane Selection)

4.1.3.5 เวลาในการใช้บริการ ตามประเภทของแบบจำลอง

4.1.3.6 อัตราค่าธรรมเนียม ตามประเภทของแบบจำลอง

4.1.3.7 ความยาวรถ ตามประเภทของแบบจำลอง

4.1.3.8 จำนวนรอบในการจำลองระบบ 700 รอบ

4.1.3.9 ระยะเวลาในระบบจำลอง

- จำนวนสัปดาห์ที่จำลองระบบคือ 14 สัปดาห์
- จำนวนวันในสัปดาห์คือ 7 วัน เริ่มที่วันที่ 1 คือวันจันทร์จนกระทั่งวันที่ 7 คือวันอาทิตย์
- จำนวนชั่วโมงต่อวันคือ 16 ชั่วโมง เริ่มที่เวลา 06.00 – 07.00 น. ถึง 21.00 – 22.00 น.

4.1.3.10 ค่าตั้งต้นเลขสุ่ม ในรอบที่ 1 จะเริ่มที่ 555 จากนั้นจะเพิ่มค่าตั้งต้นเลขสุ่มขึ้นทีละ 1 ทุก ๆ 50 รอบ จนกระทั่งครบ 700 รอบ ค่าตั้งต้นเลขสุ่ม ในรอบที่ 651-700 จะมีค่าเท่ากับ 605

4.1.4 สมมุติฐานและปัจจัยคงที่ที่ใช้ในการจำลองระบบ

การจำลองระบบเพื่อเปรียบเทียบความเหมาะสมของแบบจำลองที่แตกต่างกัน โดยที่ปัจจัยอื่นในการจำลองระบบ จะคงที่ไม่มีเปลี่ยนแปลง ได้แก่

- จำนวนช่องทางคือ 1 ช่องทาง และ 2 ช่องทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จำนวนรอบในการจำลองระบบคือ 700 รอบ
- ค่าตั้งต้นเลขสุ่มที่ใช้คือค่าระหว่าง 555 ถึง 605
- ระยะเวลาในระบบจำลองที่ใช้ คือ จำนวน 700 สัปดาห์ โดยแต่ละสัปดาห์มี 7 วัน แต่ละวันมี 16 ชั่วโมง คือตั้งแต่ 06.00 – 22.00 น. คิดเป็น 112 ชั่วโมงต่อหนึ่งสัปดาห์ จำลองทั้งหมด 700 สัปดาห์ ระยะเวลาจำลองเป็น 78,400 ชั่วโมง

ในแบบจำลองไม่มีการแยกประเภทรถ

- ใช้เวลาในการใช้บริการไม่มีการแยกประเภทรถคือ 15 วินาทีต่อคัน
- อัตราค่าธรรมเนียมไม่มีการแยกประเภทรถคือ 50 บาทต่อคัน
- ความยาวรถไม่มีการแยกประเภทรถคือ 4.5 เมตรต่อคัน

ส่วนในแบบจำลองที่มีการแยกประเภทรถ

- เวลาในการใช้บริการแยกตามประเภทรถดังแสดงในตารางที่ 3.10
- ค่าธรรมเนียมแยกตามประเภทรถดังตารางที่ 3.11
- ความยาวรถแยกตามประเภทรถดังตารางที่ 3.13

4.2 ผลลัพธ์การจำลองระบบ

สิ่งที่มีการผันแปรเปลี่ยนแปลงในแบบจำลองคือ แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงโดยมีขั้นตอนในการจำลองระบบเพื่อเปรียบเทียบความเหมาะสมของแบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

4.2.1 แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงไม่มีความแปรปรวน (NVM)

เริ่มจากการนำข้อมูลจำนวนรถทางสถิติที่รวบรวม ซึ่งมีจำนวน 14 สัปดาห์ (w) จำนวนวันในสัปดาห์คือ 7 วัน (d) จำนวนชั่วโมงต่อวันคือ 16 ชั่วโมง (h) ตั้งแต่ 06.00 – 22.00 น. ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ ก-1 มาหาผลรวมทั้งหมดซึ่งมีค่าเท่ากับ 164,460 คัน

$$N = \sum_{w=1}^{14} \sum_{d=1}^7 \sum_{h=6}^{21} n_{wdh} = 164,460 \text{ คัน} \quad (4.1)$$

โดย n_{wdh} = จำนวนรถในชั่วโมงที่ h ของวันในสัปดาห์ที่ d สำหรับสัปดาห์ที่ w (แสดงในภาคผนวก ก. ตารางที่ ก-1)

N = ผลรวมจำนวนรถทั้งหมด 14 สัปดาห์ ทุกชั่วโมงของวัน ทุกวันในสัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบ่งส่วนจำนวนรถทั้งหมดจากจำนวนชั่วโมงที่เกิดขึ้นใน 14 สัปดาห์ จำนวนวันในสัปดาห์คือ 7 วัน จำนวนชั่วโมงต่อวันคือ 16 ชั่วโมง โดยจำนวนทั้งหมดมีค่าคือ 1,568 ชั่วโมง เท่า ๆ กันทุกชั่วโมง ซึ่งจะมีจำนวนรถโดยเฉลี่ยที่มากถึงเท่ากับ 104.88 คัน/ชม.

$$\lambda = \frac{N}{T} = \frac{164,460}{1,568} = 104.88 \quad (4.2)$$

เมื่อได้อัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบไม่แปรปรวนเป็นแบบจำลองไม่จำแนกประเภทรถ จากนั้นทำการจัดรูปแบบไฟล์เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าสู่ระบบจำลอง

ผลลัพธ์จำนวนรถที่ได้จากการจำลองระบบในแต่ละรอบ จะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยของจำนวนรถตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จากการจำลองระบบ 700 รอบ โดยนำจำนวนรถที่เกิดขึ้นตามชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์ ที่ได้จากการจำลองระบบรอบที่ m มารวมกันจากนั้นหารด้วยจำนวนรอบที่ทำการจำลองระบบคือ 700 รอบ ดังสมการที่ 4.3 ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.1

$$\bar{x}_{wdh} = \frac{\sum_{m=1}^{700} x_{wdhm}}{700} \quad (4.3)$$

โดย m = การจำลองระบบในรอบที่ m

x_{wdhm} = จำนวนรถในชั่วโมงที่ h วันในสัปดาห์ d ได้จากการจำลองระบบรอบที่ m

\bar{x}_{wdh} = ค่าเฉลี่ยจำนวนรถในชั่วโมงที่ h วันในสัปดาห์ d จากการจำลองระบบเป็นจำนวน 700 รอบ

สมการที่ 4.4 ทำการหาค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนรถรายชั่วโมงรายวันที่ได้จากการจำลองระบบจำนวน 700 รอบ โดยการนำค่าเฉลี่ยที่ได้จากการจำลองระบบในชั่วโมงที่ h วันในสัปดาห์ d สัปดาห์ที่ w มารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนสัปดาห์ 14 สัปดาห์ ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงตารางที่ 4.1

$$\bar{\bar{x}}_{dh} = \frac{\sum_{w=1}^{14} \bar{x}_{wdh}}{14} \quad (4.4)$$

โดย $\bar{\bar{x}}_{dh}$ = ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนรถรายชั่วโมงตามวันในสัปดาห์ที่ได้จากการจำลองระบบ

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถที่ได้การจำลองระบบแบบไม่มีความแปรปรวน

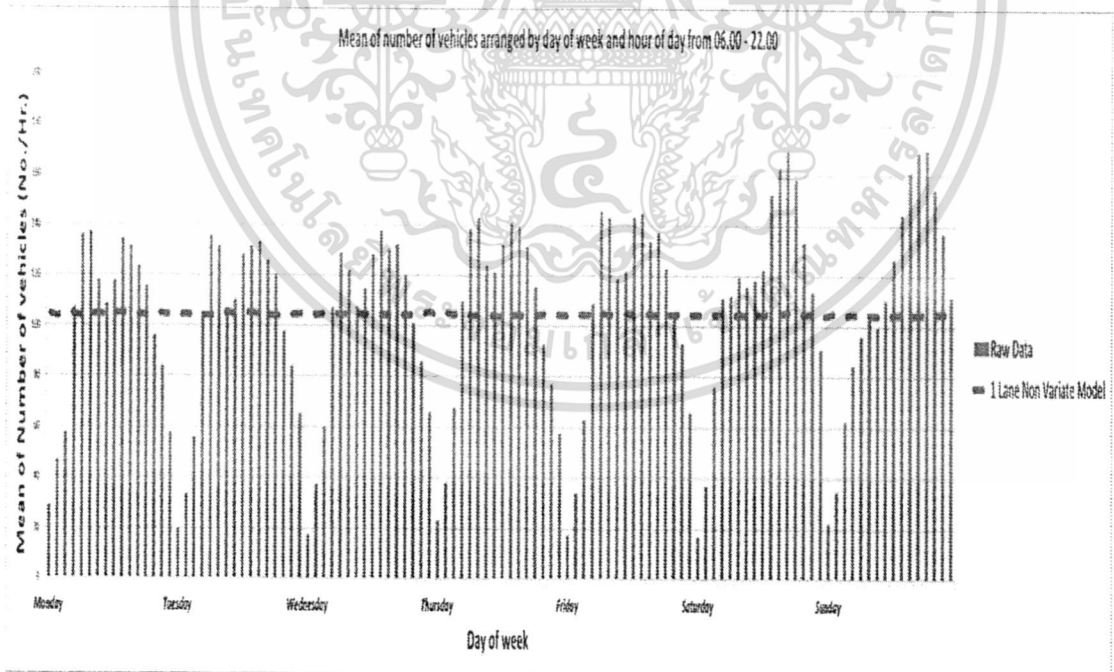
Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	104.67	104.52	104.77	104.49	104.32	104.77	104.77
07-08	103.99	104.69	104.45	105.16	104.96	104.94	105.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

08-09	105.59	104.04	105.12	104.62	104.74	104.84	104.69
09-10	104.30	104.30	104.89	104.99	104.97	105.08	104.97
10-11	104.12	104.29	104.75	104.02	105.35	104.28	104.64
11-12	104.66	104.93	104.87	104.57	104.80	104.90	104.67
12-13	104.80	105.44	104.95	104.79	104.58	104.42	104.52
13-14	104.52	104.42	104.83	104.12	105.16	104.79	104.57
14-15	104.94	105.20	105.08	103.92	104.60	104.72	104.70
15-16	104.90	105.14	104.89	104.68	105.10	105.17	105.15
16-17	105.38	104.78	104.38	104.54	104.91	104.91	104.51
17-18	104.46	104.51	105.08	104.11	104.45	105.45	105.12
18-19	104.47	104.19	104.45	104.36	104.72	105.01	104.66
19-20	104.68	104.13	104.72	104.97	104.72	105.10	104.93
20-21	105.11	104.64	105.12	105.03	104.86	105.07	105.28
21-22	104.33	104.88	105.78	104.80	104.66	103.99	104.96

จากตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนรถในแต่ละชั่วโมงใกล้เคียงกันอยู่ที่ 104 คัน/ชม.

รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถที่ได้จากการจำลองระบบจากแบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบไม่แปรปรวน จัดเรียงตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์



รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบด้วยแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบไม่แปรปรวน (NVM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ 4.5 เป็นการวัดค่าส่วนต่างของจำนวนรถโดยเฉลี่ยกับข้อมูลจริง

$$\Delta_{wdh} = \bar{x}_{dh} - n_{wdh} \quad (4.5)$$

โดย Δ_{wdh} = ส่วนต่างระหว่างจำนวนรถในชั่วโมงที่ h วันสัปดาห์ที่ d กับจำนวนรถในสัปดาห์ w วันในสัปดาห์ d ชั่วโมงที่ h จากข้อมูลจริง

ตารางที่ 4.2 ค่าตัววัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง NVM ได้แก่ ผลรวมส่วนต่างทั้งหมด (TD: Total Differences) ผลรวมส่วนต่างสัมบูรณ์ (ABSD: Absolute Differences) ผลรวมค่าความผิดพลาดกำลังสอง (SSE: Sum Square Error) ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE: Mean Square Error) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความผิดพลาด (STDE: Standard Deviation Error)

Model	TD	ABSD	SSE	MSE	STDE
NVM	112.34	55,519	2,947,734	1,879	43.35

4.2.2 แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันเดียวตามรายชั่วโมง (UVHM)

ในแบบจำลองนี้มีสมมุติฐานคือ ในทุก ๆ ชั่วโมงของวันในการจำลองระบบ จะมีอัตราเฉลี่ยการมาถึงแตกต่างกัน โดยไม่คำนึงถึงวันในสัปดาห์ สามารถคำนวณข้อมูลนำเข้า ดังต่อไปนี้ เริ่มจากการนำข้อมูลจำนวนรถทางสถิติ มาหาผลรวมจำนวนรถตามชั่วโมง สมการที่ 4.6 และ 4.7 เป็นการคำนวณอัตราเฉลี่ยการมาถึงของรถในแต่ละชั่วโมง เพื่อใช้เป็นข้อมูลเข้าของแบบจำลองนี้ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

$$N_h = \sum_{w=1}^{14} \sum_{d=1}^7 n_{wdh} \quad (4.6)$$

โดย N_h = จำนวนรถในชั่วโมงที่ h รวมทุกวันในสัปดาห์จำนวน 14 สัปดาห์
 n_{wdh} = จำนวนรถในชั่วโมงที่ h ของวันในสัปดาห์ที่ d สำหรับสัปดาห์ที่ w

$$\lambda_h = \frac{N_h}{98} \quad (4.7)$$

โดย λ_h = อัตราเฉลี่ยการมาถึงในชั่วโมงที่ h ของทุกวันในสัปดาห์

ตารางที่ 4.3 อัตราเฉลี่ยการมาถึงในชั่วโมงที่ h จากแบบจำลองแปรผันเดียวตามชั่วโมง

Hour of day	06.00-07.00	07.00-08.00	08.00-09.00	09.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00
N_h	2,051	3,666	6,155	10,297	12,519	12,624	11,078	11,180

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

λ_h	20.93	37.41	62.81	105.07	127.74	128.82	113.04	114.08
Hour of day	14.00-15.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	18.00-19.00	19.00-20.00	20.00-21.00	21.00-22.00
N_h	12,597	13,748	13,895	13,868	12,932	10,941	9,463	7,446
λ_h	128.54	140.29	141.79	141.51	131.96	111.64	96.56	75.98

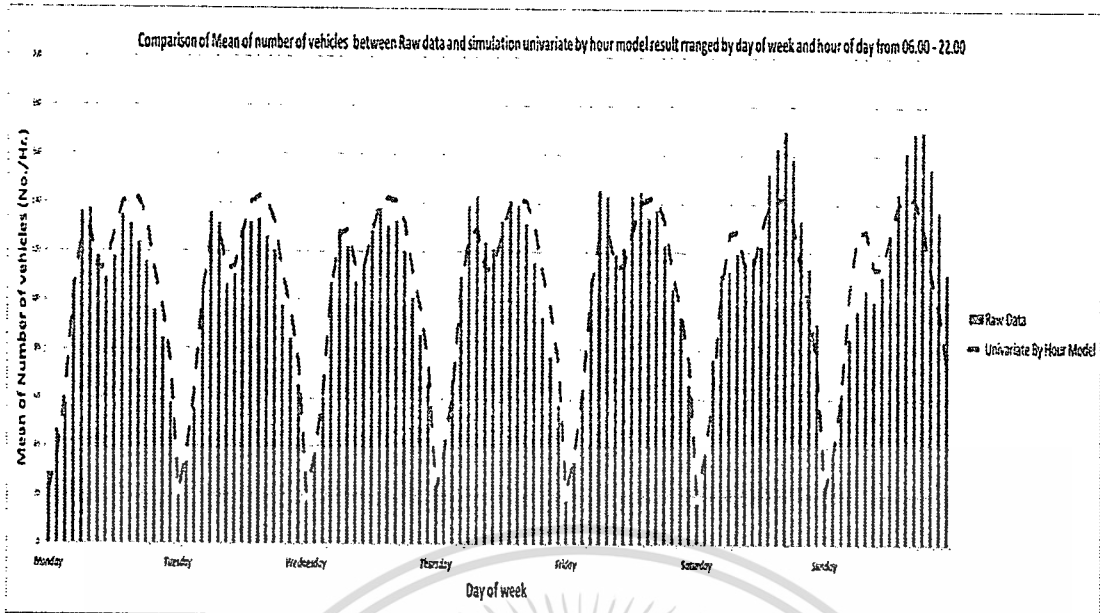
ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถที่ได้รับการจำลองระบบแบบแปรผันเดียวตามชั่วโมง

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	21.72	21.69	21.57	21.78	21.60	21.68	21.75
07-08	36.63	36.65	36.49	37.17	36.69	36.55	36.31
08-09	62.16	62.20	62.51	62.15	62.08	62.05	61.30
09-10	104.03	103.90	104.21	104.04	104.32	104.34	104.90
10-11	127.50	127.42	127.17	127.46	127.49	127.43	127.92
11-12	128.99	128.01	129.10	129.00	128.69	128.87	128.73
12-13	112.21	112.56	113.22	112.66	114.13	113.31	113.28
13-14	114.43	114.09	114.20	113.42	114.07	114.03	113.44
14-15	128.69	128.30	128.39	128.34	128.32	128.26	128.01
15-16	140.20	140.33	140.85	139.42	140.04	139.53	139.91
16-17	141.67	142.48	142.04	141.22	141.87	141.81	141.64
17-18	141.53	141.18	141.13	140.91	142.26	142.13	142.19
18-19	132.33	131.65	132.11	131.11	131.85	132.69	131.73
19-20	111.52	111.16	111.66	111.78	111.33	112.04	111.66
20-21	96.48	96.63	97.16	97.05	96.57	97.10	96.83
21-22	73.78	73.49	74.27	73.66	74.13	74.05	73.95

จากตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนรถที่ได้รับการจำลองระบบแบบแปรผันเดียวตามชั่วโมงจากการจำลองระบบ 700 รอบ

รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถที่ได้จากการจำลองระบบ 700 รอบ โดยใช้แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันเดียวตามชั่วโมง จากข้อมูลจะเห็นว่าแบบจำลองนี้มีค่าเฉลี่ยจำนวนรถที่ได้ใกล้เคียงข้อมูลจริงมากกว่าแบบจำลอง NVM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันตามรายชั่วโมง (UVHM)

ตารางที่ 4.5 ค่าตัววัดประสิทธิภาพของแบบจำลองแบบแปรผันตามรายชั่วโมง UVHM พบว่ามีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดน้อยกว่าแบบจำลองแบบไม่มีความแปรปรวน

Model	TD	ABSD	SSE	MSE	STDE
UVHM	-90.8	28,802	897,731	573	23.92

4.2.3 แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันเดียวตามวันในสัปดาห์ (UVDM)

ในแบบจำลองนี้มีสมมุติฐานคือ ในทุก ๆ ชั่วโมงของวันในการจำลองระบบ จะมีอัตราการมาถึงรายชั่วโมงเท่ากัน แต่อัตราเฉลี่ยการมาถึงสำหรับแต่ละวันในสัปดาห์แตกต่างกัน การคำนวณข้อมูลนำเข้า เริ่มจากการนำข้อมูลจำนวนรถทางสถิติ มาหาผลรวมจำนวนรถทั้งหมดตามวันในสัปดาห์ d

สมการ 4.8 และ 4.9 การหาผลรวมจำนวนรถตามวันในสัปดาห์และการหาอัตราเฉลี่ยการมาถึงแปรผันตามวันในสัปดาห์ ผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.6

$$N_d = \sum_{w=1}^{14} \sum_{h=6}^{21} n_{wdh} \quad (4.8)$$

โดย N_d = จำนวนรถในวัน d ในสัปดาห์

ทำการหาอัตราเฉลี่ยการมาถึงแปรปรวนรายวันในสัปดาห์ โดยการนำจำนวนชั่วโมงในแต่ละวันในสัปดาห์ที่ปรากฏในช่วง 14 สัปดาห์ ซึ่งมีจำนวนวันเท่ากับ 224 ชั่วโมง มาหารผลรวมจำนวนรถตามวันในสัปดาห์

$$\lambda_d = \frac{N_d}{224} \quad (4.9)$$

โดย λ_d = อัตราเฉลี่ยการมาถึงรายชั่วโมงในวันในสัปดาห์ที่ d

ตารางที่ 4.6 ผลรวมจำนวนรถตามวันในสัปดาห์และอัตราเฉลี่ยการมาถึงแปรผันเดียวตามวันในสัปดาห์

Day of week	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
N_d	22,371	22,104	22,391	23,156	23,802	25,593	25,043
λ_d	99.87	98.68	99.96	103.38	106.26	114.25	111.80

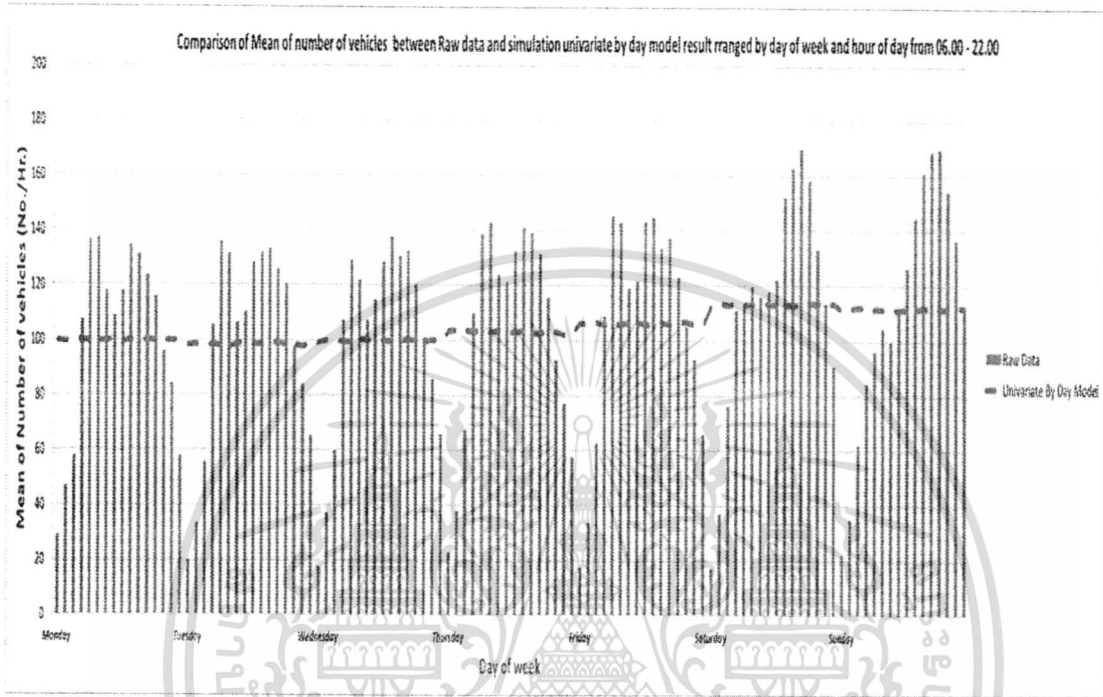
ทำการหาค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองระบบแบบแปรผันรายวันในสัปดาห์ จำนวน 700 รอบ ดังสมการที่ 4.3 จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยจำนวนรถดังสมการที่ 4.4 ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถที่ได้การจำลองระบบแบบแปรผันเดียวตามวันในสัปดาห์

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	99.82	98.40	99.33	103.64	106.42	112.88	111.23
07-08	99.41	98.54	100.11	103.92	106.05	113.78	111.66
08-09	99.87	98.41	100.11	103.93	106.56	113.05	112.33
09-10	99.99	98.49	99.63	103.27	105.82	113.69	112.10
10-11	99.65	98.11	99.48	103.56	106.57	113.25	111.77
11-12	99.58	97.78	100.60	103.05	105.71	113.32	111.77
12-13	99.86	98.80	100.05	103.50	106.74	113.17	111.36
13-14	100.02	98.87	100.18	102.66	106.88	113.35	111.50
14-15	99.56	98.59	100.00	103.29	106.02	112.95	111.43
15-16	99.93	98.77	99.90	103.34	105.86	113.15	111.54
16-17	99.96	98.73	99.98	102.60	106.80	113.21	112.26
17-18	100.11	99.49	100.38	102.54	105.88	113.56	111.65
18-19	99.81	98.20	100.05	103.56	106.75	113.91	112.01
19-20	99.85	98.64	99.54	103.13	106.79	113.63	111.64
20-21	99.80	98.00	100.20	102.25	106.01	113.73	112.14
21-22	99.93	98.34	99.54	102.96	105.89	113.57	112.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริง กับค่าเฉลี่ยจำนวนรถที่ได้จากการจำลองระบบ 700 รอบ โดยใช้แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันเดียวตามวันในสัปดาห์ จากข้อมูลจะเห็นว่า แบบจำลองนี้มีการกระจายตัวที่ใกล้เคียงกับแบบจำลองไม่มีความแปรปรวน NVM และการกระจายตัวไม่ดีเท่าแบบจำลอง UVHM ซึ่งเป็นแบบจำลองก่อนหน้า



รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันตามวันในสัปดาห์ (UVDM)

ตารางที่ 4.8 ค่าตัววัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง UVDM พบว่า ใกล้เคียงกับแบบจำลอง NVM และไม่ดีกว่า UVHM

Model	TD	ABSD	SSE	MSE	STDE
UVDM	-158.96	55,011	2,939,928	1,874	43.29

4.2.4 แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแปรผันสองตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์จากค่าเฉลี่ยแท้ (BVTMM)

ในแบบจำลองนี้มีสมมุติฐานคือ อัตราเฉลี่ยการมาถึงแตกต่างกันตามรายชั่วโมง และแตกต่างกันตามวันในสัปดาห์ โดยการคำนวณข้อมูลนำเข้า จะหาค่าเฉลี่ยแท้โดยคำนึงถึงความแตกต่างของข้อมูล ที่เกิดจากปัจจัยตามวันในสัปดาห์ และปัจจัยตามชั่วโมงในแต่ละวัน

สมการ 4.10 และ 4.11 การหาผลรวมจำนวนรถตามชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์และอัตราเฉลี่ยการมาถึงตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์

$$N_{dh} = \sum_{w=1}^{14} n_{wdh} \quad (4.10)$$

ทำการหาอัตราเฉลี่ยการมาถึงแปรปรวนคู่รายวันในสัปดาห์รายชั่วโมง โดยการนำจำนวนสัปดาห์ 14 สัปดาห์ มาหารผลรวมจำนวนรถในวันในสัปดาห์ใด ๆ ในแต่ละชั่วโมง

$$\lambda_{dh} = \frac{N_{dh}}{14} \quad (4.11)$$

ตารางที่ 4.9 ผลรวมจำนวนรถตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์และอัตราเฉลี่ยการมาถึงแปรผันสองตัวแปรตามชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์

Monday								
Hour of day	06.00-07.00	07.00-08.00	08.00-09.00	09.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00
N_{dh}	408	657	809	1,504	1,908	1,923	1,652	1,523
λ_{dh}	29.14	46.93	57.79	107.43	136.29	137.36	118.00	108.79
Hour of day	14.00-15.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	18.00-19.00	19.00-20.00	20.00-21.00	21.00-22.00
N_{dh}	1,648	1,813	1,838	1,730	1,622	1,345	1,180	811
λ_{dh}	117.71	129.50	131.29	123.57	115.86	96.07	84.29	57.93
Tuesday								
Hour of day	06.00-07.00	07.00-08.00	08.00-09.00	09.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00
N_{dh}	276	469	782	1,478	1,902	1,843	1,492	1,439
λ_{dh}	19.71	33.50	55.86	105.57	135.86	131.64	106.57	102.79
Hour of day	14.00-15.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	18.00-19.00	19.00-20.00	20.00-21.00	21.00-22.00
N_{dh}	1,795	1,845	1,866	1,763	1,687	1,371	1,179	917
λ_{dh}	128.21	131.79	133.29	125.93	120.50	97.93	84.21	65.50
Wednesday								
Hour of day	06.00-07.00	07.00-08.00	08.00-09.00	09.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00
N_{dh}	246	523	840	1,503	1,807	1,709	1,506	1,609
λ_{dh}	17.57	37.36	60.00	107.36	129.07	122.07	107.57	114.93
Hour of day	14.00-15.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	18.00-19.00	19.00-20.00	20.00-21.00	21.00-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

day	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00
N_{dh}	1,802	1,931	1,829	1,857	1,684	1,416	1,206	923
λ_{dh}	128.71	137.93	130.64	132.64	120.29	101.14	86.14	65.93
Thursday								
Hour of day	06.00-07.00	07.00-08.00	08.00-09.00	09.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00
N_{dh}	323	531	946	1,540	1,943	2,003	1,737	1,701
λ_{dh}	23.07	37.93	67.57	110.00	138.79	143.07	124.07	121.50
Hour of day	14.00-15.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	18.00-19.00	19.00-20.00	20.00-21.00	21.00-22.00
N_{dh}	1,854	1,974	1,949	1,844	1,619	1,304	1,080	808
λ_{dh}	132.43	141.00	139.21	131.71	115.64	93.14	77.14	57.71
Friday								
Hour of day	06.00-07.00	07.00-08.00	08.00-09.00	09.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00
N_{dh}	248	477	879	1,526	2,038	2,003	1,668	1,706
λ_{dh}	17.71	34.07	62.79	109.00	145.57	143.07	119.14	121.86
Hour of day	14.00-15.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	18.00-19.00	19.00-20.00	20.00-21.00	21.00-22.00
N_{dh}	2,007	2,029	1,872	1,923	1,723	1,472	1,307	924
λ_{dh}	143.36	144.93	133.71	137.36	123.07	105.14	93.36	66.00
Saturday								
Hour of day	06.00-07.00	07.00-08.00	08.00-09.00	09.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00
N_{dh}	237	518	1,068	1,558	1,571	1,676	1,625	1,655
λ_{dh}	16.93	37.00	76.29	111.29	112.21	119.71	116.07	118.21
Hour of day	14.00-15.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	18.00-19.00	19.00-20.00	20.00-21.00	21.00-22.00
N_{dh}	1,715	2,132	2,282	2,381	2,218	1,867	1,592	1,498
λ_{dh}	122.50	152.29	163.00	170.07	158.43	133.36	113.71	107.00
Sunday								
Hour of day	06.00-07.00	07.00-08.00	08.00-09.00	09.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00
N_{dh}	313	491	831	1,188	1,350	1,467	1,398	1,547
λ_{dh}	22.36	35.07	59.36	84.86	96.43	104.79	99.86	110.50
Hour of day	14.00-15.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	18.00-19.00	19.00-20.00	20.00-21.00	21.00-22.00
N_{dh}	1,776	2,024	2,259	2,370	2,379	2,166	1,919	1,565
λ_{dh}	126.86	144.57	161.36	169.29	169.93	154.71	137.07	111.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

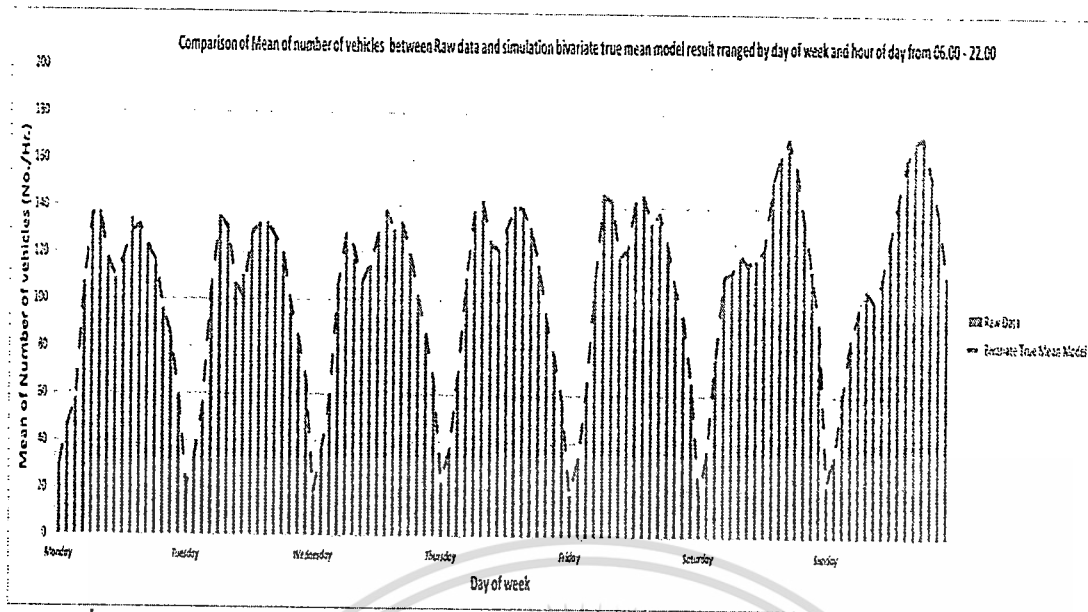
หาค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองระบบแบบแปรผันคู่รายชั่วโมงรายวันใน สัปดาห์จากค่าเฉลี่ยแท้ จำนวน 700 รอบ ดังสมการที่ 4.3 จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวน รถ ดังสมการที่ 4.4

ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถที่ได้รับการจำลองระบบแบบแปรผันสองตัวแปรตามชั่วโมง ตามวันใน สัปดาห์ จากค่าเฉลี่ยแท้

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	29.77	20.45	18.37	23.71	18.15	17.56	23.34
07-08	46.43	32.75	35.99	37.02	33.03	35.66	34.58
08-09	57.66	54.84	59.22	66.98	62.30	75.46	58.70
09-10	106.13	104.99	106.15	110.00	108.14	110.80	84.22
10-11	135.84	134.88	128.97	139.25	145.29	112.35	95.86
11-12	137.27	131.18	121.80	142.59	142.81	119.59	105.05
12-13	117.55	106.21	107.63	124.08	119.17	115.94	100.33
13-14	109.16	102.34	115.42	121.83	121.97	118.16	110.45
14-15	118.00	128.32	128.70	131.38	144.24	122.73	126.62
15-16	129.16	131.86	137.89	140.73	144.67	152.06	143.86
16-17	131.49	133.21	130.78	139.03	133.76	162.86	160.54
17-18	123.45	126.74	132.97	130.59	137.69	169.39	169.05
18-19	116.32	120.30	120.80	115.86	123.57	158.76	170.69
19-20	95.97	97.92	100.69	92.69	105.77	134.65	154.52
20-21	84.47	83.89	86.42	76.90	93.44	114.17	137.21
21-22	58.23	65.52	66.19	57.42	66.14	91.17	112.03

จากตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถแปรผันคู่ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จากค่าเฉลี่ยแท้ ในแต่ละชั่วโมงของวันจะมีค่าแตกต่างกันและแตกต่างกันตามวันในสัปดาห์

รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถที่ได้จากการจำลองระบบ 700 รอบ โดยใช้แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันสองตัวแปรตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จากค่าเฉลี่ยแท้ จากข้อมูลจะเห็นว่า แบบจำลองนี้มีการกระจายตัวที่ใกล้ข้อมูลจริง มากกว่าแบบจำลองแปรผันตามรายชั่วโมงของวัน ทั้ง 3 แบบจำลองก่อนหน้านี้



รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสองตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จากค่าเฉลี่ยแท้ (BVTMM)

ตารางที่ 4.11 ค่าตัววัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง BVTMM พบว่า มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานดีกว่าแบบจำลองอื่น ๆ ที่ผ่านมา

Model	TD	ABSD	SSE	MSE	STDE
BVTMM	-74.96	22,757	609,175	388	19.71

4.2.5 แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงสองตัวแปรตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง (BVBMM)

ในแบบจำลองนี้มีสมมติฐานอัตราเฉลี่ยการมาถึงที่แปรผันคู่ตามรายชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ เช่นเดียวกับแบบจำลอง BVTMM แต่การคำนวณข้อมูลนำเข้าคิดตามวิธีการของงานวิจัย Preston White Jr., K. โดยคิดที่ละมิติ (Block Means) ดังนั้น มิติรายชั่วโมงเกิดจากค่าเฉลี่ยจำนวนรถในชั่วโมงนั้น ๆ สำหรับทุกวันในสัปดาห์ หาดด้วยเจ็ดวัน (สมการที่ 2.7) และมิติรายวันในสัปดาห์ เกิดจากค่าเฉลี่ยจำนวนรถตามวันในสัปดาห์ หาดด้วยสิบหกชั่วโมง (สมการที่ 2.8)

โดยตามงานวิจัยของ Preston White Jr., K. เราสามารถหาความน่าจะเป็นที่รถจะเข้ามาใช้บริการตามรายชั่วโมง (Hourly Thinning factor) ได้ตั้งนี้ จากนั้นทำการหาค่าเฉลี่ยจำนวนรถรายวันในสัปดาห์และปัจจัยตัดแบ่งรายวันในสัปดาห์ (Daily Thinning factor) เมื่อได้ปัจจัยทั้ง 2 จะนำมาใช้ในการคำนวณหาอัตราเฉลี่ยการมาถึงจากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง

เริ่มจากการนำข้อมูลทางสถิติที่รวบรวม มาหาผลรวมจำนวนรถทั้งหมดตามวันในสัปดาห์ d ตามชั่วโมงที่ h ผลรวมจำนวนรถรายชั่วโมงรายวันในสัปดาห์ดังสมการที่ 4.10 สมการที่ 4.11 เป็นการคำนวณหาค่าเฉลี่ยจำนวนรถรายชั่วโมงรายวันในสัปดาห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.12

$$\bar{n}_{dh} = \frac{N_{dh}}{14} \quad (4.11)$$

ตารางที่ 4.12 ผลรวมจำนวนรถตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์และจำนวนรถโดยเฉลี่ยตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์

Monday								
Hour of day	06.00-07.00	07.00-08.00	08.00-09.00	09.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00
N_{dh}	408	657	809	1,504	1,908	1,923	1,652	1,523
\bar{n}_{dh}	29.14	46.93	57.79	107.43	136.29	137.36	118.00	108.79
Hour of day	14.00-15.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	18.00-19.00	19.00-20.00	20.00-21.00	21.00-22.00
N_{dh}	1,648	1,813	1,838	1,730	1,622	1,345	1,180	811
\bar{n}_{dh}	117.71	129.50	131.29	123.57	115.86	96.07	84.29	57.93
Tuesday								
Hour of day	06.00-07.00	07.00-08.00	08.00-09.00	09.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00
N_{dh}	276	469	782	1,478	1,902	1,843	1,492	1,439
\bar{n}_{dh}	19.71	33.50	55.86	105.57	135.86	131.64	106.57	102.79
Hour of day	14.00-15.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	18.00-19.00	19.00-20.00	20.00-21.00	21.00-22.00
N_{dh}	1,795	1,845	1,866	1,763	1,687	1,371	1,179	917
\bar{n}_{dh}	128.21	131.79	133.29	125.93	120.50	97.93	84.21	65.50
Wednesday								
Hour of day	06.00-07.00	07.00-08.00	08.00-09.00	09.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00
N_{dh}	246	523	840	1,503	1,807	1,709	1,506	1,609
\bar{n}_{dh}	17.57	37.36	60.00	107.36	129.07	122.07	107.57	114.93
Hour of day	14.00-15.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	18.00-19.00	19.00-20.00	20.00-21.00	21.00-22.00
N_{dh}	1,802	1,931	1,829	1,857	1,684	1,416	1,206	923
\bar{n}_{dh}	128.71	137.93	130.64	132.64	120.29	101.14	86.14	65.93
Thursday								
Hour of day	06.00-07.00	07.00-08.00	08.00-09.00	09.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N_{dh}	323	531	946	1,540	1,943	2,003	1,737	1,701
\bar{n}_{dh}	23.07	37.93	67.57	110.00	138.79	143.07	124.07	121.50
Hour of day	14.00-15.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	18.00-19.00	19.00-20.00	20.00-21.00	21.00-22.00
N_{dh}	1,854	1,974	1,949	1,844	1,619	1,304	1,080	808
\bar{n}_{dh}	132.43	141.00	139.21	131.71	115.64	93.14	77.14	57.71
Friday								
Hour of day	06.00-07.00	07.00-08.00	08.00-09.00	09.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00
N_{dh}	248	477	879	1,526	2,038	2,003	1,668	1,706
\bar{n}_{dh}	17.71	34.07	62.79	109.00	145.57	143.07	119.14	121.86
Hour of day	14.00-15.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	18.00-19.00	19.00-20.00	20.00-21.00	21.00-22.00
N_{dh}	2,007	2,029	1,872	1,923	1,723	1,472	1,307	924
\bar{n}_{dh}	143.36	144.93	133.71	137.36	123.07	105.14	93.36	66.00
Saturday								
Hour of day	06.00-07.00	07.00-08.00	08.00-09.00	09.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00
N_{dh}	237	518	1,068	1,558	1,571	1,676	1,625	1,655
\bar{n}_{dh}	16.93	37.00	76.29	111.29	112.21	119.71	116.07	118.21
Hour of day	14.00-15.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	18.00-19.00	19.00-20.00	20.00-21.00	21.00-22.00
N_{dh}	1,715	2,132	2,282	2,381	2,218	1,867	1,592	1,498
\bar{n}_{dh}	122.50	152.29	163.00	170.07	158.43	133.36	113.71	107.00
Sunday								
Hour of day	06.00-07.00	07.00-08.00	08.00-09.00	09.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00
N_{dh}	313	491	831	1,188	1,350	1,467	1,398	1,547
\bar{n}_{dh}	22.36	35.07	59.36	84.86	96.43	104.79	99.86	110.50
Hour of day	14.00-15.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	18.00-19.00	19.00-20.00	20.00-21.00	21.00-22.00
N_{dh}	1,776	2,024	2,259	2,370	2,379	2,166	1,919	1,565
\bar{n}_{dh}	126.86	144.57	161.36	169.29	169.93	154.71	137.07	111.79

สมการ 4.12 การหาค่าเฉลี่ยจำนวนรถตัดแบ่งรายชั่วโมง โดยรวมจำนวนรถเฉลี่ยในชั่วโมงใด ๆ ของทุกวันและหารด้วยจำนวนวันในสัปดาห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.13

$$\bar{n}_h = \left(\frac{1}{7}\right) \sum_{d=1}^7 \bar{n}_{dh} \quad \forall h = 6, 7, \dots, 21 \quad (4.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการ 4.13 การหาปัจจัยตัดแบ่งรายชั่วโมง (Thinning Hours factor) นำค่าเฉลี่ยจำนวนรถในแต่ละชั่วโมงมาหารด้วยค่าเฉลี่ยจำนวนรถในชั่วโมงที่มากที่สุด จะได้ปัจจัยตัดแบ่งรายชั่วโมงซึ่งมีจำนวนเท่ากับจำนวนชั่วโมงของวันคือ 16 ชั่วโมง ค่าของปัจจัยตัดแบ่งรายชั่วโมง (η_h) ที่คำนวณได้ดังแสดงในตารางที่ 4.13

$$\eta_h = \frac{\bar{n}_h}{\max(\bar{n}_h)} \quad (4.13)$$

ตารางที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถตัดแบ่งรายชั่วโมงและปัจจัยตัดแบ่งรายชั่วโมง

Hour of day	06.00-07.00	07.00-08.00	08.00-09.00	09.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00
\bar{n}_h	20.93	37.41	62.81	105.07	127.75	128.82	113.04	114.08
η_h	0.148	0.264	0.443	0.741	0.901	0.909	0.797	0.805
Hour of day	14.00-15.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	18.00-19.00	19.00-20.00	20.00-21.00	21.00-22.00
\bar{n}_h	128.54	140.29	141.79	141.51	131.96	111.64	96.56	69.12
η_h	0.907	0.989	1	0.998	0.931	0.787	0.681	0.487

สมการที่ 4.14 การคำนวณหาค่าเฉลี่ยจำนวนรถตัดแบ่งรายวันในสัปดาห์ โดยนำผลรวมค่าเฉลี่ยทุก ๆ ชั่วโมงของวันและหารด้วยจำนวนชั่วโมงต่อวัน

$$\bar{n}_d = \left(\frac{1}{16}\right) \sum_{h=6}^{21} \bar{n}_{dh} \quad \forall d = 1, 2, \dots, 7 \quad (4.14)$$

สมการที่ 4.15 การคำนวณหาปัจจัยตัดแบ่งตามวันในสัปดาห์ (Thinning Days factor) นำค่าเฉลี่ยจำนวนรถในแต่ละวันในสัปดาห์มาหารด้วยค่าเฉลี่ยจำนวนรถตัดแบ่งรายวันในสัปดาห์ที่มากที่สุด จะได้ปัจจัยตัดแบ่งรายวันในสัปดาห์ ซึ่งมีจำนวนเท่ากับจำนวนวันในสัปดาห์คือ 7 วัน ค่าของปัจจัยตัดแบ่งรายวันในสัปดาห์ (δ_d) ผลลัพธ์ที่คำนวณได้ดังแสดงในตารางที่ 4.14

$$\delta_d = \frac{\bar{n}_d}{\max(\bar{n}_d)} \quad (4.15)$$

ตารางที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถตัดแบ่งรายวันในสัปดาห์และปัจจัยตัดแบ่งรายวันในสัปดาห์

Day of week	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
\bar{n}_d	99.87	98.68	99.96	101.21	106.26	113.42	111.8
δ_d	0.881	0.87	0.881	0.892	0.937	1	0.986

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ 4.16 การคำนวณหาอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันคู่ตามชั่วโมงตามวันในสัปดาห์ จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง เริ่มจากนำปัจจัยตัดแบ่งรายชั่วโมงคูณกับปัจจัยตัดแบ่งรายวันในสัปดาห์ อัตราเฉลี่ยการมาถึงที่มากที่สุดจะมีค่าของการคูณกันทั้ง 2 ปัจจัย ($\eta_h \delta_d = 1$) ดังแสดงในตารางที่ 4.15 นำจำนวนรถโดยเฉลี่ยในชั่วโมงที่ h วันในสัปดาห์ d มาเป็นค่าอัตราเฉลี่ยการมาถึงที่มากที่สุด λ_{max} จากนั้นนำค่าของปัจจัยตัดแบ่งในชั่วโมงใด ๆ ตามวันในสัปดาห์ใด ๆ มาคูณกับค่าอัตราเฉลี่ยการมาถึงที่มากที่สุดจะได้อัตราเฉลี่ยการมาถึงในแต่ละชั่วโมงตามวันในสัปดาห์ ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.16

$$\lambda_{dh} = \lambda_{max} * (\eta_h \delta_d) \quad (4.16)$$

ตารางที่ 4.15 ผลคูณระหว่างปัจจัยตัดแบ่งรายชั่วโมงกับปัจจัยตัดแบ่งรายวันในสัปดาห์

Hour of day	Monday (δ_1)	Tuesday (δ_2)	Wednesday (δ_3)	Thursday (δ_4)	Friday (δ_5)	Saturday (δ_6)	Sunday (δ_7)
06.00-07.00 (η_6)	0.1300	0.1284	0.1301	0.1317	0.1383	0.1476	0.1455
07.00-08.00 (η_7)	0.2323	0.2296	0.2325	0.2354	0.2472	0.2638	0.2601
08.00-09.00 (η_8)	0.3901	0.3854	0.3904	0.3953	0.4150	0.4430	0.4367
09.00-10.00 (η_9)	0.6526	0.6448	0.6531	0.6613	0.6943	0.7411	0.7305
10.00-11.00 (η_{10})	0.7934	0.7839	0.7941	0.8040	0.8441	0.9010	0.8881
11.00-12.00 (η_{11})	0.8000	0.7905	0.8007	0.8107	0.8512	0.9085	0.8956
12.00-13.00 (η_{12})	0.7020	0.6937	0.7027	0.7114	0.7469	0.7973	0.7859
13.00-14.00 (η_{13})	0.7085	0.7001	0.7091	0.7180	0.7538	0.8046	0.7931
14.00-15.00 (η_{14})	0.7983	0.7888	0.7990	0.8090	0.8494	0.9066	0.8937
15.00-16.00 (η_{15})	0.8713	0.8608	0.8720	0.8829	0.9270	0.9894	0.9753
16.00-17.00 (η_{16})	0.8806	0.8700	0.8813	0.8924	0.9369	1.0000	0.9857
17.00-18.00 (η_{17})	0.8789	0.8684	0.8796	0.8906	0.9351	0.9981	0.9838
18.00-19.00 (η_{18})	0.8195	0.8098	0.8203	0.8305	0.8720	0.9307	0.9174
19.00-20.00 (η_{19})	0.6934	0.6851	0.6940	0.7026	0.7377	0.7874	0.7762
20.00-21.00 (η_{20})	0.5997	0.5925	0.6002	0.6077	0.6380	0.6810	0.6713
21.00-22.00 (η_{21})	0.4293	0.4241	0.4296	0.4350	0.4567	0.4875	0.4805

ตารางที่ 4.16 อัตราเฉลี่ยการมาถึงแปรผันคู่ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	21.19	20.93	21.21	21.47	22.54	24.06	23.72
07-08	37.86	37.42	37.90	38.37	40.29	43.00	42.40
08-09	63.59	62.82	63.64	64.43	67.65	72.21	71.18
09-10	106.37	105.10	106.46	107.79	113.17	120.80	119.07
10-11	129.32	127.78	129.44	131.05	137.59	146.86	144.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11-12	130.40	128.85	130.51	132.14	138.75	148.09	145.98
12-13	114.43	113.07	114.54	115.96	121.74	129.96	128.10
13-14	115.49	114.12	115.58	117.03	122.87	131.15	129.28
14-15	130.12	128.57	130.24	131.87	138.45	147.78	145.67
15-16	142.02	140.31	142.14	143.91	151.10	161.27	158.97
16-17	143.54	141.81	143.65	145.46	152.71	163.00	160.67
17-18	143.26	141.55	143.37	145.17	152.42	162.69	160.36
18-19	133.58	132.00	133.71	135.37	142.14	151.70	149.54
19-20	113.02	111.67	113.12	114.52	120.25	128.35	126.52
20-21	97.75	96.58	97.83	99.06	103.99	111.00	109.42
21-22	69.98	69.13	70.02	70.91	74.44	79.46	78.32

หาค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองระบบแบบแปรผันคู่รายชั่วโมงรายวันใน สัปดาห์จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง จำนวน 700 รอบ ดังสมการที่ 4.3 จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ย จำนวนรถ ดังสมการที่ 4.4 ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.17

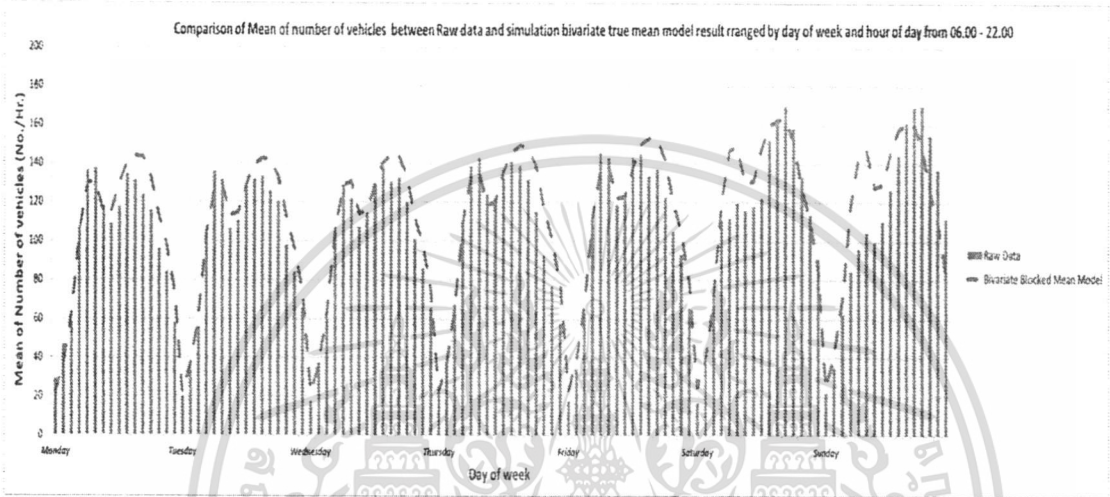
ตารางที่ 4.17 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนรถที่ได้การจำลองระบบแบบแปรผันคู่ตามชั่วโมง ตามวันใน สัปดาห์ จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	21.75	21.78	22.02	22.85	23.24	24.85	24.58
07-08	37.97	36.89	36.50	37.11	38.74	39.37	41.69
08-09	63.17	61.99	63.10	64.75	66.84	71.30	71.12
09-10	104.95	104.36	106.54	109.32	113.13	120.84	118.72
10-11	129.84	127.49	128.95	134.26	137.36	146.89	143.84
11-12	129.92	128.53	130.83	135.42	138.87	148.70	146.62
12-13	113.64	113.35	114.11	118.97	122.10	129.83	128.00
13-14	115.37	114.88	116.37	119.98	123.37	131.27	129.35
14-15	129.87	128.64	129.63	135.65	137.69	148.37	145.89
15-16	140.32	139.22	140.84	145.76	149.91	159.80	157.50
16-17	143.60	142.55	144.19	149.42	152.97	162.60	161.11
17-18	143.27	141.67	143.50	148.20	152.23	162.63	159.91
18-19	132.65	132.82	133.48	138.54	141.80	151.72	149.26
19-20	112.33	112.41	112.08	116.91	120.85	127.84	126.70
20-21	97.19	96.07	98.54	101.09	104.91	111.36	109.76
21-22	74.40	74.10	75.46	77.55	79.99	85.10	84.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.17 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถแปรผันคู่ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่งในแต่ละชั่วโมงของวันจะมีค่าแตกต่างกันและแตกต่างกันตามวันในสัปดาห์

รูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันคู่ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่งที่ได้จากการจำลองระบบ 700 รอบ โดยใช้แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันสองตัวแปรตามชั่วโมงตามวันในสัปดาห์ จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสองตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง (BVBMM)

ตารางที่ 4.18 ค่าตัววัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง BVBMM พบว่าให้ผลลัพธ์ที่ไม่ดีกว่าแบบ BVTMM ซึ่งอยู่ก่อนหน้า

Model	TD	ABSD	SSE	MSE	STDE
BVBMM	10,069	29,344	919,779	586	24.21

จากผลลัพธ์ข้างต้นจะเห็นได้ว่าแบบจำลองที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดคือแบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันคู่ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ แต่ในข้อมูลจริงที่รวบรวมไว้จะเห็นได้ว่าจะต้องมีการจำแนกประเภทรถออกเป็น 7 ประเภท โดยในแต่ละประเภทรถไม่ขึ้นแก่กัน ถึงแม้ว่าแบบจำลองแปรผันสองตัวแปรจะให้ผลลัพธ์ที่ดีแล้วก็ตามยังจำเป็นต้องมีการจำแนกประเภทรถเพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้ใกล้เคียงกับระบบจริงมากที่สุด โดยจากแบบจำลองหลังจากนี้จะเป็นแบบจำลองที่มีการจำแนกประเภทรถออกเป็น 7 ประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทรถ จากค่าเฉลี่ยแท้ (TVTMM)

ในแบบจำลองนี้มีสมมุติฐานคือ ในทุก ๆ ชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์ ในการจำลองระบบ จะมีอัตราเฉลี่ยการมาถึงแตกต่างกันตามประเภทรถร่วมด้วย เริ่มจากการนำข้อมูลทางสถิติจำนวนรถที่มีการจำแนกตามประเภทที่รวบรวม (ดังแสดงในตารางที่ ก-2) มาหาผลรวมจำนวนรถทั้งหมดตามวันในสัปดาห์ d ตามชั่วโมงที่ h

สมการ 4.17 การหาผลรวมจำนวนรถตามรายชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ แยกตามประเภทรถ จากข้อมูลจริง ดังแสดงในตารางที่ 4.19

$$N_{dhk} = \sum_{w=1}^{14} n_{wdhk} \quad (4.17)$$

ตารางที่ 4.19 ผลรวมจำนวนรถจำนวน 14 สัปดาห์ ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทรถ

Day of week	Hour_of_day	Type1	Type2	Type3	Type4	Type5	Type6	Type7
Monday	6:00-7:00	40	81	110	92	0	0	85
	7:00-8:00	118	218	117	91	1	1	111
	8:00-9:00	157	253	201	172	4	4	18
	9:00-10:00	196	361	256	156	44	71	420
	10:00-11:00	232	420	239	155	41	113	708
	11:00-12:00	268	501	227	150	48	100	629
	12:00-13:00	288	453	246	164	31	56	414
	13:00-14:00	344	568	214	157	22	53	165
	14:00-15:00	373	615	294	148	20	46	152
	15:00-16:00	440	776	384	189	16	14	65
	16:00-17:00	428	793	408	160	12	6	31
	17:00-18:00	437	750	343	142	15	2	41
	18:00-19:00	385	711	340	119	14	10	43
	19:00-20:00	309	653	247	75	24	24	13
20:00-21:00	262	601	205	56	22	28	6	
21:00-22:00	213	419	128	29	14	6	2	
Tuesday	6:00-7:00	25	42	69	60	1	0	79
	7:00-8:00	95	124	98	82	1	0	69
	8:00-9:00	157	205	203	171	2	7	37
	9:00-10:00	199	375	264	187	49	63	341
	10:00-11:00	218	395	226	157	95	144	667
	11:00-12:00	292	478	222	161	61	108	521

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	12:00-13:00	285	452	236	162	22	41	294
	13:00-14:00	329	563	258	166	20	54	156
	14:00-15:00	387	623	319	199	14	50	203
	15:00-16:00	464	775	334	167	22	18	65
	16:00-17:00	455	798	390	163	13	6	41
	17:00-18:00	488	761	321	140	9	3	41
	18:00-19:00	421	773	311	132	13	5	32
	19:00-20:00	351	657	247	66	17	11	22
	20:00-21:00	286	617	197	56	10	4	9
	21:00-22:00	209	513	150	28	14	0	3
Wednesday	6:00-7:00	20	33	75	55	1	0	62
	7:00-8:00	95	144	85	92	2	0	105
	8:00-9:00	155	200	233	202	14	4	32
	9:00-10:00	205	358	268	173	90	81	328
	10:00-11:00	247	393	222	175	96	124	550
	11:00-12:00	277	435	229	153	53	104	458
	12:00-13:00	298	475	283	161	19	21	249
	13:00-14:00	336	593	272	175	28	47	158
	14:00-15:00	399	662	349	155	29	45	163
	15:00-16:00	426	833	373	177	19	17	86
	16:00-17:00	413	801	421	150	9	3	32
	17:00-18:00	459	824	379	148	9	2	36
	18:00-19:00	399	777	344	113	11	4	36
	19:00-20:00	297	716	278	76	31	3	15
20:00-21:00	327	589	203	55	21	3	8	
21:00-22:00	229	492	156	33	10	0	3	
Thursday	6:00-7:00	19	47	89	93	3	0	72
	7:00-8:00	102	138	111	96	1	0	83
	8:00-9:00	151	237	312	182	7	5	52
	9:00-10:00	218	365	308	205	52	53	339
	10:00-11:00	251	430	276	188	83	140	575
	11:00-12:00	338	457	266	168	37	120	617
	12:00-13:00	298	553	286	182	26	37	355
	13:00-14:00	365	609	296	170	21	56	184
	14:00-15:00	378	686	356	155	26	57	196
	15:00-16:00	448	819	410	198	23	12	64
	16:00-17:00	496	760	449	165	22	8	49
	17:00-18:00	470	746	390	167	14	5	52
	18:00-19:00	396	712	317	133	26	2	33
19:00-20:00	289	610	280	81	24	4	16	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	20:00-21:00	254	542	195	51	27	2	9
	21:00-22:00	187	411	157	34	14	1	4
Friday	6:00-7:00	16	41	69	48	4	2	68
	7:00-8:00	89	122	114	87	2	0	63
	8:00-9:00	136	213	268	215	4	5	38
	9:00-10:00	208	334	339	194	57	44	350
	10:00-11:00	253	403	302	189	71	144	676
	11:00-12:00	299	464	257	178	59	123	623
	12:00-13:00	302	498	270	180	33	48	337
	13:00-14:00	371	565	287	195	28	54	206
	14:00-15:00	425	685	394	211	26	57	209
	15:00-16:00	487	820	415	208	25	16	58
	16:00-17:00	464	788	381	180	24	5	30
	17:00-18:00	506	789	423	158	7	1	39
	18:00-19:00	418	744	371	134	20	2	34
	19:00-20:00	377	659	300	89	28	4	15
20:00-21:00	355	614	240	68	22	3	5	
21:00-22:00	201	484	154	35	38	5	7	
Saturday	6:00-7:00	15	26	73	48	6	2	67
	7:00-8:00	100	99	103	113	3	0	100
	8:00-9:00	161	204	405	269	8	2	19
	9:00-10:00	252	374	476	320	6	5	125
	10:00-11:00	298	453	373	227	11	10	199
	11:00-12:00	385	500	358	245	16	3	169
	12:00-13:00	389	541	333	222	8	4	128
	13:00-14:00	414	551	377	186	14	1	112
	14:00-15:00	453	607	404	189	6	1	55
	15:00-16:00	512	830	508	232	7	0	43
	16:00-17:00	517	949	572	215	7	1	21
	17:00-18:00	539	988	594	208	6	2	44
	18:00-19:00	519	1021	449	175	9	2	43
	19:00-20:00	443	935	383	83	4	0	19
20:00-21:00	369	835	312	67	3	0	6	
21:00-22:00	308	709	215	34	7	0	3	
Sunday	6:00-7:00	30	62	73	62	3	0	83
	7:00-8:00	97	111	91	89	1	0	102
	8:00-9:00	126	195	322	207	1	0	24
	9:00-10:00	210	286	357	220	5	5	105
	10:00-11:00	296	338	349	218	11	14	124
	11:00-12:00	348	481	284	226	5	12	111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	12:00-13:00	362	449	315	196	3	2	71
	13:00-14:00	381	552	331	228	2	5	48
	14:00-15:00	452	660	398	216	6	7	37
	15:00-16:00	502	813	416	253	4	1	35
	16:00-17:00	551	903	520	243	4	3	35
	17:00-18:00	538	1052	514	217	5	3	41
	18:00-19:00	531	1116	513	176	9	1	33
	19:00-20:00	503	1074	450	119	12	0	8
	20:00-21:00	464	995	372	72	10	0	6
	21:00-22:00	338	902	278	35	12	0	0

สมการที่ 4.18 การหาอัตราเฉลี่ยการมาถึงแปดคันสาม ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภท โดยการนำจำนวนสัปดาห์ 14 สัปดาห์ มาหารผลรวมจำนวนรถในวันในสัปดาห์ใด ๆ ในแต่ละชั่วโมงดังสมการ ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.20

$$\lambda_{dhk} = \frac{N_{dhk}}{14} \quad (4.18)$$

ตารางที่ 4.20 อัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปดคันสาม ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภท

Day_of_week	Hour_of_day	Type_1	Type_2	Type_3	Type_4	Type_5	Type_6	Type_7
Monday	06:00-07:00	2.86	5.79	7.86	6.57	0	0	6.07
	07:00-08:00	8.43	15.57	8.36	6.5	0.07	0.07	7.93
	08:00-09:00	11.21	18.07	14.36	12.29	0.29	0.29	1.29
	09:00-10:00	14	25.79	18.29	11.14	3.14	5.07	30
	10:00-11:00	16.57	30	17.07	11.07	2.93	8.07	50.57
	11:00-12:00	19.14	35.79	16.21	10.71	3.43	7.14	44.93
	12:00-13:00	20.57	32.36	17.57	11.71	2.21	4	29.57
	13:00-14:00	24.57	40.57	15.29	11.21	1.57	3.79	11.79
	14:00-15:00	26.64	43.93	21	10.57	1.43	3.29	10.86
	15:00-16:00	31.43	55.43	27.43	13.5	1.14	1	4.64
	16:00-17:00	30.57	56.64	29.14	11.43	0.86	0.43	2.21
	17:00-18:00	31.21	53.57	24.5	10.14	1.07	0.14	2.93
	18:00-19:00	27.5	50.79	24.29	8.5	1	0.71	3.07
	19:00-20:00	22.07	46.64	17.64	5.36	1.71	1.71	0.93
20:00-21:00	18.71	42.93	14.64	4	1.57	2	0.43	
21:00-22:00	15.21	29.93	9.14	2.07	1	0.43	0.14	
Tuesday	06:00-07:00	1.79	3	4.93	4.29	0.07	0	5.64
	07:00-08:00	6.79	8.86	7	5.86	0.07	0	4.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	08.00-09.00	11.21	14.64	14.5	12.21	0.14	0.5	2.64
	09.00-10.00	14.21	26.79	18.86	13.36	3.5	4.5	24.36
	10.00-11.00	15.57	28.21	16.14	11.21	6.79	10.29	47.64
	11.00-12.00	20.86	34.14	15.86	11.5	4.36	7.71	37.21
	12.00-13.00	20.36	32.29	16.86	11.57	1.57	2.93	21
	13.00-14.00	23.5	40.21	18.43	11.86	1.43	3.86	11.14
	14.00-15.00	27.64	44.5	22.79	14.21	1	3.57	14.5
	15.00-16.00	33.14	55.36	23.86	11.93	1.57	1.29	4.64
	16.00-17.00	32.5	57	27.86	11.64	0.93	0.43	2.93
	17.00-18.00	34.86	54.36	22.93	10	0.64	0.21	2.93
	18.00-19.00	30.07	55.21	22.21	9.43	0.93	0.36	2.29
	19.00-20.00	25.07	46.93	17.64	4.71	1.21	0.79	1.57
	20.00-21.00	20.43	44.07	14.07	4	0.71	0.29	0.64
	21.00-22.00	14.93	36.64	10.71	2	1	0	0.21
Wednesday	06.00-07.00	1.43	2.36	5.36	3.93	0.07	0	4.43
	07.00-08.00	6.79	10.29	6.07	6.57	0.14	0	7.5
	08.00-09.00	11.07	14.29	16.64	14.43	1	0.29	2.29
	09.00-10.00	14.64	25.57	19.14	12.36	6.43	5.79	23.43
	10.00-11.00	17.64	28.07	15.86	12.5	6.86	8.86	39.29
	11.00-12.00	19.79	31.07	16.36	10.93	3.79	7.43	32.71
	12.00-13.00	21.29	33.93	20.21	11.5	1.36	1.5	17.79
	13.00-14.00	24	42.36	19.43	12.5	2	3.36	11.29
	14.00-15.00	28.5	47.29	24.93	11.07	2.07	3.21	11.64
	15.00-16.00	30.43	59.5	26.64	12.64	1.36	1.21	6.14
	16.00-17.00	29.5	57.21	30.07	10.71	0.64	0.21	2.29
	17.00-18.00	32.79	58.86	27.07	10.57	0.64	0.14	2.57
	18.00-19.00	28.5	55.5	24.57	8.07	0.79	0.29	2.57
19.00-20.00	21.21	51.14	19.86	5.43	2.21	0.21	1.07	
20.00-21.00	23.36	42.07	14.5	3.93	1.5	0.21	0.57	
21.00-22.00	16.36	35.14	11.14	2.36	0.71	0	0.21	
Thursday	06.00-07.00	1.36	3.36	6.36	6.64	0.21	0	5.14
	07.00-08.00	7.29	9.86	7.93	6.86	0.07	0	5.93
	08.00-09.00	10.79	16.93	22.29	13	0.5	0.36	3.71
	09.00-10.00	15.57	26.07	22	14.64	3.71	3.79	24.21
	10.00-11.00	17.93	30.71	19.71	13.43	5.93	10	41.07
	11.00-12.00	24.14	32.64	19	12	2.64	8.57	44.07
	12.00-13.00	21.29	39.5	20.43	13	1.86	2.64	25.36
	13.00-14.00	26.07	43.5	21.14	12.14	1.5	4	13.14
	14.00-15.00	27	49	25.43	11.07	1.86	4.07	14
15.00-16.00	32	58.5	29.29	14.14	1.64	0.86	4.57	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	16.00-17.00	35.43	54.29	32.07	11.79	1.57	0.57	3.5
	17.00-18.00	33.57	53.29	27.86	11.93	1	0.36	3.71
	18.00-19.00	28.29	50.86	22.64	9.5	1.86	0.14	2.36
	19.00-20.00	20.64	43.57	20	5.79	1.71	0.29	1.14
	20.00-21.00	18.14	38.71	13.93	3.64	1.93	0.14	0.64
	21.00-22.00	13.36	29.36	11.21	2.43	1	0.07	0.29
Friday	06.00-07.00	1.14	2.93	4.93	3.43	0.29	0.14	4.86
	07.00-08.00	6.36	8.71	8.14	6.21	0.14	0	4.5
	08.00-09.00	9.71	15.21	19.14	15.36	0.29	0.36	2.71
	09.00-10.00	14.86	23.86	24.21	13.86	4.07	3.14	25
	10.00-11.00	18.07	28.79	21.57	13.5	5.07	10.29	48.29
	11.00-12.00	21.36	33.14	18.36	12.71	4.21	8.79	44.5
	12.00-13.00	21.57	35.57	19.29	12.86	2.36	3.43	24.07
	13.00-14.00	26.5	40.36	20.5	13.93	2	3.86	14.71
	14.00-15.00	30.36	48.93	28.14	15.07	1.86	4.07	14.93
	15.00-16.00	34.79	58.57	29.64	14.86	1.79	1.14	4.14
	16.00-17.00	33.14	56.29	27.21	12.86	1.71	0.36	2.14
	17.00-18.00	36.14	56.36	30.21	11.29	0.5	0.07	2.79
	18.00-19.00	29.86	53.14	26.5	9.57	1.43	0.14	2.43
	19.00-20.00	26.93	47.07	21.43	6.36	2	0.29	1.07
20.00-21.00	25.36	43.86	17.14	4.86	1.57	0.21	0.36	
21.00-22.00	14.36	34.57	11	2.5	2.71	0.36	0.5	
Saturday	06.00-07.00	1.07	1.86	5.21	3.43	0.43	0.14	4.79
	07.00-08.00	7.14	7.07	7.36	8.07	0.21	0	7.14
	08.00-09.00	11.5	14.57	28.93	19.21	0.57	0.14	1.36
	09.00-10.00	18	26.71	34	22.86	0.43	0.36	8.93
	10.00-11.00	21.29	32.36	26.64	16.21	0.79	0.71	14.21
	11.00-12.00	27.5	35.71	25.57	17.5	1.14	0.21	12.07
	12.00-13.00	27.79	38.64	23.79	15.86	0.57	0.29	9.14
	13.00-14.00	29.57	39.36	26.93	13.29	1	0.07	8
	14.00-15.00	32.36	43.36	28.86	13.5	0.43	0.07	3.93
	15.00-16.00	36.57	59.29	36.29	16.57	0.5	0	3.07
	16.00-17.00	36.93	67.79	40.86	15.36	0.5	0.07	1.5
17.00-18.00	38.5	70.57	42.43	14.86	0.43	0.14	3.14	
18.00-19.00	37.07	72.93	32.07	12.5	0.64	0.14	3.07	
19.00-20.00	31.64	66.79	27.36	5.93	0.29	0	1.36	
20.00-21.00	26.36	59.64	22.29	4.79	0.21	0	0.43	
21.00-22.00	22	50.64	15.36	2.43	0.5	0	0.21	
Sunday	06.00-07.00	2.14	4.43	5.21	4.43	0.21	0	5.93
	07.00-08.00	6.93	7.93	6.5	6.36	0.07	0	7.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	08.00-09.00	9	13.93	23	14.79	0.07	0	1.71
	09.00-10.00	15	20.43	25.5	15.71	0.36	0.36	7.5
	10.00-11.00	21.14	24.14	24.93	15.57	0.79	1	8.86
	11.00-12.00	24.86	34.36	20.29	16.14	0.36	0.86	7.93
	12.00-13.00	25.86	32.07	22.5	14	0.21	0.14	5.07
	13.00-14.00	27.21	39.43	23.64	16.29	0.14	0.36	3.43
	14.00-15.00	32.29	47.14	28.43	15.43	0.43	0.5	2.64
	15.00-16.00	35.86	58.07	29.71	18.07	0.29	0.07	2.5
	16.00-17.00	39.36	64.5	37.14	17.36	0.29	0.21	2.5
	17.00-18.00	38.43	75.14	36.71	15.5	0.36	0.21	2.93
	18.00-19.00	37.93	79.71	36.64	12.57	0.64	0.07	2.36
	19.00-20.00	35.93	76.71	32.14	8.5	0.86	0	0.57
	20.00-21.00	33.14	71.07	26.57	5.14	0.71	0	0.43
	21.00-22.00	24.14	64.43	19.86	2.5	0.86	0	0

หาค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองระบบแบบแปรผันสาม ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จากค่าเฉลี่ยแท้ จำนวน 700 รอบ ดังสมการที่ 4.3 ทำครบทั้ง 7 ประเภท จากนั้นนำหาค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนรถ ดังสมการที่ 4.4 ทำครบทั้ง 7 ประเภท ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถที่ได้จากการจำลองระบบแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภท จากค่าเฉลี่ยแท้

Day_of_week	Hour_of_day	Type_1	Type_2	Type_3	Type_4	Type_5	Type_6	Type_7
Monday	06.00-07.00	4.22	6.69	8.44	6.00	2.93	3.62	6.08
	07.00-08.00	7.46	14.22	8.30	6.83	3.00	3.61	7.82
	08.00-09.00	10.95	17.84	13.87	11.52	3.11	3.83	3.94
	09.00-10.00	13.48	25.20	18.07	11.31	3.49	4.87	22.33
	10.00-11.00	16.49	29.65	17.19	11.17	3.48	7.50	49.87
	11.00-12.00	19.19	35.52	16.54	10.83	3.76	7.36	45.02
	12.00-13.00	20.61	32.61	17.51	11.65	3.22	4.59	29.92
	13.00-14.00	24.42	40.28	15.10	11.26	2.75	4.17	12.53
	14.00-15.00	26.55	44.38	20.82	10.90	2.54	3.81	11.12
	15.00-16.00	31.20	55.74	26.88	13.34	2.45	2.49	5.28
	16.00-17.00	30.85	56.57	29.00	11.48	2.46	2.32	3.31
	17.00-18.00	31.12	53.79	24.59	10.41	2.44	2.37	3.31
	18.00-19.00	27.72	50.92	24.37	8.75	2.47	2.50	3.70
	19.00-20.00	22.56	46.52	17.77	5.94	2.72	2.80	2.78
	20.00-21.00	18.91	42.78	15.04	4.32	2.83	2.87	3.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	21.00-22.00	15.36	30.47	9.79	3.20	2.71	2.76	4.32
Tuesday	06.00-07.00	3.75	4.38	5.59	4.27	3.09	3.12	5.59
	07.00-08.00	6.09	7.77	6.79	5.77	3.38	3.32	5.15
	08.00-09.00	10.48	13.95	13.31	11.34	3.49	3.29	3.73
	09.00-10.00	13.83	26.00	18.53	13.05	3.98	4.56	19.17
	10.00-11.00	15.30	28.22	16.45	11.45	6.25	9.36	46.70
	11.00-12.00	20.86	33.94	15.93	11.44	4.82	8.07	37.32
	12.00-13.00	20.34	32.57	16.97	11.62	2.88	4.03	21.34
	13.00-14.00	23.57	39.71	18.80	11.85	2.63	4.09	11.55
	14.00-15.00	28.03	43.64	22.36	14.09	2.45	3.93	14.21
	15.00-16.00	32.70	55.02	23.74	11.96	2.56	2.64	5.42
	16.00-17.00	32.29	56.60	27.92	11.68	2.40	2.36	3.65
	17.00-18.00	34.89	54.68	23.15	10.29	2.28	2.39	3.53
	18.00-19.00	30.19	55.04	22.29	9.68	2.33	2.52	3.09
	19.00-20.00	25.03	47.62	17.89	5.34	2.50	2.66	2.69
20.00-21.00	20.69	44.08	14.45	4.48	2.47	3.35	2.90	
21.00-22.00	15.30	36.78	11.17	3.14	2.53	3.78	3.65	
Wednesday	06.00-07.00	3.72	4.19	5.86	4.04	2.87	4.08	4.66
	07.00-08.00	5.92	8.78	5.99	6.32	2.86	4.07	7.06
	08.00-09.00	10.41	13.84	15.04	13.37	3.10	4.08	3.75
	09.00-10.00	14.42	24.80	18.97	12.39	5.81	5.44	18.39
	10.00-11.00	17.50	27.80	16.05	12.40	6.85	8.41	38.84
	11.00-12.00	19.75	30.76	16.26	11.12	4.43	7.78	32.90
	12.00-13.00	21.08	33.88	19.94	11.51	2.81	3.29	18.63
	13.00-14.00	23.85	42.26	19.61	12.28	2.88	3.58	11.80
	14.00-15.00	28.61	47.11	24.44	11.11	2.85	3.84	11.73
	15.00-16.00	30.93	59.05	27.02	12.45	2.57	2.58	6.63
	16.00-17.00	29.37	57.53	29.60	10.71	2.36	2.34	3.37
	17.00-18.00	32.51	58.66	27.14	10.50	2.47	2.50	3.36
	18.00-19.00	28.66	55.19	24.82	8.39	2.54	2.46	3.23
	19.00-20.00	21.39	51.13	19.91	5.79	2.93	2.69	2.68
20.00-21.00	23.42	42.46	14.84	4.36	2.66	2.95	2.94	
21.00-22.00	16.90	35.57	11.09	3.41	2.46	3.19	3.83	
Thursday	06.00-07.00	3.67	4.74	6.76	6.07	2.70	3.25	5.18
	07.00-08.00	6.39	8.68	7.83	6.79	2.82	3.38	5.86
	08.00-09.00	10.26	16.26	20.06	11.88	2.98	3.19	4.52
	09.00-10.00	15.11	25.56	22.19	14.38	4.04	4.06	20.14
	10.00-11.00	17.63	30.40	19.92	13.52	5.65	8.82	40.56
	11.00-12.00	23.69	32.90	19.12	12.25	3.51	8.76	43.69
	12.00-13.00	21.16	39.39	20.62	13.07	2.97	3.78	25.93

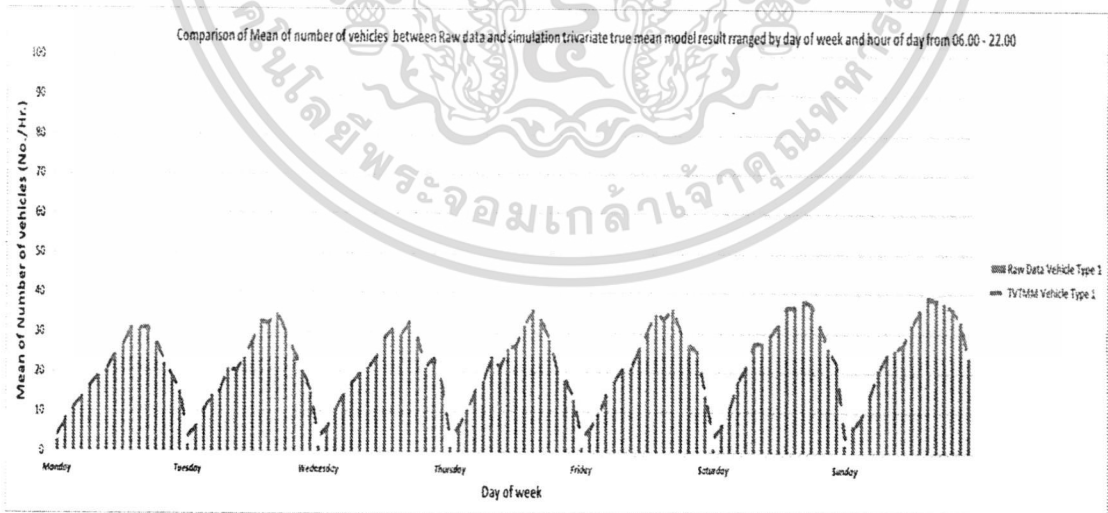
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	13.00-14.00	25.98	43.24	21.41	12.20	2.67	4.15	13.67
	14.00-15.00	26.76	48.96	25.13	11.24	2.86	4.33	13.87
	15.00-16.00	31.87	58.37	28.80	13.98	2.69	2.57	5.33
	16.00-17.00	35.40	54.02	32.22	11.96	2.70	2.26	4.09
	17.00-18.00	33.47	53.13	27.96	12.03	2.51	2.29	4.19
	18.00-19.00	28.56	50.35	23.01	9.83	2.80	2.40	3.25
	19.00-20.00	20.69	43.79	20.10	6.14	2.79	2.43	2.53
	20.00-21.00	18.37	38.49	14.33	4.35	2.83	2.73	2.79
	21.00-22.00	13.79	29.40	11.34	3.33	2.51	2.70	3.62
Friday	06.00-07.00	3.68	4.36	5.52	3.80	2.98	2.92	4.80
	07.00-08.00	5.64	7.51	7.65	5.68	3.11	3.10	4.87
	08.00-09.00	9.24	14.65	17.72	14.11	3.34	3.15	3.69
	09.00-10.00	14.07	23.24	24.16	13.76	4.23	3.62	20.12
	10.00-11.00	17.80	28.75	21.53	13.72	5.04	8.85	48.11
	11.00-12.00	21.00	33.02	18.48	12.77	4.54	8.91	43.94
	12.00-13.00	21.16	35.46	19.23	12.47	3.36	4.33	24.40
	13.00-14.00	26.10	39.97	20.51	13.84	2.97	4.21	15.09
	14.00-15.00	30.49	48.68	27.68	15.13	2.86	4.27	14.98
	15.00-16.00	34.95	58.57	29.60	14.91	2.87	2.57	5.02
	16.00-17.00	33.40	56.22	27.34	13.11	2.75	2.19	3.28
	17.00-18.00	36.13	56.10	30.08	11.54	2.54	2.10	3.23
	18.00-19.00	30.12	53.26	26.28	9.75	2.55	2.12	3.13
	19.00-20.00	27.07	47.19	21.54	6.70	2.84	2.09	2.65
20.00-21.00	25.13	44.33	17.22	5.18	2.83	2.19	2.77	
21.00-22.00	14.89	34.67	11.47	3.36	3.18	2.10	3.19	
Saturday	06.00-07.00	3.83	3.89	5.97	3.87	2.30	2.18	4.49
	07.00-08.00	6.30	6.12	7.09	7.08	2.22	2.12	6.88
	08.00-09.00	10.89	13.87	25.88	17.98	2.22	2.25	3.58
	09.00-10.00	17.66	26.00	33.93	22.56	2.22	2.21	7.45
	10.00-11.00	21.13	31.95	26.69	16.56	2.34	2.19	13.61
	11.00-12.00	27.28	35.46	25.74	17.60	2.43	2.18	12.37
	12.00-13.00	27.54	38.39	23.78	16.05	2.27	2.17	9.33
	13.00-14.00	29.49	39.47	26.65	13.77	2.32	2.17	8.29
	14.00-15.00	32.31	42.88	28.76	13.54	2.15	2.22	4.62
	15.00-16.00	36.45	58.29	35.73	16.13	2.22	2.16	3.60
	16.00-17.00	36.53	67.59	40.71	15.56	2.12	2.18	2.89
	17.00-18.00	38.45	70.58	42.05	14.90	2.05	2.27	3.45
	18.00-19.00	37.12	72.94	32.18	12.68	2.22	2.20	3.59
19.00-20.00	31.55	66.76	27.49	6.70	2.15	2.29	2.74	
20.00-21.00	26.45	60.53	22.43	5.12	2.16	2.25	3.17	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

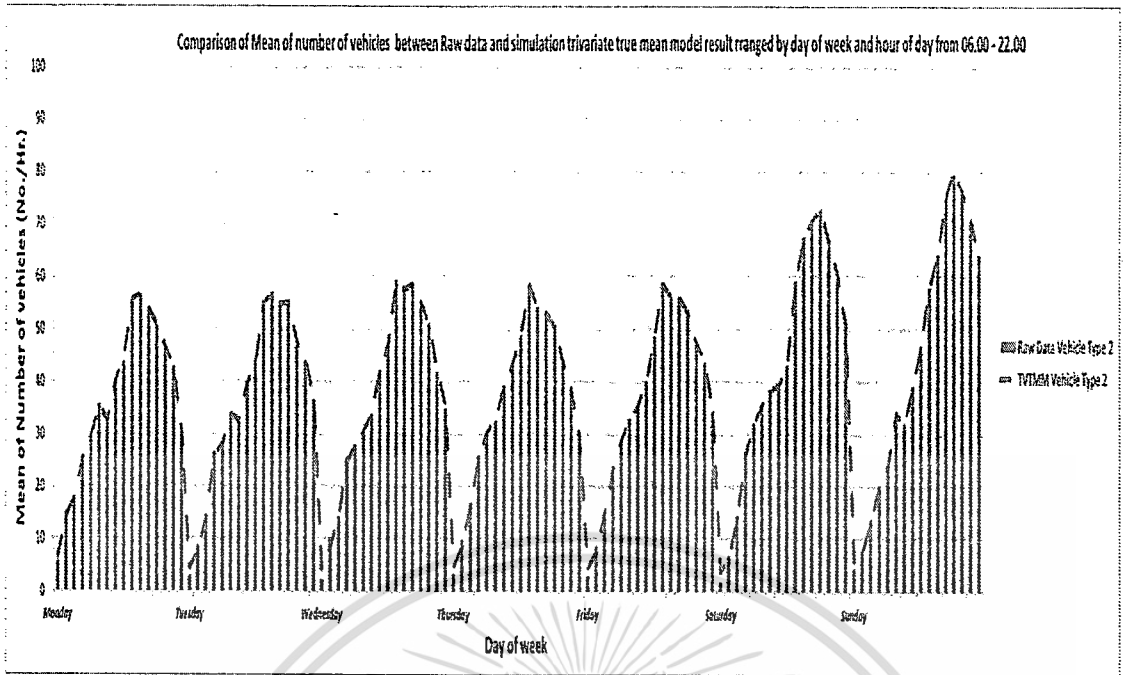
	21.00-22.00	22.19	50.91	15.66	3.50	2.16	2.15	4.16
Sunday	06.00-07.00	3.97	5.62	5.87	4.42	2.18	2.32	5.57
	07.00-08.00	6.05	7.48	6.27	6.04	2.20	2.28	7.18
	08.00-09.00	8.98	13.05	20.27	13.73	2.22	2.24	3.56
	09.00-10.00	14.27	20.06	25.18	15.65	2.15	2.30	6.59
	10.00-11.00	20.47	24.09	24.90	15.70	2.25	2.34	8.68
	11.00-12.00	24.41	34.02	20.39	16.16	2.09	2.30	8.13
	12.00-13.00	25.76	31.82	22.55	14.31	2.14	2.26	5.52
	13.00-14.00	27.06	38.88	23.56	16.31	2.12	2.29	4.07
	14.00-15.00	31.91	46.84	28.74	15.28	2.17	2.27	3.44
	15.00-16.00	35.62	57.61	29.87	17.76	2.22	2.58	3.17
	16.00-17.00	39.10	63.98	36.77	17.30	2.17	2.63	3.19
	17.00-18.00	38.38	75.18	36.42	15.38	2.23	2.82	3.41
	18.00-19.00	37.70	80.57	36.59	12.87	2.26	3.14	3.23
	19.00-20.00	36.07	76.24	32.41	8.93	2.29	3.25	2.99
20.00-21.00	33.20	70.97	26.30	5.73	2.36	3.33	3.37	
21.00-22.00	24.18	64.43	20.27	3.53	2.36	3.47	5.18	

จากตารางที่ 4.21 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถแปรผันสาม ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทรถ จากค่าเฉลี่ยแท้ ในแต่ละชั่วโมงของวันจะมีค่าแตกต่างกัน แตกต่างกันตามวันในสัปดาห์ และแตกต่างกันตามประเภทรถ ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ถึง 4.12 พบว่าค่าเฉลี่ยจำนวนรถที่ได้จากการจำลองระบบมีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจริง

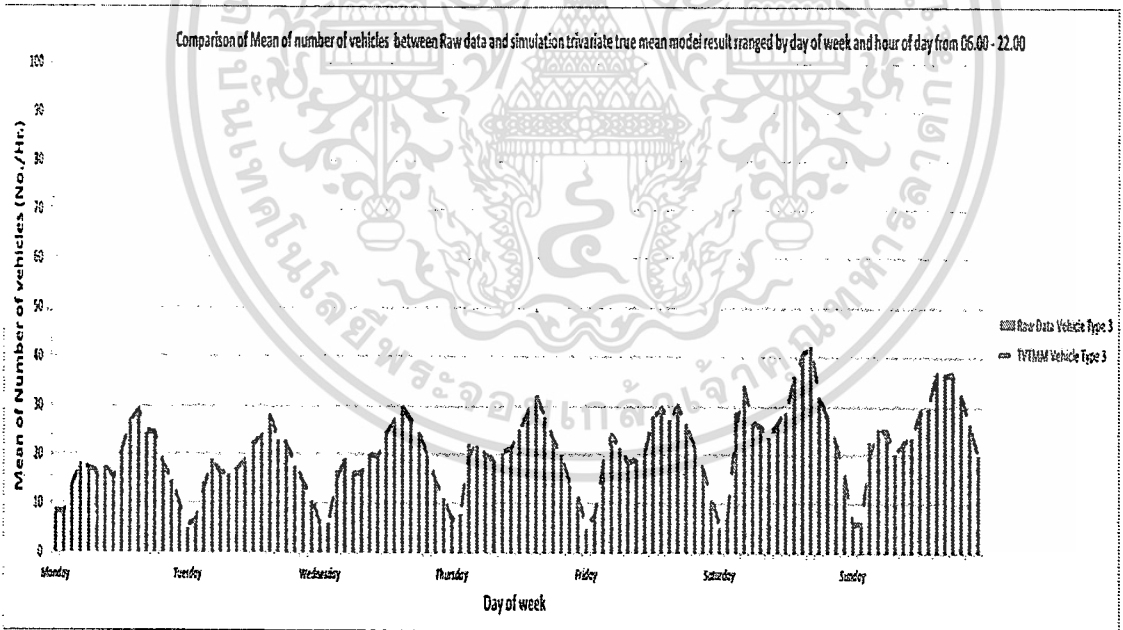


รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทที่ 1 จากค่าเฉลี่ยแท้ (TVTMM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

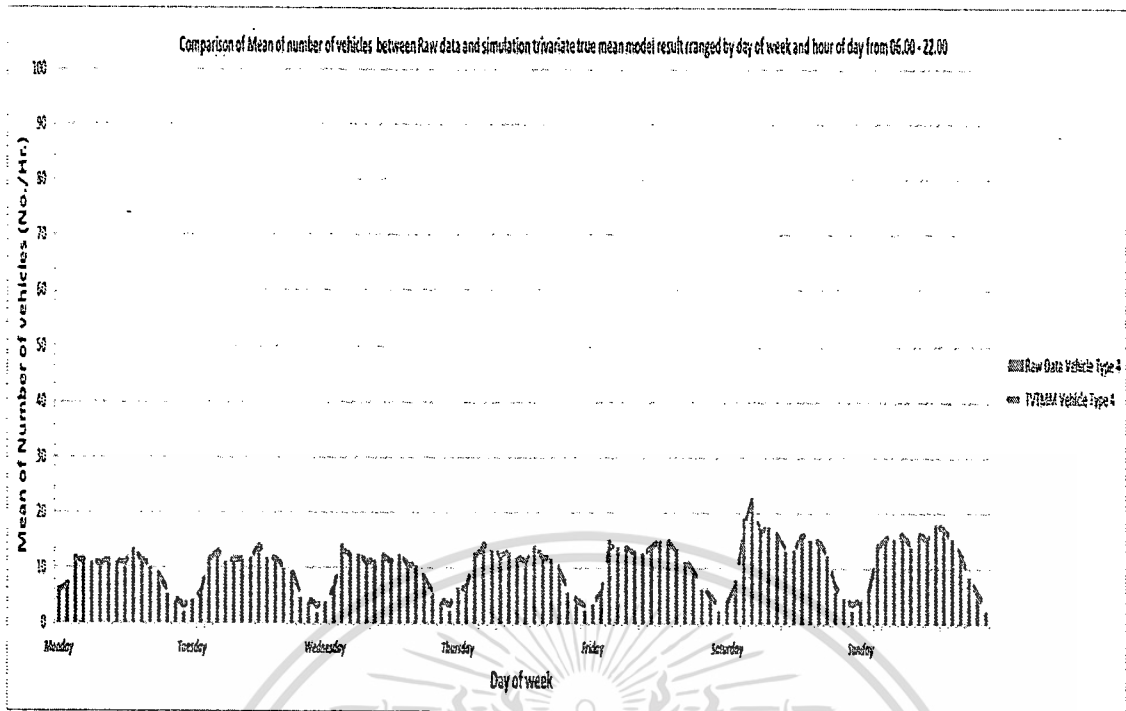


รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทรถที่ 2 จากค่าเฉลี่ยแท้ (TVTMM)

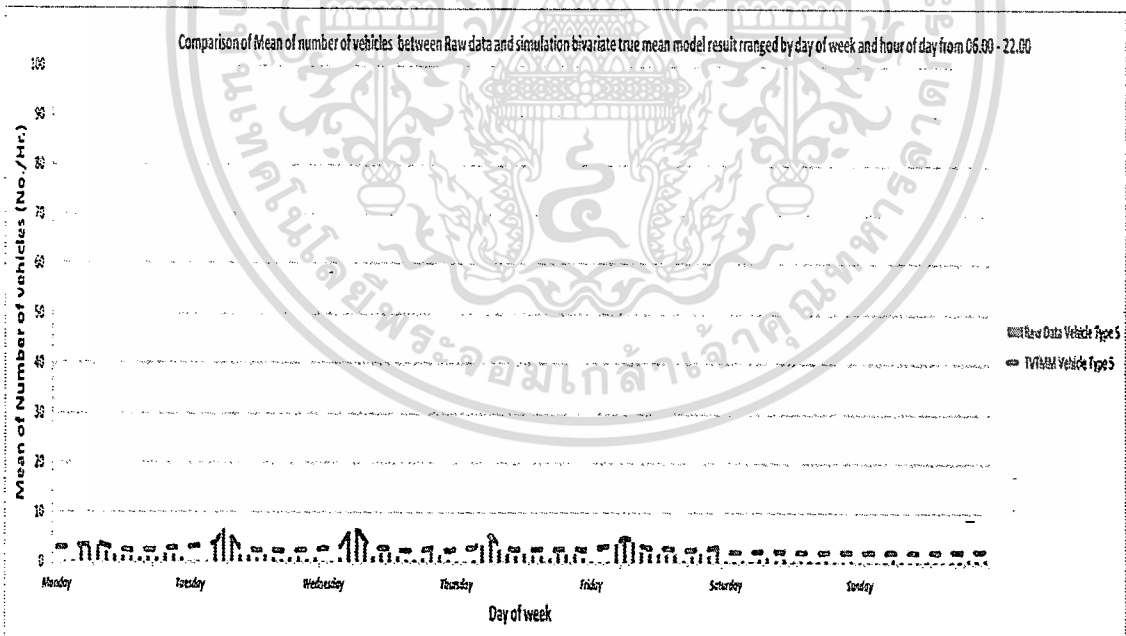


รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทรถที่ 3 จากค่าเฉลี่ยแท้ (TVTMM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

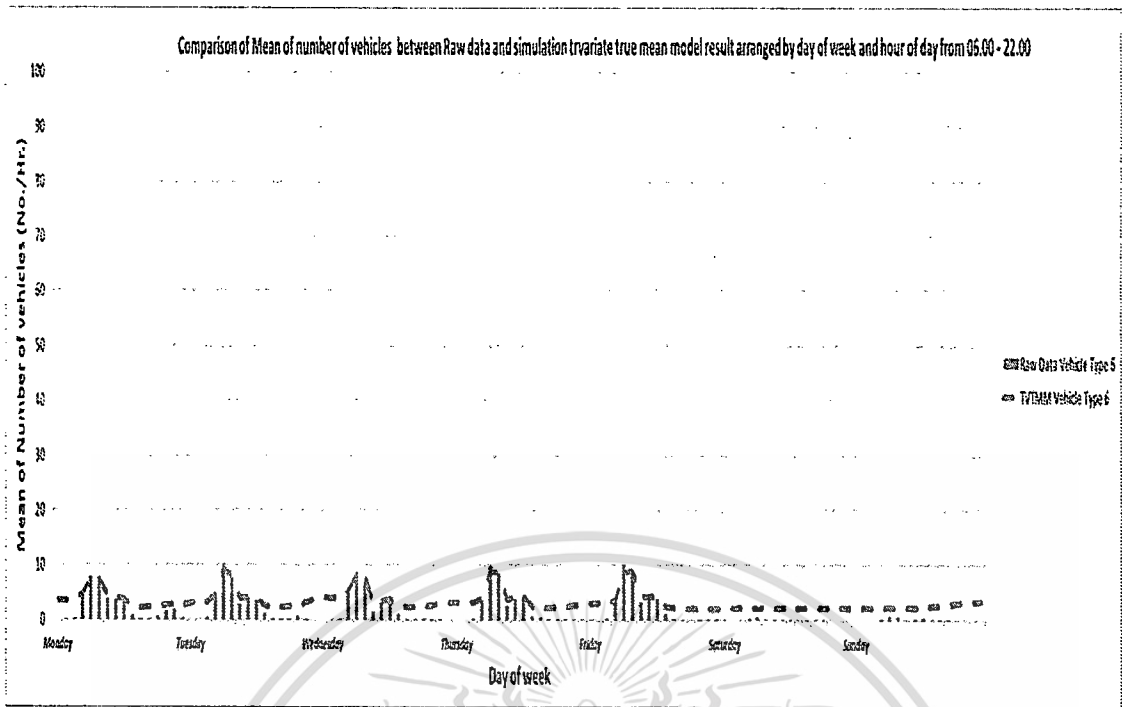


รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทรถที่ 4 จากค่าเฉลี่ยแท้ (TVTMM)

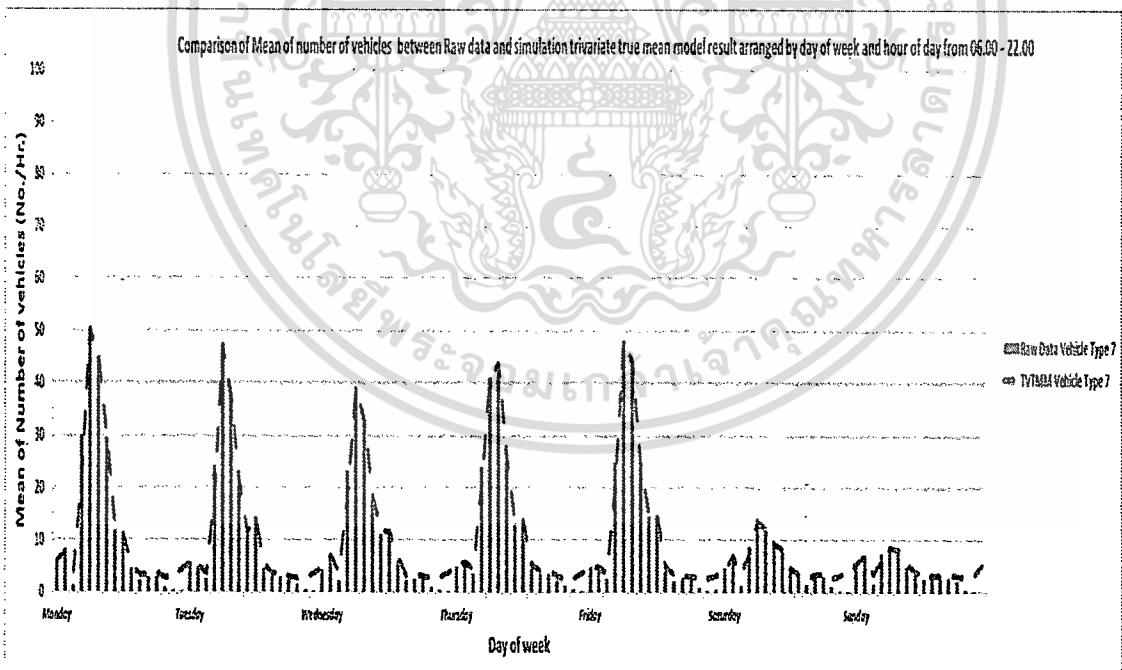


รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทรถที่ 5 จากค่าเฉลี่ยแท้ (TVTMM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทรถที่ 6 จากค่าเฉลี่ยแท้ (TVTMM)



รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทรถที่ 7 จากค่าเฉลี่ยแท้ (TVTMM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 ค่าตัววัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง TVTMM พบว่าให้ผลลัพธ์ดีกว่าแบบจำลองอื่น ๆ ที่ผ่านมา

Model	TD	ABSD	SSE	MSE	STDE
TVTMM	5,753	42,623	378,500	241	15.51

4.2.7 แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทรถ จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง (TVBMM)

ในแบบจำลองนี้มีสมมุติฐาน คล้ายคลึงกับแบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันสองตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง โดยมีการเพิ่มปัจจัยประเภทรถเข้าไปเป็นอีกหนึ่งปัจจัย จากนั้นนำข้อมูลมาหาผลรวมจำนวนรถจำแนกตามประเภทรถ โดยรวมทั้งหมด 14 สัปดาห์ ดังสมการที่ 4.17 ผลลัพธ์ดังตารางที่ 4.19

สมการ 4.19 การหาค่าเฉลี่ยจำนวนรถ ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทรถ โดยการนำผลรวมจำนวนรถตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทรถหารด้วยจำนวนสัปดาห์ คือ 14 สัปดาห์ ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.23

$$\bar{n}_{dhk} = \frac{N_{dhk}}{14}$$

(4.19)

ตารางที่ 4.23 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทรถ

Day_of_week	Hour_of_day	Type_1	Type_2	Type_3	Type_4	Type_5	Type_6	Type_7
Monday	06.00-07.00	2.86	5.79	7.86	6.57	0	0	6.07
	07.00-08.00	8.43	15.57	8.36	6.5	0.07	0.07	7.93
	08.00-09.00	11.21	18.07	14.36	12.29	0.29	0.29	1.29
	09.00-10.00	14	25.79	18.29	11.14	3.14	5.07	30
	10.00-11.00	16.57	30	17.07	11.07	2.93	8.07	50.57
	11.00-12.00	19.14	35.79	16.21	10.71	3.43	7.14	44.93
	12.00-13.00	20.57	32.36	17.57	11.71	2.21	4	29.57
	13.00-14.00	24.57	40.57	15.29	11.21	1.57	3.79	11.79
	14.00-15.00	26.64	43.93	21	10.57	1.43	3.29	10.86
	15.00-16.00	31.43	55.43	27.43	13.5	1.14	1	4.64
	16.00-17.00	30.57	56.64	29.14	11.43	0.86	0.43	2.21
	17.00-18.00	31.21	53.57	24.5	10.14	1.07	0.14	2.93
	18.00-19.00	27.5	50.79	24.29	8.5	1	0.71	3.07
	19.00-20.00	22.07	46.64	17.64	5.36	1.71	1.71	0.93
20.00-21.00	18.71	42.93	14.64	4	1.57	2	0.43	
21.00-22.00	15.21	29.93	9.14	2.07	1	0.43	0.14	
Tuesday	06.00-07.00	1.79	3	4.93	4.29	0.07	0	5.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	07.00-08.00	6.79	8.86	7	5.86	0.07	0	4.93
	08.00-09.00	11.21	14.64	14.5	12.21	0.14	0.5	2.64
	09.00-10.00	14.21	26.79	18.86	13.36	3.5	4.5	24.36
	10.00-11.00	15.57	28.21	16.14	11.21	6.79	10.29	47.64
	11.00-12.00	20.86	34.14	15.86	11.5	4.36	7.71	37.21
	12.00-13.00	20.36	32.29	16.86	11.57	1.57	2.93	21
	13.00-14.00	23.5	40.21	18.43	11.86	1.43	3.86	11.14
	14.00-15.00	27.64	44.5	22.79	14.21	1	3.57	14.5
	15.00-16.00	33.14	55.36	23.86	11.93	1.57	1.29	4.64
	16.00-17.00	32.5	57	27.86	11.64	0.93	0.43	2.93
	17.00-18.00	34.86	54.36	22.93	10	0.64	0.21	2.93
	18.00-19.00	30.07	55.21	22.21	9.43	0.93	0.36	2.29
	19.00-20.00	25.07	46.93	17.64	4.71	1.21	0.79	1.57
	20.00-21.00	20.43	44.07	14.07	4	0.71	0.29	0.64
	21.00-22.00	14.93	36.64	10.71	2	1	0	0.21
Wednesday	06.00-07.00	1.43	2.36	5.36	3.93	0.07	0	4.43
	07.00-08.00	6.79	10.29	6.07	6.57	0.14	0	7.5
	08.00-09.00	11.07	14.29	16.64	14.43	1	0.29	2.29
	09.00-10.00	14.64	25.57	19.14	12.36	6.43	5.79	23.43
	10.00-11.00	17.64	28.07	15.86	12.5	6.86	8.86	39.29
	11.00-12.00	19.79	31.07	16.36	10.93	3.79	7.43	32.71
	12.00-13.00	21.29	33.93	20.21	11.5	1.36	1.5	17.79
	13.00-14.00	24	42.36	19.43	12.5	2	3.36	11.29
	14.00-15.00	28.5	47.29	24.93	11.07	2.07	3.21	11.64
	15.00-16.00	30.43	59.5	26.64	12.64	1.36	1.21	6.14
	16.00-17.00	29.5	57.21	30.07	10.71	0.64	0.21	2.29
	17.00-18.00	32.79	58.86	27.07	10.57	0.64	0.14	2.57
	18.00-19.00	28.5	55.5	24.57	8.07	0.79	0.29	2.57
	19.00-20.00	21.21	51.14	19.86	5.43	2.21	0.21	1.07
20.00-21.00	23.36	42.07	14.5	3.93	1.5	0.21	0.57	
21.00-22.00	16.36	35.14	11.14	2.36	0.71	0	0.21	
Thursday	06.00-07.00	1.36	3.36	6.36	6.64	0.21	0	5.14
	07.00-08.00	7.29	9.86	7.93	6.86	0.07	0	5.93
	08.00-09.00	10.79	16.93	22.29	13	0.5	0.36	3.71
	09.00-10.00	15.57	26.07	22	14.64	3.71	3.79	24.21
	10.00-11.00	17.93	30.71	19.71	13.43	5.93	10	41.07
	11.00-12.00	24.14	32.64	19	12	2.64	8.57	44.07
	12.00-13.00	21.29	39.5	20.43	13	1.86	2.64	25.36
	13.00-14.00	26.07	43.5	21.14	12.14	1.5	4	13.14
	14.00-15.00	27	49	25.43	11.07	1.86	4.07	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	15.00-16.00	32	58.5	29.29	14.14	1.64	0.86	4.57
	16.00-17.00	35.43	54.29	32.07	11.79	1.57	0.57	3.5
	17.00-18.00	33.57	53.29	27.86	11.93	1	0.36	3.71
	18.00-19.00	28.29	50.86	22.64	9.5	1.86	0.14	2.36
	19.00-20.00	20.64	43.57	20	5.79	1.71	0.29	1.14
	20.00-21.00	18.14	38.71	13.93	3.64	1.93	0.14	0.64
	21.00-22.00	13.36	29.36	11.21	2.43	1	0.07	0.29
Friday	06.00-07.00	1.14	2.93	4.93	3.43	0.29	0.14	4.86
	07.00-08.00	6.36	8.71	8.14	6.21	0.14	0	4.5
	08.00-09.00	9.71	15.21	19.14	15.36	0.29	0.36	2.71
	09.00-10.00	14.86	23.86	24.21	13.86	4.07	3.14	25
	10.00-11.00	18.07	28.79	21.57	13.5	5.07	10.29	48.29
	11.00-12.00	21.36	33.14	18.36	12.71	4.21	8.79	44.5
	12.00-13.00	21.57	35.57	19.29	12.86	2.36	3.43	24.07
	13.00-14.00	26.5	40.36	20.5	13.93	2	3.86	14.71
	14.00-15.00	30.36	48.93	28.14	15.07	1.86	4.07	14.93
	15.00-16.00	34.79	58.57	29.64	14.86	1.79	1.14	4.14
	16.00-17.00	33.14	56.29	27.21	12.86	1.71	0.36	2.14
	17.00-18.00	36.14	56.36	30.21	11.29	0.5	0.07	2.79
	18.00-19.00	29.86	53.14	26.5	9.57	1.43	0.14	2.43
	19.00-20.00	26.93	47.07	21.43	6.36	2	0.29	1.07
20.00-21.00	25.36	43.86	17.14	4.86	1.57	0.21	0.36	
21.00-22.00	14.36	34.57	11	2.5	2.71	0.36	0.5	
Saturday	06.00-07.00	1.07	1.86	5.21	3.43	0.43	0.14	4.79
	07.00-08.00	7.14	7.07	7.36	8.07	0.21	0	7.14
	08.00-09.00	11.5	14.57	28.93	19.21	0.57	0.14	1.36
	09.00-10.00	18	26.71	34	22.86	0.43	0.36	8.93
	10.00-11.00	21.29	32.36	26.64	16.21	0.79	0.71	14.21
	11.00-12.00	27.5	35.71	25.57	17.5	1.14	0.21	12.07
	12.00-13.00	27.79	38.64	23.79	15.86	0.57	0.29	9.14
	13.00-14.00	29.57	39.36	26.93	13.29	1	0.07	8
	14.00-15.00	32.36	43.36	28.86	13.5	0.43	0.07	3.93
	15.00-16.00	36.57	59.29	36.29	16.57	0.5	0	3.07
	16.00-17.00	36.93	67.79	40.86	15.36	0.5	0.07	1.5
	17.00-18.00	38.5	70.57	42.43	14.86	0.43	0.14	3.14
	18.00-19.00	37.07	72.93	32.07	12.5	0.64	0.14	3.07
	19.00-20.00	31.64	66.79	27.36	5.93	0.29	0	1.36
20.00-21.00	26.36	59.64	22.29	4.79	0.21	0	0.43	
21.00-22.00	22	50.64	15.36	2.43	0.5	0	0.21	
Sunday	06.00-07.00	2.14	4.43	5.21	4.43	0.21	0	5.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	07.00-08.00	6.93	7.93	6.5	6.36	0.07	0	7.29
	08.00-09.00	9	13.93	23	14.79	0.07	0	1.71
	09.00-10.00	15	20.43	25.5	15.71	0.36	0.36	7.5
	10.00-11.00	21.14	24.14	24.93	15.57	0.79	1	8.86
	11.00-12.00	24.86	34.36	20.29	16.14	0.36	0.86	7.93
	12.00-13.00	25.86	32.07	22.5	14	0.21	0.14	5.07
	13.00-14.00	27.21	39.43	23.64	16.29	0.14	0.36	3.43
	14.00-15.00	32.29	47.14	28.43	15.43	0.43	0.5	2.64
	15.00-16.00	35.86	58.07	29.71	18.07	0.29	0.07	2.5
	16.00-17.00	39.36	64.5	37.14	17.36	0.29	0.21	2.5
	17.00-18.00	38.43	75.14	36.71	15.5	0.36	0.21	2.93
	18.00-19.00	37.93	79.71	36.64	12.57	0.64	0.07	2.36
	19.00-20.00	35.93	76.71	32.14	8.5	0.86	0	0.57
	20.00-21.00	33.14	71.07	26.57	5.14	0.71	0	0.43
	21.00-22.00	24.14	64.43	19.86	2.5	0.86	0	0

สมการ 4.20 การหาค่าเฉลี่ยจำนวนรถตัดแบ่งรายชั่วโมง โดยหาผลรวมจำนวนรถเฉลี่ยในชั่วโมงใด ๆ ของทุกวันทุกประเภทรถ และหารด้วยจำนวนวันในสัปดาห์คือ 7 วัน นำค่าที่คำนวณได้หารด้วยจำนวนประเภทรถ 7 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 4.24

$$\bar{n}_h = \left(\frac{1}{7}\right) \left(\frac{1}{7}\right) \sum_{d=1}^7 \sum_{k=1}^7 \bar{n}_{ahk} \quad \forall h = 6, 7, \dots, 21 \quad (4.20)$$

สมการ 4.21 การหาปัจจัยตัดแบ่งตามชั่วโมง (Thinning Hour factor) นำค่าเฉลี่ยจำนวนรถในแต่ละชั่วโมงมาหารด้วยค่าเฉลี่ยจำนวนรถในชั่วโมงที่มากที่สุด จะได้ปัจจัยตัดแบ่งรายชั่วโมงซึ่งมีจำนวนเท่ากับจำนวนชั่วโมงของวันคือ 16 ชั่วโมง ค่าของปัจจัยตัดแบ่งรายชั่วโมง (η_h) ที่คำนวณได้ดังแสดงในตารางที่ 4.24

$$\eta_h = \frac{\bar{n}_h}{\max(\bar{n}_h)} \quad (4.21)$$

ตารางที่ 4.24 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถตัดแบ่งตามชั่วโมงและปัจจัยตัดแบ่งตามชั่วโมง

Hour_of_day	6:00-7:00	7:00-8:00	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00
\bar{n}_h	2.99	5.34	9.04	15.01	18.25	18.40	16.15	16.45
η_h	0.1476	0.2638	0.4461	0.7411	0.9010	0.9085	0.7973	0.8123
Hour_of_day	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	21:00-22:00
\bar{n}_h	18.36	20.14	20.26	20.22	18.85	15.95	13.79	10.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

η_h	0.9066	0.9945	1.0000	0.9980	0.9307	0.7874	0.6810	0.5199
----------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

สมการ 4.22 การหาค่าเฉลี่ยจำนวนรถตัดแบ่งตามวันในสัปดาห์ โดยรวมจำนวนรถเฉลี่ยทุกชั่วโมงของวันในสัปดาห์ ทุกประเภทรถ และหารด้วยจำนวนชั่วโมงต่อวันคือ 16 ชั่วโมง นำค่าที่คำนวณได้หารด้วยจำนวนประเภทรถ 7 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 4.25

$$\bar{n}_d = \left(\frac{1}{16}\right) \left(\frac{1}{7}\right) \sum_{h=6}^{21} \sum_{k=1}^7 \bar{n}_{dhk} \quad \forall d = 1, 2, \dots, 7 \quad (4.22)$$

สมการ 4.23 การหาปัจจัยตัดแบ่งตามวันในสัปดาห์ (Thinning Day factor) นำค่าเฉลี่ยจำนวนรถในแต่ละวันในสัปดาห์มาหารด้วยค่าเฉลี่ยจำนวนรถในวันในสัปดาห์ที่มากที่สุด จะได้ปัจจัยตัดแบ่งรายวันในสัปดาห์ซึ่งมีจำนวนเท่ากับจำนวนวันในสัปดาห์คือ 7 วัน ค่าของปัจจัยตัดแบ่งรายวันในสัปดาห์ (δ_d) ที่คำนวณได้ดังแสดงในตารางที่ 4.25

$$\delta_d = \frac{\bar{n}_d}{\max(\bar{n}_d)} \quad (4.23)$$

ตารางที่ 4.25 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถตัดแบ่งรายวันในสัปดาห์และปัจจัยตัดแบ่งรายวันในสัปดาห์

Day of week	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
\bar{n}_d	14.31	14.17	14.28	14.77	15.18	16.18	16.00
δ_d	0.8845	0.8754	0.8825	0.9127	0.9382	1.0000	0.9888

สมการ 4.24 การหาค่าเฉลี่ยจำนวนรถตัดแบ่งจำแนกตามประเภทรถ โดยรวมจำนวนรถเฉลี่ยทุกชั่วโมงของทุกวันในสัปดาห์ ของประเภทรถใด ๆ และหารด้วยจำนวนชั่วโมงต่อวันคือ 16 ชั่วโมง นำค่าที่คำนวณได้หารด้วยจำนวนวันในสัปดาห์ 7 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.26

$$\bar{n}_k = \left(\frac{1}{16}\right) \left(\frac{1}{7}\right) \sum_{h=6}^{21} \sum_{d=1}^7 \bar{n}_{dhk} \quad \forall k = 1, 2, \dots, 7 \quad (4.24)$$

สมการ 4.25 การหาปัจจัยตัดแบ่งจำแนกตามประเภทรถ (Thinning Vehicle type factor) นำค่าเฉลี่ยจำนวนรถในตามประเภทมาหารด้วยค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่มากที่สุด จะได้ปัจจัยตัดแบ่งตามประเภทรถซึ่งมีจำนวนเท่ากับจำนวนประเภทรถ คือ 7 ประเภท ค่าของปัจจัยตัดแบ่งตามประเภทรถ (ψ_k) ที่คำนวณได้ดังแสดงในตารางที่ 4.26

$$\psi_k = \frac{\bar{n}_k}{\max(\bar{n}_k)} \quad (4.25)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.26 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถตัดแบ่งจำแนกประเภทรถและปัจจัยตัดแบ่งจำแนกตามประเภทรถ

Vehicle Type	1	2	3	4	5	6	7
\bar{n}_k	22.13	38.65	20.77	10.52	1.40	1.66	9.74
ψ_k	0.5726	1.0000	0.5375	0.2721	0.0363	0.0430	0.2521

สมการที่ 4.26 การคำนวณหาอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันสาม ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทรถจากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง เริ่มจากนำปัจจัยตัดแบ่งรายชั่วโมงคูณกับปัจจัยตัดแบ่งรายวันในสัปดาห์และคูณกับปัจจัยตัดแบ่งตามประเภทรถ อัตราเฉลี่ยการมาถึงที่มากที่สุดจะมีค่าของการคูณกันทั้ง 3 ปัจจัย ($\eta_h \delta_d \psi_k = 1$) ดังแสดงในตารางที่ 4.27 นำจำนวนรถโดยเฉลี่ยในชั่วโมงที่ h วันในสัปดาห์ d ในประเภทที่ k มาเป็นค่าอัตราเฉลี่ยการมาถึงที่มากที่สุด λ_{max} จากนั้นนำค่าของปัจจัยตัดแบ่งในชั่วโมงใด ๆ ตามวันในสัปดาห์ใด ๆ ของประเภทใด ๆ มาคูณกับค่าอัตราเฉลี่ยการมาถึงที่มากที่สุดจะได้อัตราเฉลี่ยการมาถึงในแต่ละชั่วโมงตามวันในสัปดาห์แยกตามประเภทรถ ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.28

$$\lambda_{ahk} = \lambda_{max} * (\eta_h \delta_d \psi_k) \quad (4.26)$$

ตารางที่ 4.27 ผลคูณคตินึงแฟกเตอร์ทั้ง 3 ปัจจัย

Day of week	Hour of day	Type1	Type2	Type3	Type4	Type5	Type6	Type7
Monday	6:00-7:00	0.0748	0.1306	0.0702	0.0355	0.0047	0.0056	0.0329
	7:00-8:00	0.1336	0.2334	0.1254	0.0635	0.0085	0.0100	0.0588
	8:00-9:00	0.2260	0.3946	0.2121	0.1074	0.0143	0.0170	0.0995
	9:00-10:00	0.3753	0.6555	0.3523	0.1784	0.0238	0.0282	0.1652
	10:00-11:00	0.4563	0.7969	0.4283	0.2169	0.0289	0.0343	0.2009
	11:00-12:00	0.4602	0.8036	0.4319	0.2187	0.0292	0.0346	0.2026
	12:00-13:00	0.4038	0.7052	0.3790	0.1919	0.0256	0.0303	0.1778
	13:00-14:00	0.4114	0.7185	0.3862	0.1955	0.0261	0.0309	0.1811
	14:00-15:00	0.4592	0.8019	0.4310	0.2182	0.0291	0.0345	0.2021
	15:00-16:00	0.5037	0.8797	0.4728	0.2394	0.0319	0.0378	0.2218
	16:00-17:00	0.5065	0.8845	0.4754	0.2407	0.0321	0.0380	0.2230
	17:00-18:00	0.5055	0.8828	0.4745	0.2402	0.0321	0.0380	0.2225
	18:00-19:00	0.4714	0.8232	0.4425	0.2240	0.0299	0.0354	0.2075
	19:00-20:00	0.3988	0.6965	0.3743	0.1895	0.0253	0.0300	0.1756
20:00-21:00	0.3449	0.6024	0.3238	0.1639	0.0219	0.0259	0.1518	
21:00-22:00	0.2633	0.4598	0.2472	0.1251	0.0167	0.0198	0.1159	
Tuesday	6:00-7:00	0.0740	0.1292	0.0695	0.0352	0.0047	0.0056	0.0326
	7:00-8:00	0.1323	0.2310	0.1241	0.0629	0.0084	0.0099	0.0582

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	8:00-9:00	0.2236	0.3906	0.2099	0.1063	0.0142	0.0168	0.0985
	9:00-10:00	0.3715	0.6488	0.3487	0.1765	0.0236	0.0279	0.1635
	10:00-11:00	0.4516	0.7887	0.4239	0.2146	0.0286	0.0339	0.1988
	11:00-12:00	0.4554	0.7953	0.4275	0.2164	0.0289	0.0342	0.2005
	12:00-13:00	0.3997	0.6980	0.3751	0.1899	0.0253	0.0300	0.1759
	13:00-14:00	0.4072	0.7111	0.3822	0.1935	0.0258	0.0306	0.1793
	14:00-15:00	0.4545	0.7937	0.4266	0.2160	0.0288	0.0341	0.2001
	15:00-16:00	0.4985	0.8706	0.4680	0.2369	0.0316	0.0375	0.2195
	16:00-17:00	0.5013	0.8754	0.4705	0.2382	0.0318	0.0377	0.2207
	17:00-18:00	0.5003	0.8737	0.4696	0.2378	0.0317	0.0376	0.2203
	18:00-19:00	0.4665	0.8148	0.4379	0.2217	0.0296	0.0350	0.2054
	19:00-20:00	0.3947	0.6893	0.3705	0.1876	0.0250	0.0297	0.1738
	20:00-21:00	0.3414	0.5962	0.3204	0.1622	0.0216	0.0256	0.1503
	21:00-22:00	0.2606	0.4551	0.2446	0.1238	0.0165	0.0196	0.1147
Wednesday	6:00-7:00	0.0746	0.1303	0.0700	0.0355	0.0047	0.0056	0.0328
	7:00-8:00	0.1333	0.2329	0.1252	0.0634	0.0085	0.0100	0.0587
	8:00-9:00	0.2255	0.3937	0.2116	0.1071	0.0143	0.0169	0.0993
	9:00-10:00	0.3745	0.6540	0.3515	0.1780	0.0237	0.0281	0.1649
	10:00-11:00	0.4553	0.7951	0.4274	0.2164	0.0289	0.0342	0.2004
	11:00-12:00	0.4591	0.8018	0.4309	0.2182	0.0291	0.0345	0.2021
	12:00-13:00	0.4029	0.7036	0.3782	0.1915	0.0256	0.0303	0.1774
	13:00-14:00	0.4105	0.7169	0.3853	0.1951	0.0260	0.0308	0.1807
	14:00-15:00	0.4582	0.8001	0.4300	0.2177	0.0291	0.0344	0.2017
	15:00-16:00	0.5026	0.8777	0.4718	0.2388	0.0319	0.0378	0.2213
	16:00-17:00	0.5054	0.8825	0.4743	0.2402	0.0320	0.0380	0.2225
	17:00-18:00	0.5044	0.8808	0.4734	0.2397	0.0320	0.0379	0.2220
	18:00-19:00	0.4703	0.8214	0.4415	0.2235	0.0298	0.0353	0.2071
	19:00-20:00	0.3979	0.6949	0.3735	0.1891	0.0252	0.0299	0.1752
20:00-21:00	0.3442	0.6010	0.3230	0.1636	0.0218	0.0259	0.1515	
21:00-22:00	0.2627	0.4588	0.2466	0.1249	0.0167	0.0197	0.1157	
Thursday	6:00-7:00	0.0772	0.1347	0.0724	0.0367	0.0049	0.0058	0.0340
	7:00-8:00	0.1379	0.2408	0.1294	0.0655	0.0087	0.0104	0.0607
	8:00-9:00	0.2332	0.4072	0.2189	0.1108	0.0148	0.0175	0.1026
	9:00-10:00	0.3873	0.6764	0.3635	0.1841	0.0246	0.0291	0.1705
	10:00-11:00	0.4709	0.8223	0.4420	0.2238	0.0299	0.0354	0.2073
	11:00-12:00	0.4748	0.8292	0.4457	0.2256	0.0301	0.0357	0.2090
	12:00-13:00	0.4167	0.7277	0.3911	0.1980	0.0264	0.0313	0.1834
	13:00-14:00	0.4245	0.7414	0.3985	0.2018	0.0269	0.0319	0.1869
	14:00-15:00	0.4738	0.8274	0.4447	0.2252	0.0300	0.0356	0.2086
15:00-16:00	0.5198	0.9077	0.4879	0.2470	0.0330	0.0390	0.2288	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	16:00-17:00	0.5226	0.9127	0.4905	0.2484	0.0331	0.0393	0.2301
	17:00-18:00	0.5216	0.9109	0.4896	0.2479	0.0331	0.0392	0.2296
	18:00-19:00	0.4864	0.8494	0.4565	0.2311	0.0308	0.0365	0.2141
	19:00-20:00	0.4115	0.7186	0.3863	0.1956	0.0261	0.0309	0.1812
	20:00-21:00	0.3559	0.6215	0.3341	0.1691	0.0226	0.0267	0.1567
	21:00-22:00	0.2717	0.4745	0.2550	0.1291	0.0172	0.0204	0.1196
Friday	6:00-7:00	0.0793	0.1385	0.0744	0.0377	0.0050	0.0060	0.0349
	7:00-8:00	0.1417	0.2475	0.1330	0.0674	0.0090	0.0106	0.0624
	8:00-9:00	0.2397	0.4185	0.2250	0.1139	0.0152	0.0180	0.1055
	9:00-10:00	0.3981	0.6952	0.3737	0.1892	0.0252	0.0299	0.1753
	10:00-11:00	0.4840	0.8453	0.4543	0.2300	0.0307	0.0364	0.2131
	11:00-12:00	0.4881	0.8523	0.4581	0.2319	0.0309	0.0367	0.2149
	12:00-13:00	0.4283	0.7480	0.4020	0.2035	0.0272	0.0322	0.1886
	13:00-14:00	0.4364	0.7621	0.4096	0.2074	0.0277	0.0328	0.1921
	14:00-15:00	0.4870	0.8505	0.4571	0.2315	0.0309	0.0366	0.2144
	15:00-16:00	0.5343	0.9330	0.5015	0.2539	0.0339	0.0401	0.2352
	16:00-17:00	0.5372	0.9382	0.5042	0.2553	0.0341	0.0404	0.2365
	17:00-18:00	0.5362	0.9363	0.5033	0.2548	0.0340	0.0403	0.2360
	18:00-19:00	0.5000	0.8731	0.4693	0.2376	0.0317	0.0376	0.2201
	19:00-20:00	0.4230	0.7387	0.3970	0.2010	0.0268	0.0318	0.1862
20:00-21:00	0.3658	0.6389	0.3434	0.1739	0.0232	0.0275	0.1611	
21:00-22:00	0.2793	0.4877	0.2621	0.1327	0.0177	0.0210	0.1229	
Saturday	6:00-7:00	0.0845	0.1476	0.0793	0.0402	0.0054	0.0064	0.0372
	7:00-8:00	0.1511	0.2638	0.1418	0.0718	0.0096	0.0113	0.0665
	8:00-9:00	0.2555	0.4461	0.2398	0.1214	0.0162	0.0192	0.1125
	9:00-10:00	0.4243	0.7411	0.3983	0.2017	0.0269	0.0319	0.1868
	10:00-11:00	0.5159	0.9010	0.4842	0.2452	0.0327	0.0388	0.2271
	11:00-12:00	0.5202	0.9085	0.4883	0.2472	0.0330	0.0391	0.2290
	12:00-13:00	0.4565	0.7973	0.4285	0.2170	0.0290	0.0343	0.2010
	13:00-14:00	0.4651	0.8123	0.4366	0.2211	0.0295	0.0349	0.2048
	14:00-15:00	0.5191	0.9066	0.4873	0.2467	0.0329	0.0390	0.2285
	15:00-16:00	0.5695	0.9945	0.5345	0.2706	0.0361	0.0428	0.2507
	16:00-17:00	0.5726	1.0000	0.5375	0.2721	0.0363	0.0430	0.2521
	17:00-18:00	0.5715	0.9980	0.5364	0.2716	0.0362	0.0429	0.2516
	18:00-19:00	0.5329	0.9307	0.5002	0.2533	0.0338	0.0400	0.2346
	19:00-20:00	0.4509	0.7874	0.4232	0.2143	0.0286	0.0339	0.1985
20:00-21:00	0.3900	0.6810	0.3660	0.1853	0.0247	0.0293	0.1717	
21:00-22:00	0.2977	0.5199	0.2794	0.1415	0.0189	0.0224	0.1311	
Sunday	6:00-7:00	0.0836	0.1460	0.0785	0.0397	0.0053	0.0063	0.0368
	7:00-8:00	0.1494	0.2609	0.1402	0.0710	0.0095	0.0112	0.0658

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	8:00-9:00	0.2526	0.4411	0.2371	0.1200	0.0160	0.0190	0.1112
	9:00-10:00	0.4196	0.7328	0.3938	0.1994	0.0266	0.0315	0.1847
	10:00-11:00	0.5101	0.8909	0.4788	0.2424	0.0323	0.0383	0.2246
	11:00-12:00	0.5144	0.8983	0.4828	0.2445	0.0326	0.0386	0.2265
	12:00-13:00	0.4514	0.7884	0.4237	0.2145	0.0286	0.0339	0.1987
	13:00-14:00	0.4599	0.8032	0.4317	0.2186	0.0292	0.0346	0.2025
	14:00-15:00	0.5133	0.8964	0.4818	0.2439	0.0326	0.0386	0.2260
	15:00-16:00	0.5631	0.9834	0.5285	0.2676	0.0357	0.0423	0.2479
	16:00-17:00	0.5662	0.9888	0.5315	0.2691	0.0359	0.0425	0.2493
	17:00-18:00	0.5651	0.9869	0.5304	0.2685	0.0358	0.0424	0.2488
	18:00-19:00	0.5270	0.9203	0.4946	0.2504	0.0334	0.0396	0.2320
	19:00-20:00	0.4458	0.7786	0.4185	0.2119	0.0283	0.0335	0.1963
	20:00-21:00	0.3856	0.6734	0.3619	0.1832	0.0245	0.0290	0.1697
	21:00-22:00	0.2944	0.5141	0.2763	0.1399	0.0187	0.0221	0.1296

หาค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองระบบแบบแปรผันสาม ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง จำนวน 700 รอบ ดังสมการที่ 4.3 ทำครบทั้ง 7 ประเภท จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนรถ ดังสมการที่ 4.4 ทำครบทั้ง 7 ประเภท ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.28 อัตราเฉลี่ยการมาถึงแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภท จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง

Day of week	Hour of day	Type1	Type2	Type3	Type4	Type5	Type6	Type7
Monday	6:00-7:00	5.07	8.85	4.76	2.41	0.32	0.38	2.23
	7:00-8:00	9.06	15.82	8.50	4.31	0.57	0.68	3.99
	8:00-9:00	15.32	26.75	14.38	7.28	0.97	1.15	6.74
	9:00-10:00	25.44	44.44	23.88	12.09	1.61	1.91	11.20
	10:00-11:00	30.93	54.02	29.04	14.70	1.96	2.32	13.62
	11:00-12:00	31.19	54.48	29.28	14.82	1.98	2.34	13.73
	12:00-13:00	27.38	47.81	25.70	13.01	1.74	2.06	12.05
	13:00-14:00	27.89	48.71	26.18	13.25	1.77	2.10	12.28
	14:00-15:00	31.13	54.36	29.22	14.79	1.97	2.34	13.70
	15:00-16:00	34.15	59.63	32.05	16.23	2.17	2.57	15.03
	16:00-17:00	34.34	59.96	32.23	16.32	2.18	2.58	15.12
	17:00-18:00	34.27	59.85	32.17	16.29	2.17	2.57	15.09
	18:00-19:00	31.96	55.81	29.99	15.19	2.03	2.40	14.07
	19:00-20:00	27.03	47.21	25.38	12.85	1.71	2.03	11.90
20:00-21:00	23.38	40.83	21.95	11.11	1.48	1.76	10.29	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	21:00-22:00	17.85	31.17	16.75	8.48	1.13	1.34	7.86
Tuesday	6:00-7:00	5.02	8.76	4.71	2.38	0.32	0.38	2.21
	7:00-8:00	8.97	15.66	8.42	4.26	0.57	0.67	3.95
	8:00-9:00	15.16	26.48	14.23	7.20	0.96	1.14	6.67
	9:00-10:00	25.18	43.98	23.64	11.97	1.60	1.89	11.09
	10:00-11:00	30.62	53.47	28.74	14.55	1.94	2.30	13.48
	11:00-12:00	30.87	53.92	28.98	14.67	1.96	2.32	13.59
	12:00-13:00	27.09	47.32	25.43	12.88	1.72	2.04	11.93
	13:00-14:00	27.60	48.21	25.91	13.12	1.75	2.07	12.15
	14:00-15:00	30.81	53.80	28.92	14.64	1.95	2.31	13.56
	15:00-16:00	33.80	59.02	31.72	16.06	2.14	2.54	14.88
	16:00-17:00	33.98	59.35	31.90	16.15	2.15	2.55	14.96
	17:00-18:00	33.92	59.23	31.83	16.12	2.15	2.55	14.93
	18:00-19:00	31.63	55.23	29.69	15.03	2.01	2.38	13.92
	19:00-20:00	26.76	46.73	25.12	12.72	1.70	2.01	11.78
	20:00-21:00	23.14	40.41	21.72	11.00	1.47	1.74	10.19
21:00-22:00	17.67	30.85	16.58	8.40	1.12	1.33	7.78	
Wednesday	6:00-7:00	5.06	8.83	4.75	2.40	0.32	0.38	2.23
	7:00-8:00	9.04	15.79	8.48	4.30	0.57	0.68	3.98
	8:00-9:00	15.28	26.69	14.35	7.26	0.97	1.15	6.73
	9:00-10:00	25.39	44.34	23.83	12.06	1.61	1.91	11.18
	10:00-11:00	30.87	53.90	28.97	14.67	1.96	2.32	13.59
	11:00-12:00	31.12	54.35	29.21	14.79	1.97	2.34	13.70
	12:00-13:00	27.31	47.70	25.64	12.98	1.73	2.05	12.02
	13:00-14:00	27.83	48.60	26.12	13.23	1.76	2.09	12.25
	14:00-15:00	31.06	54.24	29.15	14.76	1.97	2.33	13.67
	15:00-16:00	34.07	59.50	31.98	16.19	2.16	2.56	15.00
	16:00-17:00	34.26	59.83	32.16	16.28	2.17	2.57	15.08
	17:00-18:00	34.19	59.71	32.09	16.25	2.17	2.57	15.05
	18:00-19:00	31.88	55.68	29.93	15.15	2.02	2.40	14.04
	19:00-20:00	26.97	47.11	25.32	12.82	1.71	2.03	11.88
	20:00-21:00	23.33	40.74	21.90	11.09	1.48	1.75	10.27
21:00-22:00	17.81	31.10	16.72	8.46	1.13	1.34	7.84	
Thursday	6:00-7:00	5.23	9.13	4.91	2.49	0.33	0.39	2.30
	7:00-8:00	9.35	16.32	8.77	4.44	0.59	0.70	4.12
	8:00-9:00	15.81	27.60	14.84	7.51	1.00	1.19	6.96
	9:00-10:00	26.25	45.85	24.64	12.48	1.66	1.97	11.56
	10:00-11:00	31.92	55.74	29.96	15.17	2.02	2.40	14.05
	11:00-12:00	32.19	56.21	30.21	15.30	2.04	2.42	14.17
	12:00-13:00	28.25	49.33	26.51	13.42	1.79	2.12	12.44

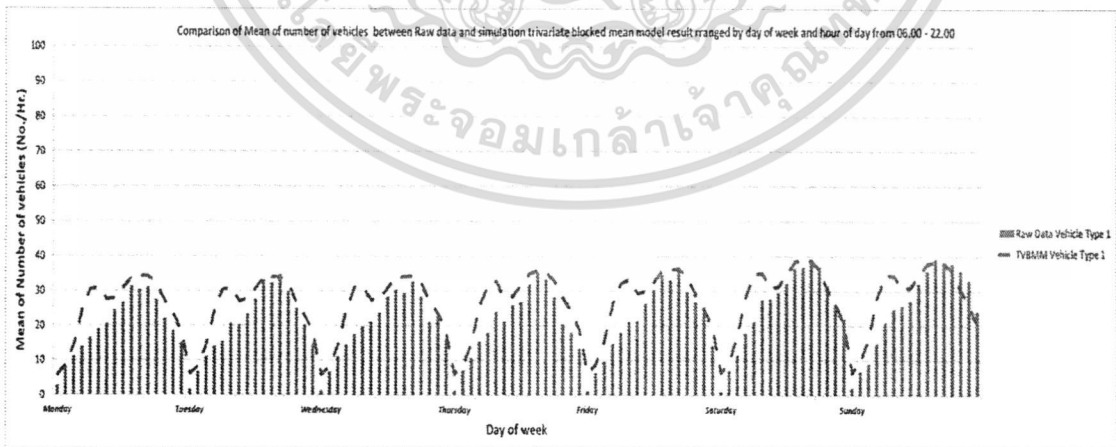
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	13:00-14:00	28.78	50.26	27.01	13.68	1.82	2.16	12.67
	14:00-15:00	32.12	56.09	30.15	15.26	2.04	2.41	14.14
	15:00-16:00	35.23	61.53	33.07	16.74	2.23	2.65	15.51
	16:00-17:00	35.43	61.87	33.25	16.84	2.25	2.66	15.60
	17:00-18:00	35.36	61.75	33.19	16.80	2.24	2.66	15.57
	18:00-19:00	32.97	57.58	30.95	15.67	2.09	2.48	14.52
	19:00-20:00	27.90	48.72	26.18	13.26	1.77	2.10	12.28
	20:00-21:00	24.13	42.13	22.65	11.47	1.53	1.81	10.62
	21:00-22:00	18.42	32.17	17.29	8.75	1.17	1.38	8.11
Friday	6:00-7:00	5.38	9.39	5.05	2.55	0.34	0.40	2.37
	7:00-8:00	9.61	16.78	9.02	4.57	0.61	0.72	4.23
	8:00-9:00	16.25	28.37	15.25	7.72	1.03	1.22	7.15
	9:00-10:00	26.99	47.13	25.33	12.83	1.71	2.03	11.88
	10:00-11:00	32.81	57.30	30.80	15.59	2.08	2.46	14.44
	11:00-12:00	33.09	57.78	31.06	15.72	2.10	2.49	14.57
	12:00-13:00	29.03	50.71	27.25	13.80	1.84	2.18	12.78
	13:00-14:00	29.58	51.66	27.77	14.06	1.88	2.22	13.02
	14:00-15:00	33.02	57.66	30.99	15.69	2.09	2.48	14.53
	15:00-16:00	36.22	63.25	34.00	17.21	2.30	2.72	15.94
	16:00-17:00	36.42	63.60	34.18	17.31	2.31	2.74	16.03
	17:00-18:00	36.35	63.47	34.12	17.27	2.30	2.73	16.00
	18:00-19:00	33.89	59.19	31.81	16.11	2.15	2.55	14.92
	19:00-20:00	28.67	50.08	26.91	13.63	1.82	2.15	12.62
20:00-21:00	24.80	43.31	23.28	11.79	1.57	1.86	10.92	
21:00-22:00	18.93	33.06	17.77	9.00	1.20	1.42	8.33	
Saturday	6:00-7:00	5.73	10.01	5.38	2.72	0.36	0.43	2.52
	7:00-8:00	10.24	17.89	9.61	4.87	0.65	0.77	4.51
	8:00-9:00	17.32	30.24	16.26	8.23	1.10	1.30	7.62
	9:00-10:00	28.77	50.24	27.00	13.67	1.82	2.16	12.66
	10:00-11:00	34.97	61.08	32.83	16.62	2.22	2.63	15.40
	11:00-12:00	35.27	61.59	33.10	16.76	2.24	2.65	15.53
	12:00-13:00	30.95	54.05	29.05	14.71	1.96	2.32	13.62
	13:00-14:00	31.53	55.07	29.60	14.99	2.00	2.37	13.88
	14:00-15:00	35.19	61.46	33.03	16.72	2.23	2.64	15.49
	15:00-16:00	38.61	67.42	36.24	18.35	2.45	2.90	17.00
	16:00-17:00	38.82	67.79	36.44	18.45	2.46	2.92	17.09
	17:00-18:00	38.74	67.66	36.36	18.41	2.46	2.91	17.06
	18:00-19:00	36.13	63.09	33.91	17.17	2.29	2.71	15.90
19:00-20:00	30.56	53.38	28.69	14.53	1.94	2.30	13.46	
20:00-21:00	26.43	46.17	24.81	12.56	1.68	1.99	11.64	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

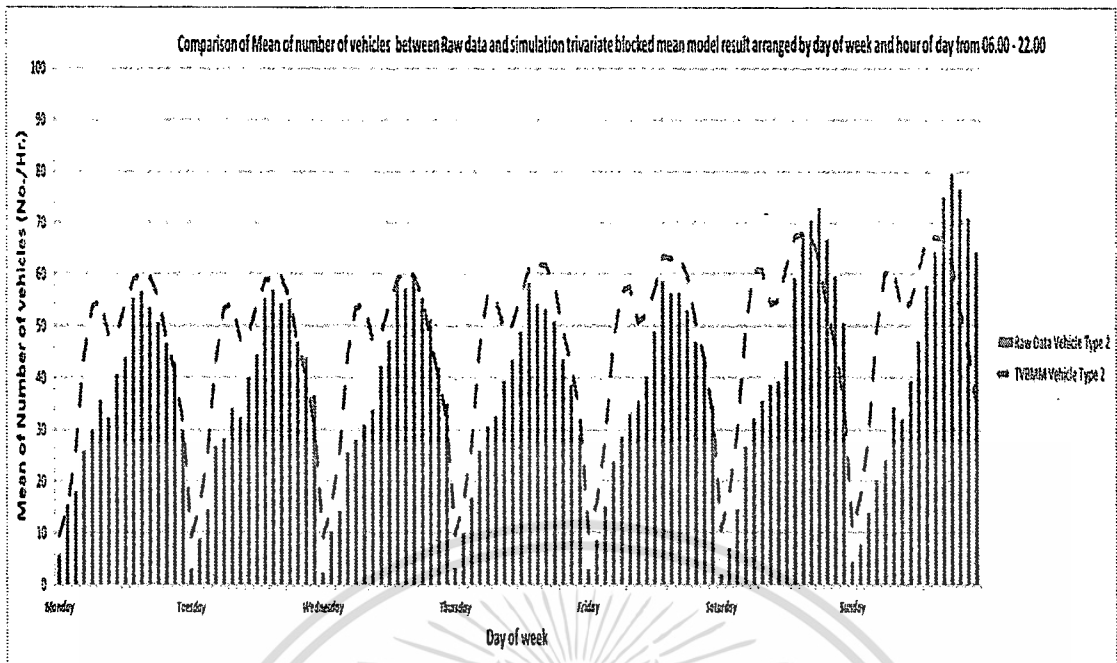
	21:00-22:00	20.18	35.24	18.94	9.59	1.28	1.52	8.88
Sunday	6:00-7:00	5.67	9.90	5.32	2.69	0.36	0.43	2.49
	7:00-8:00	10.13	17.69	9.51	4.81	0.64	0.76	4.46
	8:00-9:00	17.12	29.90	16.07	8.14	1.09	1.29	7.54
	9:00-10:00	28.44	49.67	26.70	13.52	1.80	2.14	12.52
	10:00-11:00	34.58	60.39	32.46	16.43	2.19	2.60	15.22
	11:00-12:00	34.87	60.90	32.73	16.57	2.21	2.62	15.35
	12:00-13:00	30.60	53.44	28.72	14.54	1.94	2.30	13.47
	13:00-14:00	31.18	54.45	29.27	14.82	1.98	2.34	13.73
	14:00-15:00	34.80	60.77	32.66	16.54	2.21	2.61	15.32
	15:00-16:00	38.17	66.66	35.83	18.14	2.42	2.87	16.80
	16:00-17:00	38.38	67.03	36.03	18.24	2.43	2.88	16.90
	17:00-18:00	38.31	66.90	35.96	18.20	2.43	2.88	16.86
	18:00-19:00	35.72	62.38	33.53	16.98	2.27	2.68	15.73
	19:00-20:00	30.22	52.78	28.37	14.36	1.92	2.27	13.30
20:00-21:00	26.14	45.65	24.53	12.42	1.66	1.96	11.51	
21:00-22:00	19.95	34.85	18.73	9.48	1.27	1.50	8.78	

จากตารางที่ 4.28 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถแปรผันสาม ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทรถ จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง ในแต่ละชั่วโมงของวันจะมีค่าแตกต่างกัน แตกต่างกันตามวันในสัปดาห์ และแตกต่างกันตามประเภทรถ ดังแสดงในรูปที่ 4.13 ถึง 4.19 พบว่าค่าเฉลี่ยจำนวนรถที่ได้จากการจำลองระบบมีค่าไม่ดีกว่าแบบจำลองก่อนหน้า โดยมีอัตราเฉลี่ยการมาถึงที่มากที่สุดคือ ในวันเสาร์ ช่วงเวลา 16.00 – 17.00 น. จากรถประเภทที่ 2

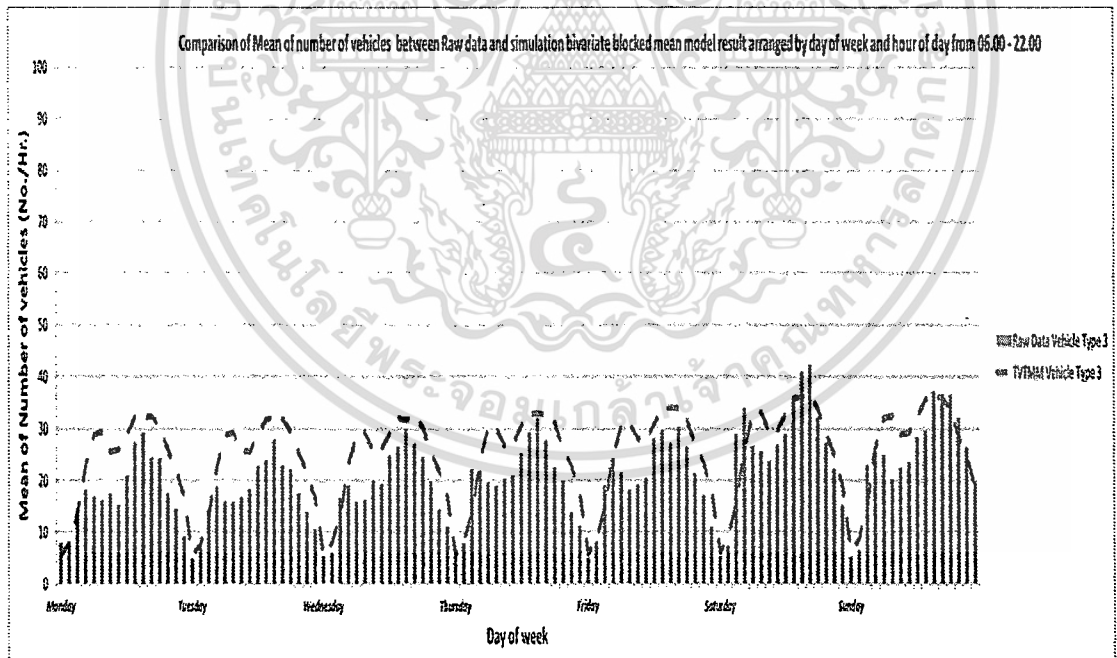


รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทที่ 1 จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง (TVBMM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

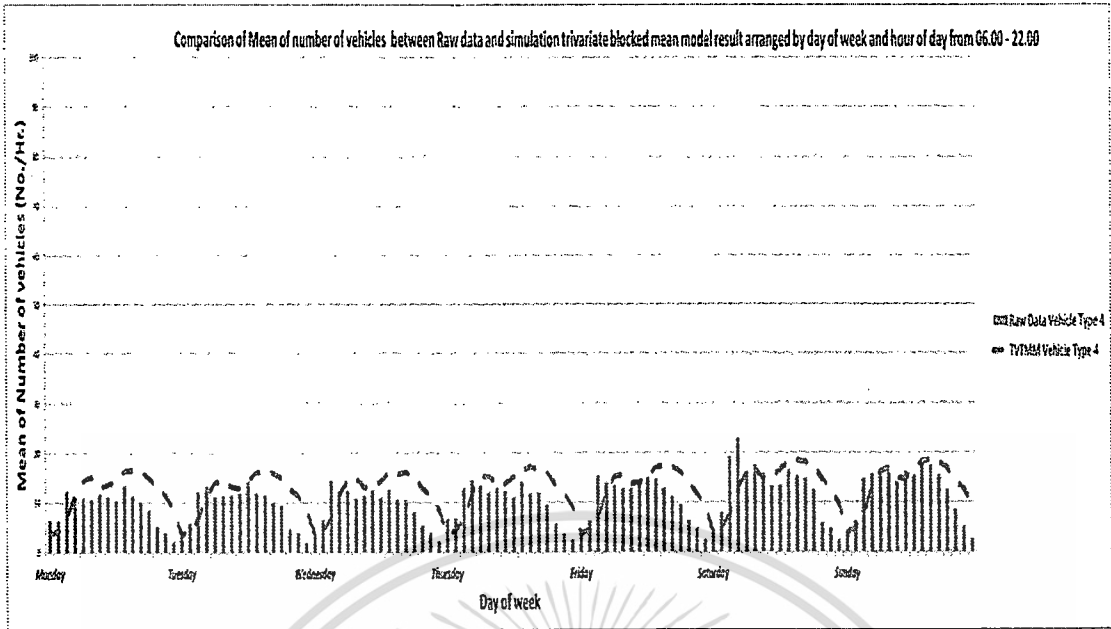


รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทรถที่ 2 จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง (TVBMM)

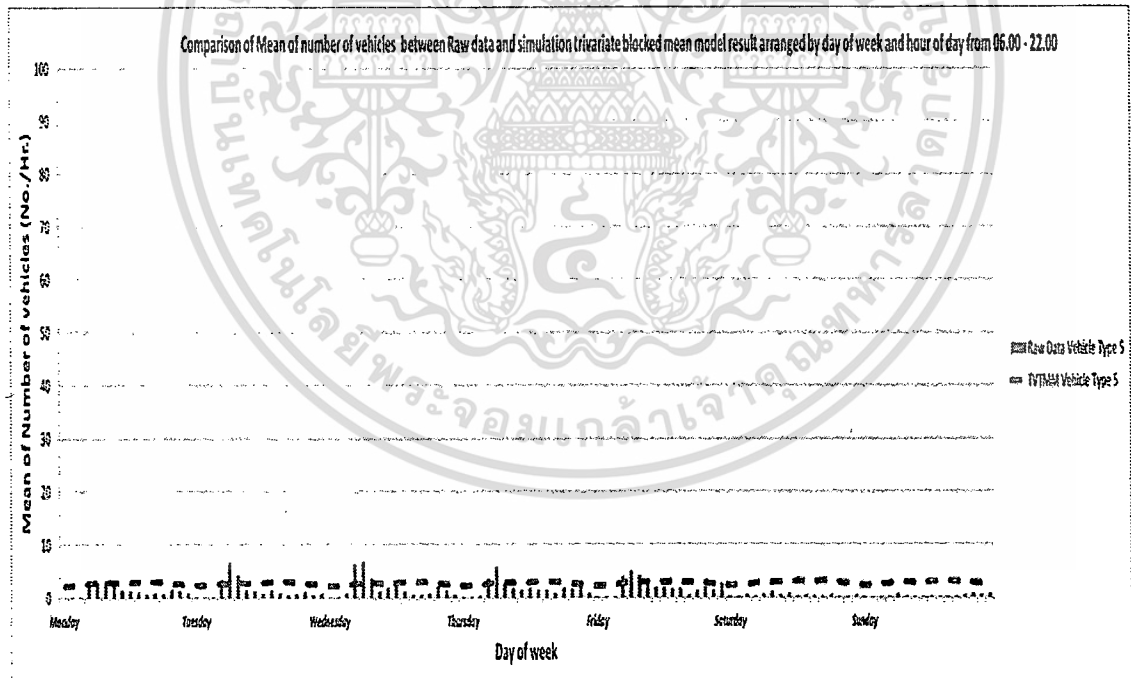


รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทรถที่ 3 จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง (TVBMM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

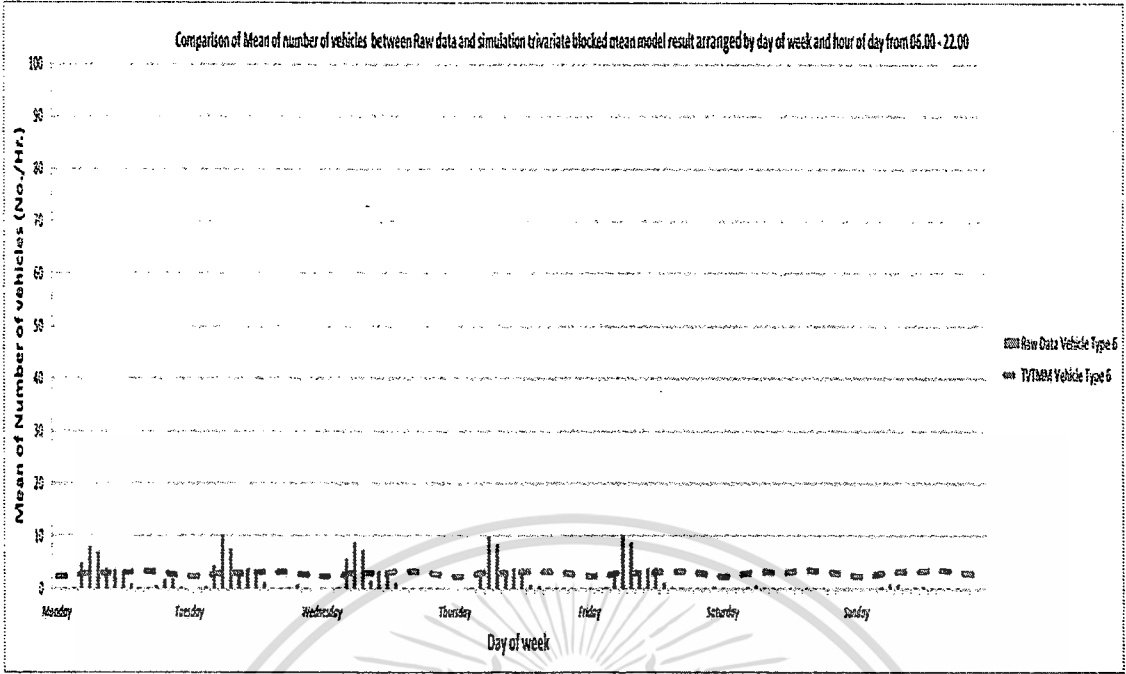


รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทรถที่ 4 จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง (TVBMM)

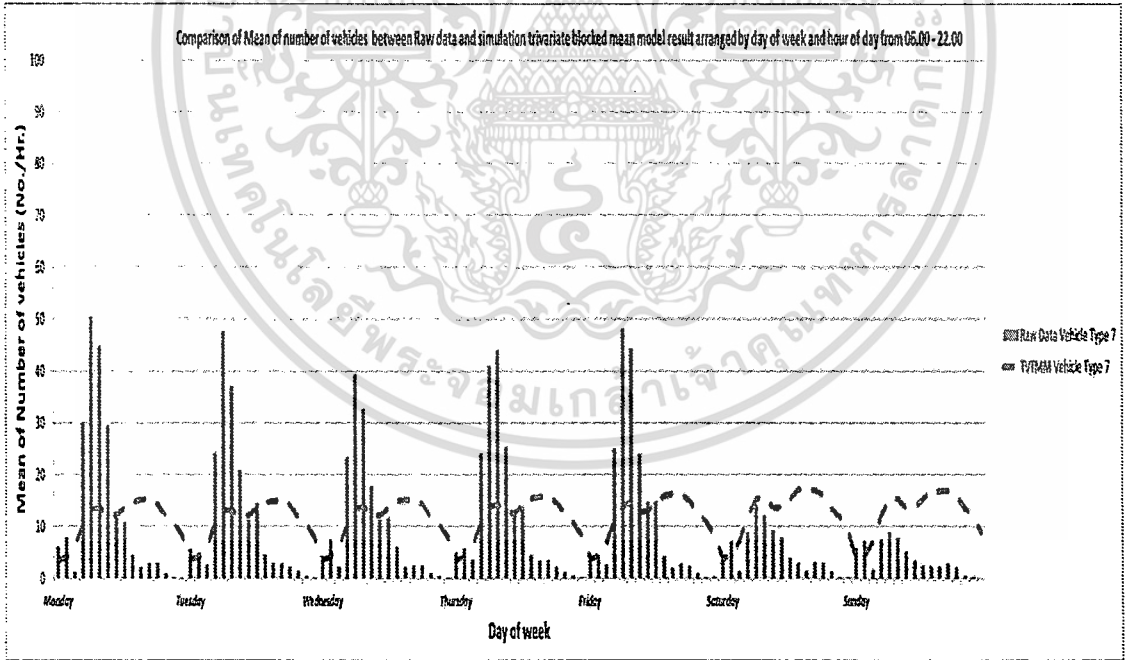


รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทรถที่ 5 จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง (TVBMM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทรถที่ 6 จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง (TVBMM)



รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากการจำลองระบบแบบจำลองอัตราเฉลี่ยแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ในประเภทรถที่ 7 จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง (TVBMM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.29 ค่าตัววัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง TVBMM พบว่าไม่ดีกว่าแบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแปรผันสาม ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง

Model	TD	ABSD	SSE	MSE	STDE
TVBMM	36,111	75,601	1,088,307	694	26.34

จากวัตถุประสงค์การจำลองที่ 4.1.1.1 คือการค้นหาแบบจำลองที่ให้จำนวนรอดเหมาะสมที่สุดในแบบจำลองที่แตกต่างกันจากอัตราเฉลี่ยการมาถึงที่คำนวณได้จากข้อมูลทางสถิติที่รวบรวมจากจำนวนช่องทาง 1 ช่องทาง โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าตัววัดประสิทธิภาพของแบบจำลองแต่ละแบบจำลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.30

ตารางที่ 4.30 เปรียบเทียบค่าตัววัดประสิทธิภาพของแบบจำลองแต่ละแบบจำลอง จากแบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงทั้ง 7 แบบจำลอง

Model	TD	ABSD	SSE	MSE	STDE
NVM	112.34	55,519	2,947,734	1,879	43.35
UVHM	-90.8	28,802	897,731	573	23.92
UVDM	-158.96	55,011	2,939,928	1,874	43.29
BVTMM	-74.96	22,757	609,175	388	19.71
BVBMM	10,069	29,344	919,779	586	24.21
TVTMM	5,753	42,623	378,500	241	15.51
TVBMM	36,111	75,601	1,088,307	694	26.34

จากตารางที่ 4.30 พบว่าแบบจำลองที่มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด คือแบบจำลองแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทจกค่าเฉลี่ยแท้ (TVTMM) ซึ่งมีผลรวมส่วนต่างทั้งหมดอยู่ที่ 5,753 ผลรวมส่วนต่างสัมบูรณ์อยู่ที่ 42,623 ผลรวมค่าความผิดพลาดกำลังสองคือ 378,500 ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดเท่ากับ 241 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานความผิดพลาดอยู่ที่ 15.51 โดยแบบจำลองที่มีค่าความผิดพลาดน้อยเป็นอันดับถัดมา คือแบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแปรผันสองตัวแปรตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จากค่าเฉลี่ยแท้ (BVTMM) ถัดมาคือแบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแปรผันเดียวตามชั่วโมง (UVHM) แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแปรผันสองตัวแปรตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จากค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง (BVBMM) และแบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแปรผันสาม ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทจกค่าเฉลี่ยตัดแบ่ง (TVBMM) มีค่าความผิดพลาดสูง ดังนั้นแบบจำลองที่เลือกใช้ คือ แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทจกค่าเฉลี่ยแท้ (TVTMM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการคาดการณ์ของผู้บริหารคาดว่าจะมีจำนวนรถเพิ่มขึ้น 30% ในรถทุกประเภท ในบท
ถัดไปจะเป็นการจำลองระบบจำนวน 2 ช่องทาง จะมีการเพิ่มอัตราเฉลี่ยการมาถึงแปรผันสาม ตาม
ชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทรถจากค่าเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น 30% โดยปัจจัยอื่นที่ใช้ในการ
จำลองระบบจะคงเดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การจำลองระบบเพื่อสร้างข้อเสนอแนะเพิ่มช่องทางที่ 2

จากบทที่ 4 ได้ทำการเลือกแบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงที่มีความเหมาะสมที่สุดจากแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นทั้ง 7 แบบจำลองคือ แบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันสาม ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภท จากค่าเฉลี่ยแท้ (TVTMM) จากการคาดการณ์ของผู้บริหารว่าจะมีจำนวนรถเพิ่มขึ้น 30% ในทุก ๆ ประเภท ส่งผลให้อัตราเฉลี่ยการมาถึงเพิ่มขึ้น 30% โดยปัจจัยอื่นๆ ในการจำลองระบบคงเดิม ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของระบบที่ใช้ในการจำลองระบบ 2 ช่องทาง ได้แก่ จำนวนแถวคอย จำนวนแถวคอยที่คิวยาวกว่า 10 วินาที เวลาคอยโดยรวม เวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอย จำนวนแถวคอยที่ติดต่อนี้เนื่องกันมากที่สุด ระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากแถวคอยที่ติดต่อนี้เนื่องกันมากที่สุด อัตราการใช้สอยระบบ ในการจำลองระบบจะมีนโยบายการเข้าใช้บริการที่แตกต่างกัน 4 นโยบาย ได้แก่ นโยบายการเข้าใช้บริการแบบสุ่ม (RLS) นโยบายการเข้าใช้บริการแบบสลับ (SLS) นโยบายการเข้าใช้บริการแบบแถวคอยสั้นที่สุด (SQLS) และนโยบายการเข้าใช้บริการแบบใกล้ช่องเก็บเงินมากที่สุด (SDLS) ส่วนสุดท้ายเป็นส่วนสรุปข้อเสนอแนะการเพิ่มช่องทางที่ 2

5.1 จำนวนรถ อัตราการใช้สอยระบบและรายได้ที่ได้รับ จากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง

การจำลองระบบ 2 ช่องทางด้วยแบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแบบแปรผันสาม ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภท โดยทั้ง 4 นโยบาย จะมีจำนวนรถในแต่ละชั่วโมงแต่ละวันในสัปดาห์แยกตามประเภทเท่ากันทุก ๆ นโยบายการเข้าใช้บริการเนื่องจากการจำลองระบบมีการใช้ค่าตั้งต้นเลขสุ่มชุดเดียวกัน คือตั้งแต่ 555 ถึง 605 ในรอบสุดท้ายของการจำลองระบบ

5.1.1 จำนวนรถ จากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง

สมการที่ 5.1 การคำนวณหาอัตราเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 30% โดยนำอัตราเฉลี่ยการมาถึงจากแบบจำลองแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทจากค่าเฉลี่ยแท้ที่เหมาะสมที่สุด ($Old(\lambda_{dhk})$) มาทำการหาส่วนที่เพิ่มขึ้น 30% และรวมเข้ากับอัตราเฉลี่ยเดิม ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.1

$$New(\lambda_{dhk}) = Old(\lambda_{dhk}) + \left(Old(\lambda_{dhk}) * \frac{30}{100} \right) \quad (5.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 อัตราเฉลี่ยการมาถึงแปรมันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทรถ จากค่าเฉลี่ยแท้ (TVTMM) ที่เพิ่มขึ้น 30%

Day_of_Week	Hour_of_Day	Type1	Type2	Type3	Type4	Type5	Type6	Type7
Monday	06-07	3.72	7.53	10.22	8.54	0.00	0.00	7.89
	07-08	10.96	20.24	10.87	8.45	0.09	0.09	10.31
	08-09	14.57	23.49	18.67	15.98	0.38	0.38	1.68
	09-10	18.20	33.53	23.78	14.48	4.08	6.59	39.00
	10-11	21.54	39.00	22.19	14.39	3.81	10.49	65.74
	11-12	24.88	46.53	21.07	13.92	4.46	9.28	58.41
	12-13	26.74	42.07	22.84	15.22	2.87	5.20	38.44
	13-14	31.94	52.74	19.88	14.57	2.04	4.93	15.33
	14-15	34.63	57.11	27.30	13.74	1.86	4.28	14.12
	15-16	40.86	72.06	35.66	17.55	1.48	1.30	6.03
	16-17	39.74	73.63	37.88	14.86	1.12	0.56	2.87
	17-18	40.57	69.64	31.85	13.18	1.39	0.18	3.81
	18-19	35.75	66.03	31.58	11.05	1.30	0.92	3.99
	19-20	28.69	60.63	22.93	6.97	2.22	2.22	1.21
20-21	24.32	55.81	19.03	5.20	2.04	2.60	0.56	
21-22	19.77	38.91	11.88	2.69	1.30	0.56	0.18	
Tuesday	06-07	2.33	3.90	6.41	5.58	0.09	0.00	7.33
	07-08	8.83	11.52	9.10	7.62	0.09	0.00	6.41
	08-09	14.57	19.03	18.85	15.87	0.18	0.65	3.43
	09-10	18.47	34.83	24.52	17.37	4.55	5.85	31.67
	10-11	20.24	36.67	20.98	14.57	8.83	13.38	61.93
	11-12	27.12	44.38	20.62	14.95	5.67	10.02	48.37
	12-13	26.47	41.98	21.92	15.04	2.04	3.81	27.30
	13-14	30.55	52.27	23.96	15.42	1.86	5.02	14.48
	14-15	35.93	57.85	29.63	18.47	1.30	4.64	18.85
	15-16	43.08	71.97	31.02	15.51	2.04	1.68	6.03
	16-17	42.25	74.10	36.22	15.13	1.21	0.56	3.81
	17-18	45.32	70.67	29.81	13.00	0.83	0.27	3.81
	18-19	39.09	71.77	28.87	12.26	1.21	0.47	2.98
	19-20	32.59	61.01	22.93	6.12	1.57	1.03	2.04
20-21	26.56	57.29	18.29	5.20	0.92	0.38	0.83	
21-22	19.41	47.63	13.92	2.60	1.30	0.00	0.27	
Wednesday	06-07	1.86	3.07	6.97	5.11	0.09	0.00	5.76
	07-08	8.83	13.38	7.89	8.54	0.18	0.00	9.75
	08-09	14.39	18.58	21.63	18.76	1.30	0.38	2.98
	09-10	19.03	33.24	24.88	16.07	8.36	7.53	30.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	10-11	22.93	36.49	20.62	16.25	8.92	11.52	51.08
	11-12	25.73	40.39	21.27	14.21	4.93	9.66	42.52
	12-13	27.68	44.11	26.27	14.95	1.77	1.95	23.13
	13-14	31.20	55.07	25.26	16.25	2.60	4.37	14.68
	14-15	37.05	61.48	32.41	14.39	2.69	4.17	15.13
	15-16	39.56	77.35	34.63	16.43	1.77	1.57	7.98
	16-17	38.35	74.37	39.09	13.92	0.83	0.27	2.98
	17-18	42.63	76.52	35.19	13.74	0.83	0.18	3.34
	18-19	37.05	72.15	31.94	10.49	1.03	0.38	3.34
	19-20	27.57	66.48	25.82	7.06	2.87	0.27	1.39
	20-21	30.37	54.69	18.85	5.11	1.95	0.27	0.74
	21-22	21.27	45.68	14.48	3.07	0.92	0.00	0.27
Thursday	06-07	1.77	4.37	8.27	8.63	0.27	0.00	6.68
	07-08	9.48	12.82	10.31	8.92	0.09	0.00	7.71
	08-09	14.03	22.01	28.98	16.90	0.65	0.47	4.82
	09-10	20.24	33.89	28.60	19.03	4.82	4.93	31.47
	10-11	23.31	39.92	25.62	17.46	7.71	13.00	53.39
	11-12	31.38	42.43	24.70	15.60	3.43	11.14	57.29
	12-13	27.68	51.35	26.56	16.90	2.42	3.43	32.97
	13-14	33.89	56.55	27.48	15.78	1.95	5.20	17.08
	14-15	35.10	63.70	33.06	14.39	2.42	5.29	18.20
	15-16	41.60	76.05	38.08	18.38	2.13	1.12	5.94
	16-17	46.06	70.58	41.69	15.33	2.04	0.74	4.55
	17-18	43.64	69.28	36.22	15.51	1.30	0.47	4.82
	18-19	36.78	66.12	29.43	12.35	2.42	0.18	3.07
	19-20	26.83	56.64	26.00	7.53	2.22	0.38	1.48
	20-21	23.58	50.32	18.11	4.73	2.51	0.18	0.83
	21-22	17.37	38.17	14.57	3.16	1.30	0.09	0.38
Friday	06-07	1.48	3.81	6.41	4.46	0.38	0.18	6.32
	07-08	8.27	11.32	10.58	8.07	0.18	0.00	5.85
	08-09	12.62	19.77	24.88	19.97	0.38	0.47	3.52
	09-10	19.32	31.02	31.47	18.02	5.29	4.08	32.50
	10-11	23.49	37.43	28.04	17.55	6.59	13.38	62.78
	11-12	27.77	43.08	23.87	16.52	5.47	11.43	57.85
	12-13	28.04	46.24	25.08	16.72	3.07	4.46	31.29
	13-14	34.45	52.47	26.65	18.11	2.60	5.02	19.12
	14-15	39.47	63.61	36.58	19.59	2.42	5.29	19.41
	15-16	45.23	76.14	38.53	19.32	2.33	1.48	5.38
	16-17	43.08	73.18	35.37	16.72	2.22	0.47	2.78
	17-18	46.98	73.27	39.27	14.68	0.65	0.09	3.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	18-19	38.82	69.08	34.45	12.44	1.86	0.18	3.16
	19-20	35.01	61.19	27.86	8.27	2.60	0.38	1.39
	20-21	32.97	57.02	22.28	6.32	2.04	0.27	0.47
	21-22	18.67	44.94	14.30	3.25	3.52	0.47	0.65
Saturday	06-07	1.39	2.42	6.77	4.46	0.56	0.18	6.23
	07-08	9.28	9.19	9.57	10.49	0.27	0.00	9.28
	08-09	14.95	18.94	37.61	24.97	0.74	0.18	1.77
	09-10	23.40	34.72	44.20	29.72	0.56	0.47	11.61
	10-11	27.68	42.07	34.63	21.07	1.03	0.92	18.47
	11-12	35.75	46.42	33.24	22.75	1.48	0.27	15.69
	12-13	36.13	50.23	30.93	20.62	0.74	0.38	11.88
	13-14	38.44	51.17	35.01	17.28	1.30	0.09	10.40
	14-15	42.07	56.37	37.52	17.55	0.56	0.09	5.11
	15-16	47.54	77.08	47.18	21.54	0.65	0.00	3.99
	16-17	48.01	88.13	53.12	19.97	0.65	0.09	1.95
	17-18	50.05	91.74	55.16	19.32	0.56	0.18	4.08
	18-19	48.19	94.81	41.69	16.25	0.83	0.18	3.99
	19-20	41.13	86.83	35.57	7.71	0.38	0.00	1.77
20-21	34.27	77.53	28.98	6.23	0.27	0.00	0.56	
21-22	28.60	65.83	19.97	3.16	0.65	0.00	0.27	
Sunday	06-07	2.78	5.76	6.77	5.76	0.27	0.00	7.71
	07-08	9.01	10.31	8.45	8.27	0.09	0.00	9.48
	08-09	11.70	18.11	29.90	19.23	0.09	0.00	2.22
	09-10	19.50	26.56	33.15	20.42	0.47	0.47	9.75
	10-11	27.48	31.38	32.41	20.24	1.03	1.30	11.52
	11-12	32.32	44.67	26.38	20.98	0.47	1.12	10.31
	12-13	33.62	41.69	29.25	18.20	0.27	0.18	6.59
	13-14	35.37	51.26	30.73	21.18	0.18	0.47	4.46
	14-15	41.98	61.28	36.96	20.06	0.56	0.65	3.43
	15-16	46.62	75.49	38.62	23.49	0.38	0.09	3.25
	16-17	51.17	83.85	48.28	22.57	0.38	0.27	3.25
	17-18	49.96	97.68	47.72	20.15	0.47	0.27	3.81
	18-19	49.31	103.62	47.63	16.34	0.83	0.09	3.07
	19-20	46.71	99.72	41.78	11.05	1.12	0.00	0.74
20-21	43.08	92.39	34.54	6.68	0.92	0.00	0.56	
21-22	31.38	83.76	25.82	3.25	1.12	0.00	0.00	

หาค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองระบบแบบแปรผันสาม ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จากค่าเฉลี่ยแท้ที่เพิ่มขึ้น 30% จากการจำลองระบบจำนวน 2 ช่องทาง เป็นจำนวน 700 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอบ คังสมการที่ 4.3 ทำครบทั้ง 7 ประเภท จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนรถ คังสมการที่ 4.4 ทำครบทั้ง 7 ประเภท ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถจากแบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมงตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทรถจากค่าเฉลี่ยแท้ที่เพิ่มขึ้น 30%

Day_of_week	Hour_of_day	Type_1	Type_2	Type_3	Type_4	Type_5	Type_6	Type_7
Monday	06.00-07.00	4.98	8.43	10.89	7.80	3.10	3.78	8.05
	07.00-08.00	9.55	18.41	10.70	8.55	3.16	3.59	10.12
	08.00-09.00	14.28	23.25	18.01	15.12	3.25	4.00	3.85
	09.00-10.00	18.17	32.96	23.45	14.29	4.02	5.92	28.92
	10.00-11.00	21.33	39.31	22.36	14.70	4.26	10.09	65.01
	11.00-12.00	24.57	46.04	21.08	13.96	4.55	9.41	58.83
	12.00-13.00	26.51	42.55	22.97	15.19	3.60	5.71	38.95
	13.00-14.00	31.55	52.68	19.89	14.44	3.03	5.23	15.72
	14.00-15.00	34.62	57.58	27.02	13.50	2.81	4.65	14.43
	15.00-16.00	40.56	71.94	35.14	17.10	2.56	2.74	6.60
	16.00-17.00	39.98	73.76	38.13	15.13	2.54	2.44	3.70
	17.00-18.00	40.31	69.65	32.15	13.17	2.64	2.49	4.23
	18.00-19.00	35.72	66.04	31.61	11.38	2.78	2.53	4.29
	19.00-20.00	28.96	60.28	23.38	7.40	2.94	2.91	2.94
20.00-21.00	24.55	55.41	19.43	5.54	2.91	3.23	3.18	
21.00-22.00	20.13	39.46	12.48	3.67	2.84	2.66	4.79	
Tuesday	06.00-07.00	3.94	5.10	6.90	5.24	3.20	3.22	6.69
	07.00-08.00	7.79	9.90	8.77	7.39	3.54	3.29	6.54
	08.00-09.00	13.97	18.36	17.61	15.14	3.93	3.44	4.34
	09.00-10.00	18.33	33.79	24.06	17.53	4.65	5.28	25.99
	10.00-11.00	19.94	36.51	21.13	14.62	7.97	12.48	61.13
	11.00-12.00	26.78	44.26	20.66	15.04	6.21	10.32	48.88
	12.00-13.00	26.31	42.46	21.90	15.03	3.22	4.76	27.82
	13.00-14.00	30.34	51.83	23.84	15.53	2.85	5.05	15.17
	14.00-15.00	35.44	57.65	29.31	18.38	2.59	4.88	18.22
	15.00-16.00	42.90	71.83	31.15	15.73	2.83	2.88	6.76
	16.00-17.00	42.07	73.40	35.85	15.24	2.57	2.34	4.34
	17.00-18.00	45.02	70.70	30.06	13.07	2.37	2.30	4.09
	18.00-19.00	38.91	71.71	29.07	12.24	2.46	2.40	3.59
	19.00-20.00	32.72	61.01	23.09	6.68	2.63	2.62	3.04
20.00-21.00	26.95	57.18	18.66	5.68	2.49	3.11	2.76	
21.00-22.00	19.66	48.05	13.87	3.60	2.62	4.17	3.82	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

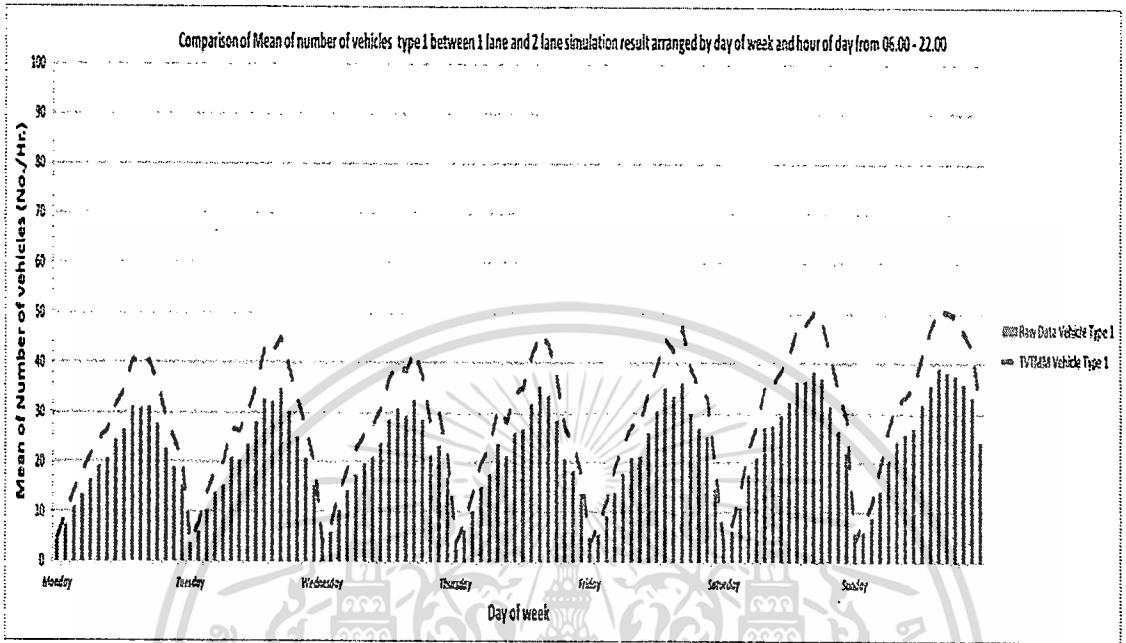
Wednesday	06.00-07.00	3.94	4.66	7.46	4.95	2.76	4.21	5.44
	07.00-08.00	7.25	11.23	7.73	8.01	2.88	4.07	9.20
	08.00-09.00	13.85	18.22	19.84	17.09	3.17	4.17	4.29
	09.00-10.00	18.68	32.51	24.45	16.31	7.06	6.82	24.38
	10.00-11.00	22.75	36.56	20.58	16.03	8.95	11.10	50.51
	11.00-12.00	25.65	40.70	21.26	14.48	5.43	9.97	43.00
	12.00-13.00	27.65	43.73	26.16	14.78	3.14	3.55	23.04
	13.00-14.00	30.88	54.39	25.41	16.07	3.18	4.37	15.14
	14.00-15.00	37.06	60.87	32.06	14.50	3.21	4.55	15.03
	15.00-16.00	39.53	77.15	34.69	16.17	2.81	2.84	8.35
	16.00-17.00	38.44	74.18	39.25	13.74	2.49	2.41	3.95
	17.00-18.00	42.33	76.23	35.47	13.68	2.50	2.38	3.79
	18.00-19.00	37.26	71.88	31.74	10.78	2.73	2.45	3.69
	19.00-20.00	27.70	65.51	26.54	7.42	3.31	2.62	2.85
20.00-21.00	30.10	54.20	19.08	5.38	2.83	2.92	3.04	
21.00-22.00	21.22	45.86	14.52	3.94	2.58	3.40	4.20	
Thursday	06.00-07.00	3.80	5.50	8.64	7.53	2.67	3.25	6.00
	07.00-08.00	7.92	11.53	10.31	8.95	2.89	3.48	7.56
	08.00-09.00	13.47	21.55	27.21	16.24	3.15	3.46	5.24
	09.00-10.00	19.86	33.16	28.65	19.04	4.69	4.68	26.01
	10.00-11.00	23.15	39.69	25.78	17.69	7.26	11.50	52.52
	11.00-12.00	30.92	42.37	24.68	15.57	4.35	11.26	57.03
	12.00-13.00	28.07	50.81	26.90	16.59	3.26	4.54	33.25
	13.00-14.00	33.86	56.13	27.25	16.05	3.00	5.09	17.53
	14.00-15.00	34.99	63.24	32.20	14.32	3.13	5.35	18.34
	15.00-16.00	41.43	75.48	37.69	18.28	2.98	2.73	6.64
	16.00-17.00	45.96	71.35	41.45	15.30	2.93	2.29	4.92
	17.00-18.00	43.88	69.55	36.38	15.45	2.68	2.27	5.01
	18.00-19.00	36.97	65.78	29.68	12.24	3.11	2.34	3.78
	19.00-20.00	27.07	56.90	26.10	7.91	3.08	2.52	2.80
20.00-21.00	23.90	49.98	18.41	5.14	3.22	2.67	2.86	
21.00-22.00	17.55	38.47	14.94	3.86	2.65	2.74	3.80	
Friday	06.00-07.00	3.76	4.95	6.98	4.56	2.76	2.97	5.70
	07.00-08.00	7.21	9.97	9.91	7.42	3.13	3.07	6.09
	08.00-09.00	12.25	18.94	23.73	18.66	3.65	3.22	4.26
	09.00-10.00	18.85	30.43	31.30	18.13	5.12	4.15	26.36
	10.00-11.00	23.58	37.32	28.34	17.47	6.42	11.69	62.03
	11.00-12.00	27.42	43.24	23.99	16.72	5.62	11.80	57.72
	12.00-13.00	27.94	46.22	24.98	16.65	3.81	5.21	32.35
	13.00-14.00	34.47	52.48	26.50	18.01	3.33	5.01	19.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

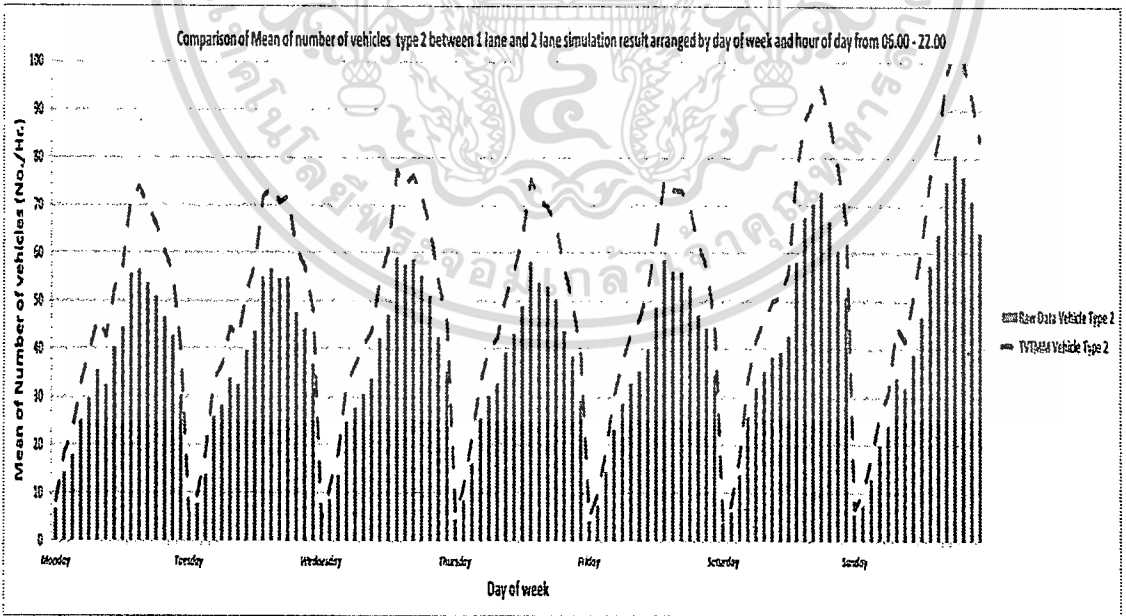
	14.00-15.00	39.49	62.87	35.99	19.55	3.20	5.41	19.37
	15.00-16.00	44.87	75.33	38.50	19.26	3.12	2.75	6.24
	16.00-17.00	42.43	73.17	35.54	17.06	2.96	2.15	3.77
	17.00-18.00	47.17	73.05	39.26	14.79	2.55	2.13	3.91
	18.00-19.00	38.85	69.23	34.64	12.62	2.76	2.12	3.68
	19.00-20.00	35.15	61.76	28.15	8.72	3.15	2.16	2.73
	20.00-21.00	32.93	57.21	22.16	6.55	3.08	2.21	2.71
	21.00-22.00	19.03	44.91	14.54	4.10	3.65	2.17	3.36
Saturday	06.00-07.00	3.74	4.12	7.36	4.65	2.45	2.12	5.60
	07.00-08.00	7.62	7.83	9.32	9.52	2.24	2.17	8.84
	08.00-09.00	14.35	17.73	34.46	23.65	2.36	2.24	3.71
	09.00-10.00	22.82	33.81	44.03	29.36	2.34	2.29	9.49
	10.00-11.00	27.27	41.72	34.92	21.24	2.46	2.31	17.77
	11.00-12.00	35.32	46.19	33.22	22.40	2.61	2.16	15.82
	12.00-13.00	35.68	49.76	30.93	20.78	2.44	2.14	12.15
	13.00-14.00	38.52	51.03	34.81	17.57	2.44	2.19	10.57
	14.00-15.00	41.89	56.21	37.15	17.66	2.21	2.26	5.66
	15.00-16.00	47.29	77.27	46.33	21.30	2.25	2.21	4.44
	16.00-17.00	47.95	88.09	52.94	19.84	2.29	2.28	3.13
	17.00-18.00	50.17	91.85	54.75	19.24	2.27	2.31	4.14
	18.00-19.00	48.46	94.92	41.54	16.46	2.27	2.27	4.29
	19.00-20.00	41.50	87.43	35.75	8.35	2.16	2.37	2.98
20.00-21.00	34.50	77.85	29.23	6.36	2.09	2.35	3.24	
21.00-22.00	28.81	66.34	20.22	4.02	2.18	2.31	4.36	
Sunday	06.00-07.00	4.20	6.83	7.44	5.60	2.25	2.32	6.94
	07.00-08.00	7.76	9.76	8.05	7.83	2.20	2.29	9.29
	08.00-09.00	11.50	17.32	27.32	18.03	2.26	2.31	3.81
	09.00-10.00	18.98	26.00	33.04	20.42	2.28	2.31	8.15
	10.00-11.00	27.18	31.06	32.37	20.28	2.34	2.47	11.25
	11.00-12.00	31.83	44.64	26.37	21.10	2.14	2.37	10.50
	12.00-13.00	33.31	41.59	28.89	18.51	2.15	2.26	6.89
	13.00-14.00	35.11	50.64	30.62	21.10	2.19	2.31	5.04
	14.00-15.00	41.77	61.50	36.70	20.05	2.18	2.33	3.98
	15.00-16.00	46.82	75.74	38.52	23.35	2.13	2.45	3.83
	16.00-17.00	50.96	83.72	47.74	22.73	2.22	2.60	3.68
	17.00-18.00	50.28	97.33	47.93	20.57	2.33	2.79	4.06
	18.00-19.00	49.67	102.91	47.62	16.68	2.40	3.14	3.66
	19.00-20.00	46.37	100.29	41.74	11.41	2.42	3.37	2.89
20.00-21.00	43.16	92.35	34.75	7.04	2.48	3.46	3.63	
21.00-22.00	31.33	83.76	25.80	4.17	2.36	3.41	6.25	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 5.2 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนรถแปรผันสาม ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทรถ จากค่าเฉลี่ยแท้ที่เพิ่มขึ้น 30 % ในแต่ละชั่วโมงของวันจะมีค่าแตกต่างกัน แตกต่างกันตามวันในสัปดาห์ แตกต่างกันตามประเภทรถ ดังแสดงในรูปที่ 5.1 ถึง 5.7

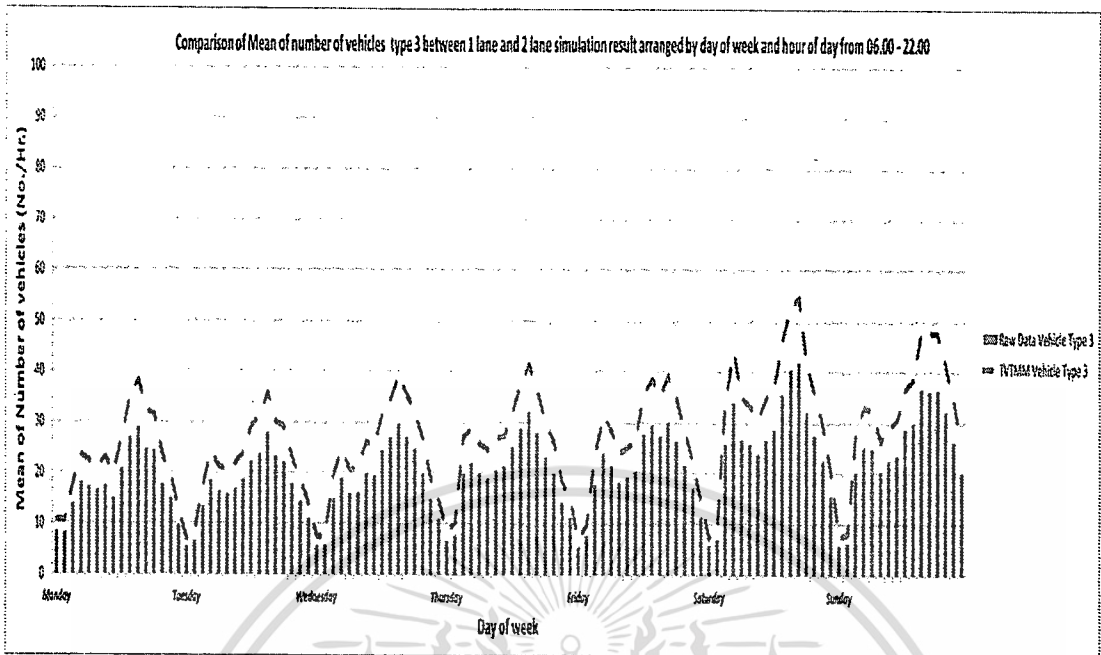


รูปที่ 5.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 1 จากการจำลองระบบ 1 ช่องทางกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 1 จากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง

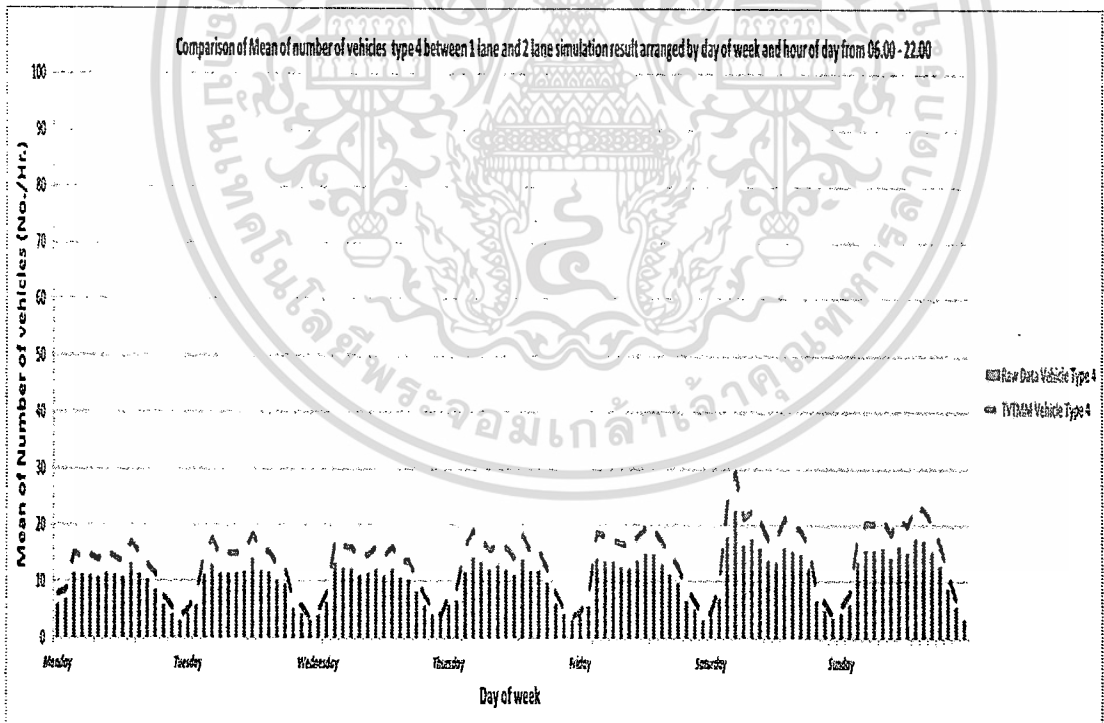


รูปที่ 5.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 2 จากการจำลองระบบ 1 ช่องทางกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 2 จากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

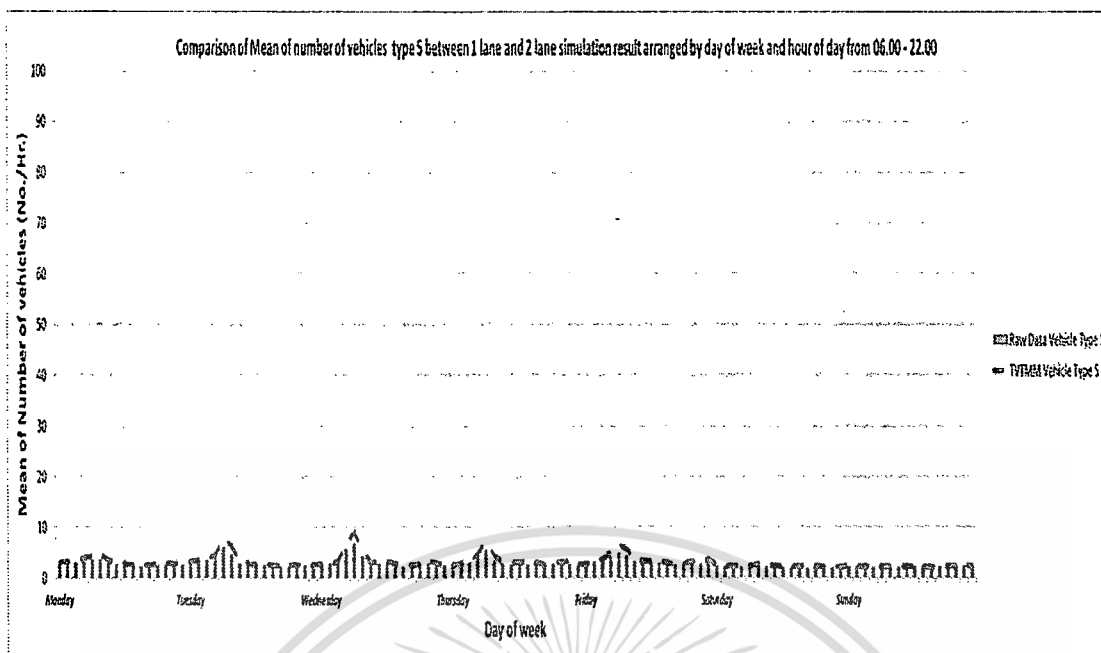


รูปที่ 5.3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 3 จากการจำลองระบบ 1 ช่องทางกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 3 จากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง

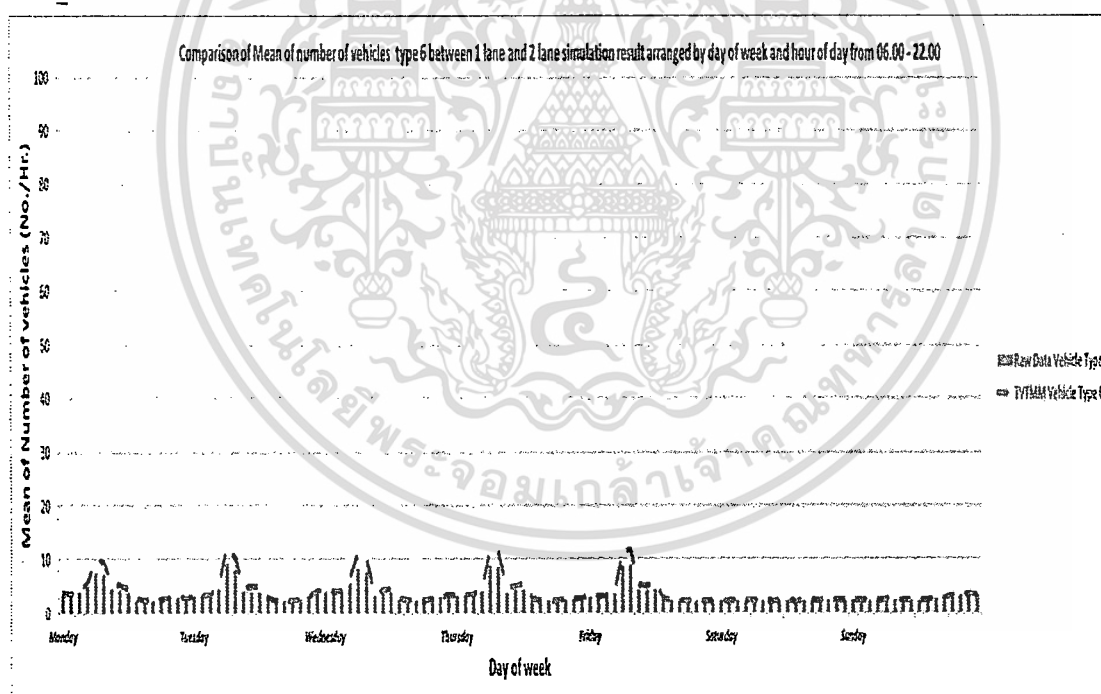


รูปที่ 5.4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 4 จากการจำลองระบบ 1 ช่องทางกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 4 จากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

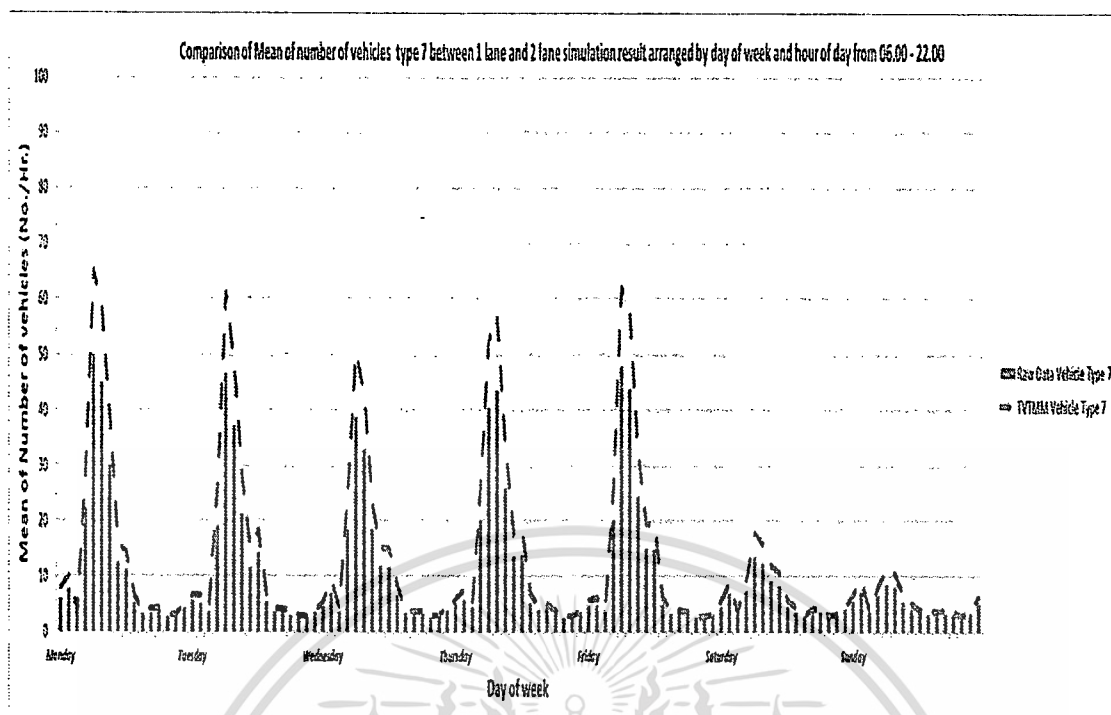


รูปที่ 5.5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 5 จากการจำลองระบบ 1 ช่องทางกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 5 จากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง



รูปที่ 5.6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 6 จากการจำลองระบบ 1 ช่องทางกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 6 จากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 7 จากการจำลองระบบ 1 ช่องทางกับค่าเฉลี่ยจำนวนรถประเภทที่ 7 จากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง

5.1.2 รายได้ที่ได้รับจากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง

หาค่าเฉลี่ยรายได้ที่ได้รับจำแนกตามประเภทรถ จากผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองระบบแบบแปรผันสาม ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทรถ จากค่าเฉลี่ยแท้ที่เพิ่มขึ้น 30% จำนวน 2 ช่องทาง เป็นจำนวน 700 รอบ ดังสมการที่ 5.2 ทำครบทั้ง 7 ประเภทรถ จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยรายได้ที่ได้รับ ดังสมการที่ 5.3 ทำครบทั้ง 7 ประเภทรถ ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.3

สมการที่ 5.2 การหาค่าเฉลี่ยรายได้ที่ได้รับแยกตามประเภทรถ เริ่มจากหาผลรวมรายได้ที่ได้รับของการจำลองระบบ 700 รอบหารด้วยจำนวนรอบที่ทำการจำลองระบบคือ 700 รอบ

$$\bar{R}_{wdhk} = \frac{\sum_{m=1}^{700} Revenue_{wdhkm}}{700} \quad (5.2)$$

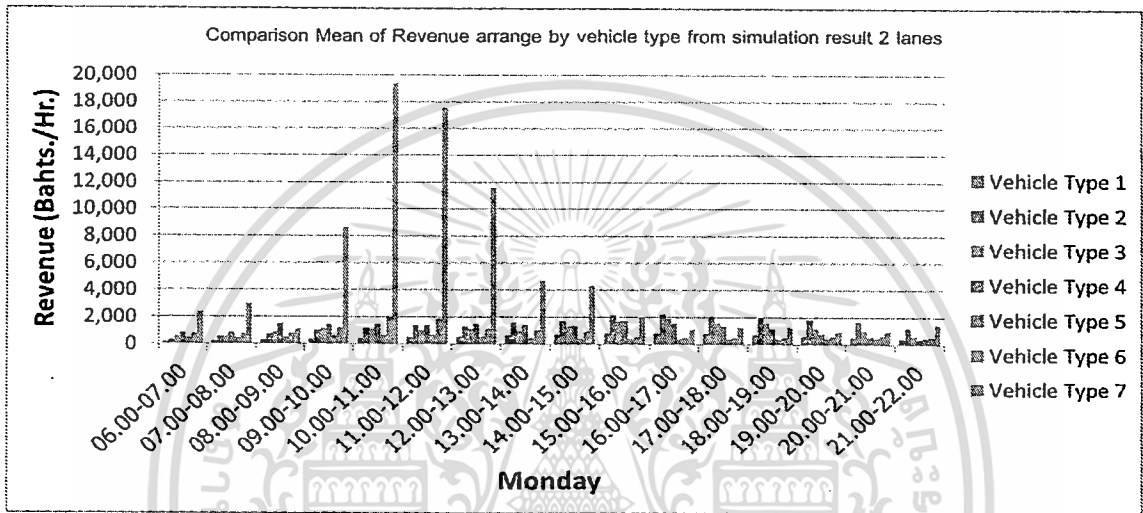
โดย \bar{R}_{wdhk} = ค่าเฉลี่ยรายได้ที่ได้รับจากรถประเภทที่ k ชั่วโมงที่ h วันในสัปดาห์ d ในสัปดาห์ที่ w จากการจำลองระบบจำนวน 2 ช่องทาง

$Revenue_{wdhkm}$ = รายได้ที่ได้รับจากรถประเภทที่ k ชั่วโมงที่ h วันในสัปดาห์ d ในสัปดาห์ที่ w จากการจำลองระบบในรอบที่ m

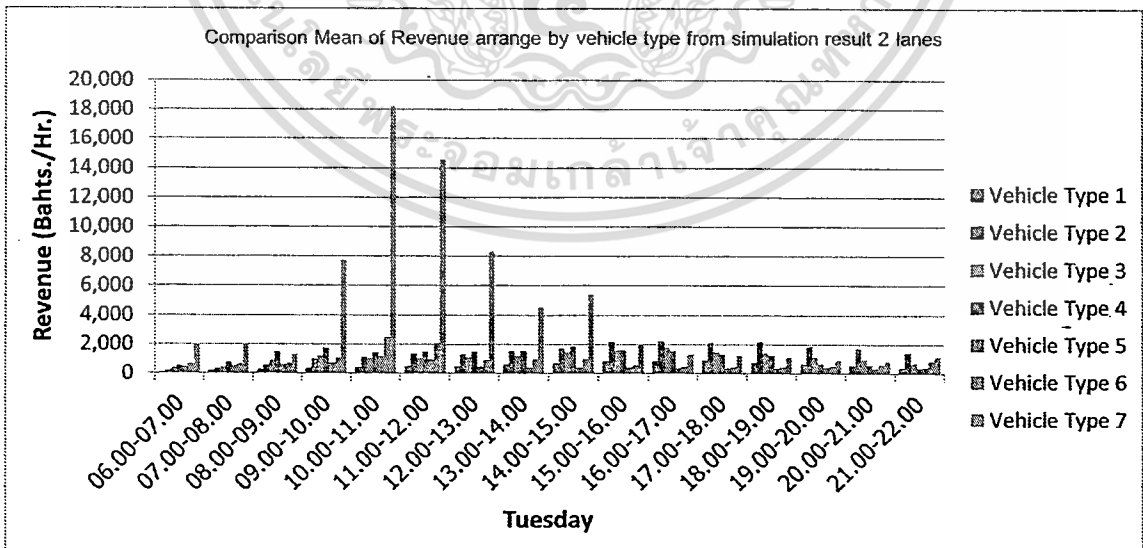
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ 5.3 การหาค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยที่ได้รับ โดยการนำค่าเฉลี่ยที่ได้รับจากรถประเภทที่ k ชั่วโมงที่ h วันในสัปดาห์ d ทุก ๆ สัปดาห์รวมกัน จากนั้นหารด้วยจำนวนสัปดาห์คือ 14 สัปดาห์ ผลลัพธ์ที่ได้จำแนกตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทรถ ดังแสดงในรูปที่ 5.8 ถึง 5.15 พบว่า รายได้จากรถประเภทที่ 7 (รถบรรทุกตั้งแต่ 12 ล้อขึ้นไป) มีรายได้สูงสุดในทุกวันจากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง

$$\bar{R}_{dhk} = \frac{\sum_{w=1}^{14} \bar{R}_{wdhk}}{14} \tag{5.3}$$

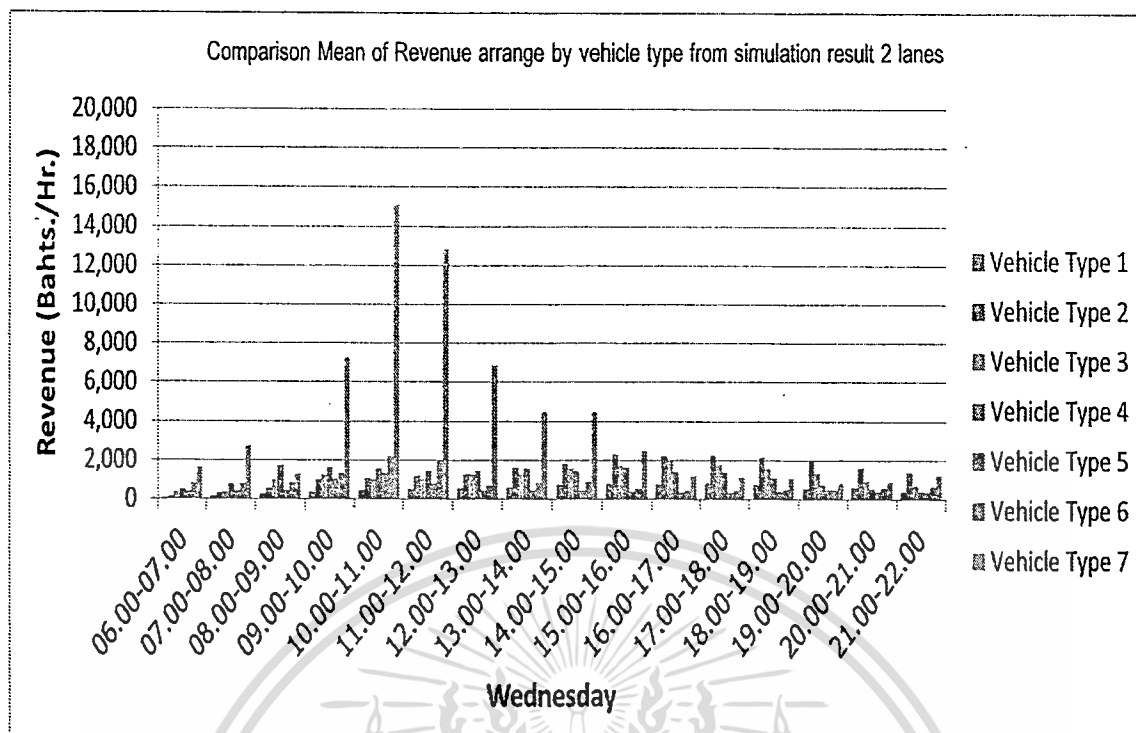


รูปที่ 5.8 เปรียบเทียบรายได้ที่ได้รับในวันจันทร์ จัดเรียงตามชั่วโมง จำแนกตามประเภทรถจากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง

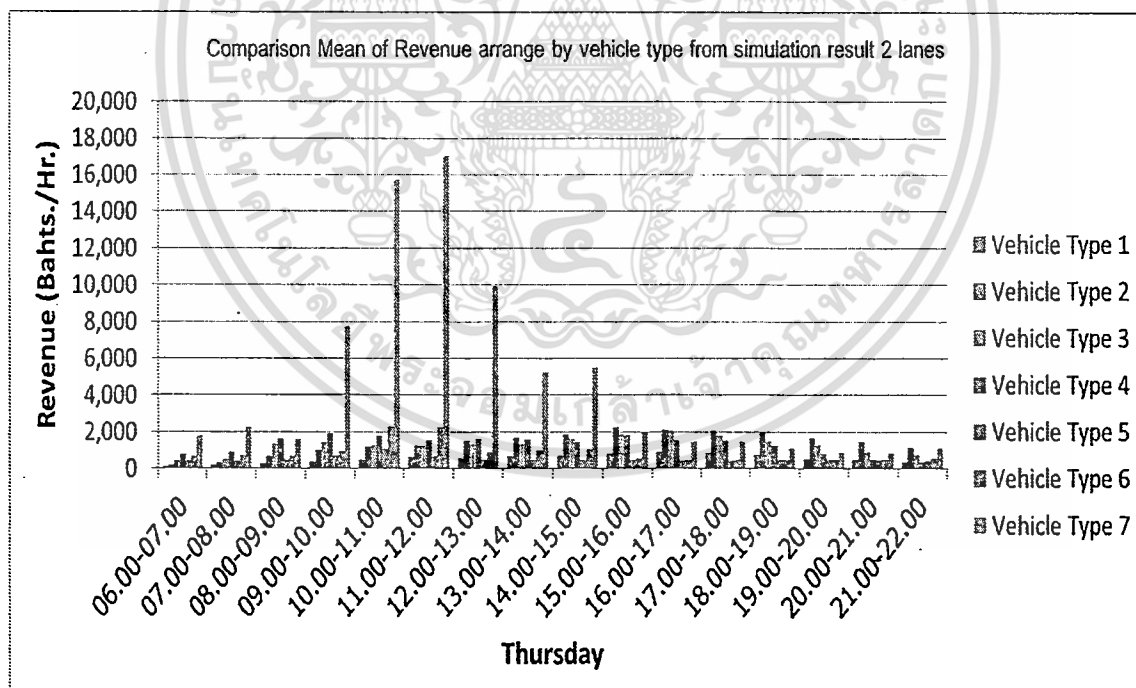


รูปที่ 5.9 เปรียบเทียบรายได้ที่ได้รับในวันอังคาร จัดเรียงตามชั่วโมง จำแนกตามประเภทรถจากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

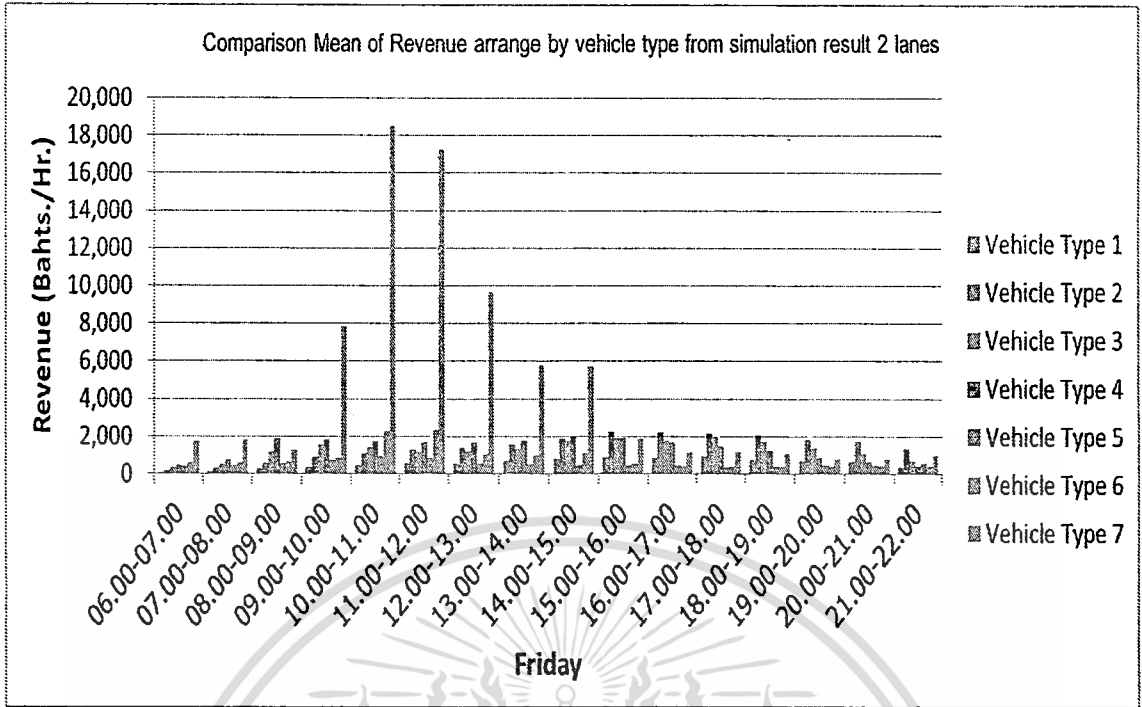


รูปที่ 5.10 เปรียบเทียบรายได้ที่ได้รับในวันพุธ จัดเรียงตามชั่วโมง จำแนกตามประเภทรถจากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง

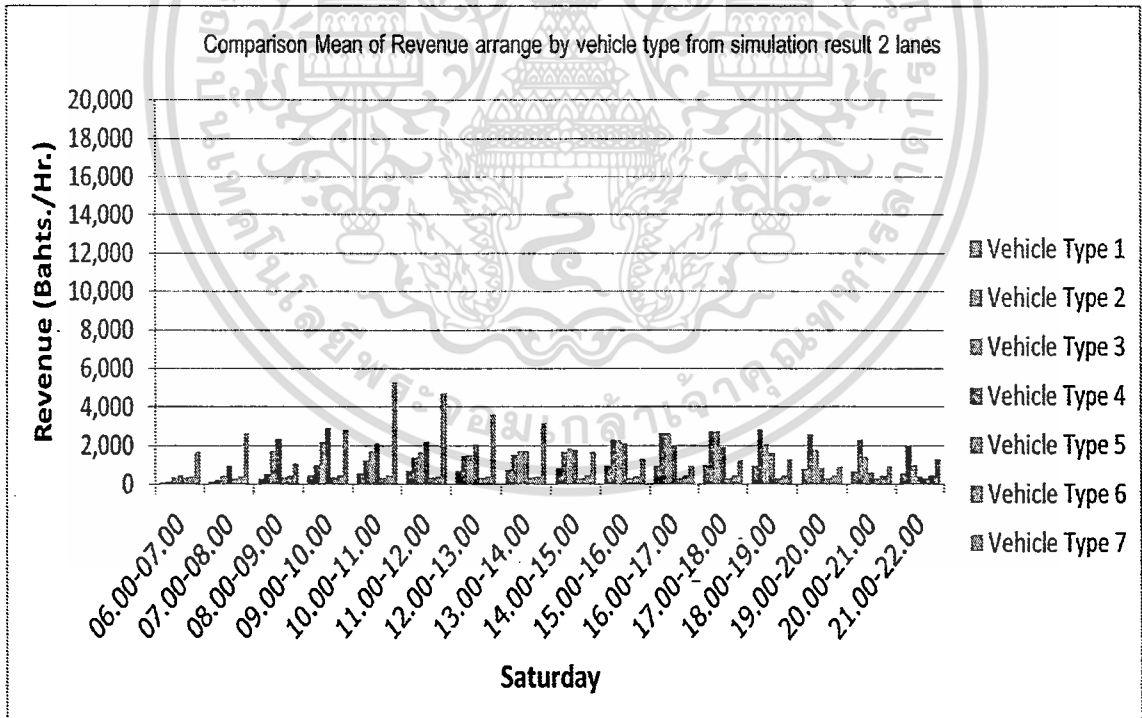


รูปที่ 5.11 เปรียบเทียบรายได้ที่ได้รับในวันพฤหัสบดี จัดเรียงตามชั่วโมง จำแนกตามประเภทรถจากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

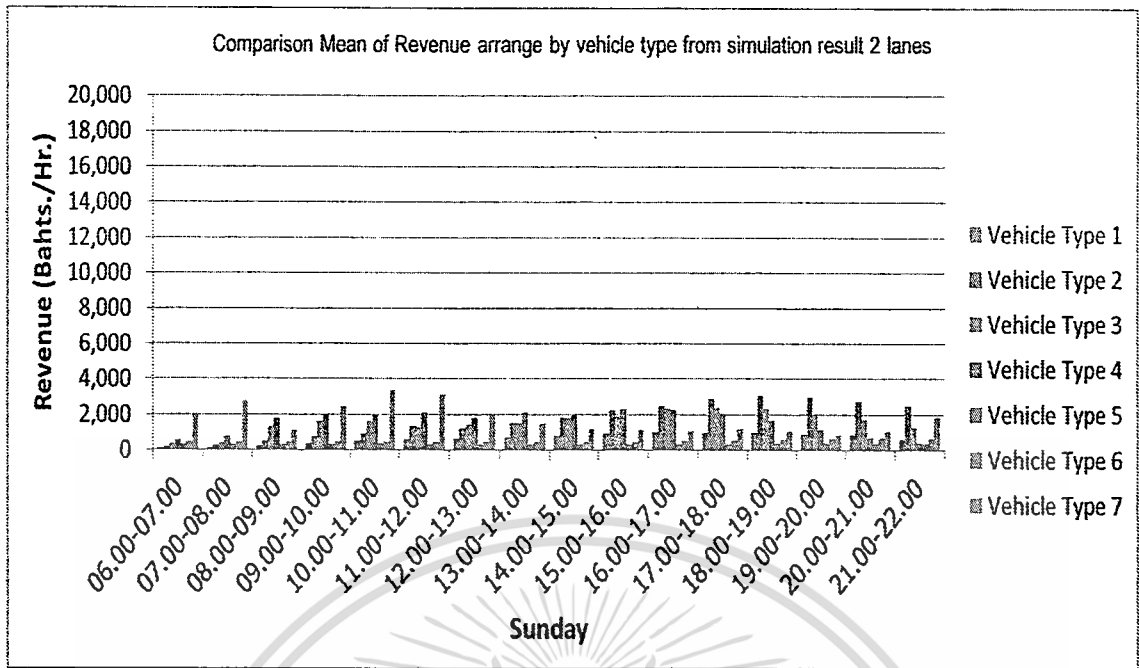


รูปที่ 5.12 เปรียบเทียบรายได้ที่ได้รับในวันศุกร์ จัดเรียงตามชั่วโมง จำแนกตามประเภทรถจากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง



รูปที่ 5.13 เปรียบเทียบรายได้ที่ได้รับในวันเสาร์ จัดเรียงตามชั่วโมง จำแนกตามประเภทรถจากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.14 เปรียบเทียบรายได้ที่ได้รับในวันอาทิตย์ จัดเรียงตามชั่วโมง จำแนกตามประเภทรถจากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง

จากผลลัพธ์รายได้ที่ได้รับแยกตามประเภทรถ ถึงแม้ว่ารถประเภทที่ 2 จะมีจำนวนรถสูงที่สุด แต่รายได้ที่ได้รับมากที่สุดคือ รายได้ที่ได้รับจากรถประเภทที่ 7 ที่มีรายได้สูงมาก รองลงมาคือรถประเภทที่ 2 ในขณะที่รถประเภทที่ 5 ให้รายได้ที่ได้น้อยที่สุด

5.1.3 อัตราการใช้สอยระบบจากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง

สมการ 5.4 การหาค่าเฉลี่ยอัตราการใช้สอยระบบในแต่ละชั่วโมง โดยนำผลรวมอัตราการใช้สอยระบบในแต่ละชั่วโมง ที่เกิดขึ้นในชั่วโมงที่ h วันในสัปดาห์ d สัปดาห์ที่ w ของการจำลองระบบ 700 รอบ จากนั้นนำจำนวนรอบมาหาร ได้ค่าเฉลี่ยอัตราการใช้สอยระบบ จากการจำลองระบบ 700 รอบ

$$\bar{U}_{wdh} = \frac{\sum_{m=1}^{700} U_{wdhm}}{700} \tag{5.4}$$

สมการ 5.5 การหาค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยอัตราการใช้สอยระบบในแต่ละชั่วโมง โดยนำผลรวมอัตราการใช้สอยระบบในแต่ละชั่วโมงทั้ง 14 สัปดาห์ หารด้วยจำนวนสัปดาห์ ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.3

$$\bar{U}_{dh} = \frac{\sum_{w=1}^{14} \bar{U}_{wdh}}{14} \tag{5.5}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยอัตราการใช้สอยระบบจากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	10.64	7.76	7.56	8.46	7.17	6.80	8.05
07-08	14.49	10.68	11.40	11.91	10.59	10.75	10.68
08-09	18.50	17.37	18.24	20.43	19.16	22.29	18.68
09-10	28.90	29.32	29.46	30.79	30.39	32.61	25.16
10-11	40.06	39.32	37.67	40.18	42.28	33.41	28.72
11-12	40.37	38.95	36.31	42.12	42.20	35.68	31.44
12-13	35.18	32.01	32.14	36.97	35.55	34.82	30.23
13-14	32.25	32.72	33.81	35.95	36.05	35.55	33.26
14-15	34.98	37.66	37.85	38.82	42.05	36.88	38.12
15-16	39.96	39.38	41.07	41.91	43.00	45.50	43.63
16-17	39.75	39.78	39.47	41.67	40.06	48.99	48.33
17-18	37.24	37.92	39.90	39.64	41.37	50.84	50.97
18-19	34.92	36.29	36.32	34.82	37.08	47.56	51.15
19-20	29.14	29.82	30.76	28.60	32.09	40.84	47.17
20-21	25.85	26.43	26.59	24.02	28.70	35.21	42.28
21-22	19.47	21.67	21.66	19.01	20.76	29.01	35.54

จากตารางที่ 5.3 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยอัตราการใช้สอยระบบที่มีค่ามากที่สุดคือ วันอาทิตย์ในช่วงเวลา 51.15% ในขณะที่ช่วงเช้าของทุกวันมีค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยอัตราการใช้สอยระบบอยู่ที่ประมาณ 10%

5.2 ผลลัพธ์การจำลองระบบ 2 ช่องทางจากนโยบายที่แตกต่างกัน

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพนโยบายการเข้าใช้บริการที่แตกต่างกันมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.2.1 การจำลองระบบจากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสุ่ม (RLS: Random Lane Selection)

นำผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองระบบจากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสุ่ม จำนวน 700 รอบ มาหาค่าเฉลี่ยตัวชี้วัดประสิทธิภาพ

สมการ 5.6 การหาค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอย โดยนำผลรวมจำนวนแถวคอยที่เกิดขึ้นใน ชั่วโมงที่ h วันในสัปดาห์ d สัปดาห์ที่ w ของการจำลองระบบ 700 รอบ จากนั้นนำจำนวนรอบมาหารได้ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอย จากการจำลองระบบ 700 รอบ

$$\overline{XQ}_{wdh} = \frac{\sum_{m=1}^{700} XQ_{wdhm}}{700} \tag{5.6}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการ 5.7 การหาค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอย โดยนำผลรวมค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอย ทั้ง 14 สัปดาห์ มารวบรวมจำนวนสัปดาห์ ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.4

$$\overline{XQ}_{dh} = \frac{\sum_{w=1}^{14} \overline{XQ}_{wdh}}{14} \quad (5.7)$$

ตารางที่ 5.4 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอย จากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสุ่ม

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	4.81	2.48	2.41	3.11	2.26	1.99	2.80
07-08	8.76	4.64	5.58	5.86	4.76	4.89	4.73
08-09	13.74	12.38	13.74	16.78	15.09	20.51	14.50
09-10	35.42	35.64	36.49	39.29	37.98	42.49	25.31
10-11	68.00	65.88	60.00	68.28	75.77	44.58	33.07
11-12	68.06	62.84	54.61	74.20	73.97	50.14	38.48
12-13	50.79	41.51	41.21	55.05	51.23	47.43	35.04
13-14	40.27	42.28	44.63	50.88	51.36	49.09	42.72
14-15	47.75	55.85	55.96	58.78	69.83	52.32	55.48
15-16	61.59	59.34	64.32	67.16	70.95	79.89	73.09
16-17	59.78	60.41	59.52	66.59	61.22	91.01	89.06
17-18	52.62	54.44	60.59	59.95	65.50	98.04	98.91
18-19	46.43	49.89	49.49	46.31	52.12	86.00	99.37
19-20	32.37	33.68	35.89	31.27	38.56	62.95	83.65
20-21	25.45	26.38	26.58	21.62	30.99	46.71	67.32
21-22	14.40	17.86	17.83	13.91	16.51	31.82	47.84

จากตารางที่ 5.4 ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยตามชั่วโมง ที่มีจำนวนมากที่สุดคือ วันอาทิตย์ในช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. มีค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่ 99 คันต่อชั่วโมง ในช่วงเช้ามีค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยน้อยที่สุดในทุกๆ วันในสัปดาห์

สมการ 5.8 การหาค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่คอยมากกว่า 10 วินาที โดยนำผลรวมจำนวนแถวคอยที่คอยมากกว่า 10 วินาที ที่เกิดขึ้นในชั่วโมงที่ h วันในสัปดาห์ d สัปดาห์ที่ w ของการจำลองระบบ 700 รอบ จากนั้นนำจำนวนรอบมาหาร ได้ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่คอยมากกว่า 10 วินาที จากการจำลองระบบ 700 รอบ

$$\overline{XQT}_{wdh} = \frac{\sum_{m=1}^{700} XQT_{wdhm}}{700} \quad (5.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการ 5.9 การหาค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่คอยมากกว่า 10 วินาที โดยนำผลรวมค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยทั้ง 14 สัปดาห์หารด้วยจำนวนสัปดาห์ ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.5

$$\overline{\overline{XQT}}_{dh} = \frac{\sum_{w=1}^{14} \overline{XQT}_{wdh}}{14} \quad (5.9)$$

ตารางที่ 5.5 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่คอยมากกว่า 10 วินาที จากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสุ่ม

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	2.22	1.09	1.09	1.46	0.99	0.90	1.31
07-08	3.98	2.08	2.53	2.80	2.21	2.16	2.20
08-09	6.25	5.81	6.51	7.97	7.21	10.08	6.89
09-10	19.23	19.18	19.67	21.10	20.52	22.80	12.56
10-11	41.13	40.18	35.33	41.23	46.32	23.60	16.72
11-12	40.56	37.14	31.14	44.65	45.05	26.79	19.66
12-13	28.32	22.10	21.81	30.74	28.53	24.76	17.55
13-14	20.73	22.05	23.48	27.32	27.64	25.69	22.00
14-15	24.91	30.70	30.24	31.92	39.60	27.14	29.26
15-16	33.20	31.24	34.78	36.77	39.21	45.01	40.45
16-17	31.90	32.17	31.59	36.03	32.88	52.82	51.27
17-18	27.31	28.08	32.10	31.94	35.29	57.25	58.01
18-19	23.58	25.49	25.16	23.53	27.21	48.95	58.20
19-20	15.48	16.47	17.40	15.03	18.80	33.22	46.97
20-21	11.72	12.27	12.40	9.95	14.64	23.19	36.34
21-22	6.32	7.97	8.17	6.04	7.38	14.90	24.35

จากตารางที่ 5.5 ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่คอยมากกว่า 10 วินาที ที่มีจำนวนมากที่สุดคือ วันอาทิตย์ในช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. มีค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่คอยมากกว่า 10 วินาทีอยู่ 58 คันต่อชั่วโมง ในช่วงเช้ามีค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่คอยมากกว่า 10 วินาที น้อยที่สุดในทุก ๆ วันในสัปดาห์

สมการ 5.10 การหาค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยรวม โดยนำผลรวมเวลาคอยโดยรวม ที่เกิดขึ้นในชั่วโมงที่ h วันในสัปดาห์ d สัปดาห์ที่ w ของการจำลองระบบ 700 รอบ จากนั้นนำจำนวนรอบมาหารได้ค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยรวม จากการจำลองระบบ 700 รอบ

$$\overline{TWT}_{wdh} = \frac{\sum_{m=1}^{700} TWT_{wdhm}}{700} \quad (5.10)$$

สมการ 5.11 การหาค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยรวม โดยนำผลรวมค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยรวม ทั้ง 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัปดาห์ หาดด้วยจำนวนสัปดาห์ ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.6

$$\overline{TWT}_{dh} = \frac{\sum_{w=1}^{14} TWT_{wdh}}{14} \quad (5.11)$$

ตารางที่ 5.6 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยรวม จากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสุ่ม

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	45	22	22	29	20	18	26
07-08	82	43	51	56	44	44	44
08-09	129	119	133	164	148	210	141
09-10	406	403	416	447	435	480	261
10-11	909	891	777	904	1,042	502	349
11-12	894	813	671	995	995	573	413
12-13	606	469	461	658	609	528	365
13-14	432	466	497	582	588	546	465
14-15	529	656	650	691	862	582	627
15-16	713	674	746	799	852	992	880
16-17	682	690	679	779	706	1,171	1,136
17-18	579	601	690	682	763	1,287	1,297
18-19	499	541	532	498	572	1,081	1,308
19-20	323	343	366	313	393	715	1,036
20-21	245	256	259	204	307	494	787
21-22	132	165	167	127	153	314	514

จากตารางที่ 5.6 ค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยรวม ที่มากที่สุดคือ วันอาทิตย์ในช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. มีค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยรวมอยู่ที่ 1,308 วินาที ในช่วงเช้ามีค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยเวลาคอยน้อยที่สุดในทุก ๆ วันในสัปดาห์

สมการ 5.12 การหาค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอย โดยนำผลรวมเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอย ที่เกิดขึ้นในชั่วโมงที่ h วันในสัปดาห์ d สัปดาห์ที่ w ของการจำลองระบบ 700 รอบ จากนั้นนำจำนวนรอบมาหาร ได้ค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยจากจำนวนแถวคอย จากการจำลองระบบ 700 รอบ

$$\overline{AVGWT}_{wdh} = \frac{\sum_{m=1}^{700} AVGWT_{wdhm}}{700} \quad (5.12)$$

สมการ 5.13 การหาค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยจากจำนวนแถวคอย โดยนำผลรวมค่าเฉลี่ยเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอยโดยเฉลี่ยจากจำนวนแถวคอย ทั้ง 14 สัปดาห์ หาคด้วยจำนวนสัปดาห์ ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงใน ตารางที่ 5.7

$$\overline{AVGWT}_{dh} = \frac{\sum_{w=1}^{14} AVGWT_{wdh}}{14} \tag{5.13}$$

ตารางที่ 5.7 ค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอย จากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสุ่ม

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	8.66	7.67	7.69	8.27	7.55	7.29	8.17
07-08	8.96	8.61	8.86	9.10	8.63	8.51	8.73
08-09	9.10	9.20	9.27	9.44	9.45	9.82	9.42
09-10	11.01	10.90	10.97	11.01	11.04	10.91	9.97
10-11	12.95	13.10	12.54	12.83	13.33	10.91	10.19
11-12	12.72	12.55	11.90	13.03	13.07	11.06	10.38
12-13	11.53	10.91	10.81	11.60	11.53	10.78	10.12
13-14	10.42	10.65	10.77	11.07	11.10	10.78	10.54
14-15	10.74	11.37	11.23	11.38	11.99	10.77	10.97
15-16	11.22	11.02	11.26	11.53	11.66	12.04	11.70
16-17	11.07	11.08	11.06	11.37	11.19	12.49	12.39
17-18	10.65	10.70	11.02	11.02	11.31	12.73	12.72
18-19	10.39	10.50	10.43	10.43	10.65	12.18	12.79
19-20	9.67	9.86	9.85	9.67	9.87	11.01	11.98
20-21	9.28	9.41	9.41	9.14	9.57	10.25	11.31
21-22	8.83	8.96	9.07	8.81	8.95	9.53	10.41

จากตารางที่ 5.7 ค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอยที่มากที่สุด คือวันอาทิตย์ ในช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. อยู่ที่ 12.79 วินาทีต่อกัน ค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอยที่ น้อยที่สุด คือวันเสาร์ในช่วงเวลา 06.00 – 07.00 น. อยู่ที่ 7.29 วินาทีต่อกัน

สมการ 5.14 การหาค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่ติดต่อเนื่องกันมากที่สุดในแต่ละชั่วโมง โดยนำ ผลรวมจำนวนแถวคอยที่ติดต่อเนื่องกันมากที่สุดในแต่ละชั่วโมง ที่เกิดขึ้นในชั่วโมงที่ h วันใน สัปดาห์ d สัปดาห์ที่ w ของการจำลองระบบ 700 รอบ จากนั้นนำจำนวนรอบมาหาร ได้ค่าเฉลี่ยจำนวน แถวคอยที่ติดต่อเนื่องกันมากที่สุดในแต่ละชั่วโมง จากการจำลองระบบ 700 รอบ

$$\overline{LQ}_{wdh} = \frac{\sum_{m=1}^{700} LQ_{wdhm}}{700} \tag{5.14}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการ 5.15 การหาค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนี้อีกกันมากที่สุดในแต่ละชั่วโมง โดยนำผลรวมจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนี้อีกกันมากที่สุดในแต่ละชั่วโมงทั้ง 14 สัปดาห์หารด้วยจำนวนสัปดาห์ ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.8

$$\overline{LQ}_{dh} = \frac{\sum_{w=1}^{14} \overline{LQ}_{wdh}}{14} \quad (5.15)$$

ตารางที่ 5.8 ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนี้อีกกันมากที่สุด จากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสุ่ม

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	1.47	1.08	1.03	1.20	1.03	0.94	1.13
07-08	1.97	1.44	1.65	1.64	1.47	1.45	1.48
08-09	2.50	2.43	2.57	2.90	2.64	3.29	2.66
09-10	4.81	4.85	4.82	5.03	4.90	5.17	3.75
10-11	7.50	7.49	6.88	7.32	7.96	5.44	4.43
11-12	7.30	7.01	6.21	7.81	8.04	5.78	4.89
12-13	5.99	5.28	5.23	6.37	6.00	5.82	4.51
13-14	4.96	5.32	5.38	5.90	5.85	5.76	5.32
14-15	5.67	6.40	6.49	6.57	7.56	6.09	6.30
15-16	6.76	6.51	6.80	7.19	7.37	8.28	7.74
16-17	6.52	6.59	6.61	7.15	6.75	9.13	8.84
17-18	5.96	6.15	6.50	6.63	7.07	9.47	9.48
18-19	5.49	5.78	5.61	5.59	5.92	8.63	9.49
19-20	4.35	4.40	4.62	4.26	4.77	6.81	8.66
20-21	3.63	3.81	3.81	3.32	4.21	5.45	7.12
21-22	4.45	2.49	2.93	2.82	2.53	2.94	4.23

จากตารางที่ 5.8 ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนี้อีกกันมากที่สุดที่มีค่ามากที่สุดคือวันอาทิตย์ ในช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. อยู่ที่ 10 คั่น ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนี้อีกกันมากที่สุดน้อยที่สุด คือวันเสาร์ในช่วงเวลา 06.00 – 07.00 น. อยู่ที่ 1 คั่น/ชม.

สมการ 5.16 การหาค่าเฉลี่ยระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนี้อีกกันมากที่สุดในแต่ละชั่วโมง โดยนำผลรวมจำนวนระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนี้อีกกันมากที่สุดในแต่ละชั่วโมง ที่เกิดขึ้นในชั่วโมงที่ h วันในสัปดาห์ d สัปดาห์ที่ w ของการจำลองระบบ 700 รอบ จากนั้นนำจำนวนรอบมาหาร ได้ค่าเฉลี่ยระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนี้อีกกันมากที่สุด จากการจำลองระบบ 700 รอบ

$$\overline{LD}_{wdh} = \frac{\sum_{m=1}^{700} LD_{wdhm}}{700} \quad (5.16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการ 5.16 การหาค่าเฉลี่ยระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนิ่งกันมากที่สุดในแต่ละชั่วโมง โดยนำผลรวมระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนิ่งกันมากที่สุดในแต่ละชั่วโมงทั้ง 14 สัปดาห์หารด้วยจำนวนสัปดาห์ ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.9

$$\overline{LD}_{dh} = \frac{\sum_{w=1}^{14} \overline{LD}_{wdh}}{14} \quad (5.17)$$

ตารางที่ 5.9 ค่าเฉลี่ยระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนิ่งกันมากที่สุด จากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสุ่ม

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	14.84	11.12	10.16	12.13	10.70	9.35	11.13
07-08	17.13	12.47	15.82	14.55	12.69	13.87	13.75
08-09	18.60	18.05	19.71	21.70	20.66	23.97	19.83
09-10	48.81	48.37	45.68	48.17	47.09	39.83	28.26
10-11	87.72	86.70	75.62	79.50	89.87	43.24	33.88
11-12	80.46	72.60	62.47	83.31	87.26	43.53	34.77
12-13	57.73	45.57	43.14	56.92	53.68	41.60	30.20
13-14	37.52	40.30	40.05	44.27	46.14	39.14	34.52
14-15	40.80	47.90	46.49	48.16	56.78	38.69	38.39
15-16	41.54	39.55	42.27	44.09	44.40	49.13	47.01
16-17	37.72	38.26	38.44	41.76	39.65	52.33	52.39
17-18	35.36	35.61	37.67	39.60	40.87	54.45	55.26
18-19	32.22	33.71	32.33	32.85	33.91	49.65	54.05
19-20	24.48	24.82	26.30	24.18	26.49	37.78	47.34
20-21	21.37	22.12	21.57	19.29	23.59	30.11	39.26
21-22	26.56	16.13	18.23	17.36	15.84	17.65	23.95

จากตารางที่ 5.9 ค่าเฉลี่ยระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนิ่งกันมากที่สุดคือวันศุกร์ ในช่วงเวลา 10.00 – 11.00 น. อยู่ที่ 90 เมตร ของค่าเฉลี่ยระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนิ่งกันมากที่สุดที่น้อยที่สุดคือวันเสาร์ในช่วงเวลา 06.00 – 07.00 น. อยู่ที่ 9.35 เมตร

5.2.2 การจำลองระบบจากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสลับ (SLS: Seesaw Lane Selection)

นำผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองระบบจากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสลับจำนวน 700 รอบ มาหาค่าเฉลี่ยตัวชี้วัดประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการหาค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยคังสมการที่ 5.6 และทำการหาค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยคังสมการที่ 5.7 ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอย จากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสลับ

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	0.87	0.34	0.32	0.49	0.32	0.23	0.40
07-08	2.02	0.88	1.10	1.20	0.91	0.84	0.83
08-09	3.82	3.41	4.03	5.15	4.49	6.94	4.15
09-10	15.10	15.32	15.50	17.27	16.56	18.60	9.35
10-11	36.74	35.86	30.90	37.12	42.73	19.76	12.94
11-12	36.93	33.15	26.79	41.20	41.29	23.45	16.19
12-13	24.04	18.18	17.87	26.61	24.55	21.24	14.06
13-14	17.24	18.64	19.66	23.92	24.25	22.46	18.78
14-15	21.95	27.16	26.95	29.34	37.18	24.37	26.74
15-16	30.78	29.12	32.57	34.75	37.61	44.04	38.82
16-17	29.30	29.93	29.31	34.23	30.52	52.40	51.24
17-18	24.60	25.74	30.11	29.40	33.30	58.18	58.83
18-19	20.45	22.76	22.24	20.51	24.24	48.18	59.39
19-20	12.58	13.38	14.47	11.91	15.86	31.20	46.81
20-21	8.76	9.47	9.61	7.03	11.81	20.49	34.80
21-22	3.98	5.32	5.37	3.83	4.87	12.16	21.71

จากตารางที่ 5.10 ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่มีจำนวนมากที่สุดคือ วันอาทิตย์ในช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. อยู่ที่ 59.39 คับ/ชม. ในขณะที่ช่วงเช้าของทุกวันในสัปดาห์อาจไม่มีจำนวนแถวคอยเกิดขึ้น
ทำการหาค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่คอยมากกว่า 10 วินาที คังสมการที่ 5.8 และทำการหาค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่คอยมากกว่า 10 วินาที คังสมการที่ 5.9 ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่คอยมากกว่า 10 วินาที จากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสลับ

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	0.20	0.07	0.07	0.10	0.05	0.04	0.06
07-08	0.38	0.18	0.20	0.28	0.19	0.19	0.18
08-09	0.74	0.71	0.81	1.03	0.95	1.44	0.83
09-10	3.97	4.09	4.07	4.64	4.32	4.64	2.02
10-11	12.35	11.97	9.90	12.25	14.63	4.83	2.76
11-12	11.94	10.43	7.86	13.45	13.88	5.95	3.63
12-13	6.65	4.52	4.39	7.33	6.60	5.15	3.05
13-14	3.92	4.42	4.91	6.18	6.36	5.35	4.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14-15	5.48	7.20	6.62	7.54	10.52	5.78	6.47
15-16	7.63	7.22	8.33	9.32	10.27	12.35	10.53
16-17	7.14	7.16	7.18	8.90	7.62	15.39	14.75
17-18	5.83	5.92	7.31	7.26	8.48	17.79	17.81
18-19	4.52	5.17	4.81	4.64	5.59	13.61	18.34
19-20	2.56	2.64	2.89	2.35	3.25	7.41	12.97
20-21	1.63	1.76	1.81	1.27	2.32	4.42	8.71
21-22	0.70	0.93	0.98	0.68	0.87	2.36	4.95

จากตารางที่ 5.11 ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่มากกว่า 10 วินาทีที่มากที่สุดคือวันอาทิตย์ ในช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. อยู่ที่ 18.34 คัน ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่คอยมากกว่า 10 วินาทีที่น้อยที่สุดคือ วันเสาร์ ในช่วงเวลาเช้า 06.00 – 07.00 น. อาจไม่มีแถวคอยเกิดขึ้น

ทำการหาค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยรวม ดังสมการที่ 5.10 และทำการหาค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยรวม ดังสมการที่ 5.11 ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.12 ค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยรวม จากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสลับ

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	5.58	2.01	1.94	2.94	1.87	1.30	2.16
07-08	11.99	5.22	6.50	7.54	5.55	5.29	5.11
08-09	22.78	21.15	24.35	31.30	28.35	43.36	25.29
09-10	104.49	106.34	109.07	120.58	114.54	125.23	59.06
10-11	294.33	286.63	239.73	295.35	350.01	133.22	81.58
11-12	289.83	255.73	197.85	327.47	331.18	159.52	103.41
12-13	170.40	124.16	119.09	189.59	173.55	143.19	89.32
13-14	111.81	123.74	133.10	164.51	169.93	148.99	124.17
14-15	147.55	189.84	182.43	203.84	273.18	161.80	180.29
15-16	211.08	198.38	225.72	245.07	267.66	320.64	278.78
16-17	196.72	201.14	198.40	239.12	209.11	394.54	382.39
17-18	163.14	169.86	203.57	198.38	229.23	449.40	452.79
18-19	132.74	147.41	142.33	133.67	159.10	354.55	460.57
19-20	77.36	82.28	89.25	72.53	98.42	208.12	339.54
20-21	52.52	57.04	57.65	41.62	71.72	130.90	239.49
21-22	23.37	30.94	31.71	22.31	28.24	73.55	141.94

จากตารางที่ 5.12 ค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยรวมที่มากที่สุดคือ วันอาทิตย์ในช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. ค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยรวมที่มีค่าน้อยที่สุดคือ วันเสาร์ช่วงเวลา 06.00 – 07.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการหาค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอย ดังสมการที่ 5.12 และทำการหาค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอยดังสมการที่ 5.13 ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.13

ตารางที่ 5.13 ค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอย จากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสลับ

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	3.14	1.58	1.47	2.25	1.48	1.08	1.70
07-08	4.72	2.99	3.56	3.92	3.14	3.21	3.04
08-09	5.37	5.59	5.57	5.64	5.85	5.99	5.64
09-10	6.69	6.72	6.80	6.79	6.75	6.57	6.12
10-11	7.84	7.82	7.57	7.76	8.04	6.59	6.18
11-12	7.69	7.56	7.23	7.82	7.87	6.65	6.26
12-13	6.96	6.67	6.48	7.02	6.93	6.58	6.19
13-14	6.39	6.49	6.62	6.74	6.85	6.51	6.44
14-15	6.60	6.85	6.64	6.81	7.21	6.52	6.59
15-16	6.73	6.66	6.78	6.91	7.00	7.16	7.01
16-17	6.59	6.60	6.63	6.85	6.72	7.39	7.33
17-18	6.50	6.46	6.64	6.59	6.77	7.58	7.56
18-19	6.31	6.33	6.27	6.37	6.42	7.20	7.64
19-20	5.99	5.99	6.04	5.95	6.07	6.54	7.12
20-21	5.85	5.82	5.81	5.81	5.89	6.25	6.73
21-22	5.46	5.55	5.70	5.34	5.45	5.95	6.38

จากตารางที่ 5.13 แสดงค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอยที่มากที่สุดคือ วันอาทิตย์ในช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. อยู่ที่ 7.64 วินาที/คัน ในขณะที่ค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอยที่น้อยที่สุดคือ วันเสาร์ช่วงเวลา 06.00 – 07.00 น. อยู่ที่ 1.08 วินาที/คัน

ทำการหาค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่คอยติดต่อกันมากที่สุดในแต่ละชั่วโมง ดังสมการที่ 5.14 และทำการหาค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่ติดต่อกันมากที่สุดในแต่ละชั่วโมง ดังสมการที่ 5.15 ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.14

ตารางที่ 5.14 ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่ติดต่อกันมากที่สุด จากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสลับ

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	0.53	0.27	0.24	0.36	0.25	0.19	0.31
07-08	0.85	0.54	0.62	0.68	0.54	0.53	0.53
08-09	1.10	1.07	1.15	1.24	1.23	1.41	1.15
09-10	2.24	2.28	2.28	2.40	2.34	2.53	1.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10-11	4.32	4.29	3.76	4.35	4.94	2.59	1.98
11-12	4.35	4.06	3.28	4.75	4.74	2.88	2.23
12-13	2.99	2.52	2.41	3.26	3.08	2.80	2.09
13-14	2.35	2.51	2.59	3.00	3.14	2.89	2.57
14-15	2.80	3.36	3.22	3.54	4.39	2.99	3.20
15-16	3.62	3.45	3.78	4.03	4.37	4.94	4.46
16-17	3.43	3.59	3.47	4.00	3.61	5.70	5.55
17-18	3.01	3.13	3.68	3.49	3.90	6.43	6.46
18-19	2.65	2.87	2.83	2.68	3.02	5.33	6.49
19-20	1.92	1.95	2.06	1.87	2.18	3.62	5.18
20-21	1.57	1.64	1.65	1.39	1.89	2.64	3.99
21-22	2.46	1.11	1.22	1.26	1.10	1.21	1.92

จากตารางที่ 5.14 ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่ติดต่อกันมากที่สุดที่มีค่ามากที่สุดคือ วันอาทิตย์ในช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. อยู่ที่ 6.49 คัน/ชม. ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่ติดต่อกันมากที่สุดที่มีค่าน้อยที่สุดคือ วันเสาร์ในช่วงเวลา 06.00 – 07.00 น. อาจไม่มีแถวคอยเกิดขึ้น

ทำการหาค่าเฉลี่ยระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากแถวคอยที่ติดต่อกันมากที่สุด ดังสมการที่ 5.16 และทำการหาค่าเฉลี่ยระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากแถวคอยที่ติดต่อกันมากที่สุด ดังสมการที่ 5.17 ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.15

ตารางที่ 5.15 ค่าเฉลี่ยระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากแถวคอยติดต่อกันมากที่สุด จากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสลับ

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	5.22	2.69	2.33	3.56	2.41	1.78	2.99
07-08	7.70	5.05	5.89	6.03	4.68	4.86	5.02
08-09	8.13	8.08	8.80	9.19	9.68	10.20	8.72
09-10	23.54	22.42	22.18	22.87	22.19	19.31	12.39
10-11	50.68	50.91	41.73	47.11	56.92	20.64	15.37
11-12	48.86	41.70	34.10	50.76	53.11	21.90	15.91
12-13	29.53	22.07	19.66	29.45	28.11	19.98	13.99
13-14	17.73	18.95	19.09	22.75	23.80	19.83	16.72
14-15	20.08	26.02	23.04	25.81	33.05	18.83	19.76
15-16	22.28	20.69	23.72	25.06	26.75	29.59	27.40
16-17	19.80	20.93	19.99	23.88	21.05	32.93	33.10
17-18	17.91	18.13	21.62	20.28	22.51	37.48	37.95
18-19	15.64	16.80	16.48	15.76	17.91	30.15	37.40
19-20	11.12	11.21	11.76	11.15	11.98	19.69	28.97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20-21	9.39	9.48	9.53	8.08	10.75	14.73	22.10
21-22	14.56	7.22	7.79	7.82	6.81	7.21	10.82

จากตารางที่ 5.15 ค่าเฉลี่ยระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากแถวคอยติดต่อนี้เองกันมากที่สุดที่มีค่ามากที่สุดคือ วันศุกร์ในช่วงเวลา 10.00 – 11.00 น. อยู่ที่ 56.92 เมตร ในขณะที่ค่าเฉลี่ยระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากแถวคอยติดต่อนี้เองกันมากที่สุด ที่มีค่าน้อยที่สุดคือ วันศุกร์ช่วงเวลา 21.00 – 22.00 น. อยู่ที่ 6.81 เมตร

5.2.3 การจำลองระบบนโยบายการเข้าใช้บริการแบบแถวคอยสั้นที่สุด (SQLS: Shortest Queue Lane Selection)

นำผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองระบบจากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบแถวคอยสั้นที่สุด จำนวน 700 รอบมาหาค่าเฉลี่ยตัวชี้วัดประสิทธิภาพ

ทำการหาค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยคั่งสมการที่ 5.6 และทำการหาค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยคั่งสมการที่ 5.7 ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.16

ตารางที่ 5.16 ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอย จากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบแถวคอยสั้นที่สุด

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	2.05	1.25	1.11	1.36	1.08	0.93	1.26
07-08	2.57	1.30	1.32	1.44	1.17	1.15	1.19
08-09	3.92	3.59	4.01	5.04	4.51	6.94	4.34
09-10	14.53	14.69	14.84	16.55	15.86	17.93	9.03
10-11	35.46	34.54	29.61	35.65	40.97	18.98	12.39
11-12	35.43	31.86	25.69	39.56	39.59	22.50	15.55
12-13	23.18	17.42	17.17	25.57	23.62	20.44	13.53
13-14	16.55	17.93	18.89	23.06	23.38	21.66	18.05
14-15	21.15	26.03	25.91	28.16	35.70	23.55	25.79
15-16	29.73	28.06	31.47	33.60	36.19	42.39	37.34
16-17	28.26	28.81	28.38	33.02	29.47	50.63	49.46
17-18	23.65	24.85	29.01	28.31	32.10	56.33	56.87
18-19	19.73	21.81	21.38	19.78	23.34	46.61	57.33
19-20	12.17	12.97	13.90	11.44	15.32	30.09	45.14
20-21	8.45	9.16	9.31	6.84	11.39	19.71	33.51
21-22	3.85	5.17	5.23	3.74	4.70	11.70	20.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 5.16 ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอกที่มีจำนวนมากที่สุดคือ วันอาทิตย์ในช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. อยู่ที่ 57.33 คัน/ชม. ในขณะที่ช่วงเช้าของทุกวันในสัปดาห์มีจำนวนแถวคอกเพียงเล็กน้อย
ทำการหาค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอกที่คอกมากกว่า 10 วินาที ดังสมการที่ 5.8 และทำการหาค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอกที่คอกมากกว่า 10 วินาที ดังสมการที่ 5.9 ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.17

ตารางที่ 5.17 ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอกที่คอกมากกว่า 10 วินาที จากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบแถวคอกสั้นที่สุด

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	0.92	0.54	0.48	0.61	0.44	0.42	0.54
07-08	1.09	0.52	0.54	0.66	0.50	0.54	0.51
08-09	1.61	1.53	1.65	2.05	1.88	2.83	1.86
09-10	6.53	6.60	6.62	7.54	7.13	7.72	3.70
10-11	17.66	17.32	14.64	17.45	20.81	8.12	5.02
11-12	17.31	15.29	12.05	19.41	19.91	9.67	6.40
12-13	10.54	7.66	7.33	11.59	10.58	8.59	5.46
13-14	6.93	7.55	8.16	10.00	10.23	9.15	7.65
14-15	8.94	11.46	10.91	12.30	16.19	9.76	10.83
15-16	12.63	11.95	13.53	14.64	15.91	18.84	16.41
16-17	11.94	12.00	12.01	14.14	12.50	22.93	22.18
17-18	9.74	10.12	12.04	11.96	13.69	26.19	26.14
18-19	7.99	8.90	8.71	8.19	9.70	20.86	26.66
19-20	4.75	4.94	5.44	4.52	6.05	12.43	19.93
20-21	3.24	3.40	3.51	2.61	4.49	7.77	14.20
21-22	1.48	1.89	1.95	1.41	1.78	4.50	8.53

จากตารางที่ 5.17 ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอกที่มากกว่า 10 วินาที ที่มีค่ามากที่สุดคือวันอาทิตย์ ในช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. อยู่ที่ 26.66 คัน ในขณะที่ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอกที่คอกมากกว่า 10 วินาทีที่น้อยที่สุดคือ วันเสาร์ ในช่วงเวลาเช้า 06.00 – 07.00 น. อาจไม่มีแถวคอกเกิดขึ้น

ทำการหาค่าเฉลี่ยเวลาคอกโดยรวม ดังสมการที่ 5.10 และทำการหาค่าเฉลี่ยเวลาคอกโดยรวม ดังสมการที่ 5.11 ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.18

ตารางที่ 5.18 ค่าเฉลี่ยเวลาคอกโดยรวม จากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบแถวคอกสั้นที่สุด

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	18.11	10.91	9.69	11.84	9.08	8.18	10.81
07-08	22.17	10.77	10.94	12.79	10.10	10.11	10.08
08-09	32.94	30.41	33.66	41.70	38.27	58.20	36.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

09-10	129.69	130.61	132.57	148.54	141.86	154.83	75.09
10-11	349.03	341.07	286.93	347.94	411.77	164.34	103.44
11-12	343.47	303.63	238.02	386.12	392.25	195.39	129.27
12-13	208.74	153.32	147.92	229.84	211.98	175.35	111.47
13-14	139.12	152.93	163.10	201.02	205.55	184.74	153.17
14-15	180.76	229.80	223.16	247.58	326.04	198.71	220.03
15-16	256.80	241.83	273.52	294.70	320.60	379.90	332.29
16-17	240.12	243.87	243.28	287.85	253.79	463.92	450.12
17-18	198.85	207.78	246.50	241.40	276.96	527.12	528.44
18-19	164.62	181.63	177.01	165.87	196.63	420.66	537.92
19-20	97.91	103.75	112.34	92.38	124.44	254.10	403.85
20-21	66.91	72.01	73.60	54.04	91.70	161.27	288.15
21-22	30.55	40.29	40.97	29.27	36.88	93.23	174.21

จากตารางที่ 5.18 ค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยรวมที่มากที่สุดคือวันอาทิตย์ในช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. อยู่ที่ 537.92 วินาที ค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยรวมที่มีค่าน้อยที่สุดคือ วันเสาร์ช่วงเวลา 06.00 – 07.00 น. อยู่ที่ 8.18 วินาที

ทำการหาค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอย ดังสมการที่ 5.12 และทำการหาค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอยดังสมการที่ 5.13 ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.19

ตารางที่ 5.19 ค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอย จากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบแถวคอยสั้นที่สุด

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	6.32	5.57	4.80	5.66	4.84	4.72	5.06
07-08	6.69	4.59	5.15	5.73	4.69	4.96	4.55
08-09	7.62	7.71	7.90	7.81	8.10	8.21	7.90
09-10	8.76	8.74	8.75	8.84	8.82	8.50	8.16
10-11	9.68	9.74	9.53	9.58	9.92	8.55	8.26
11-12	9.58	9.40	9.16	9.64	9.78	8.55	8.24
12-13	8.92	8.70	8.48	8.92	8.87	8.46	8.14
13-14	8.36	8.42	8.51	8.61	8.70	8.44	8.36
14-15	8.45	8.71	8.52	8.70	9.03	8.35	8.41
15-16	8.53	8.50	8.58	8.67	8.77	8.86	8.75
16-17	8.40	8.36	8.46	8.60	8.52	9.04	8.99
17-18	8.30	8.25	8.39	8.41	8.54	9.23	9.17
18-19	8.21	8.23	8.18	8.27	8.32	8.89	9.29
19-20	7.91	7.88	7.98	8.00	8.04	8.34	8.84
20-21	7.82	7.69	7.80	7.84	7.94	8.08	8.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21-22	7.69	7.63	7.64	7.43	7.51	7.91	8.20
-------	------	------	------	------	------	------	------

จากตารางที่ 5.19 แสดงค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอยที่มากที่สุดคือ วันอาทิตย์ในช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. อยู่ที่ 9.29 วินาทีต่อกัน ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอยที่น้อยที่สุดคือ วันเสาร์ช่วงเวลา 06.00 – 07.00 น. อยู่ที่ 4.72 วินาทีต่อกัน

ทำการหาค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่คอยติดต่อนี้อย่างมากที่สุดในแต่ละชั่วโมง ดังสมการที่ 5.14 และทำการหาค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนี้อย่างมากที่สุดในแต่ละชั่วโมง ดังสมการที่ 5.15 ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.20

ตารางที่ 5.20 ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนี้อย่างมากที่สุดในจากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบแถวคอยสั้นที่สุด

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	0.67	0.37	0.33	0.45	0.33	0.30	0.41
07-08	0.95	0.61	0.65	0.69	0.56	0.58	0.60
08-09	1.14	1.09	1.17	1.26	1.26	1.46	1.19
09-10	2.23	2.24	2.24	2.34	2.32	2.46	1.61
10-11	4.13	4.09	3.58	4.17	4.70	2.58	1.95
11-12	4.15	3.87	3.20	4.55	4.41	2.80	2.19
12-13	2.91	2.44	2.39	3.11	2.95	2.72	2.10
13-14	2.33	2.47	2.53	2.95	3.03	2.78	2.54
14-15	2.69	3.25	3.09	3.36	4.16	2.95	3.13
15-16	3.54	3.37	3.62	3.84	4.13	4.57	4.19
16-17	3.30	3.41	3.37	3.72	3.47	5.47	5.31
17-18	2.95	3.06	3.49	3.39	3.71	6.02	5.98
18-19	2.60	2.73	2.74	2.62	2.92	5.03	6.09
19-20	1.96	1.97	2.06	1.88	2.14	3.51	4.78
20-21	1.60	1.64	1.66	1.42	1.84	2.58	3.84
21-22	2.08	1.18	1.25	1.27	1.17	1.25	1.80

จากตารางที่ 5.20 ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนี้อย่างมากที่สุดในที่มีค่ามากที่สุดคือ วันอาทิตย์ในช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. อยู่ที่ 6.09 คั่น ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนี้อย่างมากที่สุดในที่มีค่าน้อยที่สุดคือ วันเสาร์ในช่วงเวลา 06.00 – 07.00 น. อาจไม่มีแถวคอยเกิดขึ้น

ทำการหาค่าเฉลี่ยระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากแถวคอยที่ติดต่อนี้อย่างมากที่สุดใน ดังสมการที่ 5.16 และทำการหาค่าเฉลี่ยระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากแถวคอยที่ติดต่อนี้อย่างมากที่สุดใน ดังสมการที่ 5.17 ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.21 ค่าเฉลี่ยระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากแฉกคอยติดต่อนิ่งกันมากที่สุด จากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบแฉกคอยสั้นที่สุด

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	6.55	3.58	3.17	4.60	3.25	2.85	3.92
07-08	8.53	5.57	6.30	6.52	4.83	5.38	5.86
08-09	8.34	8.23	9.11	9.57	9.97	10.36	9.04
09-10	23.42	21.30	21.55	21.84	22.35	18.87	11.91
10-11	48.21	48.68	38.60	45.66	53.56	20.43	15.13
11-12	46.14	38.88	32.56	50.71	48.27	21.20	15.46
12-13	29.07	20.87	19.87	27.40	25.91	19.38	14.35
13-14	17.44	19.10	19.00	22.49	23.24	18.66	16.58
14-15	19.17	24.30	21.67	24.81	31.03	18.42	19.35
15-16	21.55	20.54	22.35	23.72	25.05	27.52	25.57
16-17	19.20	19.93	19.39	22.44	20.08	31.72	31.57
17-18	17.55	17.71	20.60	19.67	21.21	34.39	35.56
18-19	15.46	15.94	15.54	15.59	16.91	28.84	35.20
19-20	11.11	11.28	11.61	10.62	12.15	19.13	26.54
20-21	9.21	9.37	9.47	8.39	10.43	14.36	21.23
21-22	13.35	8.87	9.16	8.93	8.47	8.39	10.81

จากตารางที่ 5.21 ค่าเฉลี่ยระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากแฉกคอยติดต่อนิ่งกันมากที่สุดที่มีค่ามากที่สุดคือ วันศุกร์ในช่วงเวลา 10.00 – 11.00 น. อยู่ที่ 53.56 เมตร ในขณะที่ค่าเฉลี่ยระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากแฉกคอยติดต่อนิ่งกันมากที่สุด ที่มีค่าน้อยที่สุดคือ วันเสาร์ช่วงเวลา 06.00 – 07.00 น. อยู่ที่ 2.85 เมตร

5.2.4 การจำลองระบบนโยบายการเข้าใช้บริการแบบใกล้ช่องเก็บเงินมากที่สุด (SDLS: Shortest Distance Lane Selection)

นำผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองระบบจากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบแฉกคอยสั้นที่สุด จำนวน 700 รอบมาหาค่าเฉลี่ยตัวชี้วัดประสิทธิภาพ

ทำการหาค่าเฉลี่ยจำนวนแฉกคอยดั่งสมการที่ 5.6 และทำการหาค่าเฉลี่ยจำนวนแฉกคอยดั่งสมการที่ 5.7 ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.22 ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอย จากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบใกล้ช่องเก็บเงินมากที่สุด

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	1.51	0.70	0.67	0.96	0.68	0.57	0.84
07-08	2.64	1.19	1.50	1.61	1.20	1.18	1.17
08-09	5.01	4.38	5.16	6.55	5.76	8.75	5.36
09-10	18.44	18.66	18.81	21.07	20.11	22.67	11.63
10-11	42.66	41.67	36.23	43.12	49.41	24.00	16.08
11-12	43.18	38.71	32.02	47.73	47.67	28.25	19.96
12-13	29.09	22.38	21.95	32.16	29.36	25.86	17.31
13-14	21.11	22.55	24.14	28.77	29.15	27.13	22.59
14-15	26.39	32.21	32.17	34.86	43.51	29.16	31.73
15-16	36.14	34.51	38.51	40.85	43.66	50.58	44.88
16-17	34.42	35.13	34.49	39.97	35.90	59.52	58.50
17-18	29.14	30.51	35.12	34.72	38.86	65.66	66.53
18-19	24.68	27.24	26.75	24.67	28.78	54.95	66.68
19-20	15.35	16.19	17.39	14.59	19.31	36.57	53.33
20-21	11.03	11.75	11.93	9.01	14.42	24.61	40.10
21-22	5.14	6.85	6.95	4.89	6.15	14.87	25.89

จากตารางที่ 5.22 ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่มีจำนวนมากที่สุดคือ วันอาทิตย์ในช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. อยู่ที่ 66.68 คันต่อชั่วโมง ในขณะที่ช่วงเช้าของทุกวันในสัปดาห์มีจำนวนแถวคอยเล็กน้อย ทำการหาค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่คอยมากกว่า 10 วินาที ดังสมการที่ 5.8 และทำการหาค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่คอยมากกว่า 10 วินาที ดังสมการที่ 5.9 ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.23

ตารางที่ 5.23 ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่คอยมากกว่า 10 วินาที จากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบใกล้ช่องเก็บเงินมากที่สุด

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	0.61	0.27	0.25	0.39	0.24	0.23	0.28
07-08	0.94	0.40	0.49	0.54	0.41	0.41	0.37
08-09	1.66	1.54	1.81	2.33	2.02	3.13	1.87
09-10	7.74	7.80	7.74	8.79	8.33	9.00	4.25
10-11	20.24	19.71	16.89	20.49	23.90	9.59	6.10
11-12	20.09	17.90	14.15	22.43	22.82	11.20	7.49
12-13	12.34	8.95	8.87	13.73	12.66	10.23	6.24
13-14	8.16	8.87	9.74	11.65	12.03	10.32	8.53
14-15	10.42	13.34	12.76	14.39	18.87	10.97	12.14
15-16	14.21	13.34	15.25	16.44	17.59	20.98	18.13
16-17	13.19	13.56	13.34	15.53	13.80	25.06	24.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17-18	10.99	11.18	13.17	13.28	15.15	28.15	28.22
18-19	8.72	9.97	9.48	8.86	10.55	22.56	28.87
19-20	5.30	5.43	5.91	4.91	6.61	13.51	21.61
20-21	3.60	3.87	3.86	2.81	4.73	8.61	15.05
21-22	1.64	2.12	2.17	1.51	1.94	4.92	9.46

จากตารางที่ 5.23 ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่มากกว่า 10 วินาทีที่มากที่สุดคือวันอาทิตย์ ในช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. อยู่ที่ 28.87 คัน ในขณะที่ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่ค้อยมากกว่า 10 วินาทีที่น้อยที่สุดคือ วันเสาร์ ในช่วงเวลาเช้า 06.00 – 07.00 น. อาจไม่มีแถวคอยเกิดขึ้น

ทำการหาค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยรวม ดังสมการที่ 5.10 และทำการหาค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยรวม ดังสมการที่ 5.11 ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.24

ตารางที่ 5.24 ค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยรวม จากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบใกล้ช่องเก็บเงินมากที่สุด

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	12.66	5.68	5.39	7.97	5.40	4.66	6.30
07-08	20.40	8.91	11.31	12.35	9.15	8.93	8.75
08-09	37.99	34.38	40.36	51.70	46.16	70.03	41.68
09-10	164.89	168.01	168.89	189.91	180.57	196.24	94.76
10-11	428.67	419.19	358.16	436.21	508.09	210.80	134.34
11-12	429.04	383.51	301.99	481.17	483.63	247.31	165.40
12-13	265.37	196.38	192.65	297.98	272.59	225.00	140.01
13-14	179.12	196.26	210.83	255.92	263.46	229.90	189.31
14-15	228.45	291.08	282.62	316.04	412.16	244.78	269.50
15-16	314.67	295.99	336.95	360.01	388.38	458.46	399.90
16-17	290.63	298.50	292.84	345.53	306.00	549.38	538.57
17-18	243.18	251.50	294.61	293.65	334.40	616.30	625.73
18-19	199.31	223.15	214.50	200.27	235.50	497.58	630.24
19-20	119.09	124.51	135.08	112.27	149.82	300.34	474.08
20-21	83.17	89.42	90.14	66.24	109.51	194.66	337.38
21-22	38.34	50.17	50.91	35.34	44.96	113.16	211.02

จากตารางที่ 5.24 ค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยรวมที่มากที่สุดคือ วันอาทิตย์ในช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. อยู่ที่ 630.24 วินาที ค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยรวมที่มีค่าน้อยที่สุดคือ วันเสาร์ช่วงเวลา 06.00 – 07.00 น. อยู่ที่ 4.66 วินาที

ทำการหาค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอย ดังสมการที่ 5.12 และทำการหาค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอยดังสมการที่ 5.13 ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.25 ค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอย จากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบใกล้ช่องเก็บเงินมากที่สุด

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	5.85	3.84	3.38	4.59	3.63	3.20	3.80
07-08	6.55	4.71	5.28	5.66	4.71	4.70	4.60
08-09	7.30	7.33	7.43	7.54	7.69	7.84	7.41
09-10	8.75	8.81	8.76	8.85	8.79	8.50	7.98
10-11	9.91	9.92	9.71	9.95	10.15	8.65	8.22
11-12	9.80	9.76	9.29	9.96	10.01	8.61	8.18
12-13	8.98	8.65	8.62	9.16	9.13	8.55	7.98
13-14	8.37	8.54	8.58	8.75	8.90	8.35	8.23
14-15	8.51	8.89	8.65	8.94	9.35	8.29	8.37
15-16	8.60	8.45	8.62	8.68	8.81	8.96	8.77
16-17	8.34	8.39	8.36	8.52	8.42	9.11	9.10
17-18	8.22	8.13	8.28	8.34	8.51	9.27	9.28
18-19	7.91	8.05	7.92	8.00	8.07	8.92	9.35
19-20	7.62	7.54	7.66	7.56	7.65	8.11	8.78
20-21	7.41	7.45	7.44	7.24	7.44	7.79	8.28
21-22	7.19	7.19	7.21	6.91	7.07	7.52	8.02

จากตารางที่ 5.25 แสดงค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอย ที่มากที่สุดคือ วันอาทิตย์ในช่วงเวลา 18.00 – 19.00 น. อยู่ที่ 9.35 วินาทีต่อกัน ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอยที่น้อยที่สุดคือ วันเสาร์ช่วงเวลา 06.00 – 07.00 น. อยู่ที่ 3.20 วินาทีต่อกัน

ทำการหาค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่คอยติดต่อกันมากที่สุดในแต่ละชั่วโมง ดังสมการที่ 5.14 และทำการหาค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่ติดต่อกันมากที่สุดในแต่ละชั่วโมง ดังสมการที่ 5.15 ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.26

ตารางที่ 5.26 ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่ติดต่อกันมากที่สุด จากนโยบายการเข้าใช้บริการแบบใกล้ช่องเก็บเงินมากที่สุด

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	0.73	0.40	0.37	0.50	0.37	0.28	0.42
07-08	1.11	0.71	0.83	0.86	0.72	0.70	0.72
08-09	1.42	1.36	1.47	1.64	1.57	1.89	1.47
09-10	2.89	3.00	2.95	3.12	3.08	3.15	2.21
10-11	4.86	4.83	4.45	5.07	5.53	3.32	2.68
11-12	5.01	4.78	4.03	5.32	5.32	3.60	2.92
12-13	3.78	3.20	3.23	4.02	3.88	3.51	2.72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13-14	3.07	3.27	3.40	3.78	3.89	3.60	3.15
14-15	3.57	4.15	3.97	4.30	5.12	3.72	3.85
15-16	4.24	4.05	4.45	4.57	4.95	5.44	4.85
16-17	4.04	4.12	4.01	4.47	4.21	6.13	6.08
17-18	3.57	3.71	4.12	4.14	4.47	6.61	6.71
18-19	3.25	3.40	3.31	3.18	3.50	5.75	6.71
19-20	2.38	2.36	2.50	2.25	2.62	4.06	5.48
20-21	1.96	2.01	2.00	1.73	2.20	3.11	4.38
21-22	2.83	1.37	1.50	1.57	1.31	1.47	2.25

จากตารางที่ 5.26 ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอกที่ติดต่อเนื่องกันมากที่สุดที่มีค่ามากที่สุดคือ วันอาทิตย์ในช่วงเวลา 17.00 – 19.00 น. อยู่ที่ 6.71 คัน ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอกที่ติดต่อเนื่องกันมากที่สุดที่มีค่าน้อยที่สุดคือ วันเสาร์ในช่วงเวลา 06.00 – 07.00 น. อาจไม่มีแถวคอกเกิดขึ้น

ทำการหาค่าเฉลี่ยระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากแถวคอกที่ติดต่อเนื่องกันมากที่สุด ดังสมการที่ 5.16 และทำการหาค่าเฉลี่ยระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากแถวคอกที่ติดต่อเนื่องกันมากที่สุด ดังสมการที่ 5.17 ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.27

ตารางที่ 5.27 ค่าเฉลี่ยระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากแถวคอกติดต่อเนื่องกันมากที่สุด จากนโยบายแบบใกล้ชิดช่องเก็บเงินมากที่สุด

Hour/Day	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
06-07	7.08	4.01	3.48	4.99	3.31	2.72	3.90
07-08	9.57	6.37	8.26	7.65	5.90	6.53	6.79
08-09	10.05	10.07	10.70	11.60	11.50	12.81	10.69
09-10	27.23	27.72	26.69	28.20	27.72	22.90	15.79
10-11	54.32	55.12	47.56	52.85	61.10	24.92	19.57
11-12	52.81	46.71	40.14	55.77	56.58	25.44	20.23
12-13	34.98	26.15	24.65	33.90	33.81	23.86	17.14
13-14	22.27	23.61	23.78	26.95	28.36	23.53	19.73
14-15	24.72	30.19	26.42	30.31	37.58	22.21	23.26
15-16	25.33	23.66	27.04	27.01	28.96	31.49	29.06
16-17	22.81	23.55	22.42	25.90	24.01	34.83	35.50
17-18	20.52	20.89	23.43	23.82	25.38	37.59	38.41
18-19	18.51	19.10	18.70	18.25	20.22	32.08	37.40
19-20	13.12	13.01	13.68	12.69	14.24	21.40	30.04
20-21	10.94	11.16	11.26	9.75	12.14	16.88	23.55
21-22	16.01	8.31	9.00	9.15	8.00	8.48	12.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

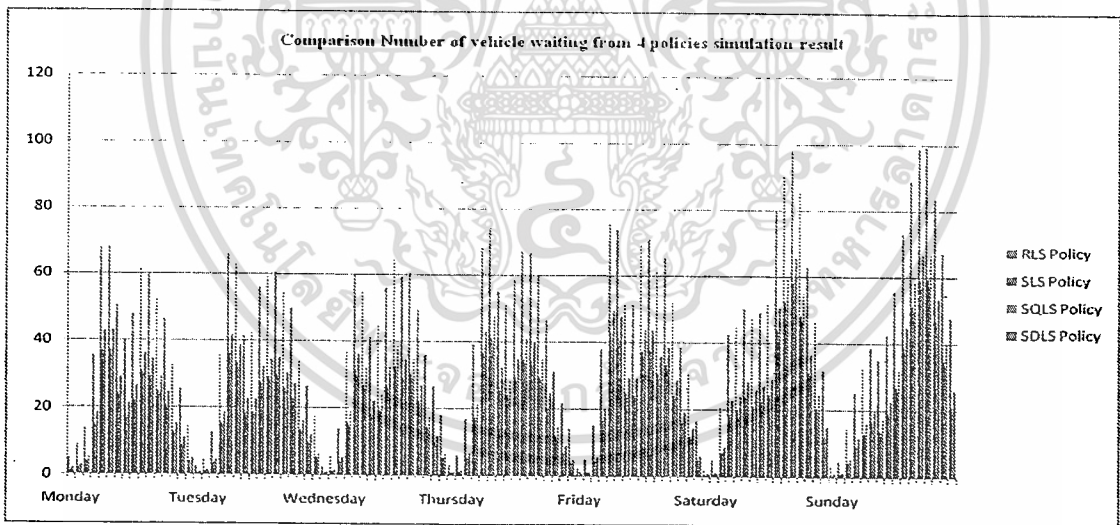
จากตารางที่ 5.27 ค่าเฉลี่ยระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากแถวคอยติดต่อกันมากที่สุดที่มีค่ามากที่สุดคือ วันศุกร์ในช่วงเวลา 10.00 – 11.00 น. อยู่ที่ 61.10 เมตร ในขณะที่ค่าเฉลี่ยระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากแถวคอยติดต่อกันมากที่สุด ที่มีค่าน้อยที่สุดคือ วันเสาร์ช่วงเวลา 06.00 – 07.00 น. อยู่ที่ 2.72 เมตร

5.3 เปรียบเทียบผลลัพธ์การจำลองระบบ 2 ช่องทาง จากนโยบายการเข้าใช้บริการที่แตกต่างกัน

5.3.1 จำนวนแถวคอย

นำผลลัพธ์ค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยจากการจำลองระบบทั้ง 4 นโยบายมาทำการเปรียบเทียบ โดยเรียงตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ ดังแสดงในรูปที่ 5.15

รูปที่ 5.15 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จำนวนแถวคอยจากการจำลองระบบ 2 นโยบายการเข้าใช้บริการที่มีจำนวนแถวคอยน้อยที่สุดคือ นโยบายการเข้าใช้บริการแบบแถวคอยสั้นที่สุด รองลงมาคือนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสลับ ในขณะที่นโยบายที่มีจำนวนแถวคอยมากที่สุดคือ นโยบายการเข้าใช้บริการแบบสุ่ม



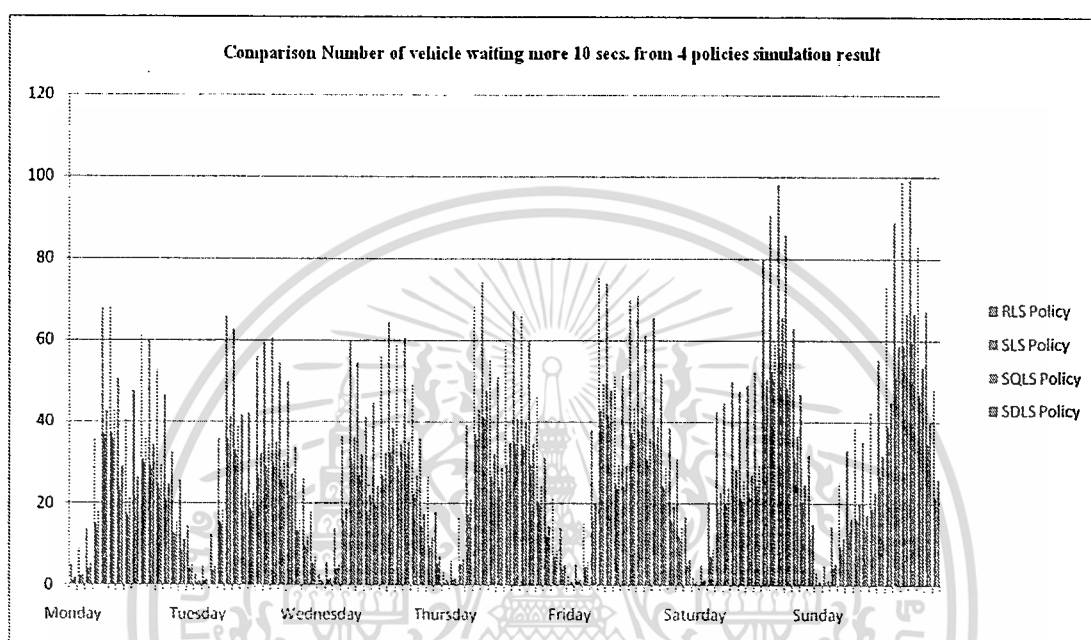
รูปที่ 5.15 เปรียบเทียบผลลัพธ์จำนวนแถวคอยจากการจำลองระบบ 2 ช่องทาง ทั้ง 4 นโยบายการเข้าใช้บริการ

5.3.2 จำนวนแถวคอยที่ต้องคอยมากกว่า 10 วินาที

นำผลลัพธ์ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยจากการจำลองระบบทั้ง 4 นโยบายมาทำการเปรียบเทียบโดยเรียงตามรายชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์ ดังแสดงในรูปที่ 5.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.16 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จำนวนแถวคอยที่ต้องคอยมากกว่า 10 วินาที จากการจำลองระบบ นโยบายการเข้าใช้บริการที่มีจำนวนแถวคอยที่คอยมากกว่า 10 วินาทีน้อยที่สุดคือนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสลับ รองลงมาคือนโยบายการเข้าใช้บริการแบบแถวคอยสั้นที่สุด ในขณะที่นโยบายที่มีจำนวนแถวคอยที่ต้องคอยมากกว่า 10 วินาที ที่มากที่สุดคือนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสุ่ม

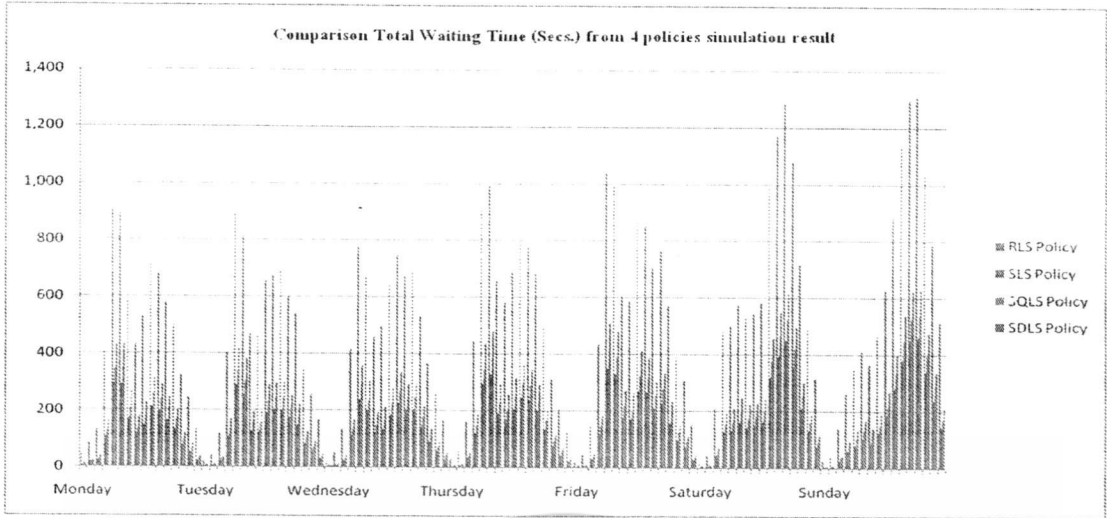


รูปที่ 5.16 เปรียบเทียบผลลัพธ์จำนวนแถวคอยที่คอยมากกว่า 10 วินาที จากการจำลองระบบ 2 ช่องทางทั้ง 4 นโยบายการเข้าใช้บริการ

5.3.3 เวลาคอยโดยรวม

นำผลลัพธ์ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยรวมจากการจำลองระบบทั้ง 4 นโยบายมาทำการเปรียบเทียบโดยเรียงตามรายชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์ ดังแสดงในรูปที่ 5.17

รูปที่ 5.17 การเปรียบเทียบผลลัพธ์เวลาคอยโดยรวม จากการจำลองระบบ นโยบายการเข้าใช้บริการที่มีเวลาคอยโดยรวมน้อยที่สุดคือนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสลับ รองลงมาคือนโยบายการเข้าใช้บริการแบบแถวคอยสั้นที่สุด ในขณะที่นโยบายที่มีเวลาคอยโดยรวมมากที่สุดคือนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสุ่ม

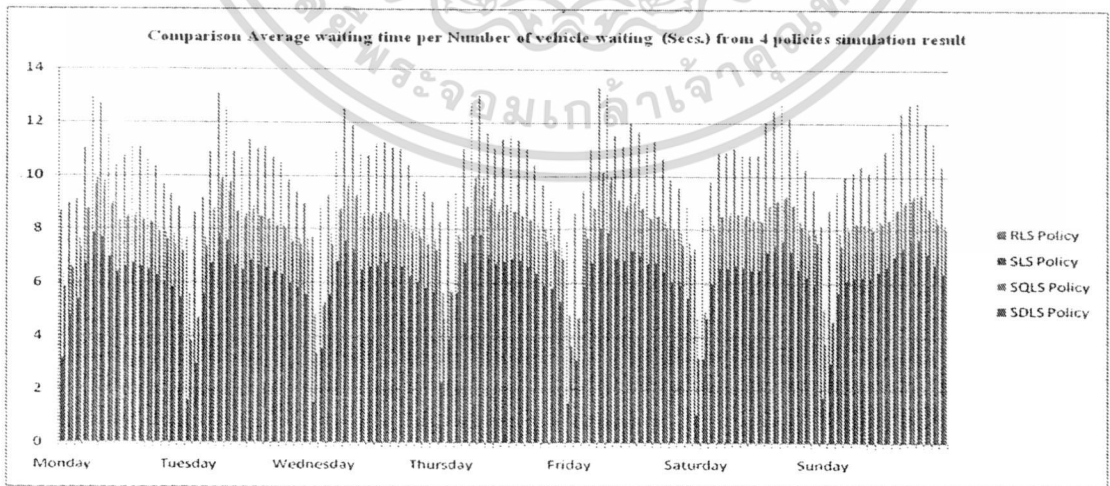


รูปที่ 5.17 เปรียบเทียบผลลัพธ์เวลาคอยโดยรวมจากการจำลองระบบ 2 ช่องทางทั้ง 4 นโยบายการเข้าใช้บริการ

5.3.4 เวลาคอยโดยเฉลี่ย

นำผลลัพธ์ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอย จากการจำลองระบบทั้ง 4 นโยบายมาทำการเปรียบเทียบโดยเรียงตามรายชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์ ดังแสดงในรูปที่ 5.18

รูปที่ 5.18 การเปรียบเทียบผลลัพธ์เวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอย จากการจำลองระบบนโยบายการเข้าใช้บริการที่มีเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคายน้อยที่สุดคือนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสลับ รองลงมาคือนโยบายการเข้าใช้บริการแบบแถวคอยสั้นที่สุด ในขณะที่นโยบายที่มีเวลาคอยโดยรวมมากที่สุดคือนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสุ่ม



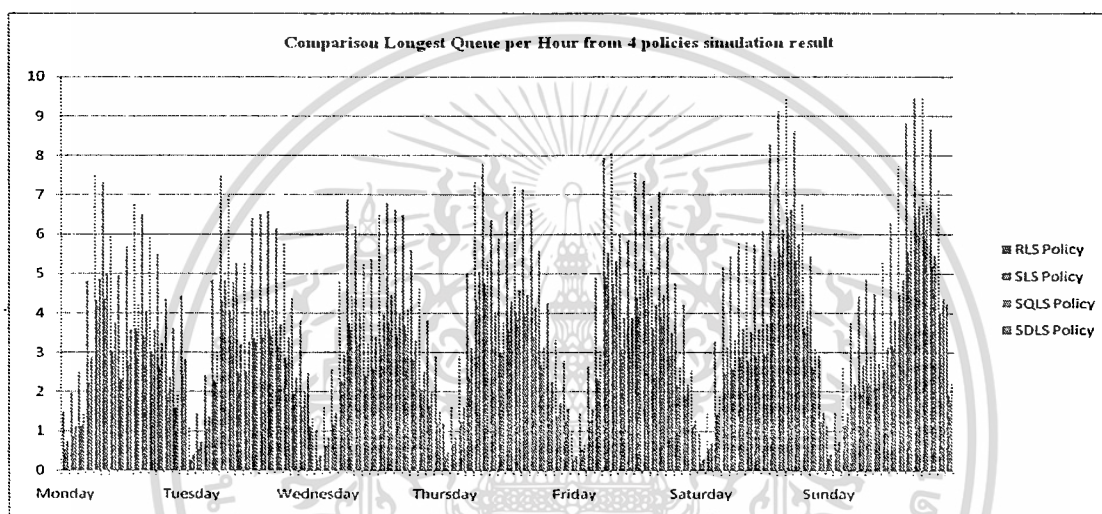
รูปที่ 5.18 เปรียบเทียบผลลัพธ์เวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอย จากการจำลองระบบ 2 ช่องทางทั้ง 4 นโยบายการเข้าใช้บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.5 จำนวนแถวคอยที่ติดต่อนิ่งกันมากที่สุด

นำผลลัพธ์ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนิ่งกันมากที่สุด จากการจำลองระบบ ทั้ง 4 นโยบายมาทำการเปรียบเทียบ โดยเรียงตามรายชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์ ดังแสดงในรูปที่ 5.19

รูปที่ 5.19 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จำนวนแถวคอยที่ติดต่อนิ่งกันมากที่สุด จากการจำลองระบบ นโยบายการเข้าใช้บริการที่มีจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนิ่งกันมากที่สุดที่น้อยที่สุดคือ นโยบายการเข้าใช้บริการแบบแถวคอยสั้นที่สุด รองลงมาคือ นโยบายการเข้าใช้บริการแบบสลับ ในขณะที่นโยบายที่มีเวลาคอยโดยรวมมากที่สุดคือ นโยบายการเข้าใช้บริการแบบสุ่ม

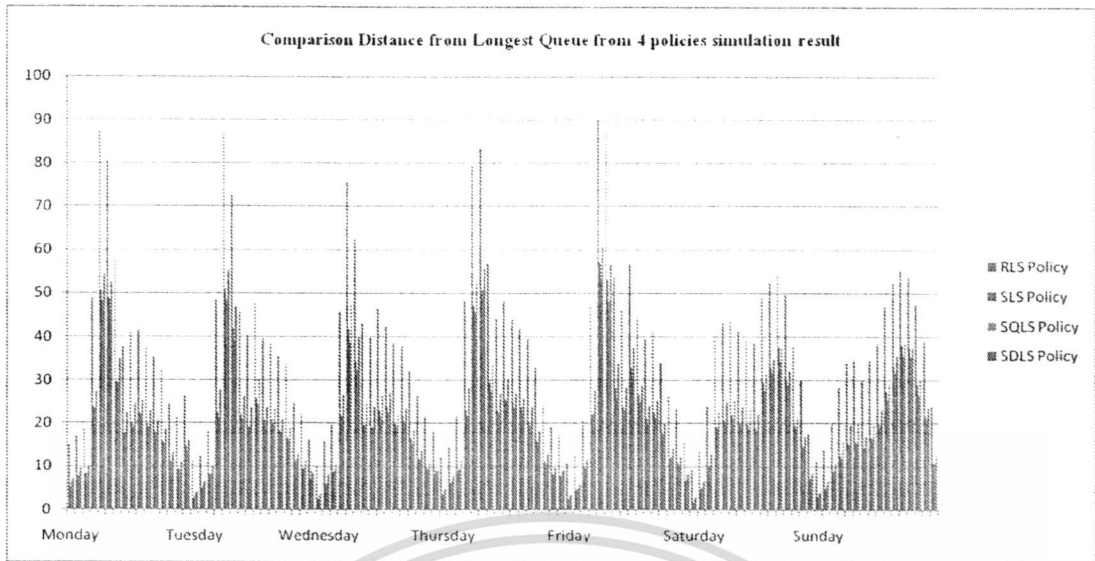


รูปที่ 5.19 เปรียบเทียบผลลัพธ์จำนวนแถวคอยที่ติดต่อนิ่งกันมากที่สุด จากการจำลองระบบ 2 ช่องทางทั้ง 4 นโยบายการเข้าใช้บริการ

5.3.6 ระยะเวลาที่ถูกรู้เนื่องจากจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนิ่งกันมากที่สุด

นำผลลัพธ์ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ถูกรู้เนื่องจากจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนิ่งกันมากที่สุด จากการจำลองระบบทั้ง 4 นโยบายมาทำการเปรียบเทียบ โดยเรียงตามรายชั่วโมงของวัน ตามวันในสัปดาห์ ดังแสดงในรูปที่ 5.20

รูปที่ 5.20 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ระยะเวลาที่ถูกรู้เนื่องจากจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนิ่งกันมากที่สุด จากการจำลองระบบ นโยบายการเข้าใช้บริการที่มีระยะเวลาที่ถูกรู้เนื่องจากจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนิ่งกันมากที่สุดที่น้อยที่สุดคือ นโยบายการเข้าใช้บริการแบบแถวคอยสั้นที่สุด รองลงมาคือ นโยบายการเข้าใช้บริการแบบสลับ ในขณะที่นโยบายที่มีเวลาคอยโดยรวมมากที่สุดคือ นโยบายการเข้าใช้บริการแบบสุ่ม



รูปที่ 5.20 เปรียบเทียบผลลัพธ์ระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนิ่งกันมากที่สุดจากการจำลองระบบ 2 ช่องทางทั้ง 4 นโยบายการเข้าใช้บริการ

5.4 สรุปผลลัพธ์การจำลองระบบการเพิ่มช่องทางที่ 2

จากผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์การจำลองระบบนำมาสรุปคุณลักษณะเด่นของนโยบายที่แตกต่างกันได้ดังตารางที่ 5.28

ตารางที่ 5.28 แสดงคุณลักษณะเด่นของนโยบายทั้ง 4 นโยบายการเข้าใช้บริการ

Policy	NQ	NQT	TWT	AVGWT	LQ	LD
RLS	X	X	X	X	X	X
SLS	X	✓	✓	✓	X	X
SQLS	✓	X	X	X	✓	✓
SDLS	X	X	X	X	X	X

จากตารางที่ 5.28 แสดงคุณลักษณะเด่นของนโยบายทั้ง 4 นโยบาย ในนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสลับ ให้ผลลัพธ์จำนวนแถวคอยที่คอยมากกว่า 10 วินาที น้อยที่สุด เวลาคอยโดยรวมน้อยที่สุด และเวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อจำนวนแถวคอยน้อยที่สุด ส่วนในแบบจำลองแถวคอยสั้นที่สุดให้ผลลัพธ์จำนวนแถวคอยน้อยที่สุด ความยาวแถวคอยที่ติดต่อนิ่งกันน้อยที่สุด และระยะทางที่ถูกใช้เนื่องจากจำนวนแถวคอยที่ติดต่อนิ่งกันมากที่สุดน้อยที่สุด ในขณะที่นโยบายแบบสุ่มและนโยบายแบบใกล้ช่องเก็บเงินมากที่สุดไม่แสดงคุณลักษณะของตัวชี้วัดประสิทธิภาพที่ใช้วัด

ข้อสรุปผลลัพธ์การจำลองระบบการเพิ่มช่องทางที่ 2 ในนโยบายการเข้าใช้บริการแบบสลับ อาจให้ผลลัพธ์ที่ดีสำหรับตัวชี้วัดประสิทธิภาพ แต่ในทางปฏิบัติอาจจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ช่วยเหลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการกำหนดช่องทางเข้าให้กับระบบจริง ในขณะที่นโยบายการเข้าใช้บริการแบบแถวคอยสั้นที่สุดไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ช่วยเหลือ เนื่องจากผู้ใช้บริการที่เข้าใช้บริการอาจสังเกตระบบปัจจุบันและเลือกใช้บริการตามนโยบายชนิดนี้ และในขณะเดียวกันผู้ใช้บริการที่เข้าใช้บริการบางส่วนอาจมีรูปแบบการมาถึงแบบนโยบายใกล้ช่องเก็บเงินมากที่สุด เนื่องจากบางผู้ใช้บริการไม่ต้องการที่จะเข้าสู่แถวคอยที่เป็นรอนานาใหญ่ (มีระยะห่างจากช่องเก็บเงินมาก)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ระบบด้านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางฯ ระหว่างประเทศไทย-ลาว แห่งที่ 1 จังหวัดหนองคาย เป็นเส้นทางหลักในการขนส่งสินค้าไปยังประเทศลาว ดังจะเห็นได้ว่าในวันทำงานนั้นจะมีจำนวนรถขนส่งขนาดใหญ่ที่ใช้ขนส่งเป็นจำนวนมากกว่าวันหยุดสุดสัปดาห์ ส่งผลให้รายได้ที่เกิดขึ้นนั้นสูงตามไปด้วยเนื่องจากอัตราค่าธรรมเนียมที่สูง ในขณะที่เดียวกันในวันหยุดสุดสัปดาห์มีปริมาณรถเล็กที่ใช้เดินทางเพื่อข้ามประเทศอยู่เป็นจำนวนมากทำให้เกิดแถวคอยที่ยาวมากขึ้นถึงแม้ว่ารถขนาดเล็กจะใช้เวลาในการบริการน้อยกว่ารถที่มีขนาดใหญ่ก็ตาม

การจำลองระบบเป็นเทคนิคหนึ่งที่สามารถช่วยให้ทราบถึงสถานการณ์เมื่อระบบมีการเปลี่ยนแปลงไป โดยเป็นการคาดการณ์เหตุการณ์ล่วงหน้าเพื่อพร้อมรับกับสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นจากระบบที่ทำการจำลอง โดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานจากระบบจริงและนำข้อมูลพื้นฐานเหล่านั้นมาขยายหรือมองถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับระบบ ทั้งส่วนที่เป็นข้อมูลนำเข้าและข้อมูลผลลัพธ์เพื่อใช้วัดประสิทธิภาพของระบบ อย่างไรก็ตามการจำลองระบบเหมาะกับระบบที่สนใจและทำการศึกษาเพื่อเป็นตัวอย่างพื้นฐานแก่งานด้านอื่น ๆ ที่อาจมีความคล้ายคลึงกัน เช่น ในการจำลองระบบอาจจะใช้ในการจำลองสถานการณ์ของการให้บริการโทรศัพท์ ณ ตำแหน่งเสาสัญญาณต้นหนึ่ง สัญญาณสองต้น หรือครอบคลุมเป็นเสาสัญญาณ 3 ต้นเพื่อค้นหาตำแหน่งให้มีประสิทธิภาพ เป็นต้น

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการจำลองระบบเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจสะพานมิตรภาพไทย-ลาว แห่งที่ 1 จังหวัดหนองคาย เพื่อช่วยให้ผู้บริหารทราบถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเพิ่มช่องทางที่ 2 เกิดขึ้น โดยในการทดลองจำลองระบบจำนวน 1 ช่องทาง มีการพัฒนาแบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึง เพื่อค้นหาแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปใช้ในการจำลองระบบจำนวน 2 ช่องทาง แบบจำลองที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดคือแบบจำลองอัตราเฉลี่ยการมาถึงแปรผันสามตัวแปร ตามชั่วโมง ตามวันในสัปดาห์ จำแนกตามประเภทรถจากค่าเฉลี่ยแท้ โดยเมื่อระบบเปลี่ยนเป็น 2 ช่องทางทำให้คุณลักษณะการเข้าใช้บริการสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 นโยบาย ได้แก่ การเข้าใช้บริการแบบสุ่ม การเข้าใช้บริการแบบสลับ การเข้าใช้บริการแบบแถวคอยสั้นที่สุด การเข้าใช้บริการแบบใกล้ช่องเก็บเงินมากที่สุด ซึ่งการเข้าใช้บริการแบบสลับให้จำนวนแถวคอยที่ต้องคอยมากกว่า 10 วินาที, เวลาคอยโดยรวมและเวลาคอยโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด แต่ในขณะที่การเข้าใช้บริการแบบแถวคอยสั้นที่สุดให้จำนวนแถวคอย, ความยาวแถวคอยที่ติดต่อเนื่องกันมากที่สุดและพื้นที่ ๆ ถูกใช้เนื่องจากแถวคอยที่ติดต่อเนื่องกันมากที่สุด น้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] Adan, I., Resing, J., **Queuing Theory**. [Online]. Available:
<http://www.win.tue.nl/~iadan/queueing.pdf>. 2002. [Accessed: 27 January 2009].
- [2] Bekker, J., Viviers, L., **Using computer simulation to determine operations policies for a mechanised car park**, *Simulation Modeling Practice and Theory*. 16(6), 2008, pp. 613-625.
- [3] Leemis, L., **Input modeling techniques for discrete-event simulations**, *Proceeding of the 2001 Winter Simulation Conference*, 2001, pp. 218-230.
- [3] Maria, A., **Introduction to modeling and simulation**, *Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference*, 1997. pp. 7-13.
- [4] Preston White Jr., K. **Simulating a nonstationary poisson process using bivariate thinning: the case of "TYPICAL WEEKDAY" arrivals at a consumer electronics store**, *Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference*, 1999, pp. 458-461.
- [5] Gross, D., Harris, M., **Fundamentals of Queuing Theory**, 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc., Third Avenue, New York, 1998.
- [6] Kelton, W., Sadowski, R., Sturrock, D. **Simulation with Arena**, 4th ed., Magraw-Hill, Avenue of the Americas, New York, 2007.
- [7] Turban, E., Aronson, J., Peng Liang, T., **Decision Support Systems and Intelligent Systems**, 7th ed., Pearson Education Inc., Upper Saddle River, New Jersey, 2005.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.

ข้อมูลจากระบบด้านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางระหว่างประเทศสะพานมิตรภาพไทย-ลาว แห่ง
ที่ 1 จังหวัดหนองคาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-1 แสดงจำนวนรถไม่มีการแยกประเภทตามสัปดาห์ w วันในสัปดาห์ d ตามชั่วโมงที่ h (n_{wdh})

Week	Day_of_Week	Hour_of_Day	Number of vehicles
1	Monday	06-07	14
1	Monday	07-08	24
1	Monday	08-09	42
1	Monday	09-10	78
1	Monday	10-11	75
1	Monday	11-12	80
1	Monday	12-13	82
1	Monday	13-14	81
1	Monday	14-15	87
1	Monday	15-16	125
1	Monday	16-17	125
1	Monday	17-18	139
1	Monday	18-19	139
1	Monday	19-20	102
1	Monday	20-21	95
1	Monday	21-22	64
1	Tuesday	06-07	11
1	Tuesday	07-08	22
1	Tuesday	08-09	38
1	Tuesday	09-10	93
1	Tuesday	10-11	68
1	Tuesday	11-12	116
1	Tuesday	12-13	94
1	Tuesday	13-14	85
1	Tuesday	14-15	71
1	Tuesday	15-16	88
1	Tuesday	16-17	104
1	Tuesday	17-18	97
1	Tuesday	18-19	114
1	Tuesday	19-20	92
1	Tuesday	20-21	67
1	Tuesday	21-22	72
1	Wednesday	06-07	12
1	Wednesday	07-08	18
1	Wednesday	08-09	32
1	Wednesday	09-10	63
1	Wednesday	10-11	70
1	Wednesday	11-12	64
1	Wednesday	12-13	83
1	Wednesday	13-14	106
1	Wednesday	14-15	89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1	Wednesday	15-16	108
1	Wednesday	16-17	104
1	Wednesday	17-18	128
1	Wednesday	18-19	107
1	Wednesday	19-20	92
1	Wednesday	20-21	72
1	Wednesday	21-22	72
1	Thursday	06-07	18
1	Thursday	07-08	26
1	Thursday	08-09	46
1	Thursday	09-10	107
1	Thursday	10-11	137
1	Thursday	11-12	66
1	Thursday	12-13	82
1	Thursday	13-14	103
1	Thursday	14-15	113
1	Thursday	15-16	136
1	Thursday	16-17	115
1	Thursday	17-18	133
1	Thursday	18-19	99
1	Thursday	19-20	95
1	Thursday	20-21	70
1	Thursday	21-22	63
1	Friday	06-07	3
1	Friday	07-08	18
1	Friday	08-09	55
1	Friday	09-10	74
1	Friday	10-11	133
1	Friday	11-12	137
1	Friday	12-13	115
1	Friday	13-14	91
1	Friday	14-15	93
1	Friday	15-16	102
1	Friday	16-17	146
1	Friday	17-18	97
1	Friday	18-19	123
1	Friday	19-20	118
1	Friday	20-21	89
1	Friday	21-22	46
1	Saturday	06-07	17
1	Saturday	07-08	17
1	Saturday	08-09	33
1	Saturday	09-10	116
1	Saturday	10-11	92
1	Saturday	11-12	102

เอกสารที่ 11-12 สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1	Saturday	12-13	89
1	Saturday	13-14	97
1	Saturday	14-15	101
1	Saturday	15-16	129
1	Saturday	16-17	169
1	Saturday	17-18	183
1	Saturday	18-19	146
1	Saturday	19-20	144
1	Saturday	20-21	115
1	Saturday	21-22	86
1	Sunday	06-07	17
1	Sunday	07-08	32
1	Sunday	08-09	52
1	Sunday	09-10	92
1	Sunday	10-11	79
1	Sunday	11-12	84
1	Sunday	12-13	77
1	Sunday	13-14	97
1	Sunday	14-15	109
1	Sunday	15-16	134
1	Sunday	16-17	159
1	Sunday	17-18	162
1	Sunday	18-19	201
1	Sunday	19-20	153
1	Sunday	20-21	114
1	Sunday	21-22	87
2	Monday	06-07	19
2	Monday	07-08	35
2	Monday	08-09	54
2	Monday	09-10	78
2	Monday	10-11	118
2	Monday	11-12	92
2	Monday	12-13	75
2	Monday	13-14	99
2	Monday	14-15	105
2	Monday	15-16	131
2	Monday	16-17	92
2	Monday	17-18	113
2	Monday	18-19	111
2	Monday	19-20	90
2	Monday	20-21	88
2	Monday	21-22	47
2	Tuesday	06-07	22
2	Tuesday	07-08	27
2	Tuesday	08-09	61

เอกสารที่แนบมาสำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2	Tuesday	09-10	96
2	Tuesday	10-11	48
2	Tuesday	11-12	110
2	Tuesday	12-13	86
2	Tuesday	13-14	77
2	Tuesday	14-15	132
2	Tuesday	15-16	118
2	Tuesday	16-17	101
2	Tuesday	17-18	116
2	Tuesday	18-19	115
2	Tuesday	19-20	93
2	Tuesday	20-21	86
2	Tuesday	21-22	49
2	Wednesday	06-07	11
2	Wednesday	07-08	29
2	Wednesday	08-09	62
2	Wednesday	09-10	109
2	Wednesday	10-11	113
2	Wednesday	11-12	102
2	Wednesday	12-13	92
2	Wednesday	13-14	114
2	Wednesday	14-15	125
2	Wednesday	15-16	112
2	Wednesday	16-17	122
2	Wednesday	17-18	120
2	Wednesday	18-19	122
2	Wednesday	19-20	96
2	Wednesday	20-21	74
2	Wednesday	21-22	66
2	Thursday	06-07	32
2	Thursday	07-08	27
2	Thursday	08-09	64
2	Thursday	09-10	68
2	Thursday	10-11	125
2	Thursday	11-12	124
2	Thursday	12-13	93
2	Thursday	13-14	103
2	Thursday	14-15	97
2	Thursday	15-16	121
2	Thursday	16-17	127
2	Thursday	17-18	126
2	Thursday	18-19	101
2	Thursday	19-20	91
2	Thursday	20-21	81
2	Thursday	21-22	71

เอกสารที่ ๒๑ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2	Friday	06-07	19
2	Friday	07-08	36
2	Friday	08-09	53
2	Friday	09-10	108
2	Friday	10-11	84
2	Friday	11-12	102
2	Friday	12-13	93
2	Friday	13-14	113
2	Friday	14-15	119
2	Friday	15-16	117
2	Friday	16-17	139
2	Friday	17-18	115
2	Friday	18-19	105
2	Friday	19-20	124
2	Friday	20-21	102
2	Friday	21-22	73
2	Saturday	06-07	19
2	Saturday	07-08	27
2	Saturday	08-09	71
2	Saturday	09-10	103
2	Saturday	10-11	93
2	Saturday	11-12	92
2	Saturday	12-13	103
2	Saturday	13-14	103
2	Saturday	14-15	111
2	Saturday	15-16	155
2	Saturday	16-17	153
2	Saturday	17-18	162
2	Saturday	18-19	141
2	Saturday	19-20	130
2	Saturday	20-21	108
2	Saturday	21-22	92
2	Sunday	06-07	23
2	Sunday	07-08	26
2	Sunday	08-09	48
2	Sunday	09-10	79
2	Sunday	10-11	69
2	Sunday	11-12	87
2	Sunday	12-13	105
2	Sunday	13-14	99
2	Sunday	14-15	135
2	Sunday	15-16	138
2	Sunday	16-17	136
2	Sunday	17-18	159
2	Sunday	18-19	149

เอกสารที่ออกสำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษา 149 นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2	Sunday	19-20	123
2	Sunday	20-21	156
2	Sunday	21-22	119
3	Monday	06-07	27
3	Monday	07-08	44
3	Monday	08-09	44
3	Monday	09-10	49
3	Monday	10-11	134
3	Monday	11-12	149
3	Monday	12-13	101
3	Monday	13-14	79
3	Monday	14-15	106
3	Monday	15-16	105
3	Monday	16-17	122
3	Monday	17-18	96
3	Monday	18-19	102
3	Monday	19-20	78
3	Monday	20-21	82
3	Monday	21-22	49
3	Tuesday	06-07	16
3	Tuesday	07-08	24
3	Tuesday	08-09	56
3	Tuesday	09-10	72
3	Tuesday	10-11	108
3	Tuesday	11-12	88
3	Tuesday	12-13	94
3	Tuesday	13-14	100
3	Tuesday	14-15	138
3	Tuesday	15-16	124
3	Tuesday	16-17	123
3	Tuesday	17-18	130
3	Tuesday	18-19	105
3	Tuesday	19-20	91
3	Tuesday	20-21	93
3	Tuesday	21-22	54
3	Wednesday	06-07	21
3	Wednesday	07-08	28
3	Wednesday	08-09	59
3	Wednesday	09-10	77
3	Wednesday	10-11	93
3	Wednesday	11-12	60
3	Wednesday	12-13	51
3	Wednesday	13-14	66
3	Wednesday	14-15	75
3	Wednesday	15-16	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารสำหรับบริการวิชาการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3	Wednesday	16-17	81
3	Wednesday	17-18	103
3	Wednesday	18-19	83
3	Wednesday	19-20	77
3	Wednesday	20-21	75
3	Wednesday	21-22	58
3	Thursday	06-07	18
3	Thursday	07-08	26
3	Thursday	08-09	68
3	Thursday	09-10	76
3	Thursday	10-11	105
3	Thursday	11-12	105
3	Thursday	12-13	93
3	Thursday	13-14	95
3	Thursday	14-15	113
3	Thursday	15-16	126
3	Thursday	16-17	135
3	Thursday	17-18	139
3	Thursday	18-19	101
3	Thursday	19-20	94
3	Thursday	20-21	72
3	Thursday	21-22	63
3	Friday	06-07	19
3	Friday	07-08	32
3	Friday	08-09	57
3	Friday	09-10	79
3	Friday	10-11	108
3	Friday	11-12	110
3	Friday	12-13	109
3	Friday	13-14	99
3	Friday	14-15	135
3	Friday	15-16	138
3	Friday	16-17	126
3	Friday	17-18	147
3	Friday	18-19	119
3	Friday	19-20	101
3	Friday	20-21	104
3	Friday	21-22	72
3	Saturday	06-07	20
3	Saturday	07-08	42
3	Saturday	08-09	60
3	Saturday	09-10	89
3	Saturday	10-11	110
3	Saturday	11-12	82
3	Saturday	12-13	107

เอกสารที่ ๑๒ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3	Saturday	13-14	85
3	Saturday	14-15	89
3	Saturday	15-16	138
3	Saturday	16-17	153
3	Saturday	17-18	143
3	Saturday	18-19	142
3	Saturday	19-20	135
3	Saturday	20-21	95
3	Saturday	21-22	87
3	Sunday	06-07	13
3	Sunday	07-08	30
3	Sunday	08-09	56
3	Sunday	09-10	76
3	Sunday	10-11	81
3	Sunday	11-12	77
3	Sunday	12-13	80
3	Sunday	13-14	80
3	Sunday	14-15	114
3	Sunday	15-16	123
3	Sunday	16-17	165
3	Sunday	17-18	174
3	Sunday	18-19	167
3	Sunday	19-20	157
3	Sunday	20-21	116
3	Sunday	21-22	113
4	Monday	06-07	30
4	Monday	07-08	33
4	Monday	08-09	59
4	Monday	09-10	100
4	Monday	10-11	105
4	Monday	11-12	114
4	Monday	12-13	109
4	Monday	13-14	84
4	Monday	14-15	108
4	Monday	15-16	138
4	Monday	16-17	104
4	Monday	17-18	119
4	Monday	18-19	110
4	Monday	19-20	85
4	Monday	20-21	84
4	Monday	21-22	64
4	Tuesday	06-07	21
4	Tuesday	07-08	30
4	Tuesday	08-09	63
4	Tuesday	09-10	96

เอกสารที่แนบมาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4	Tuesday	10-11	99
4	Tuesday	11-12	132
4	Tuesday	12-13	105
4	Tuesday	13-14	105
4	Tuesday	14-15	102
4	Tuesday	15-16	143
4	Tuesday	16-17	125
4	Tuesday	17-18	120
4	Tuesday	18-19	104
4	Tuesday	19-20	97
4	Tuesday	20-21	81
4	Tuesday	21-22	47
4	Wednesday	06-07	34
4	Wednesday	07-08	41
4	Wednesday	08-09	40
4	Wednesday	09-10	110
4	Wednesday	10-11	150
4	Wednesday	11-12	171
4	Wednesday	12-13	119
4	Wednesday	13-14	125
4	Wednesday	14-15	137
4	Wednesday	15-16	155
4	Wednesday	16-17	126
4	Wednesday	17-18	122
4	Wednesday	18-19	109
4	Wednesday	19-20	90
4	Wednesday	20-21	71
4	Wednesday	21-22	57
4	Thursday	06-07	29
4	Thursday	07-08	44
4	Thursday	08-09	42
4	Thursday	09-10	129
4	Thursday	10-11	144
4	Thursday	11-12	118
4	Thursday	12-13	103
4	Thursday	13-14	121
4	Thursday	14-15	135
4	Thursday	15-16	126
4	Thursday	16-17	134
4	Thursday	17-18	140
4	Thursday	18-19	106
4	Thursday	19-20	84
4	Thursday	20-21	79
4	Thursday	21-22	57
4	Friday	06-07	19

เอกสารที่แนบมาสำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4	Friday	07-08	21
4	Friday	08-09	29
4	Friday	09-10	113
4	Friday	10-11	159
4	Friday	11-12	165
4	Friday	12-13	125
4	Friday	13-14	108
4	Friday	14-15	162
4	Friday	15-16	147
4	Friday	16-17	135
4	Friday	17-18	165
4	Friday	18-19	67
4	Friday	19-20	54
4	Friday	20-21	95
4	Friday	21-22	73
4	Saturday	06-07	21
4	Saturday	07-08	31
4	Saturday	08-09	84
4	Saturday	09-10	115
4	Saturday	10-11	119
4	Saturday	11-12	99
4	Saturday	12-13	106
4	Saturday	13-14	69
4	Saturday	14-15	94
4	Saturday	15-16	128
4	Saturday	16-17	153
4	Saturday	17-18	162
4	Saturday	18-19	141
4	Saturday	19-20	107
4	Saturday	20-21	107
4	Saturday	21-22	64
4	Sunday	06-07	26
4	Sunday	07-08	44
4	Sunday	08-09	47
4	Sunday	09-10	70
4	Sunday	10-11	70
4	Sunday	11-12	83
4	Sunday	12-13	71
4	Sunday	13-14	106
4	Sunday	14-15	109
4	Sunday	15-16	132
4	Sunday	16-17	166
4	Sunday	17-18	157
4	Sunday	18-19	188
4	Sunday	19-20	156

เอกสารที่ออกสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4	Sunday	20-21	120
4	Sunday	21-22	98
5	Monday	06-07	36
5	Monday	07-08	56
5	Monday	08-09	48
5	Monday	09-10	132
5	Monday	10-11	168
5	Monday	11-12	160
5	Monday	12-13	132
5	Monday	13-14	134
5	Monday	14-15	108
5	Monday	15-16	92
5	Monday	16-17	122
5	Monday	17-18	131
5	Monday	18-19	103
5	Monday	19-20	105
5	Monday	20-21	83
5	Monday	21-22	65
5	Tuesday	06-07	18
5	Tuesday	07-08	33
5	Tuesday	08-09	51
5	Tuesday	09-10	113
5	Tuesday	10-11	164
5	Tuesday	11-12	143
5	Tuesday	12-13	113
5	Tuesday	13-14	102
5	Tuesday	14-15	114
5	Tuesday	15-16	122
5	Tuesday	16-17	123
5	Tuesday	17-18	126
5	Tuesday	18-19	115
5	Tuesday	19-20	75
5	Tuesday	20-21	68
5	Tuesday	21-22	59
5	Wednesday	06-07	25
5	Wednesday	07-08	34
5	Wednesday	08-09	51
5	Wednesday	09-10	76
5	Wednesday	10-11	67
5	Wednesday	11-12	73
5	Wednesday	12-13	86
5	Wednesday	13-14	102
5	Wednesday	14-15	122
5	Wednesday	15-16	138
5	Wednesday	16-17	180

เอกสารที่ 5 สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	Wednesday	17-18	159
5	Wednesday	18-19	172
5	Wednesday	19-20	124
5	Wednesday	20-21	134
5	Wednesday	21-22	77
5	Thursday	06-07	26
5	Thursday	07-08	47
5	Thursday	08-09	62
5	Thursday	09-10	146
5	Thursday	10-11	186
5	Thursday	11-12	163
5	Thursday	12-13	143
5	Thursday	13-14	149
5	Thursday	14-15	147
5	Thursday	15-16	124
5	Thursday	16-17	134
5	Thursday	17-18	122
5	Thursday	18-19	129
5	Thursday	19-20	79
5	Thursday	20-21	78
5	Thursday	21-22	59
5	Friday	06-07	27
5	Friday	07-08	51
5	Friday	08-09	53
5	Friday	09-10	118
5	Friday	10-11	145
5	Friday	11-12	160
5	Friday	12-13	112
5	Friday	13-14	107
5	Friday	14-15	166
5	Friday	15-16	148
5	Friday	16-17	71
5	Friday	17-18	125
5	Friday	18-19	135
5	Friday	19-20	110
5	Friday	20-21	99
5	Friday	21-22	79
5	Saturday	06-07	25
5	Saturday	07-08	40
5	Saturday	08-09	109
5	Saturday	09-10	141
5	Saturday	10-11	128
5	Saturday	11-12	123
5	Saturday	12-13	114
5	Saturday	13-14	132

เอกสารที่แนบมาสำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	Saturday	14-15	121
5	Saturday	15-16	144
5	Saturday	16-17	172
5	Saturday	17-18	166
5	Saturday	18-19	124
5	Saturday	19-20	105
5	Saturday	20-21	89
5	Saturday	21-22	91
5	Sunday	06-07	29
5	Sunday	07-08	41
5	Sunday	08-09	92
5	Sunday	09-10	117
5	Sunday	10-11	127
5	Sunday	11-12	104
5	Sunday	12-13	109
5	Sunday	13-14	141
5	Sunday	14-15	139
5	Sunday	15-16	166
5	Sunday	16-17	194
5	Sunday	17-18	184
5	Sunday	18-19	192
5	Sunday	19-20	120
5	Sunday	20-21	146
5	Sunday	21-22	128
6	Monday	06-07	31
6	Monday	07-08	61
6	Monday	08-09	69
6	Monday	09-10	142
6	Monday	10-11	157
6	Monday	11-12	149
6	Monday	12-13	132
6	Monday	13-14	117
6	Monday	14-15	122
6	Monday	15-16	150
6	Monday	16-17	159
6	Monday	17-18	144
6	Monday	18-19	143
6	Monday	19-20	119
6	Monday	20-21	69
6	Monday	21-22	60
6	Tuesday	06-07	35
6	Tuesday	07-08	46
6	Tuesday	08-09	81
6	Tuesday	09-10	105
6	Tuesday	10-11	116

เอกสารที่แนบมาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6	Tuesday	11-12	124
6	Tuesday	12-13	103
6	Tuesday	13-14	121
6	Tuesday	14-15	121
6	Tuesday	15-16	143
6	Tuesday	16-17	148
6	Tuesday	17-18	128
6	Tuesday	18-19	125
6	Tuesday	19-20	106
6	Tuesday	20-21	91
6	Tuesday	21-22	84
6	Wednesday	06-07	22
6	Wednesday	07-08	41
6	Wednesday	08-09	84
6	Wednesday	09-10	110
6	Wednesday	10-11	153
6	Wednesday	11-12	110
6	Wednesday	12-13	106
6	Wednesday	13-14	119
6	Wednesday	14-15	119
6	Wednesday	15-16	143
6	Wednesday	16-17	111
6	Wednesday	17-18	123
6	Wednesday	18-19	94
6	Wednesday	19-20	69
6	Wednesday	20-21	62
6	Wednesday	21-22	44
6	Thursday	06-07	17
6	Thursday	07-08	69
6	Thursday	08-09	112
6	Thursday	09-10	130
6	Thursday	10-11	178
6	Thursday	11-12	182
6	Thursday	12-13	143
6	Thursday	13-14	143
6	Thursday	14-15	123
6	Thursday	15-16	144
6	Thursday	16-17	144
6	Thursday	17-18	117
6	Thursday	18-19	111
6	Thursday	19-20	79
6	Thursday	20-21	62
6	Thursday	21-22	42
6	Friday	06-07	29
6	Friday	07-08	39

เอกสารที่แนบมาสำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6	Friday	08-09	83
6	Friday	09-10	153
6	Friday	10-11	159
6	Friday	11-12	154
6	Friday	12-13	132
6	Friday	13-14	132
6	Friday	14-15	148
6	Friday	15-16	174
6	Friday	16-17	144
6	Friday	17-18	136
6	Friday	18-19	149
6	Friday	19-20	124
6	Friday	20-21	86
6	Friday	21-22	67
6	Saturday	06-07	20
6	Saturday	07-08	34
6	Saturday	08-09	65
6	Saturday	09-10	125
6	Saturday	10-11	131
6	Saturday	11-12	122
6	Saturday	12-13	102
6	Saturday	13-14	127
6	Saturday	14-15	130
6	Saturday	15-16	154
6	Saturday	16-17	150
6	Saturday	17-18	159
6	Saturday	18-19	168
6	Saturday	19-20	141
6	Saturday	20-21	117
6	Saturday	21-22	93
6	Sunday	06-07	22
6	Sunday	07-08	45
6	Sunday	08-09	56
6	Sunday	09-10	79
6	Sunday	10-11	92
6	Sunday	11-12	99
6	Sunday	12-13	94
6	Sunday	13-14	97
6	Sunday	14-15	127
6	Sunday	15-16	134
6	Sunday	16-17	157
6	Sunday	17-18	154
6	Sunday	18-19	195
6	Sunday	19-20	137
6	Sunday	20-21	142

เอกสารที่ออกสำหรับนักเรียนที่เดินทางไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7	Wednesday	18-19	113
7	Wednesday	19-20	96
7	Wednesday	20-21	96
7	Wednesday	21-22	64
7	Thursday	06-07	25
7	Thursday	07-08	38
7	Thursday	08-09	62
7	Thursday	09-10	111
7	Thursday	10-11	141
7	Thursday	11-12	146
7	Thursday	12-13	127
7	Thursday	13-14	113
7	Thursday	14-15	146
7	Thursday	15-16	133
7	Thursday	16-17	136
7	Thursday	17-18	129
7	Thursday	18-19	91
7	Thursday	19-20	108
7	Thursday	20-21	71
7	Thursday	21-22	51
7	Friday	06-07	26
7	Friday	07-08	37
7	Friday	08-09	59
7	Friday	09-10	116
7	Friday	10-11	152
7	Friday	11-12	115
7	Friday	12-13	78
7	Friday	13-14	118
7	Friday	14-15	170
7	Friday	15-16	162
7	Friday	16-17	153
7	Friday	17-18	135
7	Friday	18-19	135
7	Friday	19-20	94
7	Friday	20-21	81
7	Friday	21-22	70
7	Saturday	06-07	17
7	Saturday	07-08	32
7	Saturday	08-09	60
7	Saturday	09-10	96
7	Saturday	10-11	105
7	Saturday	11-12	120
7	Saturday	12-13	122
7	Saturday	13-14	102
7	Saturday	14-15	100

เอกสารที่ส่งมาสำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7	Saturday	15-16	137
7	Saturday	16-17	142
7	Saturday	17-18	163
7	Saturday	18-19	168
7	Saturday	19-20	125
7	Saturday	20-21	95
7	Saturday	21-22	81
7	Sunday	06-07	32
7	Sunday	07-08	27
7	Sunday	08-09	49
7	Sunday	09-10	83
7	Sunday	10-11	73
7	Sunday	11-12	95
7	Sunday	12-13	91
7	Sunday	13-14	95
7	Sunday	14-15	137
7	Sunday	15-16	134
7	Sunday	16-17	132
7	Sunday	17-18	178
7	Sunday	18-19	151
7	Sunday	19-20	180
7	Sunday	20-21	122
7	Sunday	21-22	176
8	Monday	06-07	40
8	Monday	07-08	50
8	Monday	08-09	75
8	Monday	09-10	149
8	Monday	10-11	122
8	Monday	11-12	161
8	Monday	12-13	137
8	Monday	13-14	127
8	Monday	14-15	147
8	Monday	15-16	142
8	Monday	16-17	147
8	Monday	17-18	147
8	Monday	18-19	128
8	Monday	19-20	109
8	Monday	20-21	97
8	Monday	21-22	62
8	Tuesday	06-07	18
8	Tuesday	07-08	33
8	Tuesday	08-09	59
8	Tuesday	09-10	124
8	Tuesday	10-11	151
8	Tuesday	11-12	158

เอกสารที่... สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษา... ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8	Tuesday	12-13	133
8	Tuesday	13-14	139
8	Tuesday	14-15	170
8	Tuesday	15-16	129
8	Tuesday	16-17	151
8	Tuesday	17-18	138
8	Tuesday	18-19	158
8	Tuesday	19-20	117
8	Tuesday	20-21	63
8	Tuesday	21-22	58
8	Wednesday	06-07	15
8	Wednesday	07-08	41
8	Wednesday	08-09	83
8	Wednesday	09-10	139
8	Wednesday	10-11	171
8	Wednesday	11-12	154
8	Wednesday	12-13	112
8	Wednesday	13-14	119
8	Wednesday	14-15	169
8	Wednesday	15-16	171
8	Wednesday	16-17	149
8	Wednesday	17-18	153
8	Wednesday	18-19	145
8	Wednesday	19-20	117
8	Wednesday	20-21	94
8	Wednesday	21-22	81
8	Thursday	06-07	23
8	Thursday	07-08	38
8	Thursday	08-09	53
8	Thursday	09-10	129
8	Thursday	10-11	153
8	Thursday	11-12	187
8	Thursday	12-13	152
8	Thursday	13-14	102
8	Thursday	14-15	131
8	Thursday	15-16	152
8	Thursday	16-17	140
8	Thursday	17-18	148
8	Thursday	18-19	150
8	Thursday	19-20	120
8	Thursday	20-21	110
8	Thursday	21-22	77
8	Friday	06-07	15
8	Friday	07-08	45
8	Friday	08-09	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8	Friday	09-10	115
8	Friday	10-11	147
8	Friday	11-12	185
8	Friday	12-13	141
8	Friday	13-14	129
8	Friday	14-15	165
8	Friday	15-16	151
8	Friday	16-17	155
8	Friday	17-18	146
8	Friday	18-19	151
8	Friday	19-20	98
8	Friday	20-21	100
8	Friday	21-22	52
8	Saturday	06-07	17
8	Saturday	07-08	52
8	Saturday	08-09	72
8	Saturday	09-10	130
8	Saturday	10-11	92
8	Saturday	11-12	134
8	Saturday	12-13	134
8	Saturday	13-14	123
8	Saturday	14-15	125
8	Saturday	15-16	169
8	Saturday	16-17	178
8	Saturday	17-18	165
8	Saturday	18-19	160
8	Saturday	19-20	122
8	Saturday	20-21	106
8	Saturday	21-22	96
8	Sunday	06-07	15
8	Sunday	07-08	38
8	Sunday	08-09	90
8	Sunday	09-10	89
8	Sunday	10-11	88
8	Sunday	11-12	117
8	Sunday	12-13	107
8	Sunday	13-14	108
8	Sunday	14-15	110
8	Sunday	15-16	146
8	Sunday	16-17	160
8	Sunday	17-18	194
8	Sunday	18-19	168
8	Sunday	19-20	158
8	Sunday	20-21	134
8	Sunday	21-22	102

เอกสารที่ออกสำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9	Monday	06-07	29
9	Monday	07-08	54
9	Monday	08-09	63
9	Monday	09-10	153
9	Monday	10-11	184
9	Monday	11-12	197
9	Monday	12-13	170
9	Monday	13-14	136
9	Monday	14-15	139
9	Monday	15-16	169
9	Monday	16-17	154
9	Monday	17-18	135
9	Monday	18-19	130
9	Monday	19-20	130
9	Monday	20-21	112
9	Monday	21-22	61
9	Tuesday	06-07	16
9	Tuesday	07-08	42
9	Tuesday	08-09	56
9	Tuesday	09-10	136
9	Tuesday	10-11	200
9	Tuesday	11-12	175
9	Tuesday	12-13	135
9	Tuesday	13-14	116
9	Tuesday	14-15	167
9	Tuesday	15-16	155
9	Tuesday	16-17	163
9	Tuesday	17-18	165
9	Tuesday	18-19	139
9	Tuesday	19-20	118
9	Tuesday	20-21	101
9	Tuesday	21-22	108
9	Wednesday	06-07	20
9	Wednesday	07-08	39
9	Wednesday	08-09	73
9	Wednesday	09-10	98
9	Wednesday	10-11	151
9	Wednesday	11-12	155
9	Wednesday	12-13	120
9	Wednesday	13-14	149
9	Wednesday	14-15	184
9	Wednesday	15-16	170
9	Wednesday	16-17	167
9	Wednesday	17-18	186
9	Wednesday	18-19	177

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9	Wednesday	19-20	154
9	Wednesday	20-21	106
9	Wednesday	21-22	99
9	Thursday	06-07	11
9	Thursday	07-08	36
9	Thursday	08-09	122
9	Thursday	09-10	164
9	Thursday	10-11	152
9	Thursday	11-12	161
9	Thursday	12-13	152
9	Thursday	13-14	150
9	Thursday	14-15	145
9	Thursday	15-16	174
9	Thursday	16-17	214
9	Thursday	17-18	187
9	Thursday	18-19	162
9	Thursday	19-20	81
9	Thursday	20-21	54
9	Thursday	21-22	43
9	Friday	06-07	11
9	Friday	07-08	23
9	Friday	08-09	82
9	Friday	09-10	131
9	Friday	10-11	129
9	Friday	11-12	143
9	Friday	12-13	141
9	Friday	13-14	138
9	Friday	14-15	161
9	Friday	15-16	175
9	Friday	16-17	190
9	Friday	17-18	211
9	Friday	18-19	183
9	Friday	19-20	111
9	Friday	20-21	111
9	Friday	21-22	57
9	Saturday	06-07	10
9	Saturday	07-08	31
9	Saturday	08-09	134
9	Saturday	09-10	130
9	Saturday	10-11	138
9	Saturday	11-12	135
9	Saturday	12-13	133
9	Saturday	13-14	158
9	Saturday	14-15	187
9	Saturday	15-16	178

เอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9	Saturday	16-17	210
9	Saturday	17-18	211
9	Saturday	18-19	200
9	Saturday	19-20	147
9	Saturday	20-21	132
9	Saturday	21-22	109
9	Sunday	06-07	15
9	Sunday	07-08	28
9	Sunday	08-09	36
9	Sunday	09-10	68
9	Sunday	10-11	85
9	Sunday	11-12	105
9	Sunday	12-13	105
9	Sunday	13-14	96
9	Sunday	14-15	138
9	Sunday	15-16	145
9	Sunday	16-17	169
9	Sunday	17-18	168
9	Sunday	18-19	173
9	Sunday	19-20	139
9	Sunday	20-21	165
9	Sunday	21-22	107
10	Monday	06-07	20
10	Monday	07-08	60
10	Monday	08-09	53
10	Monday	09-10	81
10	Monday	10-11	87
10	Monday	11-12	95
10	Monday	12-13	88
10	Monday	13-14	89
10	Monday	14-15	122
10	Monday	15-16	134
10	Monday	16-17	146
10	Monday	17-18	135
10	Monday	18-19	97
10	Monday	19-20	90
10	Monday	20-21	84
10	Monday	21-22	64
10	Tuesday	06-07	21
10	Tuesday	07-08	46
10	Tuesday	08-09	43
10	Tuesday	09-10	88
10	Tuesday	10-11	148
10	Tuesday	11-12	104
10	Tuesday	12-13	108

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10	Tuesday	13-14	101
10	Tuesday	14-15	123
10	Tuesday	15-16	150
10	Tuesday	16-17	143
10	Tuesday	17-18	112
10	Tuesday	18-19	120
10	Tuesday	19-20	100
10	Tuesday	20-21	77
10	Tuesday	21-22	65
10	Wednesday	06-07	12
10	Wednesday	07-08	48
10	Wednesday	08-09	54
10	Wednesday	09-10	97
10	Wednesday	10-11	134
10	Wednesday	11-12	141
10	Wednesday	12-13	119
10	Wednesday	13-14	115
10	Wednesday	14-15	121
10	Wednesday	15-16	117
10	Wednesday	16-17	136
10	Wednesday	17-18	130
10	Wednesday	18-19	109
10	Wednesday	19-20	111
10	Wednesday	20-21	90
10	Wednesday	21-22	66
10	Thursday	06-07	29
10	Thursday	07-08	42
10	Thursday	08-09	52
10	Thursday	09-10	63
10	Thursday	10-11	70
10	Thursday	11-12	169
10	Thursday	12-13	118
10	Thursday	13-14	101
10	Thursday	14-15	128
10	Thursday	15-16	153
10	Thursday	16-17	133
10	Thursday	17-18	119
10	Thursday	18-19	110
10	Thursday	19-20	80
10	Thursday	20-21	76
10	Thursday	21-22	54
10	Friday	06-07	13
10	Friday	07-08	27
10	Friday	08-09	54
10	Friday	09-10	83

เอกสารที่แนบมาสำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10	Friday	10-11	173
10	Friday	11-12	151
10	Friday	12-13	125
10	Friday	13-14	118
10	Friday	14-15	115
10	Friday	15-16	130
10	Friday	16-17	123
10	Friday	17-18	115
10	Friday	18-19	145
10	Friday	19-20	116
10	Friday	20-21	83
10	Friday	21-22	74
10	Saturday	06-07	9
10	Saturday	07-08	45
10	Saturday	08-09	65
10	Saturday	09-10	84
10	Saturday	10-11	96
10	Saturday	11-12	117
10	Saturday	12-13	97
10	Saturday	13-14	111
10	Saturday	14-15	122
10	Saturday	15-16	149
10	Saturday	16-17	145
10	Saturday	17-18	183
10	Saturday	18-19	180
10	Saturday	19-20	133
10	Saturday	20-21	109
10	Saturday	21-22	118
10	Sunday	06-07	28
10	Sunday	07-08	35
10	Sunday	08-09	47
10	Sunday	09-10	76
10	Sunday	10-11	96
10	Sunday	11-12	107
10	Sunday	12-13	98
10	Sunday	13-14	101
10	Sunday	14-15	119
10	Sunday	15-16	146
10	Sunday	16-17	178
10	Sunday	17-18	173
10	Sunday	18-19	187
10	Sunday	19-20	179
10	Sunday	20-21	155
10	Sunday	21-22	98
11	Monday	06-07	34

11 Monday 06-07 34

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11	Monday	07-08	49
11	Monday	08-09	68
11	Monday	09-10	91
11	Monday	10-11	152
11	Monday	11-12	171
11	Monday	12-13	143
11	Monday	13-14	117
11	Monday	14-15	130
11	Monday	15-16	131
11	Monday	16-17	129
11	Monday	17-18	114
11	Monday	18-19	106
11	Monday	19-20	92
11	Monday	20-21	90
11	Monday	21-22	54
11	Tuesday	06-07	32
11	Tuesday	07-08	27
11	Tuesday	08-09	58
11	Tuesday	09-10	95
11	Tuesday	10-11	157
11	Tuesday	11-12	139
11	Tuesday	12-13	146
11	Tuesday	13-14	100
11	Tuesday	14-15	132
11	Tuesday	15-16	146
11	Tuesday	16-17	135
11	Tuesday	17-18	133
11	Tuesday	18-19	129
11	Tuesday	19-20	89
11	Tuesday	20-21	97
11	Tuesday	21-22	63
11	Wednesday	06-07	13
11	Wednesday	07-08	35
11	Wednesday	08-09	49
11	Wednesday	09-10	114
11	Wednesday	10-11	137
11	Wednesday	11-12	145
11	Wednesday	12-13	136
11	Wednesday	13-14	125
11	Wednesday	14-15	126
11	Wednesday	15-16	131
11	Wednesday	16-17	141
11	Wednesday	17-18	122
11	Wednesday	18-19	122
11	Wednesday	19-20	88

งานนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11	Wednesday	20-21	65
11	Wednesday	21-22	65
11	Thursday	06-07	22
11	Thursday	07-08	40
11	Thursday	08-09	68
11	Thursday	09-10	104
11	Thursday	10-11	117
11	Thursday	11-12	125
11	Thursday	12-13	161
11	Thursday	13-14	128
11	Thursday	14-15	137
11	Thursday	15-16	143
11	Thursday	16-17	127
11	Thursday	17-18	120
11	Thursday	18-19	111
11	Thursday	19-20	96
11	Thursday	20-21	90
11	Thursday	21-22	68
11	Friday	06-07	16
11	Friday	07-08	33
11	Friday	08-09	73
11	Friday	09-10	119
11	Friday	10-11	168
11	Friday	11-12	147
11	Friday	12-13	102
11	Friday	13-14	125
11	Friday	14-15	142
11	Friday	15-16	155
11	Friday	16-17	129
11	Friday	17-18	126
11	Friday	18-19	113
11	Friday	19-20	93
11	Friday	20-21	97
11	Friday	21-22	47
11	Saturday	06-07	19
11	Saturday	07-08	49
11	Saturday	08-09	72
11	Saturday	09-10	91
11	Saturday	10-11	104
11	Saturday	11-12	135
11	Saturday	12-13	113
11	Saturday	13-14	114
11	Saturday	14-15	141
11	Saturday	15-16	161
11	Saturday	16-17	172



งานนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11	Saturday	17-18	172
11	Saturday	18-19	156
11	Saturday	19-20	125
11	Saturday	20-21	97
11	Saturday	21-22	66
11	Sunday	06-07	23
11	Sunday	07-08	29
11	Sunday	08-09	63
11	Sunday	09-10	107
11	Sunday	10-11	136
11	Sunday	11-12	119
11	Sunday	12-13	114
11	Sunday	13-14	125
11	Sunday	14-15	137
11	Sunday	15-16	163
11	Sunday	16-17	181
11	Sunday	17-18	180
11	Sunday	18-19	180
11	Sunday	19-20	169
11	Sunday	20-21	138
11	Sunday	21-22	108
12	Monday	06-07	30
12	Monday	07-08	48
12	Monday	08-09	54
12	Monday	09-10	134
12	Monday	10-11	162
12	Monday	11-12	138
12	Monday	12-13	138
12	Monday	13-14	113
12	Monday	14-15	107
12	Monday	15-16	13
12	Monday	16-17	134
12	Monday	17-18	112
12	Monday	18-19	120
12	Monday	19-20	99
12	Monday	20-21	91
12	Monday	21-22	55
12	Tuesday	06-07	12
12	Tuesday	07-08	46
12	Tuesday	08-09	52
12	Tuesday	09-10	104
12	Tuesday	10-11	177
12	Tuesday	11-12	149
12	Tuesday	12-13	82
12	Tuesday	13-14	24

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12	Tuesday	14-15	134
12	Tuesday	15-16	100
12	Tuesday	16-17	122
12	Tuesday	17-18	123
12	Tuesday	18-19	105
12	Tuesday	19-20	101
12	Tuesday	20-21	73
12	Tuesday	21-22	56
12	Wednesday	06-07	16
12	Wednesday	07-08	36
12	Wednesday	08-09	56
12	Wednesday	09-10	125
12	Wednesday	10-11	142
12	Wednesday	11-12	133
12	Wednesday	12-13	124
12	Wednesday	13-14	127
12	Wednesday	14-15	120
12	Wednesday	15-16	151
12	Wednesday	16-17	144
12	Wednesday	17-18	130
12	Wednesday	18-19	102
12	Wednesday	19-20	85
12	Wednesday	20-21	87
12	Wednesday	21-22	53
12	Thursday	06-07	23
12	Thursday	07-08	32
12	Thursday	08-09	76
12	Thursday	09-10	100
12	Thursday	10-11	148
12	Thursday	11-12	173
12	Thursday	12-13	142
12	Thursday	13-14	108
12	Thursday	14-15	158
12	Thursday	15-16	156
12	Thursday	16-17	145
12	Thursday	17-18	133
12	Thursday	18-19	103
12	Thursday	19-20	99
12	Thursday	20-21	79
12	Thursday	21-22	58
12	Friday	06-07	13
12	Friday	07-08	35
12	Friday	08-09	75
12	Friday	09-10	106
12	Friday	10-11	156

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12	Friday	11-12	158
12	Friday	12-13	124
12	Friday	13-14	136
12	Friday	14-15	138
12	Friday	15-16	114
12	Friday	16-17	127
12	Friday	17-18	146
12	Friday	18-19	116
12	Friday	19-20	91
12	Friday	20-21	95
12	Friday	21-22	58
12	Saturday	06-07	11
12	Saturday	07-08	25
12	Saturday	08-09	92
12	Saturday	09-10	100
12	Saturday	10-11	112
12	Saturday	11-12	129
12	Saturday	12-13	137
12	Saturday	13-14	136
12	Saturday	14-15	121
12	Saturday	15-16	166
12	Saturday	16-17	156
12	Saturday	17-18	167
12	Saturday	18-19	173
12	Saturday	19-20	125
12	Saturday	20-21	131
12	Saturday	21-22	77
12	Sunday	06-07	18
12	Sunday	07-08	33
12	Sunday	08-09	59
12	Sunday	09-10	65
12	Sunday	10-11	97
12	Sunday	11-12	118
12	Sunday	12-13	116
12	Sunday	13-14	133
12	Sunday	14-15	132
12	Sunday	15-16	141
12	Sunday	16-17	152
12	Sunday	17-18	174
12	Sunday	18-19	162
12	Sunday	19-20	176
12	Sunday	20-21	147
12	Sunday	21-22	121
13	Monday	06-07	33
13	Monday	07-08	55

งานนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13	Monday	08-09	65
13	Monday	09-10	108
13	Monday	10-11	139
13	Monday	11-12	152
13	Monday	12-13	122
13	Monday	13-14	111
13	Monday	14-15	130
13	Monday	15-16	125
13	Monday	16-17	143
13	Monday	17-18	122
13	Monday	18-19	107
13	Monday	19-20	85
13	Monday	20-21	67
13	Monday	21-22	64
13	Tuesday	06-07	17
13	Tuesday	07-08	34
13	Tuesday	08-09	57
13	Tuesday	09-10	121
13	Tuesday	10-11	166
13	Tuesday	11-12	144
13	Tuesday	12-13	90
13	Tuesday	13-14	116
13	Tuesday	14-15	102
13	Tuesday	15-16	154
13	Tuesday	16-17	136
13	Tuesday	17-18	125
13	Tuesday	18-19	111
13	Tuesday	19-20	88
13	Tuesday	20-21	112
13	Tuesday	21-22	61
13	Wednesday	06-07	12
13	Wednesday	07-08	43
13	Wednesday	08-09	66
13	Wednesday	09-10	121
13	Wednesday	10-11	107
13	Wednesday	11-12	124
13	Wednesday	12-13	115
13	Wednesday	13-14	122
13	Wednesday	14-15	129
13	Wednesday	15-16	138
13	Wednesday	16-17	102
13	Wednesday	17-18	135
13	Wednesday	18-19	112
13	Wednesday	19-20	110
13	Wednesday	20-21	83

ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13	Wednesday	21-22	59
13	Thursday	06-07	24
13	Thursday	07-08	39
13	Thursday	08-09	60
13	Thursday	09-10	109
13	Thursday	10-11	139
13	Thursday	11-12	131
13	Thursday	12-13	97
13	Thursday	13-14	122
13	Thursday	14-15	132
13	Thursday	15-16	149
13	Thursday	16-17	127
13	Thursday	17-18	114
13	Thursday	18-19	116
13	Thursday	19-20	90
13	Thursday	20-21	73
13	Thursday	21-22	43
13	Friday	06-07	19
13	Friday	07-08	43
13	Friday	08-09	68
13	Friday	09-10	104
13	Friday	10-11	181
13	Friday	11-12	126
13	Friday	12-13	129
13	Friday	13-14	120
13	Friday	14-15	134
13	Friday	15-16	149
13	Friday	16-17	122
13	Friday	17-18	124
13	Friday	18-19	109
13	Friday	19-20	111
13	Friday	20-21	80
13	Friday	21-22	83
13	Saturday	06-07	11
13	Saturday	07-08	48
13	Saturday	08-09	67
13	Saturday	09-10	111
13	Saturday	10-11	105
13	Saturday	11-12	144
13	Saturday	12-13	117
13	Saturday	13-14	113
13	Saturday	14-15	137
13	Saturday	15-16	157
13	Saturday	16-17	164
13	Saturday	17-18	167



133 เอกสารที่... สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษา... นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13	Saturday	18-19	165
13	Saturday	19-20	165
13	Saturday	20-21	153
13	Saturday	21-22	111
13	Sunday	06-07	24
13	Sunday	07-08	38
13	Sunday	08-09	56
13	Sunday	09-10	73
13	Sunday	10-11	103
13	Sunday	11-12	129
13	Sunday	12-13	91
13	Sunday	13-14	114
13	Sunday	14-15	124
13	Sunday	15-16	172
13	Sunday	16-17	174
13	Sunday	17-18	163
13	Sunday	18-19	156
13	Sunday	19-20	169
13	Sunday	20-21	164
13	Sunday	21-22	127
14	Monday	06-07	31
14	Monday	07-08	42
14	Monday	08-09	48
14	Monday	09-10	89
14	Monday	10-11	145
14	Monday	11-12	109
14	Monday	12-13	128
14	Monday	13-14	122
14	Monday	14-15	133
14	Monday	15-16	124
14	Monday	16-17	138
14	Monday	17-18	106
14	Monday	18-19	118
14	Monday	19-20	88
14	Monday	20-21	70
14	Monday	21-22	57
14	Tuesday	06-07	24
14	Tuesday	07-08	24
14	Tuesday	08-09	38
14	Tuesday	09-10	117
14	Tuesday	10-11	158
14	Tuesday	11-12	113
14	Tuesday	12-13	89
14	Tuesday	13-14	128
14	Tuesday	14-15	161

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14	Tuesday	15-16	163
14	Tuesday	16-17	137
14	Tuesday	17-18	118
14	Tuesday	18-19	117
14	Tuesday	19-20	99
14	Tuesday	20-21	72
14	Tuesday	21-22	77
14	Wednesday	06-07	18
14	Wednesday	07-08	41
14	Wednesday	08-09	83
14	Wednesday	09-10	118
14	Wednesday	10-11	155
14	Wednesday	11-12	130
14	Wednesday	12-13	125
14	Wednesday	13-14	110
14	Wednesday	14-15	150
14	Wednesday	15-16	159
14	Wednesday	16-17	142
14	Wednesday	17-18	117
14	Wednesday	18-19	117
14	Wednesday	19-20	107
14	Wednesday	20-21	97
14	Wednesday	21-22	62
14	Thursday	06-07	26
14	Thursday	07-08	27
14	Thursday	08-09	59
14	Thursday	09-10	104
14	Thursday	10-11	148
14	Thursday	11-12	153
14	Thursday	12-13	131
14	Thursday	13-14	163
14	Thursday	14-15	149
14	Thursday	15-16	137
14	Thursday	16-17	138
14	Thursday	17-18	117
14	Thursday	18-19	129
14	Thursday	19-20	108
14	Thursday	20-21	85
14	Thursday	21-22	59
14	Friday	06-07	19
14	Friday	07-08	37
14	Friday	08-09	70
14	Friday	09-10	107
14	Friday	10-11	144
14	Friday	11-12	150

นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14	Friday	12-13	142
14	Friday	13-14	172
14	Friday	14-15	159
14	Friday	15-16	167
14	Friday	16-17	112
14	Friday	17-18	135
14	Friday	18-19	73
14	Friday	19-20	127
14	Friday	20-21	85
14	Friday	21-22	73
14	Saturday	06-07	21
14	Saturday	07-08	45
14	Saturday	08-09	84
14	Saturday	09-10	127
14	Saturday	10-11	146
14	Saturday	11-12	142
14	Saturday	12-13	151
14	Saturday	13-14	185
14	Saturday	14-15	136
14	Saturday	15-16	167
14	Saturday	16-17	165
14	Saturday	17-18	178
14	Saturday	18-19	154
14	Saturday	19-20	163
14	Saturday	20-21	138
14	Saturday	21-22	105
14	Sunday	06-07	28
14	Sunday	07-08	45
14	Sunday	08-09	80
14	Sunday	09-10	114
14	Sunday	10-11	154
14	Sunday	11-12	143
14	Sunday	12-13	140
14	Sunday	13-14	155
14	Sunday	14-15	146
14	Sunday	15-16	150
14	Sunday	16-17	136
14	Sunday	17-18	150
14	Sunday	18-19	110
14	Sunday	19-20	150
14	Sunday	20-21	100
14	Sunday	21-22	89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-2 แสดงจำนวนรถแยกตามประเภทรถ ตามสัปดาห์ w วันในสัปดาห์ d ตามชั่วโมงที่ h (n_{wdhk})

Week	Day_of_Week	Hour_of_Day	Type1	Type2	Type3	Type4	Type5	Type6	Type7
1	Monday	06-07	1	2	9	2	0	0	0
1	Monday	07-08	8	9	4	3	0	0	0
1	Monday	08-09	7	17	11	7	0	0	0
1	Monday	09-10	18	16	21	8	0	0	15
1	Monday	10-11	19	28	18	4	0	0	6
1	Monday	11-12	22	29	16	6	2	0	5
1	Monday	12-13	16	18	19	12	1	3	13
1	Monday	13-14	28	26	19	6	0	0	2
1	Monday	14-15	25	32	21	9	0	0	0
1	Monday	15-16	33	58	19	15	0	0	0
1	Monday	16-17	31	53	28	11	1	0	1
1	Monday	17-18	35	67	30	7	0	0	0
1	Monday	18-19	32	59	40	4	2	0	2
1	Monday	19-20	25	48	26	3	0	0	0
1	Monday	20-21	28	45	18	3	0	0	1
1	Monday	21-22	21	29	13	1	0	0	0
1	Tuesday	06-07	2	6	1	2	0	0	0
1	Tuesday	07-08	4	8	8	2	0	0	0
1	Tuesday	08-09	6	12	14	6	0	0	0
1	Tuesday	09-10	15	19	18	25	0	0	16
1	Tuesday	10-11	21	23	12	7	1	1	3
1	Tuesday	11-12	24	35	12	8	0	0	37
1	Tuesday	12-13	27	19	17	12	0	3	16
1	Tuesday	13-14	28	23	16	10	0	2	6
1	Tuesday	14-15	18	28	18	6	0	0	1
1	Tuesday	15-16	22	47	13	3	0	2	1
1	Tuesday	16-17	33	38	24	6	1	0	2
1	Tuesday	17-18	32	40	16	6	2	1	0
1	Tuesday	18-19	31	49	26	5	3	0	0
1	Tuesday	19-20	20	49	18	5	0	0	0
1	Tuesday	20-21	18	39	8	1	0	1	0
1	Tuesday	21-22	18	42	11	1	0	0	0
1	Wednesday	06-07	1	2	8	1	0	0	0
1	Wednesday	07-08	5	6	3	4	0	0	0
1	Wednesday	08-09	3	11	5	10	1	1	1
1	Wednesday	09-10	9	17	10	7	1	1	18
1	Wednesday	10-11	8	18	11	9	4	3	17
1	Wednesday	11-12	9	25	8	6	2	1	13
1	Wednesday	12-13	25	32	13	9	1	0	3
1	Wednesday	13-14	26	47	18	10	1	1	3
1	Wednesday	14-15	17	31	19	9	3	4	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1	Wednesday	15-16	20	53	21	10	1	0	3
1	Wednesday	16-17	26	33	34	10	1	0	0
1	Wednesday	17-18	26	65	28	9	0	0	0
1	Wednesday	18-19	22	55	20	8	0	0	2
1	Wednesday	19-20	19	53	12	5	3	0	0
1	Wednesday	20-21	22	35	8	1	6	0	0
1	Wednesday	21-22	18	35	16	2	1	0	0
1	Thursday	06-07	4	3	4	4	0	0	3
1	Thursday	07-08	5	4	9	3	0	0	5
1	Thursday	08-09	6	17	10	4	0	1	8
1	Thursday	09-10	12	27	13	15	5	1	34
1	Thursday	10-11	15	30	16	9	1	9	57
1	Thursday	11-12	6	14	9	6	1	1	29
1	Thursday	12-13	18	30	16	10	1	0	7
1	Thursday	13-14	20	47	21	8	1	3	3
1	Thursday	14-15	28	39	23	9	3	5	6
1	Thursday	15-16	26	63	25	11	2	0	9
1	Thursday	16-17	21	47	30	9	2	0	6
1	Thursday	17-18	28	59	30	12	0	0	4
1	Thursday	18-19	24	43	20	5	7	0	0
1	Thursday	19-20	19	51	18	4	3	0	0
1	Thursday	20-21	16	42	6	4	1	0	1
1	Thursday	21-22	12	40	7	2	2	0	0
1	Friday	06-07	0	1	1	1	0	0	0
1	Friday	07-08	5	2	6	5	0	0	0
1	Friday	08-09	8	14	20	11	0	0	2
1	Friday	09-10	8	10	12	9	7	4	24
1	Friday	10-11	19	27	16	12	4	13	42
1	Friday	11-12	18	28	14	11	3	11	52
1	Friday	12-13	18	37	14	9	7	3	27
1	Friday	13-14	22	31	20	9	1	1	7
1	Friday	14-15	19	35	20	9	2	1	7
1	Friday	15-16	25	46	18	13	0	0	0
1	Friday	16-17	34	77	23	12	0	0	0
1	Friday	17-18	26	46	19	5	0	0	1
1	Friday	18-19	38	45	27	9	0	1	3
1	Friday	19-20	28	55	22	6	5	0	2
1	Friday	20-21	23	44	14	6	1	1	0
1	Friday	21-22	10	27	7	1	1	0	0
1	Saturday	06-07	3	2	11	1	0	0	0
1	Saturday	07-08	4	5	3	5	0	0	0
1	Saturday	08-09	5	11	7	8	1	1	0
1	Saturday	09-10	18	16	22	42	1	0	17
1	Saturday	10-11	17	32	16	21	2	0	4
1	Saturday	11-12	25	42	20	12	2	0	1

เอกสารที่ 11-12 สำหรับการแข่งขันกีฬาเทควันโด 2012 เดือนตุลาคม 2554

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1	Saturday	12-13	26	29	15	12	0	0	7
1	Saturday	13-14	25	35	26	9	1	0	1
1	Saturday	14-15	29	33	27	9	2	0	1
1	Saturday	15-16	26	60	27	16	0	0	0
1	Saturday	16-17	25	90	36	14	0	0	4
1	Saturday	17-18	53	87	27	15	0	0	1
1	Saturday	18-19	30	76	27	11	1	0	1
1	Saturday	19-20	29	73	34	4	1	0	3
1	Saturday	20-21	21	57	24	13	0	0	0
1	Saturday	21-22	21	48	14	3	0	0	0
1	Sunday	06-07	3	6	1	6	0	0	1
1	Sunday	07-08	2	10	4	7	0	0	9
1	Sunday	08-09	7	10	17	16	0	0	2
1	Sunday	09-10	10	21	27	15	1	0	18
1	Sunday	10-11	17	26	18	14	0	0	4
1	Sunday	11-12	25	35	13	9	1	0	1
1	Sunday	12-13	15	30	14	16	0	0	2
1	Sunday	13-14	26	45	15	11	0	0	0
1	Sunday	14-15	29	45	22	13	0	0	0
1	Sunday	15-16	30	62	24	17	0	0	1
1	Sunday	16-17	43	68	30	17	0	0	1
1	Sunday	17-18	37	79	30	14	0	0	2
1	Sunday	18-19	38	108	43	11	0	0	1
1	Sunday	19-20	33	81	32	6	1	0	0
1	Sunday	20-21	24	67	18	4	0	0	1
1	Sunday	21-22	20	47	18	2	0	0	0
2	Monday	06-07	6	7	2	4	0	0	0
2	Monday	07-08	6	13	7	8	0	0	1
2	Monday	08-09	7	16	14	14	0	0	3
2	Monday	09-10	6	19	8	5	2	6	32
2	Monday	10-11	11	34	11	9	1	7	45
2	Monday	11-12	19	21	16	8	2	8	18
2	Monday	12-13	14	23	12	8	2	3	13
2	Monday	13-14	21	46	11	11	2	2	6
2	Monday	14-15	21	46	19	9	4	3	3
2	Monday	15-16	31	56	29	13	0	0	2
2	Monday	16-17	24	45	16	7	0	0	0
2	Monday	17-18	30	51	17	12	1	1	1
2	Monday	18-19	29	51	21	9	1	0	0
2	Monday	19-20	25	36	15	8	3	2	1
2	Monday	20-21	22	42	15	3	0	5	1
2	Monday	21-22	15	25	5	2	0	0	0
2	Tuesday	06-07	4	7	4	4	1	0	2
2	Tuesday	07-08	4	11	3	6	0	0	3
2	Tuesday	08-09	10	18	13	11	0	2	7

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2	Friday	06-07	2	1	7	3	0	1	5
2	Friday	07-08	5	10	9	10	1	0	1
2	Friday	08-09	9	13	15	13	1	0	2
2	Friday	09-10	16	22	19	12	4	3	32
2	Friday	10-11	7	23	9	7	1	10	27
2	Friday	11-12	15	25	9	8	2	8	35
2	Friday	12-13	17	34	13	11	4	5	9
2	Friday	13-14	19	43	24	9	1	6	11
2	Friday	14-15	28	42	25	15	1	1	7
2	Friday	15-16	26	57	21	10	1	1	1
2	Friday	16-17	30	64	29	12	0	0	4
2	Friday	17-18	33	56	17	8	1	0	0
2	Friday	18-19	28	52	15	9	1	0	0
2	Friday	19-20	38	51	25	6	1	1	2
2	Friday	20-21	23	47	27	4	1	0	0
2	Friday	21-22	14	39	15	2	3	0	0
2	Saturday	06-07	1	1	5	4	0	0	8
2	Saturday	07-08	5	5	7	6	0	0	4
2	Saturday	08-09	8	20	24	19	0	0	0
2	Saturday	09-10	13	36	23	14	1	0	16
2	Saturday	10-11	12	33	21	13	0	0	14
2	Saturday	11-12	25	34	20	11	1	0	1
2	Saturday	12-13	18	36	25	17	3	0	4
2	Saturday	13-14	27	35	27	11	3	0	0
2	Saturday	14-15	33	41	23	13	0	0	1
2	Saturday	15-16	42	59	36	14	1	0	3
2	Saturday	16-17	33	70	31	16	1	0	2
2	Saturday	17-18	31	79	39	13	0	0	0
2	Saturday	18-19	42	66	22	9	1	0	1
2	Saturday	19-20	30	70	24	5	1	0	0
2	Saturday	20-21	25	59	21	3	0	0	0
2	Saturday	21-22	20	52	17	2	0	0	1
2	Sunday	06-07	4	1	8	3	0	0	7
2	Sunday	07-08	3	6	10	6	0	0	1
2	Sunday	08-09	11	13	13	11	0	0	0
2	Sunday	09-10	10	22	18	17	0	0	12
2	Sunday	10-11	20	19	16	14	0	0	0
2	Sunday	11-12	24	32	17	12	0	0	2
2	Sunday	12-13	32	36	22	14	0	0	1
2	Sunday	13-14	31	34	21	12	0	0	1
2	Sunday	14-15	35	61	23	15	0	0	1
2	Sunday	15-16	28	72	21	14	0	0	3
2	Sunday	16-17	30	55	31	18	0	0	2
2	Sunday	17-18	33	75	35	14	0	0	2
2	Sunday	18-19	36	76	27	8	1	0	1

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2	Sunday	19-20	29	60	26	7	0	0	1
2	Sunday	20-21	29	83	37	7	0	0	0
2	Sunday	21-22	22	67	27	2	1	0	0
3	Monday	06-07	2	6	11	5	0	0	3
3	Monday	07-08	5	20	15	3	0	0	1
3	Monday	08-09	5	17	10	12	0	0	0
3	Monday	09-10	2	18	6	0	0	0	23
3	Monday	10-11	15	27	12	11	0	7	62
3	Monday	11-12	20	39	13	9	4	8	56
3	Monday	12-13	21	32	18	10	2	4	14
3	Monday	13-14	22	35	5	6	3	0	8
3	Monday	14-15	28	46	14	8	1	2	7
3	Monday	15-16	22	42	23	9	2	4	3
3	Monday	16-17	15	63	29	13	1	0	1
3	Monday	17-18	22	56	12	6	0	0	0
3	Monday	18-19	17	46	31	6	0	0	2
3	Monday	19-20	19	32	21	6	0	0	0
3	Monday	20-21	19	41	16	6	0	0	0
3	Monday	21-22	13	29	5	2	0	0	0
3	Tuesday	06-07	0	1	5	3	0	0	7
3	Tuesday	07-08	6	10	3	3	0	0	2
3	Tuesday	08-09	10	17	14	12	0	1	2
3	Tuesday	09-10	11	14	10	7	2	4	24
3	Tuesday	10-11	10	23	14	8	6	7	40
3	Tuesday	11-12	7	25	6	9	6	6	29
3	Tuesday	12-13	18	45	13	12	1	0	5
3	Tuesday	13-14	24	39	15	10	1	9	2
3	Tuesday	14-15	20	46	25	16	1	6	24
3	Tuesday	15-16	22	66	22	11	1	0	2
3	Tuesday	16-17	30	65	15	10	1	1	1
3	Tuesday	17-18	27	60	28	8	0	2	5
3	Tuesday	18-19	24	58	13	8	0	1	1
3	Tuesday	19-20	18	48	16	4	1	1	3
3	Tuesday	20-21	17	57	13	3	1	0	2
3	Tuesday	21-22	11	33	8	2	0	0	0
3	Wednesday	06-07	4	1	3	4	0	0	9
3	Wednesday	07-08	6	9	6	4	1	0	2
3	Wednesday	08-09	9	19	17	10	1	1	2
3	Wednesday	09-10	10	13	9	6	7	10	22
3	Wednesday	10-11	14	25	13	10	4	7	20
3	Wednesday	11-12	8	14	4	3	1	9	21
3	Wednesday	12-13	0	33	14	4	0	0	0
3	Wednesday	13-14	4	38	12	5	1	2	4
3	Wednesday	14-15	2	42	18	8	0	0	5
3	Wednesday	15-16	0	55	25	10	0	0	0

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3	Wednesday	16-17	0	48	24	9	0	0	0
3	Wednesday	17-18	0	62	30	11	0	0	0
3	Wednesday	18-19	15	40	21	5	1	0	1
3	Wednesday	19-20	18	39	15	4	0	0	1
3	Wednesday	20-21	23	39	10	3	0	0	0
3	Wednesday	21-22	12	28	16	2	0	0	0
3	Thursday	06-07	1	3	5	7	0	0	2
3	Thursday	07-08	9	6	5	6	0	0	0
3	Thursday	08-09	11	19	25	9	0	0	4
3	Thursday	09-10	9	20	11	7	3	6	20
3	Thursday	10-11	15	29	12	11	5	9	24
3	Thursday	11-12	18	34	13	6	1	7	26
3	Thursday	12-13	16	31	17	9	4	2	14
3	Thursday	13-14	21	35	18	10	0	5	6
3	Thursday	14-15	23	49	15	11	1	8	6
3	Thursday	15-16	23	57	30	10	0	1	5
3	Thursday	16-17	42	50	33	8	1	0	1
3	Thursday	17-18	29	66	28	12	1	1	2
3	Thursday	18-19	22	51	16	8	4	0	0
3	Thursday	19-20	21	47	18	5	1	2	0
3	Thursday	20-21	20	35	14	1	2	0	0
3	Thursday	21-22	19	27	15	2	0	0	0
3	Friday	06-07	2	3	6	2	2	0	4
3	Friday	07-08	7	9	8	5	0	0	3
3	Friday	08-09	12	16	14	15	0	0	0
3	Friday	09-10	12	22	14	8	8	2	13
3	Friday	10-11	15	17	17	8	7	14	30
3	Friday	11-12	15	27	7	7	10	6	38
3	Friday	12-13	18	34	17	8	5	6	21
3	Friday	13-14	14	36	19	14	3	3	10
3	Friday	14-15	34	49	28	10	2	0	12
3	Friday	15-16	28	61	30	12	2	1	4
3	Friday	16-17	35	58	21	12	0	0	0
3	Friday	17-18	30	77	27	8	1	0	4
3	Friday	18-19	26	60	23	8	1	0	1
3	Friday	19-20	24	42	26	5	3	1	0
3	Friday	20-21	29	52	15	7	1	0	0
3	Friday	21-22	10	43	14	2	3	0	0
3	Saturday	06-07	0	3	8	4	0	0	5
3	Saturday	07-08	9	10	7	9	1	0	6
3	Saturday	08-09	7	14	18	21	0	0	0
3	Saturday	09-10	12	24	26	17	0	0	10
3	Saturday	10-11	16	37	20	13	0	0	24
3	Saturday	11-12	27	26	17	10	0	0	2
3	Saturday	12-13	30	39	18	17	0	1	2

เอกสารที่... สำหรับกา... ใช้... การ... 18... ไม่... 17... 0... 1... 2...

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3	Saturday	13-14	22	34	18	8	0	0	3
3	Saturday	14-15	21	41	15	11	0	0	1
3	Saturday	15-16	30	61	34	13	0	0	0
3	Saturday	16-17	43	63	32	15	0	0	0
3	Saturday	17-18	36	62	30	11	0	0	4
3	Saturday	18-19	32	66	29	8	1	0	6
3	Saturday	19-20	30	74	27	4	0	0	0
3	Saturday	20-21	19	54	18	4	0	0	0
3	Saturday	21-22	24	44	14	2	3	0	0
3	Sunday	06-07	1	3	3	3	0	0	3
3	Sunday	07-08	9	10	4	4	0	0	3
3	Sunday	08-09	7	15	23	10	0	0	1
3	Sunday	09-10	14	20	19	14	0	0	9
3	Sunday	10-11	23	22	18	16	1	0	1
3	Sunday	11-12	15	31	14	15	0	0	2
3	Sunday	12-13	18	27	22	12	0	0	1
3	Sunday	13-14	18	37	13	10	0	0	2
3	Sunday	14-15	31	47	22	13	0	0	1
3	Sunday	15-16	35	52	22	14	0	0	0
3	Sunday	16-17	47	79	22	16	1	0	0
3	Sunday	17-18	42	82	32	13	0	0	5
3	Sunday	18-19	42	80	35	7	1	0	2
3	Sunday	19-20	32	84	35	6	0	0	0
3	Sunday	20-21	21	72	21	2	0	0	0
3	Sunday	21-22	29	58	23	2	1	0	0
4	Monday	06-07	2	6	9	6	0	0	7
4	Monday	07-08	8	13	3	3	0	0	6
4	Monday	08-09	12	21	12	14	0	0	0
4	Monday	09-10	11	30	12	12	5	2	28
4	Monday	10-11	4	24	13	3	4	13	44
4	Monday	11-12	15	47	9	11	3	12	17
4	Monday	12-13	12	32	12	8	4	2	39
4	Monday	13-14	14	36	14	7	1	1	11
4	Monday	14-15	22	44	18	11	2	4	7
4	Monday	15-16	34	66	26	10	2	0	0
4	Monday	16-17	19	46	23	13	2	0	1
4	Monday	17-18	28	53	24	11	3	0	0
4	Monday	18-19	24	61	15	7	1	2	0
4	Monday	19-20	19	41	17	6	2	0	0
4	Monday	20-21	21	47	6	3	2	4	1
4	Monday	21-22	14	33	11	2	0	4	0
4	Tuesday	06-07	3	1	6	5	0	0	6
4	Tuesday	07-08	6	7	8	5	0	0	4
4	Tuesday	08-09	14	18	14	10	0	1	6
4	Tuesday	09-10	12	27	15	15	4	6	17

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4	Tuesday	10-11	5	22	7	6	4	8	47
4	Tuesday	11-12	21	32	14	12	11	12	30
4	Tuesday	12-13	16	34	18	11	2	3	21
4	Tuesday	13-14	16	40	21	10	2	1	15
4	Tuesday	14-15	19	38	16	12	1	5	11
4	Tuesday	15-16	39	56	18	12	6	6	6
4	Tuesday	16-17	34	53	24	12	0	1	1
4	Tuesday	17-18	30	57	19	11	1	0	2
4	Tuesday	18-19	29	44	18	11	1	0	1
4	Tuesday	19-20	29	38	15	7	1	0	7
4	Tuesday	20-21	24	44	8	3	0	1	1
4	Tuesday	21-22	17	19	6	2	3	0	0
4	Wednesday	06-07	1	6	12	9	0	0	6
4	Wednesday	07-08	6	13	6	6	1	0	9
4	Wednesday	08-09	8	8	11	9	0	2	2
4	Wednesday	09-10	15	29	19	9	6	2	30
4	Wednesday	10-11	12	27	17	12	11	14	57
4	Wednesday	11-12	23	35	17	9	3	15	69
4	Wednesday	12-13	13	30	26	9	4	5	32
4	Wednesday	13-14	24	29	25	23	1	5	18
4	Wednesday	14-15	30	41	27	7	5	4	23
4	Wednesday	15-16	25	66	33	16	2	3	10
4	Wednesday	16-17	24	59	30	9	0	0	4
4	Wednesday	17-18	32	56	20	11	1	0	2
4	Wednesday	18-19	27	46	26	8	0	1	1
4	Wednesday	19-20	16	54	15	5	0	0	0
4	Wednesday	20-21	20	29	17	3	0	0	2
4	Wednesday	21-22	17	34	4	2	0	0	0
4	Thursday	06-07	1	2	7	5	0	0	14
4	Thursday	07-08	8	10	8	6	0	0	12
4	Thursday	08-09	1	16	12	8	1	0	4
4	Thursday	09-10	24	23	24	10	5	6	37
4	Thursday	10-11	18	34	18	11	5	14	44
4	Thursday	11-12	16	31	10	5	3	9	44
4	Thursday	12-13	20	34	13	13	1	3	19
4	Thursday	13-14	24	47	19	11	2	1	17
4	Thursday	14-15	29	45	20	6	2	8	25
4	Thursday	15-16	29	46	26	12	3	3	7
4	Thursday	16-17	35	57	27	8	3	0	4
4	Thursday	17-18	36	61	30	8	1	1	3
4	Thursday	18-19	31	45	19	7	1	1	2
4	Thursday	19-20	18	43	14	4	3	0	2
4	Thursday	20-21	18	47	8	2	4	0	0
4	Thursday	21-22	14	35	5	2	0	1	0
4	Friday	06-07	1	3	7	4	0	0	4

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4	Friday	07-08	6	4	3	2	0	0	6
4	Friday	08-09	2	9	7	10	0	0	1
4	Friday	09-10	12	16	20	12	3	6	44
4	Friday	10-11	14	32	17	11	7	12	66
4	Friday	11-12	15	28	14	13	7	10	78
4	Friday	12-13	22	37	13	11	0	4	38
4	Friday	13-14	22	28	19	10	4	3	22
4	Friday	14-15	27	54	35	16	3	7	20
4	Friday	15-16	33	55	36	13	1	3	6
4	Friday	16-17	32	48	28	11	9	2	5
4	Friday	17-18	49	65	31	13	1	0	6
4	Friday	18-19	11	31	22	3	0	0	0
4	Friday	19-20	15	16	18	5	0	0	0
4	Friday	20-21	24	45	19	5	2	0	0
4	Friday	21-22	14	40	12	2	3	1	1
4	Saturday	06-07	1	1	4	4	0	0	11
4	Saturday	07-08	8	6	4	5	0	0	8
4	Saturday	08-09	12	21	31	18	1	0	1
4	Saturday	09-10	18	37	31	17	0	0	12
4	Saturday	10-11	25	39	27	12	0	1	15
4	Saturday	11-12	22	30	29	15	1	1	1
4	Saturday	12-13	31	36	18	16	1	1	3
4	Saturday	13-14	17	24	15	9	2	0	2
4	Saturday	14-15	24	30	23	10	1	0	6
4	Saturday	15-16	33	47	32	13	0	0	3
4	Saturday	16-17	44	61	34	13	0	0	1
4	Saturday	17-18	37	71	38	10	0	0	6
4	Saturday	18-19	29	67	30	9	0	0	6
4	Saturday	19-20	33	50	17	5	0	0	2
4	Saturday	20-21	26	63	12	3	1	0	2
4	Saturday	21-22	16	36	10	2	0	0	0
4	Sunday	06-07	2	5	5	6	0	0	8
4	Sunday	07-08	9	8	9	7	0	0	11
4	Sunday	08-09	9	10	15	12	0	0	1
4	Sunday	09-10	9	15	20	9	0	0	17
4	Sunday	10-11	18	18	13	12	0	0	9
4	Sunday	11-12	24	24	15	19	1	0	0
4	Sunday	12-13	13	22	24	12	0	0	0
4	Sunday	13-14	29	33	26	15	0	0	3
4	Sunday	14-15	27	50	15	13	0	0	4
4	Sunday	15-16	39	55	22	16	0	0	0
4	Sunday	16-17	36	70	35	16	2	1	6
4	Sunday	17-18	41	72	28	13	0	0	3
4	Sunday	18-19	34	84	55	13	0	1	1
4	Sunday	19-20	31	88	28	9	0	0	0

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4	Sunday	20-21	29	69	19	3	0	0	0
4	Sunday	21-22	20	57	16	3	2	0	0
5	Monday	06-07	3	5	12	10	0	0	6
5	Monday	07-08	8	21	7	6	0	0	14
5	Monday	08-09	10	13	12	8	0	2	3
5	Monday	09-10	12	22	16	10	3	6	63
5	Monday	10-11	8	40	20	12	3	16	69
5	Monday	11-12	16	38	11	8	8	9	70
5	Monday	12-13	15	23	22	12	2	4	54
5	Monday	13-14	26	29	17	11	0	4	47
5	Monday	14-15	19	44	22	9	2	5	7
5	Monday	15-16	22	36	21	6	0	2	5
5	Monday	16-17	26	56	26	10	1	2	1
5	Monday	17-18	27	59	27	8	1	0	9
5	Monday	18-19	23	50	19	9	0	0	2
5	Monday	19-20	27	48	21	6	2	1	0
5	Monday	20-21	16	38	16	3	1	8	1
5	Monday	21-22	12	37	10	4	1	1	0
5	Tuesday	06-07	4	3	5	5	0	0	1
5	Tuesday	07-08	5	6	14	5	0	0	3
5	Tuesday	08-09	13	15	8	12	0	1	2
5	Tuesday	09-10	5	32	19	12	6	10	29
5	Tuesday	10-11	12	30	24	12	6	15	65
5	Tuesday	11-12	23	35	11	10	8	6	50
5	Tuesday	12-13	24	32	13	13	1	5	25
5	Tuesday	13-14	19	36	16	9	1	2	19
5	Tuesday	14-15	27	43	16	13	0	3	12
5	Tuesday	15-16	25	61	19	13	2	0	2
5	Tuesday	16-17	26	57	23	13	1	1	2
5	Tuesday	17-18	32	48	30	9	1	0	6
5	Tuesday	18-19	21	55	27	10	1	0	1
5	Tuesday	19-20	15	36	14	4	4	0	2
5	Tuesday	20-21	19	37	6	3	2	0	1
5	Tuesday	21-22	10	35	8	2	4	0	0
5	Wednesday	06-07	1	2	10	5	0	0	7
5	Wednesday	07-08	6	10	6	4	0	0	8
5	Wednesday	08-09	8	10	18	14	0	0	1
5	Wednesday	09-10	11	33	18	10	0	0	4
5	Wednesday	10-11	14	17	15	19	0	1	1
5	Wednesday	11-12	15	36	9	12	1	0	0
5	Wednesday	12-13	23	35	13	14	0	0	1
5	Wednesday	13-14	24	41	23	13	0	1	0
5	Wednesday	14-15	26	51	29	11	0	0	5
5	Wednesday	15-16	44	61	21	12	0	0	0
5	Wednesday	16-17	41	93	32	12	1	0	1

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	Wednesday	17-18	40	64	39	9	0	1	6
5	Wednesday	18-19	39	84	31	8	2	1	7
5	Wednesday	19-20	38	62	19	3	0	0	2
5	Wednesday	20-21	31	76	21	5	1	0	0
5	Wednesday	21-22	12	41	20	4	0	0	0
5	Thursday	06-07	0	7	5	8	0	0	6
5	Thursday	07-08	9	17	7	9	0	0	5
5	Thursday	08-09	8	18	10	15	3	1	7
5	Thursday	09-10	22	29	20	12	5	11	47
5	Thursday	10-11	16	38	22	14	12	14	70
5	Thursday	11-12	28	37	25	12	3	13	45
5	Thursday	12-13	22	33	16	15	3	2	52
5	Thursday	13-14	24	42	21	14	2	0	46
5	Thursday	14-15	27	52	21	11	1	3	32
5	Thursday	15-16	31	48	29	12	1	1	2
5	Thursday	16-17	33	58	29	10	1	1	2
5	Thursday	17-18	28	49	28	12	0	1	4
5	Thursday	18-19	29	58	23	10	1	0	8
5	Thursday	19-20	16	42	13	5	3	0	0
5	Thursday	20-21	19	37	14	4	3	0	1
5	Thursday	21-22	9	35	11	2	2	0	0
5	Friday	06-07	1	3	4	5	1	0	13
5	Friday	07-08	5	12	22	7	0	0	5
5	Friday	08-09	6	14	19	13	1	0	0
5	Friday	09-10	11	25	19	12	7	4	40
5	Friday	10-11	20	27	13	13	5	14	53
5	Friday	11-12	22	38	15	15	2	11	57
5	Friday	12-13	16	42	16	13	2	1	22
5	Friday	13-14	26	42	15	16	2	3	3
5	Friday	14-15	34	54	22	22	4	10	20
5	Friday	15-16	32	66	30	15	2	1	2
5	Friday	16-17	16	29	17	8	1	0	0
5	Friday	17-18	31	45	33	11	2	0	3
5	Friday	18-19	31	63	23	11	6	0	1
5	Friday	19-20	20	63	22	4	1	0	0
5	Friday	20-21	21	49	24	4	0	0	1
5	Friday	21-22	19	39	13	4	1	2	1
5	Saturday	06-07	0	4	5	4	1	0	11
5	Saturday	07-08	6	8	8	9	0	0	9
5	Saturday	08-09	12	11	58	28	0	0	0
5	Saturday	09-10	24	35	47	33	0	0	2
5	Saturday	10-11	15	37	31	19	0	2	24
5	Saturday	11-12	28	22	36	20	0	0	17
5	Saturday	12-13	26	44	22	13	0	0	9
5	Saturday	13-14	29	38	34	13	1	1	16

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	Saturday	14-15	37	45	21	14	0	0	4
5	Saturday	15-16	35	57	36	15	0	0	1
5	Saturday	16-17	25	74	54	18	1	0	0
5	Saturday	17-18	34	69	43	16	2	0	2
5	Saturday	18-19	25	61	25	12	1	0	0
5	Saturday	19-20	32	49	21	3	0	0	0
5	Saturday	20-21	25	47	12	5	0	0	0
5	Saturday	21-22	17	50	21	2	1	0	0
5	Sunday	06-07	0	3	6	5	1	0	14
5	Sunday	07-08	9	10	9	6	0	0	7
5	Sunday	08-09	13	14	41	21	0	0	3
5	Sunday	09-10	29	21	46	21	0	0	0
5	Sunday	10-11	19	29	50	24	0	0	5
5	Sunday	11-12	21	41	24	18	0	0	0
5	Sunday	12-13	30	38	21	17	0	0	3
5	Sunday	13-14	28	55	34	24	0	0	0
5	Sunday	14-15	42	51	28	18	0	0	0
5	Sunday	15-16	43	54	41	26	1	0	1
5	Sunday	16-17	46	62	54	29	1	0	2
5	Sunday	17-18	30	82	42	22	1	0	7
5	Sunday	18-19	43	97	36	16	0	0	0
5	Sunday	19-20	22	57	25	12	2	0	2
5	Sunday	20-21	41	78	23	4	0	0	0
5	Sunday	21-22	29	69	27	2	1	0	0
6	Monday	06-07	4	6	4	4	0	0	13
6	Monday	07-08	7	19	18	9	1	0	7
6	Monday	08-09	10	15	22	21	0	1	0
6	Monday	09-10	16	34	30	21	5	1	35
6	Monday	10-11	31	37	29	18	1	2	39
6	Monday	11-12	32	45	24	17	1	1	29
6	Monday	12-13	27	40	29	14	1	3	18
6	Monday	13-14	32	41	18	17	1	2	6
6	Monday	14-15	23	41	39	12	0	2	5
6	Monday	15-16	29	62	35	21	1	0	2
6	Monday	16-17	40	49	50	20	0	0	0
6	Monday	17-18	32	55	35	14	1	0	7
6	Monday	18-19	37	55	32	12	1	0	6
6	Monday	19-20	28	51	30	7	2	0	1
6	Monday	20-21	13	42	8	6	0	0	0
6	Monday	21-22	19	30	9	2	0	0	0
6	Tuesday	06-07	1	5	8	9	0	0	12
6	Tuesday	07-08	9	12	9	11	0	0	5
6	Tuesday	08-09	18	13	29	21	0	0	0
6	Tuesday	09-10	18	34	20	12	1	0	20
6	Tuesday	10-11	13	28	25	14	1	8	27

เอกสารที่... สำหรับการเช่า... ไม่อาจ... ใช้ประโยชน์... ค่า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6	Friday	08-09	15	18	29	19	0	2	0
6	Friday	09-10	24	32	47	12	7	5	26
6	Friday	10-11	20	37	30	19	6	8	39
6	Friday	11-12	22	34	27	14	5	8	44
6	Friday	12-13	26	41	19	13	2	5	26
6	Friday	13-14	40	42	25	12	3	2	8
6	Friday	14-15	30	53	39	13	1	1	11
6	Friday	15-16	41	73	33	16	4	1	6
6	Friday	16-17	34	55	31	19	2	0	3
6	Friday	17-18	44	46	29	14	0	0	3
6	Friday	18-19	37	64	27	16	3	0	2
6	Friday	19-20	33	53	23	12	3	0	0
6	Friday	20-21	25	44	7	6	4	0	0
6	Friday	21-22	16	34	11	3	3	0	0
6	Saturday	06-07	1	3	4	4	0	0	8
6	Saturday	07-08	10	10	5	4	0	0	5
6	Saturday	08-09	9	17	23	16	0	0	0
6	Saturday	09-10	24	34	44	22	0	1	0
6	Saturday	10-11	30	31	33	17	0	0	20
6	Saturday	11-12	28	38	31	23	0	0	2
6	Saturday	12-13	22	38	22	19	0	0	1
6	Saturday	13-14	35	39	23	15	1	0	14
6	Saturday	14-15	30	51	35	14	0	0	0
6	Saturday	15-16	39	61	32	20	1	0	1
6	Saturday	16-17	33	55	47	13	0	0	2
6	Saturday	17-18	31	67	36	17	0	0	8
6	Saturday	18-19	39	80	25	21	1	0	2
6	Saturday	19-20	25	74	24	12	0	0	6
6	Saturday	20-21	27	54	29	6	0	0	1
6	Saturday	21-22	21	46	19	7	0	0	0
6	Sunday	06-07	3	5	6	4	0	0	4
6	Sunday	07-08	7	5	9	6	0	0	18
6	Sunday	08-09	9	6	26	15	0	0	0
6	Sunday	09-10	18	18	24	18	0	0	1
6	Sunday	10-11	-27	15	28	21	0	1	0
6	Sunday	11-12	24	37	17	19	1	0	1
6	Sunday	12-13	34	30	17	12	0	0	1
6	Sunday	13-14	22	29	18	25	0	0	3
6	Sunday	14-15	26	48	34	15	0	0	4
6	Sunday	15-16	29	45	34	20	1	0	5
6	Sunday	16-17	36	64	38	17	0	0	2
6	Sunday	17-18	36	68	31	18	0	0	1
6	Sunday	18-19	53	81	41	14	0	0	6
6	Sunday	19-20	27	66	32	10	1	0	1
6	Sunday	20-21	39	68	28	6	0	0	1

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6	Sunday	21-22	21	53	15	2	1	0	0
7	Monday	06-07	2	13	8	6	0	0	5
7	Monday	07-08	10	15	8	5	0	1	7
7	Monday	08-09	16	17	16	17	1	0	0
7	Monday	09-10	15	27	23	13	2	8	32
7	Monday	10-11	15	31	14	15	6	6	73
7	Monday	11-12	24	26	18	14	3	14	57
7	Monday	12-13	24	33	18	12	1	2	5
7	Monday	13-14	20	49	11	14	6	5	9
7	Monday	14-15	28	36	20	8	1	0	11
7	Monday	15-16	39	51	26	14	0	1	4
7	Monday	16-17	24	57	27	11	0	1	3
7	Monday	17-18	33	43	23	13	0	0	5
7	Monday	18-19	25	46	25	9	0	0	3
7	Monday	19-20	14	36	17	5	1	0	0
7	Monday	20-21	10	39	14	4	1	0	0
7	Monday	21-22	12	16	12	2	3	0	0
7	Tuesday	06-07	0	2	5	3	0	0	3
7	Tuesday	07-08	8	8	7	5	0	0	7
7	Tuesday	08-09	13	21	19	15	0	0	1
7	Tuesday	09-10	11	29	25	17	5	5	26
7	Tuesday	10-11	19	26	17	12	7	15	46
7	Tuesday	11-12	28	36	23	14	3	9	35
7	Tuesday	12-13	19	43	13	14	6	4	15
7	Tuesday	13-14	30	46	15	16	2	3	13
7	Tuesday	14-15	29	39	18	19	1	2	20
7	Tuesday	15-16	31	37	26	13	2	0	1
7	Tuesday	16-17	27	75	34	18	0	1	0
7	Tuesday	17-18	30	60	24	14	0	0	4
7	Tuesday	18-19	38	49	33	10	0	0	0
7	Tuesday	19-20	25	48	24	5	2	1	0
7	Tuesday	20-21	18	60	13	6	1	0	0
7	Tuesday	21-22	16	38	8	2	0	0	0
7	Wednesday	06-07	1	2	2	3	0	0	7
7	Wednesday	07-08	10	11	10	9	0	0	9
7	Wednesday	08-09	3	17	14	13	1	0	0
7	Wednesday	09-10	22	31	25	19	13	3	33
7	Wednesday	10-11	22	37	23	13	2	4	63
7	Wednesday	11-12	29	38	23	13	6	13	25
7	Wednesday	12-13	20	51	18	15	1	3	10
7	Wednesday	13-14	27	36	21	12	2	1	11
7	Wednesday	14-15	28	52	25	16	2	0	13
7	Wednesday	15-16	35	68	26	12	1	1	5
7	Wednesday	16-17	31	53	25	14	0	0	1
7	Wednesday	17-18	33	68	20	8	0	0	0

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7	Wednesday	18-19	30	48	25	8	0	0	2
7	Wednesday	19-20	20	43	21	10	2	0	0
7	Wednesday	20-21	23	51	14	6	1	1	0
7	Wednesday	21-22	19	34	8	3	0	0	0
7	Thursday	06-07	2	1	7	8	0	0	7
7	Thursday	07-08	5	11	5	11	0	0	6
7	Thursday	08-09	9	18	20	15	0	0	0
7	Thursday	09-10	19	22	21	16	5	6	22
7	Thursday	10-11	18	32	22	16	3	7	43
7	Thursday	11-12	27	35	18	13	5	4	44
7	Thursday	12-13	23	39	23	13	2	1	26
7	Thursday	13-14	28	48	17	11	1	3	5
7	Thursday	14-15	29	56	26	11	2	4	18
7	Thursday	15-16	32	59	23	12	2	0	5
7	Thursday	16-17	32	51	35	15	0	1	2
7	Thursday	17-18	36	55	26	10	1	0	1
7	Thursday	18-19	23	32	23	9	4	0	0
7	Thursday	19-20	25	40	33	6	1	1	2
7	Thursday	20-21	14	32	14	5	6	0	0
7	Thursday	21-22	9	21	15	5	1	0	0
7	Friday	06-07	3	5	6	5	0	0	7
7	Friday	07-08	6	14	6	6	0	0	5
7	Friday	08-09	10	13	19	16	0	0	1
7	Friday	09-10	18	30	25	20	3	2	18
7	Friday	10-11	20	28	26	17	4	13	44
7	Friday	11-12	28	21	16	14	4	4	28
7	Friday	12-13	18	26	19	9	0	1	5
7	Friday	13-14	26	51	18	13	1	3	6
7	Friday	14-15	39	49	38	17	1	5	21
7	Friday	15-16	39	77	24	15	2	1	4
7	Friday	16-17	38	71	22	13	4	1	4
7	Friday	17-18	36	54	29	15	0	0	1
7	Friday	18-19	28	63	35	8	1	0	0
7	Friday	19-20	24	38	19	10	3	0	0
7	Friday	20-21	18	36	19	7	0	1	0
7	Friday	21-22	22	30	9	6	3	0	0
7	Saturday	06-07	0	2	5	4	0	0	6
7	Saturday	07-08	4	9	9	7	0	0	3
7	Saturday	08-09	9	12	18	20	1	0	0
7	Saturday	09-10	23	25	31	15	0	0	2
7	Saturday	10-11	22	33	21	14	1	0	14
7	Saturday	11-12	23	43	22	19	3	0	10
7	Saturday	12-13	21	36	25	14	0	0	26
7	Saturday	13-14	26	39	24	13	0	0	0
7	Saturday	14-15	28	37	20	14	0	0	1

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7	Saturday	15-16	33	52	32	16	1	0	3
7	Saturday	16-17	27	66	35	10	2	0	2
7	Saturday	17-18	39	68	35	17	1	0	3
7	Saturday	18-19	36	76	38	16	2	0	0
7	Saturday	19-20	30	61	27	7	0	0	0
7	Saturday	20-21	30	39	23	3	0	0	0
7	Saturday	21-22	15	49	13	3	1	0	0
7	Sunday	06-07	4	6	5	6	0	0	11
7	Sunday	07-08	5	6	3	7	0	0	6
7	Sunday	08-09	6	12	23	8	0	0	0
7	Sunday	09-10	25	18	24	16	0	0	0
7	Sunday	10-11	16	23	16	12	1	0	5
7	Sunday	11-12	24	38	14	18	0	0	1
7	Sunday	12-13	22	35	14	13	0	0	7
7	Sunday	13-14	26	31	17	19	0	0	2
7	Sunday	14-15	36	52	30	18	0	0	1
7	Sunday	15-16	33	57	30	14	0	0	0
7	Sunday	16-17	34	54	27	16	0	0	1
7	Sunday	17-18	43	84	31	14	2	0	4
7	Sunday	18-19	25	70	38	13	1	0	4
7	Sunday	19-20	43	97	34	5	1	0	0
7	Sunday	20-21	35	54	26	4	2	0	1
7	Sunday	21-22	33	112	27	4	0	0	0
8	Monday	06-07	4	6	11	8	0	0	11
8	Monday	07-08	7	12	15	8	0	0	8
8	Monday	08-09	15	23	23	11	0	0	3
8	Monday	09-10	20	32	19	14	7	7	50
8	Monday	10-11	21	24	22	11	3	6	35
8	Monday	11-12	15	33	19	8	1	9	76
8	Monday	12-13	17	31	18	15	4	5	47
8	Monday	13-14	21	42	15	12	1	14	22
8	Monday	14-15	30	59	20	10	2	9	17
8	Monday	15-16	27	62	33	11	2	1	6
8	Monday	16-17	35	63	30	12	0	1	6
8	Monday	17-18	38	70	28	10	0	0	1
8	Monday	18-19	26	57	31	9	1	1	3
8	Monday	19-20	29	54	15	6	1	3	1
8	Monday	20-21	19	57	15	3	2	1	0
8	Monday	21-22	16	36	5	2	3	0	0
8	Tuesday	06-07	1	2	3	4	0	0	8
8	Tuesday	07-08	6	9	7	6	0	0	5
8	Tuesday	08-09	14	20	12	11	0	0	2
8	Tuesday	09-10	21	31	23	15	5	6	23
8	Tuesday	10-11	11	38	10	14	10	5	63
8	Tuesday	11-12	25	39	23	13	1	12	45

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8	Tuesday	12-13	19	39	19	12	1	3	40
8	Tuesday	13-14	30	52	22	11	2	5	17
8	Tuesday	14-15	31	55	31	17	1	12	23
8	Tuesday	15-16	33	48	30	12	1	1	4
8	Tuesday	16-17	37	68	34	11	0	1	0
8	Tuesday	17-18	38	67	21	11	1	0	0
8	Tuesday	18-19	32	80	36	8	1	1	0
8	Tuesday	19-20	34	60	17	5	1	0	0
8	Tuesday	20-21	11	30	18	4	0	0	0
8	Tuesday	21-22	18	29	8	3	0	0	0
8	Wednesday	06-07	3	2	6	4	0	0	0
8	Wednesday	07-08	7	10	5	11	0	0	8
8	Wednesday	08-09	10	15	30	28	0	0	0
8	Wednesday	09-10	18	30	26	13	6	4	42
8	Wednesday	10-11	25	32	17	9	13	19	56
8	Wednesday	11-12	23	40	22	12	7	13	37
8	Wednesday	12-13	14	38	15	14	1	3	27
8	Wednesday	13-14	26	38	25	8	5	1	16
8	Wednesday	14-15	41	50	23	13	6	9	27
8	Wednesday	15-16	36	67	28	15	2	3	20
8	Wednesday	16-17	43	58	38	8	0	0	2
8	Wednesday	17-18	43	64	29	14	1	1	1
8	Wednesday	18-19	30	72	30	9	3	1	0
8	Wednesday	19-20	28	56	19	6	7	1	0
8	Wednesday	20-21	24	51	10	4	2	1	2
8	Wednesday	21-22	23	41	15	2	0	0	0
8	Thursday	06-07	1	4	7	7	0	0	4
8	Thursday	07-08	7	8	5	5	0	0	13
8	Thursday	08-09	12	14	17	10	0	0	0
8	Thursday	09-10	18	43	12	19	2	2	33
8	Thursday	10-11	16	31	17	10	10	13	56
8	Thursday	11-12	33	37	21	15	1	9	71
8	Thursday	12-13	19	48	18	12	1	3	51
8	Thursday	13-14	20	36	17	11	1	4	13
8	Thursday	14-15	28	35	27	11	3	7	20
8	Thursday	15-16	31	62	34	14	3	1	7
8	Thursday	16-17	34	66	25	12	1	0	2
8	Thursday	17-18	35	62	28	10	1	2	10
8	Thursday	18-19	34	67	24	19	4	0	2
8	Thursday	19-20	29	52	32	5	2	0	0
8	Thursday	20-21	25	52	21	8	2	0	2
8	Thursday	21-22	18	39	15	2	1	0	2
8	Friday	06-07	2	0	3	3	0	0	7
8	Friday	07-08	12	7	9	9	0	0	8
8	Friday	08-09	7	14	22	17	1	1	6

เอกสารที่ 8 สำหรับการใช้งานเอกสารที่ 14 ไม่อาจ 17 ที่เห็น 1 ใช้ประโยชน์ค่า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8	Friday	09-10	23	23	17	13	3	2	34
8	Friday	10-11	26	30	22	17	4	5	43
8	Friday	11-12	29	45	13	11	4	16	67
8	Friday	12-13	20	33	17	15	6	7	43
8	Friday	13-14	30	47	17	10	2	4	19
8	Friday	14-15	31	54	20	12	4	7	37
8	Friday	15-16	30	58	36	15	4	4	4
8	Friday	16-17	36	81	21	14	2	0	1
8	Friday	17-18	37	62	32	12	0	0	3
8	Friday	18-19	38	60	28	8	2	0	15
8	Friday	19-20	28	40	22	5	1	1	1
8	Friday	20-21	23	50	18	5	3	0	1
8	Friday	21-22	13	25	10	2	2	0	0
8	Saturday	06-07	2	2	6	3	1	0	3
8	Saturday	07-08	11	9	11	8	0	0	13
8	Saturday	08-09	14	13	27	15	2	1	0
8	Saturday	09-10	24	22	35	15	0	0	34
8	Saturday	10-11	17	25	27	14	0	0	9
8	Saturday	11-12	28	39	29	19	1	0	18
8	Saturday	12-13	35	42	25	20	0	0	12
8	Saturday	13-14	28	46	25	14	1	0	9
8	Saturday	14-15	34	43	29	15	1	0	3
8	Saturday	15-16	49	57	43	18	0	0	2
8	Saturday	16-17	48	74	39	15	0	0	2
8	Saturday	17-18	36	66	43	19	1	0	0
8	Saturday	18-19	40	78	28	12	2	0	0
8	Saturday	19-20	27	61	25	5	0	0	4
8	Saturday	20-21	27	56	20	3	0	0	0
8	Saturday	21-22	20	59	12	2	2	0	1
8	Sunday	06-07	3	2	5	5	0	0	0
8	Sunday	07-08	11	10	3	7	0	0	7
8	Sunday	08-09	7	22	41	20	0	0	0
8	Sunday	09-10	20	19	34	15	0	0	1
8	Sunday	10-11	23	19	28	16	0	0	2
8	Sunday	11-12	27	39	26	18	0	0	7
8	Sunday	12-13	29	25	34	17	0	0	2
8	Sunday	13-14	30	37	27	13	0	0	1
8	Sunday	14-15	21	37	34	16	1	0	1
8	Sunday	15-16	41	54	27	24	0	0	0
8	Sunday	16-17	41	67	34	15	0	0	3
8	Sunday	17-18	41	76	57	18	0	0	2
8	Sunday	18-19	47	70	35	15	0	0	1
8	Sunday	19-20	38	79	33	8	0	0	0
8	Sunday	20-21	36	66	24	6	2	0	0
8	Sunday	21-22	16	61	23	2	0	0	0

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9	Monday	06-07	1	4	10	10	0	0	4
9	Monday	07-08	13	16	11	8	0	0	6
9	Monday	08-09	8	23	18	14	0	0	0
9	Monday	09-10	21	31	37	16	9	11	28
9	Monday	10-11	26	34	27	15	6	10	66
9	Monday	11-12	33	46	26	14	6	6	66
9	Monday	12-13	25	39	31	16	4	11	44
9	Monday	13-14	29	52	24	19	0	2	10
9	Monday	14-15	31	47	27	15	1	10	8
9	Monday	15-16	37	63	35	22	4	2	6
9	Monday	16-17	29	66	43	12	3	0	1
9	Monday	17-18	33	55	33	12	1	0	1
9	Monday	18-19	30	57	31	8	1	2	1
9	Monday	19-20	19	63	25	5	9	5	4
9	Monday	20-21	26	50	21	3	6	6	0
9	Monday	21-22	10	37	12	1	0	1	0
9	Tuesday	06-07	3	5	4	4	0	0	0
9	Tuesday	07-08	9	10	8	11	0	0	4
9	Tuesday	08-09	8	11	19	6	1	0	11
9	Tuesday	09-10	21	28	31	14	2	6	34
9	Tuesday	10-11	26	32	31	17	5	11	78
9	Tuesday	11-12	29	46	16	13	8	20	43
9	Tuesday	12-13	23	35	26	14	2	4	31
9	Tuesday	13-14	23	39	22	19	1	7	5
9	Tuesday	14-15	41	58	34	19	1	1	13
9	Tuesday	15-16	33	67	35	19	0	0	1
9	Tuesday	16-17	43	60	40	17	1	0	2
9	Tuesday	17-18	52	67	30	11	1	0	4
9	Tuesday	18-19	35	55	28	15	2	0	4
9	Tuesday	19-20	37	55	22	3	1	0	0
9	Tuesday	20-21	26	52	17	5	0	0	1
9	Tuesday	21-22	21	58	22	2	4	0	1
9	Wednesday	06-07	0	1	4	5	0	0	10
9	Wednesday	07-08	7	10	15	5	0	0	2
9	Wednesday	08-09	13	13	35	10	2	0	0
9	Wednesday	09-10	19	13	35	15	6	1	9
9	Wednesday	10-11	27	34	41	21	1	6	21
9	Wednesday	11-12	31	39	32	17	7	6	23
9	Wednesday	12-13	28	37	33	15	1	1	5
9	Wednesday	13-14	34	55	29	22	3	3	3
9	Wednesday	14-15	46	61	37	17	1	1	21
9	Wednesday	15-16	36	66	40	18	4	1	5
9	Wednesday	16-17	29	73	49	15	0	0	1
9	Wednesday	17-18	49	73	41	20	1	0	2
9	Wednesday	18-19	42	80	43	11	1	0	0

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9	Wednesday	19-20	33	69	40	10	2	0	0
9	Wednesday	20-21	32	55	14	4	0	0	1
9	Wednesday	21-22	22	55	19	2	1	0	0
9	Thursday	06-07	0	3	5	3	0	0	0
9	Thursday	07-08	8	9	11	8	0	0	0
9	Thursday	08-09	17	15	68	15	0	3	4
9	Thursday	09-10	27	17	74	28	1	1	16
9	Thursday	10-11	36	28	49	32	0	0	7
9	Thursday	11-12	43	40	44	25	1	0	8
9	Thursday	12-13	26	56	42	26	0	0	2
9	Thursday	13-14	41	43	46	20	0	0	0
9	Thursday	14-15	30	55	40	19	0	1	0
9	Thursday	15-16	36	68	45	24	0	1	0
9	Thursday	16-17	61	61	69	22	1	0	0
9	Thursday	17-18	47	59	61	20	0	0	0
9	Thursday	18-19	33	67	45	17	0	0	0
9	Thursday	19-20	21	35	18	7	0	0	0
9	Thursday	20-21	15	28	9	2	0	0	0
9	Thursday	21-22	14	18	8	3	0	0	0
9	Friday	06-07	1	3	5	2	0	0	0
9	Friday	07-08	8	4	4	7	0	0	0
9	Friday	08-09	13	10	45	14	0	0	0
9	Friday	09-10	23	19	71	18	0	0	0
9	Friday	10-11	20	34	53	22	0	0	0
9	Friday	11-12	28	36	52	27	0	0	0
9	Friday	12-13	34	41	39	27	0	0	0
9	Friday	13-14	37	39	34	28	0	0	0
9	Friday	14-15	39	47	49	26	0	0	0
9	Friday	15-16	42	45	59	29	0	0	0
9	Friday	16-17	53	40	70	26	1	0	0
9	Friday	17-18	47	53	84	26	1	0	0
9	Friday	18-19	39	65	59	20	0	0	0
9	Friday	19-20	24	53	21	10	3	0	0
9	Friday	20-21	25	55	27	3	1	0	0
9	Friday	21-22	13	35	7	2	0	0	0
9	Saturday	06-07	3	1	4	2	0	0	0
9	Saturday	07-08	5	4	5	8	0	0	9
9	Saturday	08-09	21	18	63	22	1	0	9
9	Saturday	09-10	17	27	59	24	0	0	3
9	Saturday	10-11	30	41	45	22	0	0	0
9	Saturday	11-12	36	35	37	27	0	0	0
9	Saturday	12-13	33	33	39	27	0	0	1
9	Saturday	13-14	40	43	46	26	1	0	2
9	Saturday	14-15	53	41	64	22	0	0	7
9	Saturday	15-16	40	50	59	27	1	0	1

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9	Saturday	16-17	49	61	77	22	0	0	1
9	Saturday	17-18	46	58	77	26	1	0	3
9	Saturday	18-19	42	81	56	19	0	0	2
9	Saturday	19-20	36	71	31	9	0	0	0
9	Saturday	20-21	31	61	32	8	0	0	0
9	Saturday	21-22	22	66	19	2	0	0	0
9	Sunday	06-07	0	2	4	3	0	0	6
9	Sunday	07-08	3	6	11	5	0	0	3
9	Sunday	08-09	16	19	23	18	0	0	4
9	Sunday	09-10	11	20	23	12	0	0	2
9	Sunday	10-11	20	20	23	19	0	0	3
9	Sunday	11-12	27	33	28	14	0	0	3
9	Sunday	12-13	24	33	28	20	0	0	0
9	Sunday	13-14	25	33	20	17	1	0	0
9	Sunday	14-15	36	41	38	23	0	0	0
9	Sunday	15-16	36	50	29	22	0	0	8
9	Sunday	16-17	42	57	45	18	0	0	7
9	Sunday	17-18	30	76	42	20	0	0	0
9	Sunday	18-19	38	85	32	18	0	0	0
9	Sunday	19-20	39	68	24	8	0	0	0
9	Sunday	20-21	30	87	38	7	1	0	2
9	Sunday	21-22	22	62	18	3	2	0	0
10	Monday	06-07	2	5	4	9	0	0	0
10	Monday	07-08	9	17	7	7	0	0	20
10	Monday	08-09	13	16	13	9	0	0	2
10	Monday	09-10	23	24	12	12	1	4	5
10	Monday	10-11	15	24	12	9	2	0	25
10	Monday	11-12	15	27	15	9	0	0	29
10	Monday	12-13	21	26	16	15	0	0	10
10	Monday	13-14	29	31	21	8	0	0	0
10	Monday	14-15	29	52	22	12	0	1	6
10	Monday	15-16	36	47	27	12	0	0	12
10	Monday	16-17	34	68	26	14	0	0	4
10	Monday	17-18	28	72	23	8	0	0	4
10	Monday	18-19	23	42	22	8	1	0	1
10	Monday	19-20	21	49	14	6	0	0	0
10	Monday	20-21	15	47	18	4	0	0	0
10	Monday	21-22	22	29	10	3	0	0	0
10	Tuesday	06-07	3	2	6	4	0	0	6
10	Tuesday	07-08	9	12	8	5	1	0	11
10	Tuesday	08-09	9	11	10	12	0	1	0
10	Tuesday	09-10	16	27	20	12	2	2	9
10	Tuesday	10-11	19	31	14	14	13	10	47
10	Tuesday	11-12	19	30	11	10	2	2	30
10	Tuesday	12-13	21	23	15	11	3	3	32

เอกสารที่ส่งมาเพื่อขอรับการพิจารณาขอการเข้าหาเรา เมื่อหากัดเห็นว่าไม่เหมาะสมจะคืนค่า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10	Tuesday	13-14	27	38	19	8	0	0	9
10	Tuesday	14-15	38	37	24	17	0	2	5
10	Tuesday	15-16	36	59	31	13	3	0	8
10	Tuesday	16-17	36	64	29	10	2	0	2
10	Tuesday	17-18	31	49	17	10	1	0	4
10	Tuesday	18-19	31	52	24	8	2	0	3
10	Tuesday	19-20	35	45	16	3	1	0	0
10	Tuesday	20-21	23	37	9	4	1	1	2
10	Tuesday	21-22	9	43	11	2	0	0	0
10	Wednesday	06-07	0	2	4	3	0	0	3
10	Wednesday	07-08	11	9	5	6	0	0	17
10	Wednesday	08-09	12	12	8	13	0	0	9
10	Wednesday	09-10	13	26	15	12	3	8	20
10	Wednesday	10-11	16	26	14	13	6	2	57
10	Wednesday	11-12	21	29	16	8	2	14	51
10	Wednesday	12-13	28	26	26	12	2	0	25
10	Wednesday	13-14	26	40	14	16	2	7	10
10	Wednesday	14-15	23	50	24	11	2	6	5
10	Wednesday	15-16	27	60	17	12	1	0	0
10	Wednesday	16-17	37	60	25	12	1	0	1
10	Wednesday	17-18	40	54	22	10	0	0	4
10	Wednesday	18-19	24	51	23	7	1	0	3
10	Wednesday	19-20	14	62	29	3	0	0	3
10	Wednesday	20-21	19	43	20	5	2	0	1
10	Wednesday	21-22	19	33	11	2	1	0	0
10	Thursday	06-07	2	6	7	7	0	0	7
10	Thursday	07-08	7	13	6	6	0	0	10
10	Thursday	08-09	11	15	16	9	0	0	1
10	Thursday	09-10	8	21	21	9	0	0	4
10	Thursday	10-11	9	16	11	4	4	5	21
10	Thursday	11-12	29	30	25	12	0	15	58
10	Thursday	12-13	24	41	24	12	2	3	12
10	Thursday	13-14	32	35	13	10	4	4	3
10	Thursday	14-15	28	50	23	10	1	0	16
10	Thursday	15-16	46	63	27	12	1	1	3
10	Thursday	16-17	34	47	30	10	2	0	10
10	Thursday	17-18	45	47	18	8	1	0	0
10	Thursday	18-19	25	52	21	7	1	0	4
10	Thursday	19-20	16	44	15	5	0	0	0
10	Thursday	20-21	18	40	12	2	1	0	3
10	Thursday	21-22	13	25	11	2	2	0	1
10	Friday	06-07	1	1	6	5	0	0	0
10	Friday	07-08	7	11	4	5	0	0	0
10	Friday	08-09	11	17	11	15	0	0	0
10	Friday	09-10	11	22	19	13	0	4	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ภายนอก

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10	Friday	10-11	17	26	23	12	2	9	84
10	Friday	11-12	20	23	18	12	5	13	60
10	Friday	12-13	24	36	17	16	2	7	23
10	Friday	13-14	32	42	12	12	0	4	16
10	Friday	14-15	10	37	18	12	0	10	28
10	Friday	15-16	31	60	17	14	2	0	6
10	Friday	16-17	35	51	22	13	1	1	0
10	Friday	17-18	28	62	14	9	0	1	1
10	Friday	18-19	24	69	37	11	2	1	1
10	Friday	19-20	27	55	25	6	2	0	1
10	Friday	20-21	30	30	17	4	1	0	1
10	Friday	21-22	16	40	12	2	3	0	1
10	Saturday	06-07	0	0	4	3	1	1	0
10	Saturday	07-08	9	4	7	7	0	0	18
10	Saturday	08-09	12	9	26	14	1	0	3
10	Saturday	09-10	18	21	21	22	0	1	1
10	Saturday	10-11	25	25	24	16	0	2	4
10	Saturday	11-12	25	34	18	12	2	0	26
10	Saturday	12-13	14	42	17	11	0	1	12
10	Saturday	13-14	27	40	25	14	1	0	4
10	Saturday	14-15	33	46	26	12	1	0	4
10	Saturday	15-16	30	68	30	17	1	0	3
10	Saturday	16-17	42	63	27	12	0	0	1
10	Saturday	17-18	45	84	40	11	0	0	3
10	Saturday	18-19	49	72	46	11	0	0	2
10	Saturday	19-20	32	62	32	5	0	0	2
10	Saturday	20-21	20	65	21	3	0	0	0
10	Saturday	21-22	30	70	16	2	0	0	0
10	Sunday	06-07	2	8	5	4	0	0	9
10	Sunday	07-08	10	5	8	7	1	0	4
10	Sunday	08-09	6	10	15	16	0	0	0
10	Sunday	09-10	11	20	27	18	0	0	0
10	Sunday	10-11	25	31	28	12	0	0	0
10	Sunday	11-12	28	35	25	19	0	0	0
10	Sunday	12-13	26	34	18	10	0	0	10
10	Sunday	13-14	19	38	27	16	0	1	0
10	Sunday	14-15	31	37	36	15	0	0	0
10	Sunday	15-16	35	62	33	16	0	0	0
10	Sunday	16-17	50	76	36	16	0	0	0
10	Sunday	17-18	46	76	34	16	0	0	1
10	Sunday	18-19	38	91	40	17	1	0	0
10	Sunday	19-20	39	91	42	7	0	0	0
10	Sunday	20-21	34	81	33	6	1	0	0
10	Sunday	21-22	25	55	14	3	1	0	0
11	Monday	06-07	4	4	9	9	0	0	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มอนูถูกัดให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11	Monday	07-08	10	13	6	7	0	0	13
11	Monday	08-09	20	25	8	12	1	1	1
11	Monday	09-10	12	21	14	11	4	8	21
11	Monday	10-11	9	29	19	12	1	11	71
11	Monday	11-12	13	34	22	12	8	8	74
11	Monday	12-13	27	40	12	9	1	7	47
11	Monday	13-14	27	54	9	12	1	6	8
11	Monday	14-15	30	39	17	10	1	1	32
11	Monday	15-16	32	50	30	14	3	0	2
11	Monday	16-17	33	49	30	10	0	1	6
11	Monday	17-18	33	37	26	10	4	0	4
11	Monday	18-19	28	46	18	9	2	2	1
11	Monday	19-20	17	53	10	6	2	3	1
11	Monday	20-21	21	43	16	3	3	4	0
11	Monday	21-22	14	27	10	2	1	0	0
11	Tuesday	06-07	1	3	10	4	0	0	14
11	Tuesday	07-08	5	6	6	6	0	0	4
11	Tuesday	08-09	12	16	11	15	1	1	2
11	Tuesday	09-10	9	28	17	9	5	2	25
11	Tuesday	10-11	19	31	20	12	12	11	52
11	Tuesday	11-12	17	38	17	10	11	14	32
11	Tuesday	12-13	22	41	21	15	2	2	43
11	Tuesday	13-14	19	36	21	11	3	3	7
11	Tuesday	14-15	26	42	23	15	1	3	22
11	Tuesday	15-16	42	56	31	11	1	2	3
11	Tuesday	16-17	34	62	24	9	0	1	5
11	Tuesday	17-18	37	52	31	10	2	0	1
11	Tuesday	18-19	28	64	21	7	1	0	8
11	Tuesday	19-20	25	38	15	5	2	0	4
11	Tuesday	20-21	23	45	22	5	1	0	1
11	Tuesday	21-22	18	33	9	2	1	0	0
11	Wednesday	06-07	3	0	5	3	0	0	2
11	Wednesday	07-08	5	8	7	6	0	0	9
11	Wednesday	08-09	8	18	13	6	0	0	4
11	Wednesday	09-10	16	24	18	15	7	7	27
11	Wednesday	10-11	20	35	10	10	5	16	41
11	Wednesday	11-12	20	32	19	11	15	5	43
11	Wednesday	12-13	19	38	16	13	2	1	47
11	Wednesday	13-14	23	43	17	11	2	3	26
11	Wednesday	14-15	23	48	27	11	2	5	10
11	Wednesday	15-16	32	54	29	9	1	2	4
11	Wednesday	16-17	36	63	29	10	2	0	1
11	Wednesday	17-18	31	57	18	11	1	0	4
11	Wednesday	18-19	31	59	22	8	0	0	2
11	Wednesday	19-20	16	42	18	5	3	2	2

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11	Wednesday	20-21	19	28	9	5	3	1	0
11	Wednesday	21-22	21	30	10	2	1	0	1
11	Thursday	06-07	2	1	7	8	0	0	4
11	Thursday	07-08	7	12	8	9	0	0	4
11	Thursday	08-09	12	14	25	9	0	0	8
11	Thursday	09-10	16	27	20	13	2	1	25
11	Thursday	10-11	16	30	16	16	9	9	21
11	Thursday	11-12	16	27	11	12	2	10	47
11	Thursday	12-13	18	40	20	11	7	7	58
11	Thursday	13-14	28	44	18	11	3	7	17
11	Thursday	14-15	25	52	23	8	3	7	19
11	Thursday	15-16	38	56	30	15	1	0	3
11	Thursday	16-17	33	55	24	13	2	0	0
11	Thursday	17-18	36	45	22	12	3	0	2
11	Thursday	18-19	24	49	26	7	1	0	4
11	Thursday	19-20	13	55	22	4	1	0	1
11	Thursday	20-21	19	46	20	3	1	0	1
11	Thursday	21-22	21	31	11	2	3	0	0
11	Friday	06-07	1	3	3	4	0	0	5
11	Friday	07-08	6	11	4	6	0	0	6
11	Friday	08-09	11	11	21	13	0	0	17
11	Friday	09-10	12	31	21	21	3	1	30
11	Friday	10-11	17	39	16	12	14	12	58
11	Friday	11-12	26	35	16	10	4	6	50
11	Friday	12-13	19	26	18	13	0	0	26
11	Friday	13-14	28	47	19	11	6	5	9
11	Friday	14-15	40	40	32	17	2	3	8
11	Friday	15-16	42	62	31	13	1	0	6
11	Friday	16-17	23	65	29	10	0	0	2
11	Friday	17-18	31	57	21	10	0	0	7
11	Friday	18-19	27	54	19	8	1	0	4
11	Friday	19-20	31	41	15	4	0	0	2
11	Friday	20-21	31	49	12	4	0	1	0
11	Friday	21-22	13	24	5	2	3	0	0
11	Saturday	06-07	1	2	5	5	2	0	4
11	Saturday	07-08	7	9	11	10	2	0	10
11	Saturday	08-09	9	13	28	20	0	0	2
11	Saturday	09-10	20	18	20	21	3	2	7
11	Saturday	10-11	20	29	26	14	1	5	9
11	Saturday	11-12	29	44	26	17	2	0	17
11	Saturday	12-13	31	36	28	9	1	1	7
11	Saturday	13-14	28	36	25	15	0	0	10
11	Saturday	14-15	44	46	32	15	0	0	4
11	Saturday	15-16	42	74	28	15	1	0	1
11	Saturday	16-17	30	85	37	16	1	0	3

เอกสารที่ส่งมาเพื่อประกอบการพิจารณาขอรับทุนการศึกษาของมหาวิทยาลัยสุโขทัยวิทยา

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11	Saturday	17-18	32	68	46	14	1	2	9
11	Saturday	18-19	36	72	31	8	0	0	9
11	Saturday	19-20	28	59	32	6	0	0	0
11	Saturday	20-21	21	55	17	3	0	0	1
11	Saturday	21-22	15	36	13	2	0	0	0
11	Sunday	06-07	1	7	5	3	0	0	7
11	Sunday	07-08	9	8	4	4	0	0	4
11	Sunday	08-09	12	12	22	9	0	0	8
11	Sunday	09-10	17	28	18	13	2	1	28
11	Sunday	10-11	15	35	19	12	3	4	48
11	Sunday	11-12	19	32	17	13	0	2	36
11	Sunday	12-13	25	32	25	14	0	0	18
11	Sunday	13-14	29	41	28	15	0	0	12
11	Sunday	14-15	37	49	30	12	2	0	7
11	Sunday	15-16	39	64	39	20	0	0	1
11	Sunday	16-17	40	79	40	18	0	0	4
11	Sunday	17-18	44	67	45	14	0	0	10
11	Sunday	18-19	44	81	37	12	1	0	5
11	Sunday	19-20	33	88	39	7	1	0	1
11	Sunday	20-21	43	61	29	4	1	0	0
11	Sunday	21-22	26	64	15	3	0	0	0
12	Monday	06-07	1	7	7	7	0	0	8
12	Monday	07-08	12	16	5	6	0	0	9
12	Monday	08-09	11	18	16	8	0	0	1
12	Monday	09-10	13	29	21	9	2	13	47
12	Monday	10-11	18	32	15	14	3	20	60
12	Monday	11-12	15	44	14	13	1	6	45
12	Monday	12-13	28	36	14	9	5	9	37
12	Monday	13-14	24	51	14	13	1	4	6
12	Monday	14-15	28	40	13	11	1	3	11
12	Monday	15-16	48	72	36	18	1	2	6
12	Monday	16-17	37	52	29	11	1	0	4
12	Monday	17-18	31	43	27	10	0	0	1
12	Monday	18-19	29	44	25	10	3	1	8
12	Monday	19-20	- 27	49	14	5	0	2	2
12	Monday	20-21	18	42	20	5	5	0	1
12	Monday	21-22	12	31	8	2	0	0	2
12	Tuesday	06-07	0	2	3	4	0	0	3
12	Tuesday	07-08	11	10	5	7	0	0	13
12	Tuesday	08-09	11	14	16	11	0	0	0
12	Tuesday	09-10	16	23	19	14	2	11	19
12	Tuesday	10-11	22	25	14	11	12	17	76
12	Tuesday	11-12	26	34	21	13	0	3	52
12	Tuesday	12-13	20	26	15	9	1	1	10
12	Tuesday	13-14	26	44	22	14	1	8	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่สามารถเผยแพร่หรือจำหน่ายโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12	Tuesday	14-15	28	44	26	15	1	2	18
12	Tuesday	15-16	30	39	17	11	2	0	1
12	Tuesday	16-17	40	35	24	13	0	0	10
12	Tuesday	17-18	33	57	19	9	0	0	5
12	Tuesday	18-19	30	49	11	10	1	1	3
12	Tuesday	19-20	17	57	14	3	1	8	1
12	Tuesday	20-21	22	32	16	2	1	0	0
12	Tuesday	21-22	14	35	4	3	0	0	0
12	Wednesday	06-07	0	2	5	3	0	0	6
12	Wednesday	07-08	8	10	7	7	0	0	4
12	Wednesday	08-09	10	17	13	15	1	0	0
12	Wednesday	09-10	21	26	19	13	10	10	26
12	Wednesday	10-11	21	29	12	14	9	10	47
12	Wednesday	11-12	20	25	15	11	3	4	55
12	Wednesday	12-13	23	36	22	11	2	2	28
12	Wednesday	13-14	30	42	16	11	3	8	17
12	Wednesday	14-15	28	53	18	11	2	2	6
12	Wednesday	15-16	29	57	33	11	4	3	14
12	Wednesday	16-17	33	65	22	14	1	0	9
12	Wednesday	17-18	33	46	34	10	2	0	5
12	Wednesday	18-19	29	45	16	8	0	0	4
12	Wednesday	19-20	17	43	19	4	1	0	1
12	Wednesday	20-21	22	42	16	6	1	0	0
12	Wednesday	21-22	14	29	7	2	0	0	1
12	Thursday	06-07	1	4	6	6	1	0	5
12	Thursday	07-08	6	6	8	7	0	0	5
12	Thursday	08-09	17	16	20	16	0	0	7
12	Thursday	09-10	11	31	15	15	7	2	19
12	Thursday	10-11	18	29	15	7	7	17	55
12	Thursday	11-12	22	31	15	13	5	11	76
12	Thursday	12-13	25	44	23	16	3	6	25
12	Thursday	13-14	22	30	20	19	1	9	7
12	Thursday	14-15	31	61	23	12	1	5	25
12	Thursday	15-16	29	78	23	17	0	3	6
12	Thursday	16-17	37	61	28	9	4	2	4
12	Thursday	17-18	30	50	32	12	1	0	8
12	Thursday	18-19	28	47	16	6	1	0	5
12	Thursday	19-20	23	41	27	7	1	0	0
12	Thursday	20-21	20	44	11	4	0	0	0
12	Thursday	21-22	7	36	13	2	0	0	0
12	Friday	06-07	1	2	4	3	0	0	3
12	Friday	07-08	6	5	13	4	0	0	7
12	Friday	08-09	10	23	19	19	1	1	2
12	Friday	09-10	5	21	19	11	5	7	38
12	Friday	10-11	20	26	19	14	8	8	61

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12	Friday	11-12	22	41	16	10	5	15	49
12	Friday	12-13	27	37	13	12	0	3	32
12	Friday	13-14	27	34	22	16	2	12	23
12	Friday	14-15	31	65	25	13	0	3	1
12	Friday	15-16	27	41	24	15	0	2	5
12	Friday	16-17	31	57	21	12	3	0	3
12	Friday	17-18	38	60	33	11	0	0	4
12	Friday	18-19	36	48	21	9	1	0	1
12	Friday	19-20	25	44	15	4	1	0	2
12	Friday	20-21	29	37	18	5	5	0	1
12	Friday	21-22	13	29	9	2	3	0	2
12	Saturday	06-07	0	2	3	2	0	0	4
12	Saturday	07-08	3	7	4	9	0	0	2
12	Saturday	08-09	14	18	35	24	0	0	1
12	Saturday	09-10	13	17	35	30	0	0	5
12	Saturday	10-11	19	29	28	15	1	0	20
12	Saturday	11-12	25	27	29	21	0	0	27
12	Saturday	12-13	35	40	38	15	1	0	8
12	Saturday	13-14	41	41	29	11	2	0	12
12	Saturday	14-15	31	53	25	12	0	0	0
12	Saturday	15-16	35	66	43	16	0	0	6
12	Saturday	16-17	37	65	37	16	0	1	0
12	Saturday	17-18	37	64	51	12	0	0	3
12	Saturday	18-19	47	79	31	11	0	2	3
12	Saturday	19-20	31	66	21	7	0	0	0
12	Saturday	20-21	31	68	29	3	0	0	0
12	Saturday	21-22	23	38	15	1	0	0	0
12	Sunday	06-07	3	4	7	3	1	0	0
12	Sunday	07-08	5	8	5	6	0	0	9
12	Sunday	08-09	3	16	20	19	0	0	1
12	Sunday	09-10	10	17	21	17	0	0	0
12	Sunday	10-11	25	22	34	16	0	0	0
12	Sunday	11-12	30	29	30	17	0	0	12
12	Sunday	12-13	45	28	27	16	0	0	0
12	Sunday	13-14	34	49	30	18	0	0	2
12	Sunday	14-15	36	44	30	15	1	0	6
12	Sunday	15-16	35	58	27	18	1	0	2
12	Sunday	16-17	32	61	38	18	0	0	3
12	Sunday	17-18	40	79	36	15	1	2	1
12	Sunday	18-19	33	82	32	11	0	0	4
12	Sunday	19-20	51	70	41	12	1	0	1
12	Sunday	20-21	38	75	27	7	0	0	0
12	Sunday	21-22	28	72	19	2	0	0	0
13	Monday	06-07	3	6	5	6	0	0	13
13	Monday	07-08	10	16	7	10	0	0	12

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13	Monday	08-09	11	19	18	15	1	0	1
13	Monday	09-10	12	34	27	13	2	2	18
13	Monday	10-11	24	28	16	11	4	7	49
13	Monday	11-12	16	40	18	11	3	8	56
13	Monday	12-13	24	41	16	12	2	2	25
13	Monday	13-14	25	30	21	12	5	7	11
13	Monday	14-15	29	39	18	14	4	3	23
13	Monday	15-16	29	55	19	15	0	1	6
13	Monday	16-17	42	64	25	8	2	1	1
13	Monday	17-18	31	51	23	10	2	0	5
13	Monday	18-19	34	46	17	7	0	0	3
13	Monday	19-20	18	45	15	3	2	2	0
13	Monday	20-21	14	36	11	5	1	0	0
13	Monday	21-22	16	30	13	2	3	0	0
13	Tuesday	06-07	2	0	3	4	0	0	8
13	Tuesday	07-08	8	8	8	6	0	0	4
13	Tuesday	08-09	12	12	12	18	0	0	3
13	Tuesday	09-10	15	25	18	14	6	1	42
13	Tuesday	10-11	14	43	16	15	7	12	59
13	Tuesday	11-12	22	30	17	10	3	8	54
13	Tuesday	12-13	16	29	17	12	2	4	10
13	Tuesday	13-14	21	46	24	10	1	7	7
13	Tuesday	14-15	30	35	13	11	4	5	4
13	Tuesday	15-16	52	54	26	15	1	0	6
13	Tuesday	16-17	34	49	33	11	0	0	9
13	Tuesday	17-18	40	57	18	9	0	0	1
13	Tuesday	18-19	30	54	15	10	0	0	2
13	Tuesday	19-20	22	39	21	5	1	0	0
13	Tuesday	20-21	28	57	21	6	0	0	0
13	Tuesday	21-22	12	29	16	2	1	0	1
13	Wednesday	06-07	1	3	4	3	0	0	1
13	Wednesday	07-08	6	11	2	10	0	0	14
13	Wednesday	08-09	17	11	15	17	0	0	6
13	Wednesday	09-10	14	33	18	9	8	5	34
13	Wednesday	10-11	16	27	7	9	6	18	24
13	Wednesday	11-12	16	33	12	17	1	7	38
13	Wednesday	12-13	26	29	23	10	1	1	25
13	Wednesday	13-14	27	50	20	9	1	5	10
13	Wednesday	14-15	34	53	23	9	1	4	5
13	Wednesday	15-16	37	53	25	10	1	3	9
13	Wednesday	16-17	27	34	23	10	1	0	7
13	Wednesday	17-18	39	56	26	11	1	0	2
13	Wednesday	18-19	24	56	21	9	0	0	2
13	Wednesday	19-20	25	59	18	5	1	0	2
13	Wednesday	20-21	24	36	17	4	2	0	0

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13	Wednesday	21-22	10	35	11	2	1	0	0
13	Thursday	06-07	1	1	5	9	0	0	8
13	Thursday	07-08	9	9	7	6	0	0	8
13	Thursday	08-09	12	14	16	16	1	0	1
13	Thursday	09-10	13	23	21	15	6	2	29
13	Thursday	10-11	18	24	17	14	10	10	46
13	Thursday	11-12	27	31	14	10	4	8	37
13	Thursday	12-13	11	36	14	8	0	2	26
13	Thursday	13-14	29	46	20	9	2	6	10
13	Thursday	14-15	30	55	26	12	2	1	6
13	Thursday	15-16	35	66	31	17	0	0	0
13	Thursday	16-17	34	47	29	9	4	2	2
13	Thursday	17-18	32	49	17	10	2	0	4
13	Thursday	18-19	26	62	17	9	0	1	1
13	Thursday	19-20	18	41	15	7	3	0	6
13	Thursday	20-21	19	34	15	3	2	0	0
13	Thursday	21-22	10	21	9	2	1	0	0
13	Friday	06-07	0	7	5	3	0	0	4
13	Friday	07-08	6	10	10	9	0	0	8
13	Friday	08-09	10	15	20	23	0	0	0
13	Friday	09-10	18	25	16	21	4	1	19
13	Friday	10-11	19	36	22	13	5	13	73
13	Friday	11-12	17	37	16	12	5	5	34
13	Friday	12-13	20	33	20	10	0	4	42
13	Friday	13-14	28	41	20	19	0	5	7
13	Friday	14-15	30	46	26	16	3	1	12
13	Friday	15-16	48	56	25	13	2	0	5
13	Friday	16-17	36	47	22	12	1	0	4
13	Friday	17-18	29	56	28	7	1	0	3
13	Friday	18-19	34	41	22	10	1	0	1
13	Friday	19-20	26	53	24	5	3	0	0
13	Friday	20-21	27	36	9	5	3	0	0
13	Friday	21-22	13	43	16	3	4	2	2
13	Saturday	06-07	1	1	3	4	1	0	1
13	Saturday	07-08	11	7	12	12	0	0	6
13	Saturday	08-09	14	13	17	23	0	0	0
13	Saturday	09-10	14	27	43	26	0	0	1
13	Saturday	10-11	19	29	25	22	3	0	7
13	Saturday	11-12	31	43	27	19	2	1	21
13	Saturday	12-13	32	37	18	17	0	0	13
13	Saturday	13-14	30	40	29	14	0	0	0
13	Saturday	14-15	31	53	34	17	0	0	2
13	Saturday	15-16	37	64	39	15	0	0	2
13	Saturday	16-17	42	64	42	15	1	0	0
13	Saturday	17-18	40	74	40	13	0	0	0

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13	Saturday	18-19	39	74	28	17	0	0	7
13	Saturday	19-20	36	85	38	5	1	0	0
13	Saturday	20-21	34	85	26	7	1	0	0
13	Saturday	21-22	35	56	18	2	0	0	0
13	Sunday	06-07	1	6	6	6	0	0	5
13	Sunday	07-08	8	6	4	8	0	0	12
13	Sunday	08-09	6	14	19	17	0	0	0
13	Sunday	09-10	14	13	28	17	1	0	0
13	Sunday	10-11	22	30	32	19	0	0	0
13	Sunday	11-12	33	31	26	21	1	0	17
13	Sunday	12-13	21	29	20	13	0	0	8
13	Sunday	13-14	31	33	27	22	0	0	1
13	Sunday	14-15	29	45	32	18	0	0	0
13	Sunday	15-16	50	64	38	19	0	0	1
13	Sunday	16-17	40	59	54	20	0	0	1
13	Sunday	17-18	36	74	33	17	1	0	2
13	Sunday	18-19	31	72	37	13	1	0	2
13	Sunday	19-20	45	75	31	16	1	0	1
13	Sunday	20-21	37	88	31	7	1	0	0
13	Sunday	21-22	23	76	24	3	1	0	0
14	Monday	06-07	5	4	9	6	0	0	7
14	Monday	07-08	5	18	4	8	0	0	7
14	Monday	08-09	12	13	8	10	1	0	4
14	Monday	09-10	15	24	10	12	2	3	23
14	Monday	10-11	16	28	11	11	7	8	64
14	Monday	11-12	13	32	6	10	6	11	31
14	Monday	12-13	17	39	9	12	2	1	48
14	Monday	13-14	26	46	15	9	1	6	19
14	Monday	14-15	30	50	24	10	1	3	15
14	Monday	15-16	21	56	25	9	1	1	11
14	Monday	16-17	39	62	26	8	1	0	2
14	Monday	17-18	36	38	15	11	2	1	3
14	Monday	18-19	28	51	13	12	1	2	11
14	Monday	19-20	21	48	7	3	0	6	3
14	Monday	20-21	20	32	11	5	1	0	1
14	Monday	21-22	17	30	5	2	3	0	0
14	Tuesday	06-07	1	3	6	5	0	0	9
14	Tuesday	07-08	5	7	4	4	0	0	4
14	Tuesday	08-09	7	7	12	11	0	0	1
14	Tuesday	09-10	17	36	17	14	2	3	28
14	Tuesday	10-11	16	32	18	12	10	16	54
14	Tuesday	11-12	15	32	16	12	2	5	31
14	Tuesday	12-13	18	24	13	9	0	3	22
14	Tuesday	13-14	24	44	14	12	1	4	29
14	Tuesday	14-15	32	56	26	14	1	4	28

เอกสารที่ส่งให้กรรมการบริหารงานวิชาการและการศึกษาเพื่อพิจารณาอนุมัติให้นำไปใช้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14	Tuesday	15-16	34	57	28	12	2	6	24
14	Tuesday	16-17	32	61	28	11	3	0	2
14	Tuesday	17-18	37	43	21	12	0	0	5
14	Tuesday	18-19	26	62	15	7	0	2	5
14	Tuesday	19-20	30	45	14	6	0	0	4
14	Tuesday	20-21	15	41	11	3	1	0	1
14	Tuesday	21-22	14	49	10	2	1	0	1
14	Wednesday	06-07	1	3	7	4	1	0	2
14	Wednesday	07-08	5	9	8	6	0	0	13
14	Wednesday	08-09	18	17	18	26	3	0	1
14	Wednesday	09-10	8	31	17	14	4	14	30
14	Wednesday	10-11	25	32	13	11	11	6	57
14	Wednesday	11-12	17	34	19	13	1	10	36
14	Wednesday	12-13	27	32	22	12	1	3	28
14	Wednesday	13-14	22	39	15	7	2	3	22
14	Wednesday	14-15	41	49	25	11	0	8	16
14	Wednesday	15-16	39	69	26	11	1	1	12
14	Wednesday	16-17	38	62	31	7	1	2	1
14	Wednesday	17-18	35	51	22	6	0	0	3
14	Wednesday	18-19	32	44	23	8	2	0	8
14	Wednesday	19-20	18	55	20	7	5	0	2
14	Wednesday	20-21	31	39	19	4	2	0	2
14	Wednesday	21-22	15	36	5	2	4	0	0
14	Thursday	06-07	0	4	8	7	2	0	5
14	Thursday	07-08	6	6	7	7	0	0	1
14	Thursday	08-09	12	16	12	14	1	0	4
14	Thursday	09-10	16	31	10	15	7	4	21
14	Thursday	10-11	15	33	22	13	9	19	37
14	Thursday	11-12	27	38	15	12	4	13	44
14	Thursday	12-13	26	39	22	10	2	6	26
14	Thursday	13-14	30	52	22	11	2	3	43
14	Thursday	14-15	30	50	28	10	7	6	18
14	Thursday	15-16	27	56	31	12	3	0	8
14	Thursday	16-17	36	60	29	10	0	2	1
14	Thursday	17-18	21	53	19	13	3	0	8
14	Thursday	18-19	36	54	23	11	1	0	4
14	Thursday	19-20	29	49	21	6	1	0	2
14	Thursday	20-21	17	40	19	4	4	0	1
14	Thursday	21-22	11	31	13	3	1	0	0
14	Friday	06-07	1	5	7	3	0	0	3
14	Friday	07-08	5	11	6	6	1	0	8
14	Friday	08-09	12	26	7	17	0	1	7
14	Friday	09-10	15	36	20	12	3	3	18
14	Friday	10-11	19	21	19	12	4	13	56
14	Friday	11-12	22	46	24	14	3	10	31

เอกสารที่ส่งมาหรือการเชิงการเอกสารที่ส่งมาเท่าเทียมกันเห็นว่าเป็นประโยชน์ต่อค่า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14	Friday	12-13	23	41	35	13	5	2	23
14	Friday	13-14	20	42	23	16	3	3	65
14	Friday	14-15	33	60	17	13	3	8	25
14	Friday	15-16	43	63	31	15	4	2	9
14	Friday	16-17	31	45	25	6	0	1	4
14	Friday	17-18	47	50	26	9	0	0	3
14	Friday	18-19	21	29	13	4	1	0	5
14	Friday	19-20	34	55	23	7	2	1	5
14	Friday	20-21	27	40	14	3	0	0	1
14	Friday	21-22	15	36	14	2	6	0	0
14	Saturday	06-07	2	2	6	4	0	1	6
14	Saturday	07-08	8	6	10	14	0	0	7
14	Saturday	08-09	15	14	30	21	1	0	3
14	Saturday	09-10	14	35	39	22	1	1	15
14	Saturday	10-11	31	33	29	15	3	0	35
14	Saturday	11-12	33	43	17	20	2	1	26
14	Saturday	12-13	35	53	23	15	2	0	23
14	Saturday	13-14	39	61	31	14	1	0	39
14	Saturday	14-15	25	47	30	11	1	1	21
14	Saturday	15-16	41	54	37	17	1	0	17
14	Saturday	16-17	39	58	44	20	1	0	3
14	Saturday	17-18	42	71	49	14	0	0	2
14	Saturday	18-19	33	73	33	11	0	0	4
14	Saturday	19-20	44	80	30	6	1	0	2
14	Saturday	20-21	32	72	28	3	1	0	2
14	Saturday	21-22	29	59	14	2	0	0	1
14	Sunday	06-07	3	4	7	5	1	0	8
14	Sunday	07-08	7	13	8	9	0	0	8
14	Sunday	08-09	14	22	24	15	1	0	4
14	Sunday	09-10	12	34	28	18	1	4	17
14	Sunday	10-11	26	29	26	11	6	9	47
14	Sunday	11-12	27	44	18	14	1	10	29
14	Sunday	12-13	28	50	29	10	3	2	18
14	Sunday	13-14	33	57	28	11	1	4	21
14	Sunday	14-15	36	53	24	12	2	7	12
14	Sunday	15-16	29	64	29	13	1	1	13
14	Sunday	16-17	34	52	36	9	0	2	3
14	Sunday	17-18	39	62	38	9	0	1	1
14	Sunday	18-19	29	39	25	8	3	0	6
14	Sunday	19-20	41	70	28	6	4	0	1
14	Sunday	20-21	28	46	18	5	2	0	1
14	Sunday	21-22	24	49	12	2	2	0	0

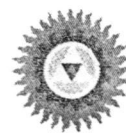
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

1. L. Worachat, and N. Ponrudee, "Implementation of RFID-Based Electronic Toll Collection System case study at Mukdahan Thai-Laos Bridge", The 2nd National Conference on Information Technology (NCIT'2008), pp. 301-305, Bangkok, Thailand, November 6-7, 2008.
2. L. Worachat, and N. Ponrudee, "Simulation Modeling for Toll way collection decision support system", The 6th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE'2009), pp. 63-69, Phuket, Thailand, May 13-15, 2009.
3. L. Worachat, and N. Ponrudee, "Simulation Modeling for Toll way collection decision support system case study at Friendship Bridge I Nongkay Province", The 2nd National Conference on Thai simulation and modeling (TSIMMOD'2010), pp. 106-115, Pattaya, Thailand, May 20-21, 2010.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Proceedings of NCIT2008

The 2nd National Conference
on Information Technology 2008

“การวิจัยเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการพัฒนาประเทศที่ยั่งยืน”

6-7 พฤศจิกายน 2551



Faculty of Information Technology

Rangsit University

ISBN 978-974-377-856-8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPLEMENTATION OF RFID-BASED ELECTRONIC TOLL COLLECTION SYSTEM: CASE STUDY AT MUKDAHAN THAI-LAOS BRIDGE

Worachat Lertlitrungroj and Ponrudee Netisopakul

Faculty of Information Technology
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Bangkok 10520, Thailand
it49066707@kmitl.ac.th, Ponrudee@it.kmitl.ac.th

ABSTRACT

An electronic toll collection system is expected to reduce service time, resulting in reducing traffic delays, cost of fuel, and increasing service satisfactory. The purpose of this paper is to demonstrate a development of an electronic toll collection system at Thai-Laos Bridge. Some important technologies used here are a Radio Frequency Identification (RFID) and a Programming Logic Control (PLC). The system is implemented successfully and under daily operation.

Index Terms— *Electronic Toll Collection system (ETC), Radio Frequency Identification (RFID), Programming Logic Control (PLC).*

1. INTRODUCTION

A toll collection system is essential for toll-way system in many countries. It was designed for collecting and calculating incomes in the front-end subsystems, and to manage data and presentation layers in the back-end subsystems. In general, the toll collection system can be divided into two service types, that is, an electronic operation tollbooth and a manual operation tollbooth. The manual toll collection system uses staffs who process each vehicle transaction from the tollbooth. These operations include license plate recording, money receiving and changing. In general, these manual operations take time, have high cost and high rate of human mistakes. Therefore, an electronic toll collection system is more suitable to use for many reasons, including high speed of operations and the reduction of mistakes. In order to ensure these requirements for an electronic toll collection system, some kind of automatic devices must be installed. A Radio Frequency Identification (RFID) is an automatic identification device, which stores and remotely retrieves data from RFID tags or transponders, an electronic operation tollbooth controlled with a RFID system has been installed at Mukdahan Thai-Laos Bridge, which is a bridge connecting Mukdahan province in Thailand and Sawanakhed province in Laos. The remainder of this article is organized as follows. Section 2 describes some RFID technology background and related research. Section 3 demonstrates the design and development of the Mukdahan Toll System. Section 4 shows the example operations of the system.

2. BACKGROUND AND RELATED RESEARCH

2.1 Basic Operation RFID

A RFID is an automatic identification method. An automatic identification method, rely on storing and remotely retrieving data using devices called RFID tags. A tag can be applied into product, animal, or person for the purpose of identification using radio waves. It contains two parts: (1) an integrated circuit for storing and processing information, using modulates and demodulates radio waves; (2) an antenna for transmitting and receiving the radio waves. An edge system is consists of edge interface, controller, reader, reader antenna, tag. The edge controller use for controlling input and output stream of edge system. The reader use for executing a command. The reader antenna has function is similar to tag antenna. A software system is consists of edge interface, middleware, enterprise back-end interface, enterprise back-end. The middleware is computer software that connects software components or applications. The enterprise back-end interface is an application software interface, which use for interacting with users. The enterprise back-end is enterprise database systems. Both systems have an edge interface. An edge interface use for coordinating edge system and software system operations.



Figure 1. show Perspective Integrated System of RFID-based application.

2.2 Application Programming Interfaces RFID

A RFID application-programming interface (API) supports requests and responses from a Basic Reader Interface (BRI). The BRI is an independent API, which can be called from several programming language such as java, vb.net etc., The Basic Reader interface is used for executing RFID reader. The sequence of commands and responses structure of BRI is shown in figure 2. First, a host sends a BRI command to the reader. Next, the reader executes a command. Last, the reader responses outputs back to the host operation [2].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

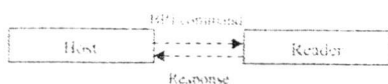


Figure 2. show BRI command and response structure.

An example of read and write BRI commands are below.

Example of read command:
 READ TAGID, INT (18, 8)
 Result of read command:
 H1234567890ABCDEF 1234 5678<CRLF>

Example of write command:
 WRITE STRING (18, 4) = "TEST" WHERE TAGID=H12345678
 Result of write command:
 WROK<CRLF>

In the example above, the host sent a command "READ TAGID, INT (18, 8)" to the reader. The reader executes the command by reading data, which located at position 18 to 26 of a vehicle's RFID tag. If the reader cannot complete the reading process, then an error message "RDERR<CRLF>" is sent back to the host. The <CRLF> is a control character line feed at the end of line. Otherwise, the value of vehicle's RFID tag is sent back as the result of the reading process command. In the write command example, the host sent a command "WRITE STRING (18, 4) = "TEST" WHERE TAGID=H12345678" to the reader. The reader executes the command by writing data to position 18 to 22 of the vehicle's RFID tag. If the reader cannot complete the writing process, then an error message "WRERR<CRLF>" is sent back to the host. Otherwise, the complete message is sent back as the result of the writing process command.

2.3 Toll road Technologies

A toll collection system can be arranged hierarchically into three levels as shown in figure 3. (1) A tollbooth uses for collecting paytoll and equipped with a tollbooth computer and. (2) A plaza computer with a database management system uses for management data in the system databases. (3) A central administration computer uses for collecting data from many plaza computers [1].

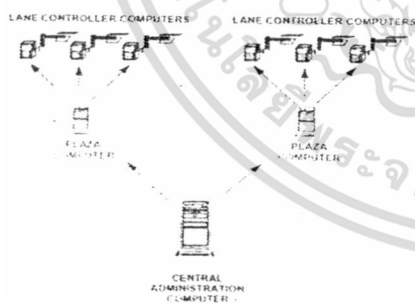


Figure 3. show electronic toll collection system architecture.

The tollbooth is a small building where drivers pay toll. The lane controller computer has toll collection software for collecting pay toll and sending information to plaza computer. Each plaza computer has database management system for supporting management information in the plaza. The central administration computer is a large database, which merge data from many plaza computers. The PIS, as shown in figure 1, can be implemented into the electronic toll collection system architecture as shown in figure 3. In the edge system part, a tag is attached to a vehicle. A reader antenna and a reader installed at a toll lane. An edge controller controls logic in the reader. In the software system part, a RFID application-programming interface can be integrated with toll collection software installed at a lane controller computer. An enterprise back-end interface is also installing at a lane controller computer. An enterprise back-end is installed at the plaza computer and the central administration computer.

2.4 Related research

[Adnan et al., 2000] presented the control system use programming logic controller (PLC) based SCADA/HMI system (Supervisor Control and Data Acquisition/ Human Interface) for shipping petroleum [3]. The advantages of their research are (1) it is an example of a real time system control. (2) The system is implemented in a way that easy to monitor and control. The real time data such as incoming and outgoing material balances is transferred to a remotely located relational database management system for invoicing and other financial transactions. The contribution of their research is to gain understanding of collaboration between the software and process control in an automate system design.

[Zhi-hong Xiao et al., 2008] presented the research and development of the highway's electronic toll collection system based on infrared wireless communication [5]. The advantages of their research is to improve efficiency of the toll station and traffic capability of a toll way. Their research and development achieved (1) the core technology of electronic toll collection system, (2) the business complete functions, (3) the electronic collection system requirement of logical design phase.

3. DESIGN & DEVELOPMENT OF THE MUKDAHAN TOLL SYSTEM

This section presents the development of the Mukdahan Toll System (MTS). MTS architecture can be divided into two subsystems, (1) front-end subsystems (FESS) and (2) back-end subsystems (BESS). Both systems are communicated via local area network as shown in figure 4.

3.1 MTS FESS components

The MTS FESS has many components as follows.

3.1.1 Tollbooth Computer

A tollbooth computer is installed at a tollbooth. This component contains core transaction processes such as (1) switching process to control the overall state of the systems; (2) calculating paytoll process; (3) the rfid reader process. The MTS software is installed in this component. The states of the MTS system is summarized in table 1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

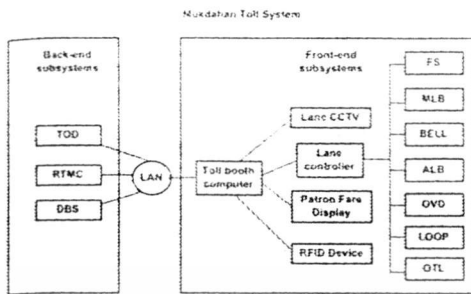


Figure 4: show MTS system architecture and components.

3.1.2 Electronic Footswitch (FS)

An electronic foot switch is an alarm device. When a staff touches a foot switch and holds more than 2 seconds, then the alarm operates.

3.1.3 Manual Lane Barrier (MLB)

A manual lane barrier is an entrance barrier. It uses for prohibiting a trespasser while the toll lane close.

3.1.4 Bell

A bell is a sound device. It emits sound to signal complete transaction when the system accepts pay toll.

3.1.5 Auto Lane Barrier (ALB)

An auto lane barrier is an exit barrier. It uses to prevent driver from fraud when the MLB opens. The ALB automatically opens when the payroll transaction is completed.

3.1.6 Optical Vehicle Detector (OVD)

An optical vehicle detector is a sensor device. It uses through-beam detection method. When the OVD detects an object, its status is on. Otherwise, the OVD status is off.

3.1.7 Loop Detector

A loop detector is a sensor device. It uses electromagnetic induction to detect a vehicle. When the vehicle moves into the tollbooth, the loop detects the object and the loop status is on. When the vehicle leaves, the loop status is off.

3.1.8 Overhead Traffic Light (OTL)

An overhead traffic light is a direction device of a toll lane. If the OTL has green light, the tollbooth lane is operating. Otherwise, the OTL will have red light.

3.1.9 Lane Closed Circuit Television (Lane CCTV)

A lane closed circuit television is a camera used for capturing a car picture.

3.1.10 Lane Controller (LCL)

A lane controller is a device used for controlling logic sensors. Each sensor has different values and states.

3.1.11 Patron Fare Display (PFD)

A patron fare display is a display device consists of many small diode-light bulbs attached to a rectangular board. It displays the information such as vehicle class, tag money, type of payment, etc.

3.1.12 RFID Device

A RFID device consists of a reader and an antenna. A reader uses an antenna for communicating with tags.

TABLE 1: show overall states of the MTS system.

State name	State description	Sensor status
Software Start	All sensors status must be off.	All sensor status = off
MLB open	The MLB opens when the staff manually opens MLB.	MLB = on
OTL open	The OTL opens when the staff manually opens OTL.	OTL = on
Waiting Vehicle enter	The MLB status and OTL status must be on.	MLB and OTL = on
Vehicle Loop enter	The loop sensor can detected vehicle.	LOOP = on
Vehicle Loop exit	The loop sensor cannot detect vehicle.	LOOP = off
Vehicle OVD enter	The OVD sensor can detected vehicle.	OVD = on
Vehicle OVD exit	The OVD sensor cannot detect vehicle.	OVD = off
ALB open	The ALB opens when the system accepted payroll fare.	ALB = on
ALB close	The ALB closes when the vehicle exit.	ALB = off

3.2 BESS components

The MTS BESS consists of (1) four of duty (FOD) for staff enrollment; (2) real time monitoring capture (RTMC) for showing all sensor status in each tollbooth operation; (3) database server (DBS) for managing all information.

3.3 MTS initialization lane controller protocol

A tollbooth computer handle lane controller via RS-232 protocol. Each device or component communicate with lane controller has different status values. Thus, a protocol initialization is necessary for the communication. The lane controller protocol can be divided into two types (1) lane controller sends data to tollbooth computer; (2) lane controller receives data from tollbooth computer.

3.3.1 Lane controller sends data to tollbooth computer (SDTC)

A protocol for lane controller sending data is shown in table 2. The protocol for lane controller sending data has 5 bytes value representing a LOOP value, an OVD value, a MLB value, an EFS value, and an OTL value. The zero byte is a LOOP value. If the LOOP value is "1", the LOOP detects an object. Otherwise, the LOOP value is "0". The first byte is an OVD value. If the OVD value is "2", the ovd detects an object. Otherwise, the OVD value is "0". The second byte is a MLB value. If the MLB value is "4", the MLB operating. Otherwise, the MLB value is "0". The third byte is an EFS value. If the EFS value is "8", the EFS operating. Otherwise, the EFS value is "0". The fourth byte is an OTL value. If the OTL value is "1", the OTL operating. Otherwise, the OTL value is "0". For the example, the protocol for lane controller sending data value is "F1" can be describe the first value is "F" =

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18 (hexadecimal number) means the LOOP, the OVD, the MLB, and the EFS are operating. The second value is "1" means the OTL is operating.

TABLE 2: show the protocol SDTC.

BYTE	0	1	2	3	4
DATA	LOOP	OVD	MLB	FFS	OTL
Value	1	2	4	8	1

3.3.2 Lane controller receives data from tollbooth computer (RDTC)

A protocol for lane controller receiving data is shown in table 3. The protocol for lane controller receiving data has 5 bytes value representing a start byte, an ALB value, a BELL value, an EFS value, and a last byte. This protocol always starts with "02H" and ends with "03H". The first byte is an ALB value. If the ALB value is "1", the lane controller opens the ALB. Otherwise, the ALB value is "0". The second byte is a BELL value. If the BELL value is "1", the lane controller emits a sound. Otherwise, the BELL value is "0". The third byte is an EFS value. If the EFS value is "1", the lane controller handle the alarm operates. Otherwise, the EFS value is "0".

TABLE 3: show the protocol RDTC.

BYTE	0	1	2	3	4
DATA	02H	ALB	BELL	FFS	03H
Value	02H	1	1	1	03H

3.4 MTS prototype vehicle license plate

The Thai license plate has two characters followed by four digits as shown in figure 5. Generally, the RFID reader cannot support Thai character. Therefore, we map a value of the license plate into an ASCII Windows-874. The first character is optional and may be a digit. Table 4 shows an example of mapping "540025" into values "0051670023".



Figure 5: show Thailand license plate

3.5 MTS toll lane operation

Figure 6 depicts toll lane operation as follows. A toll lane operation starts with a vehicle enters into a toll lane. The LOOP sensor detects the vehicle and sends a signal to the MTS system. The MTS system interprets the signal and selects appropriate action. At the same time, a car picture capture module commands a lane CCTV to capture a car picture. The car picture is stored temporarily in memory before sending to DBS. A tag retrieves module commands and executes the RFID reader. A vehicle identification module use the result of the tag retrieves module to compare with DBS. Then, the vehicle information and tag balance

TABLE 4: show an example of a Thai license plate number mapping.

BIT	DATA	VALUE
1	0	"5"
2	0	
3	5	
4	1	"3"
5	6	
6	7	
7	0	"0"
8	0	"0"
9	2	"2"
10	5	"5"

are sent back to MTS system. An update balance module calculates and updates both vehicle information and tag balance. A show payment information module shows payment, class, and balance on PFD. The driver can see this information on PFD when a pay toll completes process. A print bill module prints payment slip with information such as date, time, license plate number, tag balance, paytol/ fare. The manage ALB module controls the ALB.

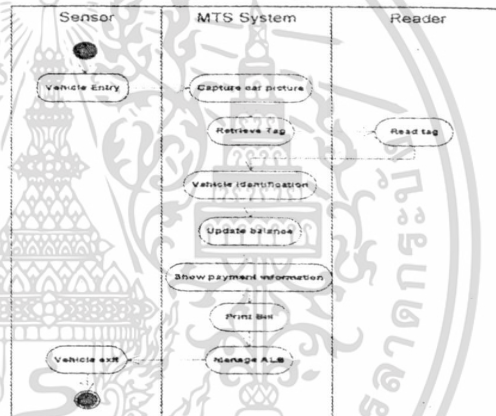


Figure 6: show activity diagram toll lane operation.

3.6 MTS monitoring operation

The MTS monitoring operation consists of two components as shown in figure 7. While the RTMC is running, the retrieval tollbooth open process requests the number of the active tollbooth. The retrieval tollbooth status process retrieves all sensor status from all active tollbooth.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

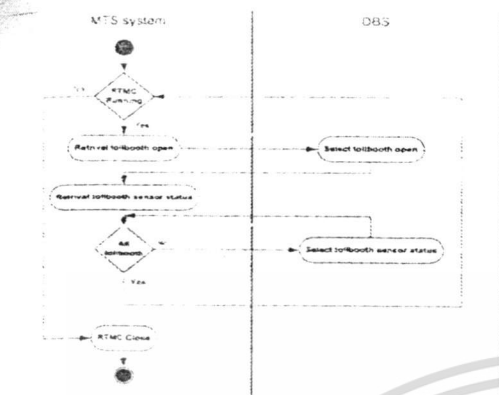


Figure 7: show activity diagram monitoring system.

4. EXAMPLES OPERATIONS OF THE MTS SYSTEM

4.1 An example of the MTS toll collection system

An example of the MTS toll collection system has information is shown in figure 8. The Lane CCTV immediately show picture on the screen. Some important statuses are connection status, LOOP status, Lane CCTV Status, ALB status, and OTL status. The connection status is active when a connectivity between lane controller computer and DBS. The LOOP status is active when the LOOP can detected object. The Lane CCTV status is active when the lane CCTV capturing a car picture. The ALB status is on when a manually opens or completes transaction process. The OTL light status is green light when the OTL was opened. The information of current human payroll collection is shown on screen. The vehicle class, payment types, license plate number, and payroll fare are shown on the screen when an automatic vehicle identification process completes.

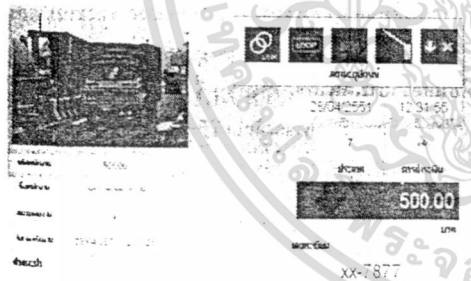


Figure 8: show an example of the MTS toll collection system output screen.

4.2 An example of the MTS toll collection system-monitoring operation

An example of the MTS toll collection system-monitoring operation is shown in figure 9. The information of current human payroll collection is shown on screen. A group of important devices statuses consists of OTL status, MLB status, LOOP status, ASB status, ALB status, and OVD status. The magnifying glass icon can be clicked to see the detail of an active tollbooth.

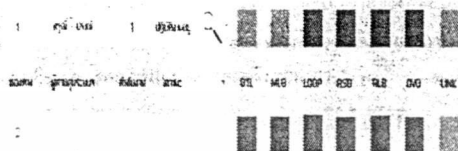


Figure 9: An example of the MTS toll collection system-monitoring screen.

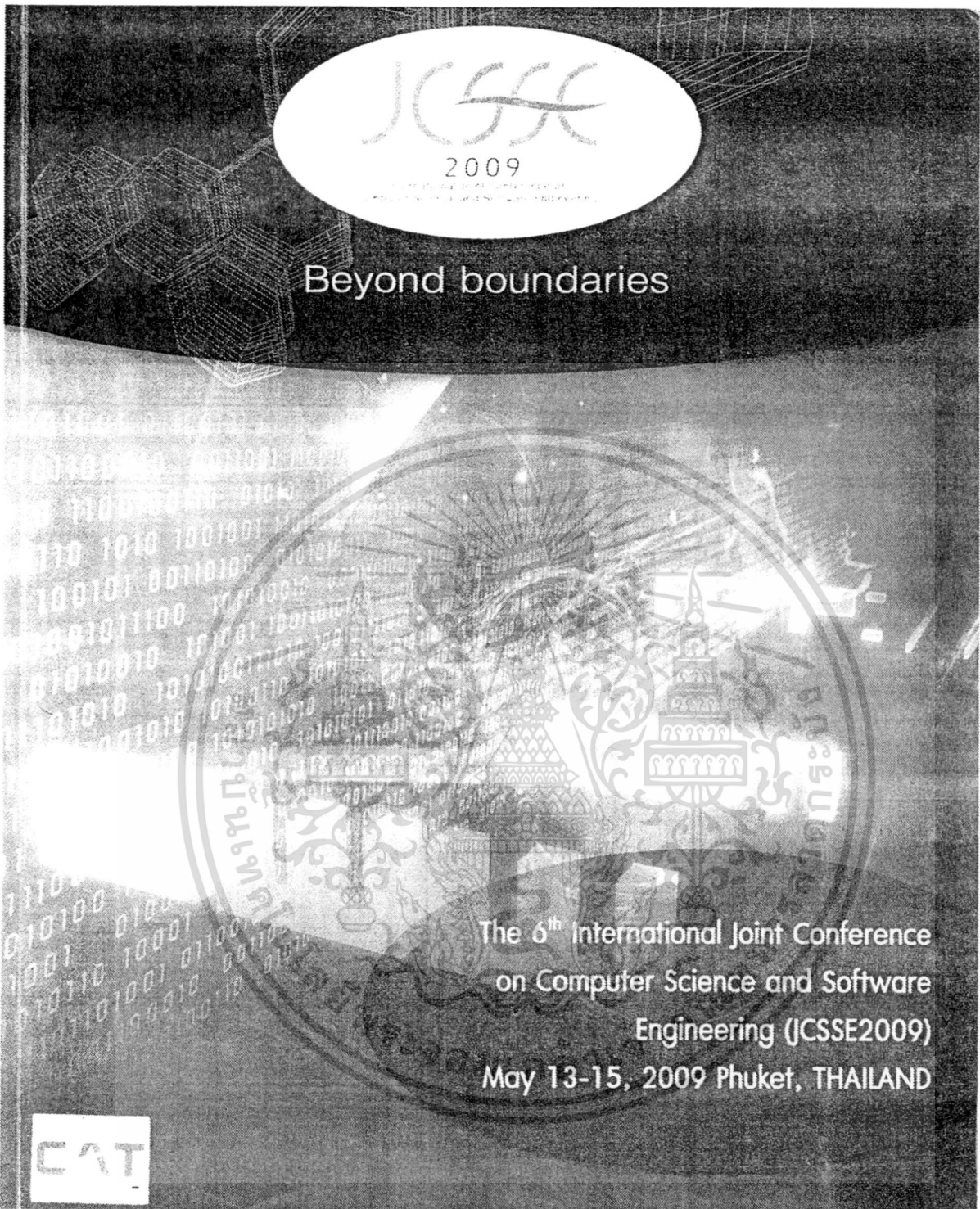
5. CONCLUSION

This paper reviews basic operations of radio frequency identification devices and processes, toll road technologies, and some related researches. The design and development of RFID-Based electronic toll collection system at Thai-Laos Bridge called Mukdahan Toll System (MTS) is demonstrated in details.

6. REFERENCES

- [1] Bergan, A., Klashinsky, R., and Kishore, A., "Appropriate toll road technologies for countries in transition". International Road Dynamic Inc, Technical Paper, July, 2000. [Online]. Available: http://www.irdinc.com/library/pdf/toll_road_technologies.pdf. [Accessed: 18 July 2008].
- [2] Intermec Technologies Corporation. "Basic Reader Interface: Programmer's Reference Manuals", 2008. [Online]. Available: http://epsfiles.intermec.com/eps_files/eps_man_937-000.pdf. pp. 29-76. [Accessed: 15 July 2008].
- [3] Salibhagovic, A., Cico, Z., Marinkovic, V., Karavdic, E., "Software Engineering Approach in the Design and Development of the Industrial Automation Systems," International Conference on Software Engineering (ICSE 2008), 2008, pp. 15-22.
- [4] Sandip, L., "RFID Sourcebook", Pearson Education Inc., Upper Saddle River, New Jersey, 2006.
- [5] Xiao, Z., Guan, Z., Zheng, Z., "The Research and Development of the Highway's Electronic Toll Collection System," First International Workshop on Knowledge Discovery and Data Mining (WKDD 2008), 2008, pp. 359-362.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Simulation Modeling for Toll way Collection Decision Support System

Worachat Lertlitrungroj, Ponrudee Netisopakul
Faculty of Information Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Bangkok, 10520, Thailand
Email: s9066707@it.kmitl.ac.th, ponrudee@it.kmitl.ac.th

Abstract

Tollway Collection System is one of an example of complex systems. It is a multiple servers multiple queues system. The simulation model aims to optimize parameters in the system. Some of these parameters are number of vehicles waiting in the queue, average waiting time in the queue, number of tollbooths in service for each time frame, average cost of fuel and electricity, utilization rate of the system, etc. A system architecture consists of three main modules: a modeling modules, a simulation modules and a visual display modules. An ultimate goal of this system is to be used as a decision support tool for managements to set plans and policies to effectively manage toll collection system.

Key Words: Tollway collection system, Simulation modeling, Applied queuing theory, Complex system optimization, Tollway operational policies.

1. Introduction

An ideal decision support system for a tollway collection system should be able to help managements to operate daily operations efficiently. For example, to decide the number of service lanes open, to reduce the average waiting time in each lanes, to decide the number of lanes for trucks and large size vehicles. However, there are many factors that affect each decision. Therefore, a tollway collection system is one of a complex system. In addition to the number of factors affecting the system, the dynamicity of some factors are also contributed to the complexity of the system. For example, the average arrival rate of vehicles varies from hour to hour. The number of vehicles is usually jam-packed in the morning and evening and normal during other time of a day. Therefore, a decision model must take these factors into account.

In a non-complex system, a mathematical model is sufficient to solve for an optimal solution. However, it may not be possible to formulate a set of

mathematical formula for a complex system. Moreover, in a dynamic system, there are more than one set of solution for each different situation. The aim of a simulation system is to facilitate the recalculation to achieve the system optimization when there are changes in factors. Some of these factors for the tollway collection decision support system are the queue length of waiting vehicles, operational expenses. There also are many optimization objectives. Some of the objectives are to minimize the daily expense of all service tollbooths, to minimize the overall queue lengths, to minimize the average waiting time of each vehicle on queues. Some of these objectives are conflicted to each other. Hence, the simulation modeling with visual representation is suitable for aiding the decision process of this system.

This paper explains a computer simulation model used for tollway collection decision support system. Section 2 reviews related research and theory. Section 3 lists and explains relevant factors incorporate in the simulation model. Section 4 depicts and elaborates on each system modules and finally, section 5 shows the implementation result the simulation modeling system.

2. Related research

The work by [Anu Maria., 1997] introduced modeling and simulation modeling and analysis as follow. A model is a representation of the construction and working of a system of interest. Although the model is similar to the system, it is simpler than the system it represents. Modeling is the process of producing a model, while simulation is the operation of a model of the system. Simulation is used before a decision is made on an existing or a new system. Some benefits of simulation modeling are (1) to prevent or eliminate unexpected obstacles, (2) to aid the design of the system and (3) to achieve optimization goal of the system. Some questions like "what is the best design for this system?", or "how much resource is needed by the system?", can be answered by a appropriate simulation models. Figure

1 depicts the relationship between the real system and the simulation system [9].

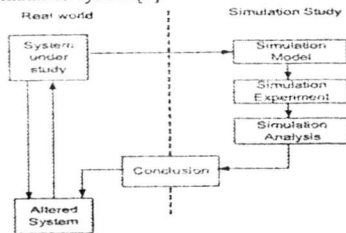


Figure 1. Relationship of Real and Simulation Systems. [9]

One example research exploits simulation modeling is the work by [James Bakker et al., 2008]. This work viewed a mechanized car park system as a queuing system. The simulation model imitated the operation of the mechanized car park. The objective of the simulation model was to validate main factors affecting the system in different scenarios. Once the influencing factors were understood, proposed operation policies can be set for the system. There were two main operations: inbound operation to store a car and outbound operation to retrieve a car. Factors affecting the system were entrance lane assignment, packing pattern such as pyramid pattern or fill from centre pattern and priority choice between arrival and departure service [2].

Another example of simulation modeling closely related to our work is done by [Gustavo Ceballos et al., 2004]. This research basically adopted multi-server queuing models and adapted it to incorporate the operation of a toll plaza where vehicles can stack in multiple queues and can change lanes. The traffic simulation model – VISSIM – was implemented. Then it was evaluated by comparing the running results of VISSIM to three ideal analytical queuing models. Those are single-queue single-server, multiple-queue multiple-server, and multiple-queue 2-server. The comparison showed that the VISSIM simulation model gave reasonably good estimation. Moreover, it was well adapted to simulate the operation of a toll plaza. Although the author stated that the simulation model took more time to develop than using the analytical queuing model, an advantage of simulation was that it allowed for more realistic and more complex transportation patterns [7].

Basic notions of a queuing theory can be studied from [Ivo Adan et al., 2002]. Kendall's notation has the following pattern A/B/C. The first letter specifies the inter-arrival time distribution and the second one the service time distribution. The third and last letter specifies the number of servers. For a general

distribution, the letter G is used, M for the exponential distribution and D for deterministic times. Some examples are M/M/1, M/M/c, M/G/1, G/M/1 and M/D/1. The most popular pattern used M/M/1, which is the basic pattern for most system analysis [1].

Our research exploits a parallel M/M/1 queuing model to simulate the traffic pattern at tollway collection plaza.

3. The factors affecting the system

In order to formulate and develop the simulation model for tollway collection decision support system, a number of factors influencing the system are analyzed. These factors are number of vehicles, number of total tollbooths, number of tollbooths in service, average service time per vehicle, the length of waiting queue, average waiting time per vehicles, average fuel consumption cost per vehicles, electricity cost overhead and system utilization rate. The details analysis of each factors are as follow.

3.1 Number of Vehicles

We retrieved the number of vehicles which use the tollway collection system [5] and group them by year. Figure 2 show trends of the number of vehicles use tollway from September 2003 to August 2008. The growth rate is 100,000 vehicles per year from 2004. In August 2008 (latest statistic), an example number of vehicles are shown in table 1. The highest number of vehicles is at Bangna tollway; the number of vehicles is 1,583,031 vehicles per month (average number of vehicles per day is 52,768 vehicles). The lowest number of vehicles is at Sathupradit 2 tollway; the number of vehicles is 81,473 vehicles per month (average number of vehicles per day is 2,716 vehicles). The average number of vehicles per day is one of inputs to the system. We represent it as one unit per each time frame. Input types can be defined as constant, normal distribution, uniform distribution, triangular distribution, etc.

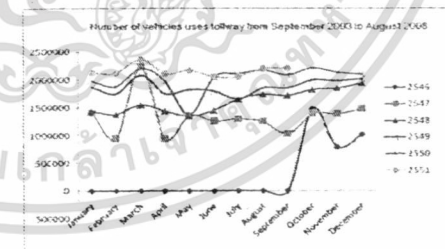


Figure 2. Number of vehicles uses tollway from September 2003 to August 2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1. Number of vehicles uses tollway in August 2008

Toll Plaza (Staff)	Traffic volume							
	1st phase		1st 2nd phase		1st 3rd phase		Total	
	Net	1st/2nd	Net	1st/2nd	Net	1st/2nd	Net	Aug. Day
Uthairat 1	222,958	6,432	2,928	264	2,664	9	128,194	6,942
Uthairat 2	2,477,871	8,676	78,772	1,296	5,236	17	1,542,472	55,184
Wichitana	2,152,670	7,748	72,257	472	127	1	1,552,902	8,447
Chulabhorn	122,784	1,262	1,212	432	78	1	122,784	18,112
Wang 1/2/3	574,539	1,582	1,595	1,542	1,422	42	522,212	17,242
Wang 4/5/6	482,288	9,122	1,848	432	2,712	42	482,288	74,264
Wang 7-8	134,842	6,542	14,418	482	1,688	57	112,832	22,288
Phan 1	124,642	7,882	13,412	442	4,872	136	154,182	6,472
Bang Na	1,918,812	52,462	58,472	1,862	13,242	442	1,583,212	52,192
Subhaya 1/2	342,242	2,242	12,642	472	572	1	378,022	11,962
At Marong	208,112	6,972	9,872	312	2,472	81	222,502	7,152
At Marong (off-st)	312,292	12,292	3,892	129	136	4	312,182	12,512
At Marong (Bang Na)	142,452	4,242	1,642	132	48	1	137,292	8,512
Phan 2	148,882	1,272	16,172	152	10,242	342	200,182	9,422
Chulabhorn	1,124,112	17,802	13,342	792	7,482	142	1,144,542	18,172
Subhaya	154,652	9,122	10,012	1,042	3,182	29	112,862	22,412
Subhaya 1/2	142,072	11,412	6,102	772	274	14	155,152	21,022
Subhaya 1/2	78,182	1,642	2,072	432	22	1	81,872	2,142
Bang Na	353,112	17,772	14,062	492	1,152	42	369,412	12,112
Net	9,344,962	112,502	782,142	8,902	46,132	1,512	5,873,412	92,442

3.2 Number of Tollbooths

The largest number of tollbooths is at Bangna tollway; It has 13 tollbooths. From the total of 52,768 for all wheel type vehicles per day, we average each tollbooth service to 170 vehicles per tollbooth per hour. In general, the number of vehicles during rush hour (from 5.00 a.m. to 9.00 a.m. and from 5.00 p.m. to 10.00 p.m.) is larger than during normal hour (from 9.01 a.m. to 1.59 p.m., from 2.00 p.m. to 5.00 p.m., and from 8.01 p.m. to 4.00 a.m.). The percentage of number of vehicles during rush hour is 60% (including 2 periods). The number of tollbooths opened is 13 tollbooths. On the other hand, the percentage of the number of vehicles in normal hour is 40 (including 3 periods). If all 13 tollbooths are open all day, the operation is not optimized and cost is too high. Therefore, the number of tollbooths opened for each time frame must be decided for the system.

3.3 Average Tollbooth Services Rate

An average tollbooth service rate for each vehicle in constant time frame depends on service types and vehicle types (cars or trucks). Service types can be divided into 2 types; those are a manual tollbooth service and an electronic tollbooth service. A manual tollbooth service has longer service time. It also has higher cost and higher rate of human mistakes (receiving and changing money). For an electronic tollbooth, an E-PASS system can be installed. An E-PASS system is one popular example of an electronic toll collection system for toll road, bridge, and tunnel in many countries. [Crispin Emmanuel et al., 2005]. An E-PASS system can automatically identify the driver account and debit the toll fee amount from the driver account. Then, system proceeds to send a command to open the control gate and allow the vehicle to depart. Those processes are normally completed in 4 to 7 seconds [4], which is much faster

than manual operation. Therefore, the service time depends on the service type at a particular tollbooth. The average service rate for each time frame is measured in time unit (seconds) per vehicle. In addition, this factor depends on the number of tollbooths opened.

3.4 Vehicle Queue Length

When the first vehicle arrives and is being serviced, a next vehicle arrives and notices that the tollbooth is busy. If there is only one tollbooth opened, the next vehicle must wait for the service in the queue. The vehicle queue length is related to the waiting time in the queue. If drivers wait for a long time in the queue, then they will be unhappy and hesitate to use the tollway next time. Therefore, more than one tollbooths will be opened at a time. Drivers will always drive to queue at a shortest lane. In addition, if a driver waits for a long time, he will decide to change to adjacent lanes that has shorter queue. Hence, we consider the vehicle queue length as a function of driver decision, number and position of lanes, and tollbooth service status.

3.5 Average Waiting Time in a Queue

An average waiting time in a queue increases, if the vehicle queue length increases. However, the fact that the drivers can make a dynamic decision to change lanes can reduce their waiting time. Hence, this may bring to reduce overall waiting time in queues.

3.6 Fuel Consumption Cost

Table 2 shows some of average fuel consumption for different brands of cars [3] based on engine size under 100 Km distance assumption. However, in tollway operations, vehicles are waiting in-line next to each other. Hence, the distance is less than 100 Km. The distance Y meters in figure 3 base on the distance from vehicle to vehicle (D_v) plus the front vehicle width (W_v). We define an equation for mini distance as below. The equation uses the average number in table 2, after divided it by 100,000 (D_{100km}) to reflect fuel consumption for 1 metre, to multiply the distance Y – also in metre.

Table 2. Some statistics on fuel consumption

Vehicle brand	Engine size	AVG (L/100 KM)
Toyota	1.3	6.5
	1.5	5.75
	1.8	8.43
	2	9.08
	2.4	9.5
	3	11.58
Honda	1.3	5.7
	1.5	6.2
	1.7	7.9
	2	9
	2.3	10.25
	2.4	9.15
	3	11.75
	3.2	13
	3.5	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

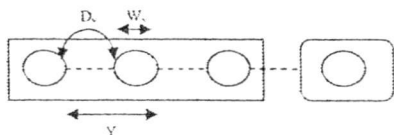


Figure 3. Show mini distance at toll lane

$$X1 = \frac{AVG\left(\frac{L}{D_{100km}}\right) \cdot Y}{D_{100km}} \quad (1)$$

For X1 = mini distance fuel consumption (Litre).
 Y = mini distance (metres).

In addition, when the vehicle is waiting in line, the fuel is consumed continuously. Hence, another cost factor is defined below.

$$X2 = \frac{AVG\left(\frac{L}{D_{100km}}\right) \cdot V}{D_{100km}} \quad (2)$$

For X2 = Waiting vehicle fuel consumption (Litre).
 V = Waiting vehicle fuel consumption rate.

Now we calculate the cost of fuel consumption by multiply the two factors to the fuel price of 1 Litre. We are defined fuel cost equation as below.

$$F_c = P \cdot X \quad (3)$$

For F_c = Fuel cost (Baht).
 P = Current fuel price (Baht).
 X = X1 + X2 = Total Fuel consumption (Litre).

The current fuel price is announced on the web service from the Petroleum Authority of Thailand (PTT) daily. This is an example from web service current fuel price rate.



Figure 4. An example web service for current fuel price rate

3.7 Electricity Overhead

When the toll lane is opened, some equipment in toll lane are used. Equipments consume electrical power. This is an equation for electrical power consumption.

$$U = \frac{\sum_{k=1}^n E_k h}{1000} \quad (4)$$

For U = Power unit used. (Unit)

E_k = Energy per equipment. (Watt)

h = hours used.

In Thailand, a tollway is an enterprise state under Ministry of Transportation and Communication. Hence, it uses the government electricity rate. A government electricity rate [11] is shown in table 3.

Table 3. Show a government electricity rate [11]

Voltage level	Electricity rate				Electricity subsidy		Electricity rate on	
	production unit	transmission unit	retail service unit	service unit	of service unit	service unit	unit use	service charge
High Voltage and above	1.204	0.3605	0.285	228.17	0.1556	-	1.9732	228.17
22.5 kV Voltage	1.3186	0.3729	0.317	228.17	0.1665	-	2.1412	228.17
Below 22 kV Voltage	-	-	-	20	-	-	-	20
unit < 10	1.108	0.301	0.4731	-	1.2916	-	1.2976	-
more than 10 unit use	1.581	0.3951	0.671	-	0.361	-	2.4482	-

In general, Thailand voltage level is 220 voltages that below 12 Kilo voltage rate. An equation for electricity overhead is shown below.

$$O = \begin{cases} E_b + F_c + S + V & \text{when } u \leq 10 \\ (\Delta E_b + E_b) + F_c + S + V & \text{when } u > 10 \end{cases} \quad (5)$$

For O = Electricity overhead.
 E_b = Electricity base cost.
 ΔE_b = Electricity base cost more than 10 units.
 F_c = Fuel adjustment charge (at the given time) cost.
 S = service cost.
 V = Vat. 7 %

An equation for an electricity base cost less than 10 units is shown as below.

$$E_b = U \cdot R \quad (6)$$

For U = Power unit used.
 R = Power rate below 10 units.

When an electricity base cost more than 10 units an equation different is shown as below.

$$\Delta E_b = \Delta U \cdot R_s \quad (7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 Simulation Report module

The ReportGenerator sub module accesses the system's statistics and generates reports in terms of tables and graphs.

5. The Examples of operations

Figure 7 shows an example of the simulation modeling for tollway collection decision support system. On the largest screen area, the visual model of arriving vehicles is shown Lanes, vehicles, and other object's properties in the system are shown on the right hand side of the screen. Under the top menu is a toolbar for creating lanes, vehicle types, equipments used in the system, and list of employees. At the bottom of the screen displays objects those values have not been assigned.

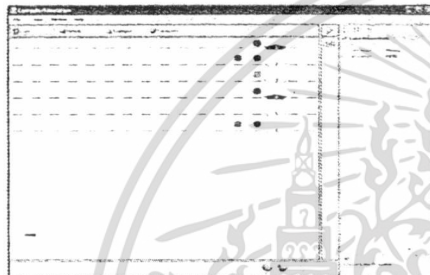


Figure 7. An example of simulation modeling screen

In addition to the main screen described above, the simulation model can display each lane properties in details as shown in figure 8.



Figure 8. Lane property details screen

The operational time frame of the system can be divided into 5 time periods. Those are (1) Morning from 05.01 a.m. to 09.00 p.m. (2) Midday from 09.01 a.m. to 1.00 p.m. (3) Afternoon from 1.01 p.m. to 5.00 p.m. (4) Evening from 5.01 p.m. to 10.00 p.m. (5) Night from 10.01 p.m. to 05.00 a.m. In each period of a day, the system controller can be configured for the following parameters: lane status, service delay types, arrival rate and time. Each lane status can set to be close or open, Service delay types are constant, triangular, normal, and uniform. The unit of service time can be selected as are hours, minutes, or seconds.. The arrival types are defined as same as the service delay types. The arrival rate is expressed in terms of how many vehicles entering the system over the period of one unit time. When configuration is finished, the lane detail viewer window is appeared as in figure 9.



Figure 9. Lane detail viewer screen

6. Conclusion and future work

This paper describes the simulation modeling for tollway collection decision support system. The motivation is to support policy maker for tollway collection. A number of factors affecting the system are analyzed in details. The designs of the system architecture into modules are explained. The working system is currently under development and expected to complete soon. When this system is completed, it can be used as a decision support tool for

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

managements to set plans and policies to effectively manage toll collection system.

In the future work, the system will be evaluated for appropriate values of parameters defined in the simulation configuration. The new system will keep the previous simulation configuration to build a best practice for next round of simulation.

7. References

- [1] Adan, I., Resing, J., "Queuing Theory". [Online]. Available: <http://www.win.tue.nl/~iadan/queuing.pdf>. 2002. [Accessed: 27 January 2009].
- [2] Bekker, J., Viviers, L., 2008, "Using computer simulation to determine operations policies for a mechanised car park", *Simulation Modelling Practice and Theory*, 16(6): 613-625.
- [3] Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts, Australian Government. "Fuel consumption Guide Database 1986 - 2003." [Online]. Available: <http://www.environment.gov.au/settlements/transport/fuelguide/search.html>. [Accessed: 17 January 2009].
- [4] Emmanuel, C., Mappala, A., Sigua, R., Madrigal, J., Palmiano, H., "Allocation of electronic toll collection lanes at toll plazas considering social optimization of service times and delay", *Proceeding of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 2005, pp. 1496 - 1509.
- [5] Expressway Authority of Thailand. "Statistic: Traffic Volume." [Online]. Available: https://www.wexat.co.th/index.php?cate_id=10&ty=pe-content. [Accessed: 15 January 2009].
- [6] Gross, D., Harris, M., "Fundamentals of Queuing Theory", 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc., Third Avenue, New York, 1998.
- [7] Gustavo, C., Curtis, O., "Queue analysis at toll and parking exit plazas: A Comparison between multi-server queuing models and traffic simulation", *Technical Paper*, July, 2004. [Online]. Available: <http://www.ptvamerica.com/docs/VISSIMQueueAnalysis.pdf>. [Accessed: 26 January 2009].
- [8] Kelton, W., Sadowski, R., Sturrock, D., "Simulation with Arena", 4th ed., Magraw-Hill, Avenue of the Americas, New York, 2007.
- [9] Maria, A., "Introduction to modeling and simulation", *Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference*, 1997, pp. 7-13.
- [10] Turban, E., Aronson, J., Peng Liang, T., "Decision Support Systems and Intelligent Systems", 7th ed., Pearson Education Inc., Upper Saddle River, New Jersey, 2005.
- [11] Provincial Electronic Authority, "อัตราค่าไฟฟ้าเงินอุดหนุนกิจการไฟฟ้า (ปกติ): ประเภทที่ 6.1 ส่วนราชการและองค์กรไม่แสวงหาผลกำไร." [Online]. Available: http://www.pea.co.th/rates/rates_separateBuType_normal6_1.htm. [Accessed: 20 January 2009].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การประชุมทางวิชาการ

การสร้างแบบจำลองและการจำลองสถานการณ์

ครั้งที่ 2 ประจำปี พ.ศ. 2553

"การสร้างแบบจำลองเพื่อไทยเข้มแข็ง"

The 2nd National Conference on Thai Simulation and Modeling

20-21 พฤษภาคม 2553 ณ โรงแรมการ์เด้น ซีวีวี รีสอร์ท พัทยา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำลองระบบด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางพิเศษระหว่างประเทศ กรณีศึกษา
สะพานมิตรภาพไทย-ลาว 1 จังหวัดหนองคาย
Simulation Modeling for Toll way Collection System
Case Study: Friendship Bridge I Nongkay Province

วรฉัตร เลิศลิขิตรุ่งโรจน์¹ พรฤดี เนติโสภาคย์²

^{1,2}คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

Worachal Lertlilitrungsroj¹ Ponrudee Netisopakul²

^{1,2}Faculty of Information Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang,
Bangkok 10520

E-mail: kie123love95@gmail.com, ponrudee@it.kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

ด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางพิเศษระหว่างประเทศสะพานมิตรภาพไทย-ลาวแห่งที่ 1 จังหวัดหนองคาย ได้ทำการติดตั้งระบบคอมพิวเตอร์ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2552 เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบดังกล่าวส่งผลกระทบต่อเกิดเวลาในการชำระเงิน ในบทความนี้ได้นำเสนอกรณีศึกษาการประยุกต์ใช้การจำลองระบบเพื่อศึกษาผลกระทบในกรณีความหนาแน่นของรถประเภทต่าง ๆ นอกจากนี้เพื่อศึกษาความคุ้มค่าของการเพิ่มช่องทางให้บริการ โดยใช้อัตราความมาถึงของผู้รับบริการขึ้นอยู่กับช่วงเวลาของวัน ข้อมูลการใช้บริการที่ใช้นั้นมีการแบ่งแยกออกเป็นชั่วโมงที่ให้บริการตั้งแต่ 06.00 น. ถึง 22.00 น. ในส่วนของอัตราค่าให้บริการต่อรถหนึ่งคันใช้เวลาประมาณ 10, 15, และ 20 วินาที ขึ้นอยู่กับประเภทรถ ค่าหลัก การจำลองระบบ, ด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทาง, การวิจัยดำเนินงาน, ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

Abstract

The toll way collection system at the friendship bridge I - Nongkay province has been installed to improve the daily operation since November, 2009. The system, in order to collecting toll fare, delays the traffic in general. This paper presents a

simulation modeling for the toll way collection system, to study the impact of delays in different vehicle types and various situations. In addition, the simulation also studies the feasibility of installing new service lanes. Arrival rates are varied by time-of-day and by day-of-week. Arrival data were collected by hour of day from 06:00 AM to 10:00 PM. Service rates per vehicle are estimated at 10, 15, and 20 seconds, depend on the type of vehicles.

Keyword: Simulation modeling, Toll way collection system, Operation research, Decision support system.

1. บทนำ

ด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางพิเศษระหว่างประเทศเป็นเส้นทางส่วนหนึ่งที่ก่อสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการคมนาคมระหว่างประเทศเพื่อให้บริการผู้ใช้งานที่เป็นทั้งประเทศไทยและลาวได้ทำการติดตั้งระบบด่านเก็บค่าธรรมเนียมเป็นจำนวน 1 ช่องทางเมื่อเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2552 และดำเนินงานไปได้โดยสะดวก อย่างไรก็ตามผู้บริหารมีแนวคิดที่จะเพิ่มช่องทางให้บริการอีก 1 ช่องทาง แต่เนื่องจากการลงทุนเพิ่มช่องทางจะมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่สูง ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะใช้การจำลองระบบเพื่อช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการ

เพิ่มช่องทางดังกล่าว โดยนำข้อมูลทางสถิติของปริมาณ
รอกจากระบบจริงในปัจจุบัน และข้อมูลการให้บริการนั้น
ทำการสอบถามจากเจ้าหน้าที่พนักงานฝ่ายฯ แบบจำลอง
และองค์ประกอบที่พัฒนาขึ้นเป็นไปตามระบบจริง

เอกสารฉบับนี้มีโครงสร้างในการนำเสนอเป็นลำดับ
ดังนี้ ในส่วนที่ 2 เป็นส่วนที่กล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
ส่วนที่ 3 ผลการวิจัย ส่วนที่ 4 เป็นข้ออภิปราย และส่วน
สุดท้ายเป็นส่วนสรุป

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

[William B. Nordgren, 1995] ได้นำเสนอบทความ
เกี่ยวกับขั้นตอนการจัดการโครงการจำลองระบบ มี
จุดประสงค์เพื่อช่วยให้สามารถวางแผนโครงการจำลอง
ระบบและช่วยให้ตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมี
สัดส่วนของงานแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียดซึ่งมีด้วยกัน
6 ส่วน ได้แก่ การรวบรวมข้อมูลและสร้างข้อสมมุติฐาน
ของการจำลองระบบ การกำหนดวัตถุประสงค์ของการ
จำลองระบบ การสร้างแบบจำลองระบบ การทดสอบ
แบบจำลอง การวิเคราะห์ผลลัพธ์ ดังรูปที่ 1 ผลงานวิจัย
ดังกล่าวช่วยเพิ่มความเข้าใจในการจัดวางโครงสร้างในการ
จำลองระบบรวมถึงรายละเอียดในกรณีดำเนินการแต่ละ
ขั้นตอน [5]



[K. Preston White Jr., 1999] ได้นำเสนอ
บทความเกี่ยวกับการจำลองระบบฟิวซันของคัมไบน์โดย
ใช้ 2 ตัวแปรร่วม กรณีศึกษา การมาถึงของลูกค้ายในร้าน
ขายเครื่องใช้ไฟฟ้าในวันทำงาน ในการรวบรวมปริมาณ
ลูกค่านั้นใช้สำมะโนจำนวนที่ทางเข้าดังนั้นข้อมูลที่ใช้
ไม่ได้ถูกแบ่งแยกว่าเป็นจำนวนเข้าหรือจำนวนออก และ
มีการบันทึกทุก ๆ ชั่วโมง โดยแบ่งออกตามช่วงเวลาของ
วันและวันในสัปดาห์ และนำข้อมูลที่ได้นี้มาใช้มาทำการ
ถักนกรองโดยไม่นำข้อมูลที่เป็นวันหยุด (เสาร์-อาทิตย์)

มาใช้ ดังนั้นจะได้ข้อมูลที่ในวันทำงาน (จันทร์-ศุกร์)
จากนั้นทำการจัดข้อมูลที่มิอยู่ในช่วงของค่าเบี่ยงเบน
มาตรฐาน จากนั้นก็ทำการประมาณการอัตราความถี่
และทำการจำลองระบบจากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ซึ่ง
ผลลัพธ์ที่ได้นำมาทำการเรียงข้อมูลตามวัน (จันทร์-ศุกร์)
และนำมาพล็อตกราฟเพื่อแสดงถึงแนวโน้มของลูกค้ายที่
เข้ามาซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าในวันต่าง ๆ ก็จะสามารถ
จัดเตรียมตารางเวลาการทำงานของพนักงานที่จะนำมา
ช่วยขายสินค้าได้ [6]

[James B. et al., 2008] ได้นำเสนอบทความ
เกี่ยวกับการใช้การจำลองระบบเพื่อกำหนดนโยบายการ
ดำเนินงานที่จอตลอดอัตโนมัติ โดยสถานที่จอตลอดนั้นมี
จำนวนให้บริการ 6 ช่องทางเข้าและมีพื้นที่ที่จอตลอด
เพื่อรับบริการได้ครั้งละ 2 คนเท่านั้นส่วนรถคันอื่น ๆ
จะต้องคอยในพื้นที่ที่ปล่อยให้จอตลอดจะได้รับสัญญาณไฟ
จึงจะเข้าไปจอตลอดเพื่อรับบริการได้ ในงานนี้มี (1) การ
กำหนดระเบียบการควบคุมการเข้า (2) รูปแบบการนำรถ
ไปจอตลอดสถานที่จอตลอด (3) การจัดลำดับความสำคัญใน
การให้บริการ ซึ่งทั้งสามส่วนจะนำมาใช้ในการกำหนด
นโยบายร่วมกัน จากนั้นพหุวิธีที่ใช้คือ อัตราการ
มาถึง ซึ่งแบ่งเวลาในหนึ่งวันออกเป็น 16 ช่วงในแต่ละ
ช่วงก็มีอัตราการมาถึงที่แตกต่างกัน ส่วนอัตราการจอต
รถที่แบ่งออกเป็นอัตราส่วน ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลอง
นำมาทำการหาค่าเฉลี่ย และใช้วิธีการเพิ่มน้ำหนักอย่าง
ง่ายเพื่อหาความน่าเชื่อถือที่สุดและนำไป
ประยุกต์ใช้ในระบบจริง [4]

3. การสำรวจข้อมูลทางสถิติเบื้องต้น

การสำรวจข้อมูลทางสถิติเบื้องต้นจากระบบจริง
ด้านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางไปยังประเทศลาวมี
จำนวน 1 ช่องทาง และกลับมาจากประเทศลาวอีก 1
ช่องทาง อย่างไรก็ตามช่องทางที่กลับมาจากประเทศลาว
นั้นไม่ได้เก็บค่าธรรมเนียมฯ จึงไม่มีนัยสำคัญกับงานวิจัย
นี้ องค์ประกอบของระบบแสดงดังรูปที่ 2

โดยระบบจะเริ่มให้บริการตั้งแต่เวลา 06.00 น. ถึง
22.00 น. ข้อมูลสถิติปริมาณรถโดยเรียงตามวันใน
สัปดาห์ เก็บจากข้อมูลจำนวน 1 เดือนในเดือนธันวาคม
พ.ศ. 2552 มีปริมาณรถทั้งหมด 44,728 คัน ปริมาณรถ
โดยเฉลี่ยแยกตามวันในสัปดาห์แสดงดังรูปที่ 3 และแยก
ตามประเภทรถแสดงดังรูปที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดค่าตัวแปร ดังนี้
 α = เซตของเลขจำนวนเต็มตั้งแต่ 6 - 22 หมายถึง ช่วงเวลาที่ให้บริการในหนึ่งวัน (06:00 น. - 22:00 น.) ทั้งหมด 16 ชั่วโมง

i = เซตของเลขจำนวนเต็มแทนวันในสัปดาห์ (วันอาทิตย์ = 1 และวันเสาร์ = 7)

k = ประเภทรถ (ประเภทที่ 1 - 7)

F_{ik} = อัตราส่วนของรถแต่ละประเภท

f_i = ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของปริมาณรถในช่วงเวลา i

f'_i = ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของปริมาณรถในวันในสัปดาห์

f_{ik} = ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของปริมาณรถประเภท k ในช่วงเวลา i ที่ให้บริการ

f'_i = อัตราส่วนค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของปริมาณรถในช่วงเวลา i (%) คำนวณได้จากสมการ

$$f'_i = \frac{f_i}{\sum_{k=1}^7 F_{ik}} \quad (1)$$

W_{ik} = ปริมาณรถประเภท k ของวัน i ในสัปดาห์ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$W_{ik} = F_{ik} * f'_i \quad (2)$$

F_{ik} = อัตราส่วนรวมเฉลี่ยของรถแต่ละประเภท

สมการ $Revenue_i$ = รายได้ที่ได้รับในวัน i ของสัปดาห์ ดัง

$$Revenue_i = \sum_{k=1}^7 (W_{ik} * P_{ik}) \quad (3)$$

ตัวอย่างเช่น ในวันจันทร์ที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณรถ (f'_i) เป็นจำนวน 1,472 คัน ด้วยการนำปริมาณรถแต่ละประเภทที่คำนวณได้ (W_{ik}) มาคูณด้วยอัตราค่าธรรมเนียมจากตารางข้างต้น (P_{ik}) ซึ่งจะได้นิผลพลอยได้ที่ได้รับของรถแต่ละประเภท จากนั้นนำมาทำการรวมกันดังสมการที่ (3) ซึ่งจะได้นิผลพลอยของรายได้ในวันจันทร์ดังแสดงในตารางที่ 2

เมื่อทำจนครบทุกวันในสัปดาห์แล้วนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลรายได้จากระบบจริงดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งพบว่า ตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างรายได้ในวันจันทร์จากการคำนวณ

จำนวนรถ (A)	จำนวนรถต่อประเภท (F _{ik})	ปริมาณรถ (W _{ik})	รายได้จากรถแต่ละประเภท (P _{ik})	รายได้จากรถแต่ละประเภท (W _{ik} * P _{ik})
1	24.42%	359	20	7,180.00
2	40.44%	595	30	17,850.00
3	16.02%	235	50	11,750.00
4	1.73%	26	100	2,600.00
5	1.67%	22	130	2,870.00
6	1.89%	28	200	5,600.00
7	11.09%	162	300	48,600.00
Revenue				99,680.00

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบรายได้ที่คำนวณได้และรายได้จากระบบจริง

Day	Calculate	Real System
Sunday	98,770.00	60,315.00
Monday	99,680.00	120,417.50
Tuesday	95,270.00	108,664.00
Wednesday	96,470.00	91,898.00
Thursday	98,770.00	112,658.00
Friday	98,540.00	104,532.50
Saturday	98,150.00	84,240.00
	97,950.00	97,533.57

รายได้ที่คำนวณได้ในแต่ละวันนั้นมีความแตกต่างกับรายได้ที่จากระบบจริง สาเหตุที่รายได้ในแต่ละวันในระบบจำลองค่อนข้างใกล้เคียงกันแต่ในขณะที่ระบบจริงในแต่ละวันแตกต่างกัน สันนิษฐานว่าสัดส่วนประเภทรถในแต่ละวันในสัปดาห์แตกต่างกัน ดังนั้นในระบบจำลองจะนำสัดส่วนของรถแต่ละประเภทมาคำนวณด้วย แต่อย่างไรก็ตามถ้าหารายได้รวมใน 1 สัปดาห์รายได้ที่ได้จากการคำนวณและระบบจริงไม่แตกต่างกัน

ในส่วนของอัตราการมาถึง (Arrival rate) บ่งบอกถึงปริมาณรถที่เข้ามาแต่ละชั่วโมงรวมวันในสัปดาห์ซึ่งสามารถคำนวณจากสมการและแสดงดังตารางที่ 4

$$A_{ik} = F_{ik} \quad (4)$$

โดยที่ A_{ik} = อัตราเฉลี่ยของการมาถึง (คัน/ชั่วโมง) ของผู้ให้บริการในชั่วโมง i ของรถแต่ละประเภท

ตารางที่ 4 แสดงอัตราเฉลี่ยของการมาถึงของรถแต่ละประเภทตามชั่วโมงให้บริการ

Hour (i) / Vehicle Type (k)	1	2	3	4	5	6	7
6:00-7:00	1.82	3.10	0.90	0.10	0.10	0.10	0.10
7:00-8:00	3.01	10.10	5.10	1.90	0.90	0.20	0.10
8:00-9:00	10.40	21.50	17.20	8.90	4.10	0.30	1.10
9:00-10:00	17.81	21.20	19.40	13.00	13.90	4.10	11.10
10:00-11:00	10.10	11.80	15.10	1.10	1.10	6.10	17.10
11:00-12:00	14.90	21.40	21.90	2.10	1.10	4.10	12.10
12:00-13:00	21.90	21.90	13.10	1.10	1.10	1.10	14.10
13:00-14:00	15.10	16.10	12.10	2.10	1.10	1.10	14.10
14:00-15:00	28.10	42.10	18.10	0.10	1.10	1.10	11.10
15:00-16:00	14.10	11.10	11.10	2.10	1.10	0.10	1.10
16:00-17:00	11.10	11.10	11.10	1.10	0.10	0.10	1.10
17:00-18:00	11.10	11.10	11.10	1.10	0.10	0.10	1.10
18:00-19:00	11.10	11.10	11.10	1.10	1.10	0.10	1.10
19:00-20:00	11.10	11.10	11.10	1.10	1.10	0.10	1.10
20:00-21:00	11.10	11.10	11.10	1.10	1.10	0.10	1.10
21:00-22:00	11.10	11.10	11.10	1.10	1.10	0.10	1.10

อัตราเฉลี่ยของการมาถึงของรถประเภทที่ 2 มีค่ามากที่สุดคือ 61 คัน/ชั่วโมง จากนั้นนำมาทำการหาค่าความแปรปรวนของแต่ละอัตราการมาถึงด้วยสมการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C_{ik} = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^n C_{ij}^2} - \bar{C}_i}{n} \quad (5)$$

เมื่อได้ค่าความแปรปรวนของแต่ละอัตราการผลิตของการมาถึงของรถแต่ละประเภทแล้วจะนำไปใช้เป็นตัวแปรเข้าในการจำลองระบบ

ในส่วนของอัตราการให้บริการ (Service rate) จะแบ่งแยกตามประเภทของรถ เนื่องจากรถแต่ละประเภทนั้นมีคุณลักษณะของรถที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้อัตราการให้บริการโดยเฉลี่ยของรถแต่ละประเภทแตกต่างกัน และจากการสอบถามเจ้าหน้าที่พนักงานจึงได้ข้อมูลเวลาในการให้บริการรถแต่ละประเภท (μ_i) ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงอัตราเวลาการให้บริการรถแต่ละประเภท

ประเภทรถ	เวลาบริการให้บริการรถคัน (วิน.) คน/วินาที
รถคนขับ (ไม่เกิน 7 คัน)	10
รถโดยสารขนาดเล็ก (เกิน 7 ที่นั่งไม่เกิน 12 ที่นั่ง)	10
รถโดยสารขนาดใหญ่ (เกิน 12 ที่นั่งไม่เกิน 24 ที่นั่ง)	15
รถโดยสารขนาดใหญ่ (เกิน 24 ที่นั่ง)	15
จักรยาน 6 ล้อ	15
จักรยาน 10 ล้อ	20
รถบรรทุก 10 ล้อ	20

จากตารางอัตราเวลาการให้บริการรถแต่ละประเภทจะเห็นได้ว่า รถประเภทที่ 1, 2 และ 3 ใช้เวลาในการให้บริการน้อยที่สุดคือ 10 วินาที ส่วนรถประเภท 4, 5 ใช้เวลาในการบริการ 15 วินาที และมากที่สุดคือ ประเภทที่ 6 และ 7 โดยใช้เวลาถึง 20 วินาที

ในส่วนถัดไปจะนำข้อมูลที่ได้อัตราการวิเคราะห์ไปทำการสร้างแบบจำลองและทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลจากระบบจริง

4. การสร้างและการทดสอบแบบจำลอง

ในส่วนของการจำลองจะทำการสร้างแบบจำลองออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

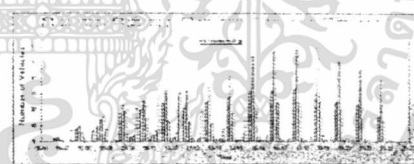
1. แบบจำลองแถวคอยเดี่ยว (M/M/1) ในส่วนนี้จะทำการนำข้อมูลจากระบบจริงมาทำการออกแบบจำลองและทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์กับระบบจริง
2. แบบจำลองแถวคอยคู่แบบสุ่มช่องทาง (Random Lane Selection) (M/M/2) ในส่วนนี้จะทำการเพิ่มผู้ให้บริการเข้าไปโดยใช้ข้อมูลจากระบบจริงมาทำการออกแบบจำลองและทำการวิเคราะห์เมื่อมีช่องทางเพิ่มขึ้นแต่การเข้ามาของแต่ละช่องทางเป็นแบบสุ่มช่องทางเข้า

3. แบบจำลองแถวคอยคู่แบบสลับช่องทาง (Seesaw Lane Selection) (M/M/2) ในส่วนนี้การเข้ามาของรถแต่ละคันจะเป็นแบบสลับระหว่างช่องทาง 1 และ 2

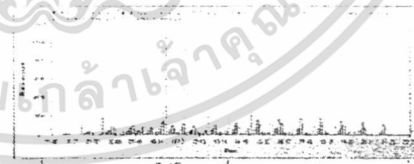
- กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบจำลอง
- ρ = อัตราการใช้สอยระบบ (%)
 - L = จำนวนผู้ใช้บริการในระบบ (คัน/วินาที)
 - L_q = จำนวนผู้ใช้บริการที่คอย (คัน/วินาที)
 - W = เวลาที่คอยโดยรวม (วินาที)
 - W_q = เวลาที่คอยโดยเฉลี่ย (วินาที/คัน)
 - S_i = รายได้ที่ได้รับของรถแต่ละประเภท (บาท/วินาที)
- การทดสอบจะนำแบบจำลองมาเข้าสู่โปรแกรมจำลองระบบที่ได้พัฒนาซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การจำลองระบบแถวคอยเดี่ยว

ปริมาณรถเป็นไปตามที่ได้คำนวณจากระบบจริงโดยมีอัตราการมาถึง (λ_i) ตามเวลาให้บริการ อัตราการให้บริการขึ้นอยู่กับประเภทรถ (μ_i) กำหนดสัดส่วนของรถแต่ละประเภท (F_i) ตามช่วงเวลาและกำหนดอัตราค่าธรรมเนียมของรถแต่ละประเภท (C_i) ตามตารางที่ 1 ซึ่งเมื่อทำการรันโปรแกรมจำลองระบบจะได้ผลลัพธ์ปริมาณรถแต่ละประเภทตามชั่วโมงให้บริการดังแสดงในรูปที่ 5 และรายได้จากรถแต่ละประเภทตามชั่วโมงให้บริการดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 5 แสดงปริมาณรถของรถแต่ละประเภทตามชั่วโมงให้บริการ



รูปที่ 6 แสดงรายได้โดยเฉลี่ยของรถแต่ละประเภทตามชั่วโมงให้บริการ

เมื่อจำลองเป็นจำนวน 100 ครั้ง พบว่าปริมาณรถโดยเฉลี่ยที่ได้จากการจำลองระบบแบบจำลองแถวคอยเดี่ยวจะอยู่ในช่วง 1,423 ถึง 1,463 คัน โดยรถประเภท 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

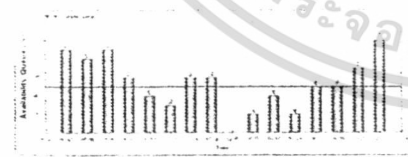
ที่มีปริมาณรถโดยเฉลี่ยมากที่สุด 575 คัน/วัน ซึ่งการรายได้ออยู่ที่ 17,250 บาท/วัน ในขณะที่รถประเภทที่ 7 นั้น มีปริมาณรถโดยเฉลี่ย 155 คัน/วัน แต่หารายได้มากกว่า ซึ่งรายได้ของรถประเภทที่ 7 อยู่ที่ 46,500 บาท/วัน

จากตารางที่ 6 แสดงผลลัพธ์เฉลี่ยของการจำลองระบบแถวคอยเดี่ยวจำนวน 100 ครั้ง ซึ่งได้แก่อัตราการไหลของระบบ (R) มีค่าอยู่ที่ 35.78% จำนวนผู้ใช้ระบบ (N) มีจำนวน 1,442 คัน/วัน จำนวนผู้ใช้บริการที่คองคอย (Lq) มีจำนวน 457 คัน/วัน เวลาคอยโดยรวม 4,419 วินาที เวลาคอยโดยเฉลี่ย (Wc) อยู่ที่ประมาณ 10 วินาที/คัน และรายได้รวมของรถทุกประเภทอยู่ที่ 97,795 บาท/วัน

ตารางที่ 6 แสดงผลลัพธ์ตัวแปรที่ได้จากการจำลองระบบจากแบบจำลองแถวคอยเดี่ยว

ตัวแปร	ผลค่าเฉลี่ย
อัตราการไหลของระบบ (R)	35.78%
จำนวนผู้ใช้บริการในระบบ (N)	1,442 คัน/วัน
จำนวนผู้ใช้บริการที่คองคอย (Lq)	457 คัน/วัน
เวลาคอยโดยรวม (W)	4,419 วินาที
เวลาคอยโดยเฉลี่ย (Wc)	10.08 วินาที/คัน
รายได้รวมรถทุกประเภท (R)	97,795 บาท/วัน

อย่างไรก็ตาม จำนวนแถวคอยที่เกิดขึ้นในแต่ละชั่วโมงนั้นมีความแตกต่างกัน บางชั่วโมงอาจจะไม่มีแถวคอยและในบางชั่วโมงจะมีแถว คอยยาวมาก โดยค่าเฉลี่ยจะมีพื้นที่แถวคอยรองรับได้จำกัดคือประมาณ 100 เมตร หรือคิดเป็นความยาวเฉลี่ยรถ 10 คัน ดังนั้นเราต้องการทราบอัตราการรองรับจำนวนแถวคอยของเหลือ (Availability Queue) และระยะทางคงเหลือที่สามารถรองรับได้ (Availability Vehicle Length) ซึ่งจากผลลัพธ์การจำลองระบบ 100 ครั้ง เมื่อนำค่าแถวคอยที่มีจำนวนมากที่สุดทุก ๆ ชั่วโมง มาหาค่าเฉลี่ยจะทำให้ทราบถึงอัตราการรองรับจำนวนแถวคอยที่คงเหลือ โดยคิดจากจำนวนแถวคอยที่สามารถคอยติดกันได้มากที่สุดเป็นจำนวน 10 คันในแต่ละชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 7

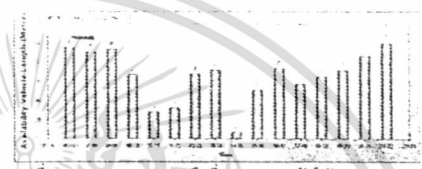


รูปที่ 7 แสดงอัตราการรองรับจำนวนแถวคอยคงเหลือโดยเฉลี่ย

จากรูปที่ 7 พบว่าในช่วงเช้ามีอัตราการรองรับ

แถวคอยคงเหลือมากกว่า 50% และในช่วงบ่ายจะมีอัตราการรองรับแถวคอยคงเหลือน้อยมากและน้อยที่สุดในช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น. จากนั้นจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนกระทั่งไม่มีแถวคอยในช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น.

ในส่วนของพื้นที่ความยาวของด้านๆ ที่สามารถรองรับได้อยู่ที่ 100 เมตร เมื่อนำจำนวนแถวคอยที่มากที่สุดมาแยกประเภทรถออก และคำนวณระยะทางโดยเฉลี่ย จะทำให้ทราบถึงระยะทางคงเหลือที่สามารถรองรับได้ ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงระยะทางคงเหลือที่สามารถรองรับได้

จากรูปที่ 8 พบว่าช่วงเช้าตั้งแต่เวลา 06.00 น. ถึง 10.00 น. ระยะทางคงเหลือที่สามารถรองรับได้อยู่มากกว่า 60 เมตร ถัดมาในช่วงเวลาตั้งแต่ 10.00 น. ถึง 12.00 น. มีระยะทางคงเหลือน้อยกว่า 40 เมตร ในขณะที่ช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น. มีระยะทางคงเหลือเพียง 7 เมตร จากนั้นในช่วงเวลาที่เหลือของวันจะมีระยะทางคงเหลือที่สามารถรองรับแถวคอยเพิ่มมากขึ้นจนกระทั่งปิดด้านๆ ที่เวลา 22.00 น.

จะเห็นว่าแบบจำลองแถวคอยเดี่ยวมีอัตราการรองรับแถวคอยคงเหลือในบางช่วงเวลาไม่มากนักจนไม่สามารถรองรับรถที่เข้ามาใหม่ได้ ดังนั้นในส่วนถัดไปจะทำการเพิ่มจำนวนผู้ใช้บริการอีก 1 ช่องทาง เพื่อทำการศึกษาและเปรียบเทียบกับแบบจำลองแถวคอยเดี่ยว

4.2 การจำลองระบบแถวคอยคู่

อัตราการมาถึง อัตราการให้บริการ สัดส่วนของรถแต่ละประเภท และอัตราค่าธรรมเนียมของรถแต่ละประเภท ใช้ข้อมูลเช่นเดียวกันกับการจำลองระบบแถวคอยเดี่ยว และทำการรันโปรแกรมจำลองระบบด้วยตัวแบบจำลองแบบสุ่มช่องทางเข้า (Random Lane Selection) และแบบสลับช่องทางเข้า (Seesaw Lane Selection) ซึ่งเมื่อรันโปรแกรมจำลองระบบและนำผลลัพธ์ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับแบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แถวคอยเดียว ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบผลผลิตจากการจำลองระบบของแบบจำลองทั้ง 3 ประเภท

จังหวัด	แถวคอย	แถวคอยช่องทาง	แถวคอยคู่ช่องทาง
จังหวัดปทุมธานี (ก)	33.78%	17.86%	17.87%
จังหวัดนนทบุรี (ข)	5.40 คน/วัน	5.44 คน/วัน	5.44 คน/วัน
จังหวัดนนทบุรี (ค)	457 คน/วัน	221 คน/วัน	66 คน/วัน
จังหวัดนนทบุรี (ง)	4.815 คน/วัน	1.774 คน/วัน	361 คน/วัน
จังหวัดนนทบุรี (จ)	16.28 คน/วัน	8.06 คน/วัน	5.58 คน/วัน
จังหวัดนนทบุรี (ฉ)	97,755 คน/วัน	97,680 คน/วัน	97,566 คน/วัน

จากตารางที่ 7 พบว่าอัตราการใช้สอยระบบทั้ง 2 แบบจำลองแถวคอยคู่ที่ลดลงถึง 17.92% เนื่องจากเราควบคุมปริมาณรถในแบบจำลองแถวคอยคู่ทั้ง 2 ประเภทให้มีปริมาณใกล้เคียงกับ ปริมาณรถในแบบจำลองแถวคอยเดี่ยวอยู่ที่ 1,441 คัน จำนวนผู้ใช้บริการที่ต้องคอยในแบบจำลองแถวคอยคู่แบบสี่ช่องทางเข้ามีจำนวนลดลงเหลือ 231 คัน/วัน คิดเป็นสัดส่วนที่ลดลง 49.45% ในขณะที่แบบจำลองแถวคอยคู่สี่ช่องทางเข้ามีจำนวนลดลงเหลือ 66 คัน/วัน คิดเป็นสัดส่วนที่ลดลง 85.55% เวลาคอยโดยรวมในแบบจำลองแถวคอยคู่แบบสี่ช่องทางเข้าลดลงเหลือ 1,774 วัน/คัน โดยรถที่คอยแต่ละคันมีเวลาคอยโดยเฉลี่ย 8.06 วัน/คัน และในแบบจำลองแถวคอยคู่แบบสี่ช่องทางเข้ามีเวลาคอยโดยรวมเพียง 361 วัน/คัน โดยรถแต่ละคันมีเวลาคอยโดยเฉลี่ย 5.50 วัน/คัน ที่ส่วนรายได้รวมไม่ได้รับผลกระทบ

ตารางที่ 8 แสดงอัตราการรองรับจำนวนแถวคอยคู่เฉลี่ยโดยเฉลี่ยของแบบจำลองทั้ง 3 ประเภท

เวลา	แบบจำลองเดี่ยว	แบบจำลองคู่ช่องทาง	แบบจำลองสี่ช่องทาง
06:00-07:00	40%	80%	100%
07:00-08:00	40%	80%	100%
08:00-09:00	80%	80%	100%
09:00-10:00	90%	70%	80%
10:00-11:00	40%	70%	80%
11:00-12:00	1%	80%	80%
12:00-13:00	80%	70%	80%
13:00-14:00	80%	70%	80%
14:00-15:00	80%	70%	80%
15:00-16:00	25%	70%	80%
16:00-17:00	40%	70%	80%
17:00-18:00	30%	70%	80%
18:00-19:00	50%	70%	80%
19:00-20:00	10%	80%	80%
20:00-21:00	70%	80%	80%
21:00-22:00	100%	100%	100%

จากตารางที่ 8 เป็นอัตราการรองรับจำนวนแถวคอยคู่เฉลี่ย และตารางที่ 9 เป็นระยะทางคงเหลือที่สามารถรองรับได้ของแบบจำลองทั้ง 3 ประเภท ซึ่งพบว่าความสามารถในการให้บริการคงเหลือของแบบจำลองแถวคอยคู่แบบสี่ช่องทางให้อัตราการรองรับจำนวนแถวคอยคู่เฉลี่ยได้ดีกว่าแถวคอยคู่แบบสี่ช่องทางในทุก ๆ ช่วงเวลา โดยเฉพาะในช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น. แถวคอยเดียวมีอัตราการรองรับคงเหลือ 0%

และมีระยะทางคงเหลืออยู่เพียง 6.97 เมตร ในขณะที่แถวคอยคู่สี่ช่องทางเข้ามีอัตราการรองรับคงเหลืออยู่ที่ 70% และระยะทางคงเหลือที่สามารถรองรับได้อยู่ที่ 70.25 เมตร ส่วนในแบบจำลองแถวคอยคู่แบบสี่ช่องทางเข้าซึ่งมีอัตราการรองรับจำนวนแถวคอยคู่เฉลี่ยที่ 90% และระยะทางคงเหลือที่สามารถรองรับได้อยู่ที่ 91.37 เมตร ดังนั้นแถวคอยคู่แบบสี่ช่องทางเข้าจึงมีความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นนโยบายในการดำเนินงานมากที่สุด ถ้าหากมีการเปิดช่องทางที่ 2 เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 9 แสดงระยะทางคงเหลือที่สามารถรองรับได้ของแบบจำลองทั้ง 3 ประเภท

เวลา	แบบจำลองเดี่ยว (เมตร)	แบบจำลองคู่ช่องทาง (เมตร)	แบบจำลองสี่ช่องทาง (เมตร)
06:00-07:00	93.48	67.30	100.00
07:00-08:00	90.74	93.22	100.00
08:00-09:00	93.33	94.38	100.00
09:00-10:00	47.02	76.82	91.18
10:00-11:00	78.44	57.67	82.12
11:00-12:00	31.30	61.13	76.28
12:00-13:00	67.54	76.22	88.04
13:00-14:00	72.16	80.54	85.33
14:00-15:00	4.97	76.25	93.17
15:00-16:00	51.04	77.14	85.19
16:00-17:00	73.68	82.51	89.91
17:00-18:00	56.97	82.02	91.41
18:00-19:00	64.94	86.33	96.37
19:00-20:00	71.96	88.14	84.17
20:00-21:00	84.93	93.37	91.38
21:00-22:00	100.00	100.00	100.00

ในส่วนถัดไป จะเป็นการจำลองระบบเพื่อคำนวณความคุ้มค่าในการเพิ่มช่องทางที่ 2 โดยจะมีการปรับเปลี่ยนตัวแปรนำเข้า เพื่อให้สอดคล้องกับความคุ้มค่าที่เกิดจากการให้ข้อคิดจูงใจเขตการค้าเสรี (Free Trade Area) ซึ่งเป็นความตกลงระหว่าง 2 ประเทศขึ้นไป โดยคาดว่าจะสามารถให้ไทย-ลาวจะส่งผลกระทบต่อปริมาณผู้ใช้บริการทางที่พิเศษระหว่างประเทศเพิ่มขึ้น 30%

4.3 การจำลองระบบเพื่อคำนวณความคุ้มค่าในการเพิ่มช่องทางที่ 2

เราจะนำอัตราเฉลี่ยการมาถึงของแบบจำลองแถวคอยข้างต้นมาเพิ่มปริมาณรถในทุก ๆ ชั่วโมงอีก 30% ในส่วนของอัตราการให้บริการคงเหลือ และทำการจำลองเป็นจำนวน 100 ครั้ง เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตของแบบจำลองแถวคอยคู่ทั้ง 2 แบบ และคำนวณหาความคุ้มค่าของรายได้ที่ได้รับ

อัตราการมาถึงของรถทุกประเภทที่เข้ามาแต่ละชั่วโมงเพิ่มขึ้น 30% ส่งผลให้ปริมาณรถที่เข้ามาในแต่ละช่วงเวลาเปลี่ยนแปลงไป โดยจะเพิ่มขึ้นดังตารางที่ 10 แต่ค่าความแปรปรวนที่ใช้เป็นของเดิมที่คำนวณได้ก่อนหน้านี้ เนื่องจากต้องการให้ข้อมูลที่เพิ่มขึ้นแล้วจะไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระจายแตกต่างกันจากค่าเฉลี่ยเดิมก่อนจะเพิ่มขึ้น อัตราการให้บริการ สัดส่วนของรถแต่ละประเภท และอัตราค่าธรรมเนียมของรถแต่ละประเภทใช้ข้อมูลก่อนหน้า

ตารางที่ 10 แสดงอัตราการมาถึงแต่ละช่วงเวลาที่เพิ่มขึ้น 30% ต่อชั่วโมง

Hour (h) / Vehicle Type (รถ)	1	2	3	4	5	6	7
6:00-7:00	1.43	4.37	1.17	6.13	9.21	6.04	6.51
7:00-8:00	16.15	13.31	7.66	2.36	8.94	8.94	28.11
8:00-9:00	13.66	17.65	32.14	16.92	6.67	9.41	2.61
9:00-10:00	21.51	28.18	25.28	4.63	4.36	4.49	27.97
10:00-11:00	24.99	38.99	19.75	4.32	4.91	8.72	89.11
11:00-12:00	23.38	46.85	56.77	3.77	3.78	7.98	42.98
12:00-13:00	37.84	41.60	17.13	2.26	2.47	2.11	21.41
13:00-14:00	33.21	47.77	16.81	3.52	1.64	3.26	12.78
14:00-15:00	37.83	54.60	23.66	3.32	1.49	3.61	13.57
15:00-16:00	42.19	64.96	28.25	3.76	1.96	3.98	43.5
16:00-17:00	41.64	75.93	31.28	3.66	2.91	3.34	2.51
17:00-18:00	43.96	74.75	31.37	3.81	0.80	0.21	4.11
18:00-19:00	61.39	79.89	32.64	4.91	1.76	0.75	1.12
19:00-20:00	33.11	66.86	25.54	3.99	2.16	6.51	21.67
20:00-21:00	35.94	48.93	13.44	1.96	1.12	0.47	2.12
21:00-22:00	21.44	13.84	16.96	0.42	1.81	2.11	0.21

เมื่อทำการจำลองระบบที่ได้ทำการเพิ่มอัตราการมาถึง 30% และนำผลลัพธ์ที่ได้ของแบบจำลองทั้ง 3 ประเภทมาเปรียบเทียบผลลัพธ์ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบผลได้จากกรจำลองระบบของแบบจำลองทั้ง 3 ประเภท จากการเพิ่มอัตราการมาถึง 30%

ค่าชี้วัด	แบบจำลอง	แบบจำลองแบบ	แบบจำลองระบบ
จำนวนผู้ให้บริการ (คน)	46.30%	232 (คน)	212 (คน)
จำนวนผู้ใช้บริการ (คน)	1,867 (คน)	1,651 (คน)	1,885 (คน)
จำนวนรถโดยสาร (คัน)	748 (คัน)	112 (คัน)	181 (คัน)
จำนวนเที่ยว (เที่ยว)	1,162 (เที่ยว)	317 (เที่ยว)	720 (เที่ยว)
จำนวนผู้โดยสาร (คน)	1,911 (คน)	1,314 (คน)	1,716 (คน)
จำนวนรถโดยสาร (คัน)	1,172 (คัน)	117 (คัน)	117 (คัน)
จำนวนผู้โดยสาร (คน)	2 (คน)	1 (คน)	1 (คน)
จำนวนผู้โดยสาร (คน)	1,865 (คน)	1,651 (คน)	1,885 (คน)

จากตารางที่ 11 แสดงให้เห็นถึงค่าต่าง ๆ ที่เพิ่มขึ้นในแบบจำลองแถวคอยด้วยมีอัตราการไหลเวียนระบบ 46.30% จำนวนผู้ใช้บริการในระบบ 1,867 จำนวนผู้ใช้บริการที่ต้องคอย 748 คัน เวลาคอยโดยรวม 8,260 วินาที เวลาคอยโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งคัน 11.03 วินาที/คัน ในขณะที่แบบจำลองแถวคอยคู่ที่ 2 แบบมีอัตราการไหลเวียนระบบและจำนวนผู้ใช้ระบบเท่ากันอยู่ที่ 23.07% และ 1,865 คัน/วัน ตามลำดับ จำนวนผู้ใช้บริการที่ต้องคอยในแบบจำลองแถวคอยคู่สี่ช่องทางเข้ามีจำนวน 380 คัน ในขณะที่แบบจำลองแถวคอยคู่สี่ช่องทางเข้ามีจำนวนน้อยกว่าคือ 132 คัน/วัน ในส่วนของเวลาคอยโดยรวมแบบจำลองแถวคอยคู่สี่ช่องทางเข้าใช้เวลา 3,172 วินาที แต่ในแบบจำลองแถวคอยคู่สี่ช่องทางเข้าใช้เวลาเพียง 720 วินาที เวลาคอยโดยเฉลี่ยแบบจำลองแถวคอยคู่สี่ช่องทางเข้าใช้เวลา 8.33 วินาที/คัน ในขณะที่แบบจำลองแถวคอยคู่สี่ช่องทางเข้าใช้เวลาเพียง 5.47 วินาที/คัน และรายได้รวมของแบบจำลองทั้ง 3 ประเภทมีความใกล้เคียงกันคือ 127,150 บาท/วัน

ในส่วนของอัตราการรองรับจำนวนแถวคอยคงเหลือโดยเฉลี่ยของแบบจำลองทั้ง 3 ประเภท หลังจากที่มีอัตราการมาถึงของปริมาณรถเพิ่มขึ้น 30% พบว่าค่าเป็นแบบจำลองแถวคอยเดี่ยวจะมี 4 ช่วงเวลาที่อัตราการรองรับจำนวนแถวคอยคงเหลือไม่เหลืออยู่ ซึ่งได้แก่ช่วงเวลาตั้งแต่ 10:00 น. ถึง 11:00 น. 15:00 น. ถึง 16:00 น. 18:00 น. ถึง 19:00 น. และ 19:00 น. ถึง 20:00 น. และในบางช่วงเวลาจะเหลือน้อยมากเพียง 10% ในขณะที่แบบจำลองแถวคอยคู่สี่ช่องทางเข้ายังมีอัตราการรองรับจำนวนแถวคอยคงเหลือมากกว่า 50% และแถวคอยคู่สี่ช่องทางเข้ายังมีอัตราการรองรับแถวคอยคงเหลือได้มากกว่า 70% ตลอดวันทำการ ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงอัตราการรองรับจำนวนแถวคอยคงเหลือโดยเฉลี่ยของแบบจำลองทั้ง 3 ประเภท เมื่ออัตราการมาถึงเพิ่มขึ้น 30% ต่อชั่วโมง

ชั่วโมง	แบบจำลอง	แบบจำลองแบบ	แบบจำลองระบบ
06:00-07:00	60%	80%	100%
07:00-08:00	30%	90%	100%
08:00-09:00	80%	90%	100%
09:00-10:00	30%	90%	100%
10:00-11:00	2%	10%	80%
11:00-12:00	10%	50%	80%
12:00-13:00	30%	70%	80%
13:00-14:00	40%	70%	80%
14:00-15:00	10%	70%	80%
15:00-16:00	0%	50%	70%
16:00-17:00	10%	70%	80%
17:00-18:00	30%	80%	80%
18:00-19:00	0%	10%	70%
19:00-20:00	2%	6%	80%
20:00-21:00	30%	70%	80%
21:00-22:00	100%	100%	100%

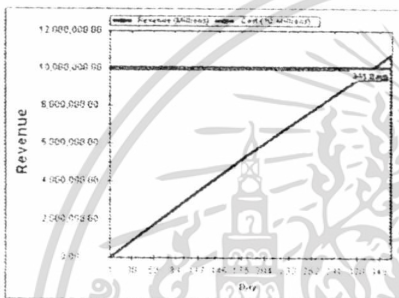
ในส่วนของระยะทางคงเหลือที่สามารถรองรับได้ของแบบจำลองทั้ง 3 ประเภท พบว่าในแบบจำลองแถวคอยเดี่ยวมีบางช่วงเวลาที่มีการใช้ระยะทางคงเหลือ 100 เมตร ซึ่งอยู่ในช่วงเวลา 10:00 น. ถึง 12:00 น. เมื่อเทียบกับแบบจำลองแถวคอยคู่แบบสี่ช่องทางในช่วงเวลาเดียวกัน พบว่าสามารถรองรับได้และใช้ระยะทางเพียง 45.86 เมตร ในขณะที่แถวคอยคู่สี่ช่องทางเข้าสามารถรองรับได้มากที่สุดถึง 68.67 เมตร ดังแสดงในตารางที่ 13

เมื่อนำรายได้รวมของแบบจำลองทั้ง 3 มาทำการเฉลี่ยและวิเคราะห์ความคุ้มทุนเมื่อ ผลกำไรที่ได้จากการเพิ่มขึ้นของอัตราการมาถึงในแต่ละชั่วโมงสามารถเพิ่มรายได้โดยเฉลี่ย 29,400 บาท/วัน และการลงทุนในการเพิ่มช่องทางจะใช้งบประมาณทั้งสิ้น 10 ล้านบาท เราจะได้จำนวนวันที่สามารถคืนทุนเมื่อดำเนินการเปิดช่องทางที่ 2 เป็นระยะเวลา 341 วันดังแสดงในรูปที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สแกนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 แสดงระยะทางคงเหลือที่สามารถรองรับได้ของแบบจำลองทั้ง 3 ประเภทเมื่ออัตราการมาถึงเพิ่มขึ้น 30 % ต่อชั่วโมง

Time	แบบจำลอง (Case)	แบบจำลองแบบ (Case)	แบบจำลองแบบ (Case)
20.00-21.00	83.7	89.22	1.00
21.00-22.00	87.9	91.77	1.00
22.00-23.00	88.75	91.71	98.75
23.00-24.00	31.9	97.48	91.76
24.00-25.00	9	95.86	86.87
25.00-26.00	5.17	49.26	74.38
26.00-27.00	36.95	58.13	86.23
27.00-28.00	59.49	73.4	81.75
28.00-29.00	79.7	84.4	80.95
29.00-30.00	45.89	75.6	86.97
30.00-31.00	26.31	83.12	93.12
31.00-32.00	65.36	79.25	91.26
32.00-33.00	35.49	72.14	81.63
33.00-34.00	14.83	81.21	94.53
34.00-35.00	53.71	84.47	93.61
35.00-36.00	100	100	100



รูปที่ 9 แสดงจุดคุ้มทุนในระยะเวลา 34.1 วันเมื่อเพิ่มช่องทางที่ 2 ด้วยระบบประมาณ 10 ล้านบาท

5. ผลสรุปและงานในอนาคต

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษารูปแบบวิจัยที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการจัดการโครงการจำลองระบบ การจำลองระบบในการประมาณการอัตราการมาถึงเพื่อแสดงแนวโน้มของผู้เข้าใช้ระบบ การจำลองระบบเพื่อกำหนดนโยบายการดำเนินงาน จากนั้นได้ทำการรวบรวมข้อมูลทางสถิติเบื้องต้นเป็นเวลา 1 เดือน โดยเรียงข้อมูลตามวันในสัปดาห์ (อาทิตย์-เสาร์) และปริมาณรถจะขึ้นอยู่ที่คัน อัตราส่วนของรถแต่ละประเภท (ทั้งหมด 7 ประเภท) รถที่มีอัตราส่วนมากที่สุดคือรถประเภทที่ 2 หรือรถโดยสารขนาดเล็กเกิน 7 ที่นั่งไม่เกิน 12 ที่นั่ง และรถที่มีอัตราส่วนน้อยที่สุดได้แก่รถบรรทุก 6 ล้อ ค่าเฉลี่ยปริมาณรถถูกแยกออกเป็นรายชั่วโมงที่เปิดให้บริการ รวมถึงรายได้ในแต่ละวันจะได้อาจจากรายได้ที่ได้รับจากรถแต่ละประเภทในแต่ละวัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบรายได้อัตราส่วนได้กับรายได้อาจจะจริงโดยเฉลี่ยแล้วมีความใกล้เคียงกัน ในส่วนของอัตราการมาถึงแบ่งแยกตาม

บริษัทรถที่เข้ามาในแต่ละชั่วโมงโดยในแต่ละชั่วโมงและในแต่ละชั่วโมงจะมีความแปรปรวนเป็นส่วนที่กำหนดความผันแปรไปของปริมาณรถที่เข้ามา อัตราการให้บริการขึ้นอยู่กับรถแต่ละประเภท มีอัตราการให้บริการตั้งแต่ 10, 15, และ 20 วินาที

การสร้างและการทดสอบแบบจำลองได้ทำการแบ่งแบบจำลองออกเป็น 3 ประเภท คือ แบบจำลองแถวคอยเดี่ยว แบบจำลองแถวคอยคู่สลับช่องทางเข้าและแบบจำลองแถวคอยคู่สลับช่องทางเข้า ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพได้แก่ อัตราการใช้สอยระบบ จำนวนผู้ใช้บริการที่คอยคอย เวลาที่คอยโดยรวม เวลาที่คอยโดยรวม เวลาที่คอยโดยเฉลี่ย รายได้ที่ได้รับของรถแต่ละประเภท รวมถึงอัตราแถวคอยคงเหลือและระยะทางคงเหลือที่สามารถรองรับได้

จากผลการทดลองในกรณีที่เพิ่มปริมาณรถเพิ่มขึ้น 30% สรุปได้ว่า กรณีเป็นแบบจำลองแถวคอยเดี่ยวนั้นแม้ว่าจะมีอัตราการใช้สอยระบบไม่ถึง 50% แต่ในบางช่วงเวลาจะไม่สามารถรองรับรถที่เข้ามาได้เนื่องจากไม่มีระยะทางคงเหลือที่สามารถรองรับรถได้ แต่เมื่อได้ทำการเพิ่มช่องทางที่ 2 เข้าไป ในแบบจำลองแถวคอยคู่สลับช่องทางเข้าจะช่วยให้มีความจุจำนวนผู้ใช้บริการที่คอยคอยอยู่ที่ 360 คัน/วัน คิดเป็นสัดส่วนที่ลดลงเป็น 49.19% และเวลาคอยโดยรวมเหลือเพียง 3,172 วินาที/วัน โดยรถแต่ละคันจะใช้เวลาคอยโดยเฉลี่ย 8.33 วินาที/คัน แต่เมื่อเป็นแบบจำลองแถวคอยคู่สลับช่องทางเข้าพบว่ามีจำนวนผู้ใช้บริการที่คอยคอยอยู่ที่ 132 คัน/วัน คิดเป็นสัดส่วนที่ลดลงเป็น 32.35% และเวลาคอยโดยรวมเหลือเพียง 720 วินาที โดยรถแต่ละคันจะใช้เวลาคอยโดยเฉลี่ย 5.47 วินาที ในส่วนของความคุ้มค่าเมื่อทำการเปิดช่องทางที่ 2 จะใช้ระยะเวลาประมาณ 1 ปี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่พนักงานกรมทางหลวงด้านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางสะพานมิตรภาพไทย-ลาว แห่งที่ 1 จังหวัดหนองคายที่เอื้อเฟื้อข้อมูลและให้ความสะดวกในการดำเนินการ

เอกสารอ้างอิง

[1] Bekker, J., Viviers, L., "Using computer simulation to determine operations policies for a mechanised

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- car park". *Simulation Modeling Practice and Theory* 16, 2008, pp. 613-625
- [2] Gibson, J., Scherer, W., Gibson, W., "How to Do Systems Analysis", John Wiley & Sons, Inc., Third Avenue, New York, 2007.
- [3] Jain, R., "The art of Computer systems performance analysis: Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation, And Modeling", John Wiley & Sons, Inc., Third Avenue, New York, 1991.
- [4] Mania, A., "Introduction to modeling and simulation", Proceeding of the 1997 Winter Simulation Conference, 1997, pp. 7-12
- [5] Nordgen, W., "Steps for proper simulation project management", Proceeding of the 1995 Winter Simulation Conference, 1995, pp. 68-73
- [6] Preston White Jr., K., "Simulating a nonstationary poisson process using bivariate thinning: the case of "TYPICAL WEEKDAY" arrivals at a consumer electronics store, Proceeding of the 1999 Winter Simulation Conference, 1999, pp. 458-461.
- [7] Taha, H., "Operations research: An Introduction", 7th ed, Pearson Education Inc., Upper Saddle River, New Jersey, 2003.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายวรฉัตร เตสลิติตรุ่งโรจน์ เกิดเมื่อวันที่ 2 ตุลาคม พ.ศ.2526 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ในปีการศึกษา 2549 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2549



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้