สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การจำลองระบบแถวคอยของรถ ณ บริเวณสี่แยกมีนบุรี

โดย

นางสาวจิรวัฒน์ ชนะชล

นายชาญชัย ภราดรสุธรรม

นางสาวนนมาศ อัครจันทโชติ

นางสาวยุวดี จุลศรีสมบูรณ์

TN.
ว5591
2535

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

6195372 38

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชา สถิติประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Queueing Simulation of Cars at Meanburi Intesection

Miss Jeerawat Chanachol

Mr. Chanchai Pharadornsuthum

Miss Noppamas Akarachantachote

Miss Yuvadee Chulasrisomboon

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the

Reguirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Statistics

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1 9 9 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การจำลองระบบแถวคอยของรถ ณ บริเวณสี่แยกมีนบุรี

โดย นางสาวจีรวัฒน์ ชนะชล

นายชาญชัย ภราดรสุธรรม

นางสาวนพมาศ อัครจันทโชติ

นางสาวยุวดี จุลศรีสมบูรณ์

ภาควิชา สถิติประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สมศรี บัณฑิตวิไล

ภาควิชา สถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ลายเซ็น

(อ.วีรศักดิ์ สุรพัฒน์) หัวหน้าภาค

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ

(อ.สมศรี บัณฑิตวิไล) ประธานกรรมการ

(ผศ.วรารัตน์ เรืองรัตนเมธี) กรรมการ

(ผศ.อุมาพร จันทศร) กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชา สถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

หัวข้อโครงงานพิเศษ การจำลองระบบแถวคอยของรถ ณ บริเวณสี่แยกมีนบุรี

โดย 1. นางสาวจีรวัฒน์ ชนะชล
2. นายชาญชัย ภราดรสุธรรม
3. นางสาวนนมาศ อัครจันทโชติ
4. นางสาวยุวดี จุลศรีสมบูรณ์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สมศรี บัณฑิตวิไล

ภาควิชา สถิติประยุกต์

ปีการศึกษา 2535

ในปัจจุบันนี้สิ่งที่เป็นปัญหามากที่สุดปัญหาหนึ่งในกรุงเทพมหานคร คือ ปัญหาการจราจรติดขัด ซึ่งปัญหานี้ทางภาครัฐบาลและภาคเอกชนได้มีการดำเนินการในหลายรูปแบบเพื่อเป็นการแก้ปัญหา เช่น การสร้างระบบทางด่วนในหลาย ๆ จุด การสร้างสะพานลอยตามทางแยกต่าง ๆ การจัดระบบการปิด-เปิดสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น จากรูปแบบการแก้ปัญหาต่างๆข้างต้น การจัดระบบการปิด-เปิดสัญญาณไฟจราจร เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยแก้ปัญหาการจราจรติดขัดบนท้องถนนให้ลดน้อยลงได้

เนื่องจากความเจริญก้าวหน้าทั้งทางด้านธุรกิจและเทคโนโลยีต่าง ๆ ทำให้ทุกคนต้องดำเนินกิจกรรมต่างๆแข่งขันกับเวลา ด้วยเหตุนี้ทำให้เกิดความแออัดของยวดยานบนท้องถนนซึ่งปัญหาการจราจรติดขัดที่เกิดขึ้นนี้ อาจเนื่องมาจากการปิด-เปิดสัญญาณไฟจราจรในแต่ละแยกไม่เหมาะสม ทำให้รถที่เข้ามาในระบบไม่ได้รับความสะดวกและรวดเร็วเท่าที่ควร จากปัญหาเหล่านี้ สามารถนำมาแก้ไขได้ด้วยการจัดระบบการปิด-เปิดสัญญาณไฟจราจรในแต่ละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางแยกให้เหมาะสมกับจำนวนรถที่เข้ามาโดยเฉลี่ยในช่วงเวลานั้นๆโดยการใช้ทฤษฎีแถวคอย (Queueing Theory) และเทคนิคการจำลองแบบระบบ (Simulation Technique) เข้าช่วยในการแก้ปัญหา เพื่อนำคำตอบที่ได้มาเสนอแนะต่อผู้ที่เกี่ยวข้องในด้านนี้ การเก็บรวบรวมข้อมูลจะใช้เวลา 4 วัน คือวันอาทิตย์ วันจันทร์ วันอังคาร และวันพุธ ในช่วงเวลา 17.00 - 18.00 น. ซึ่งเป็นช่วงวันและเวลาที่มีรถติดมากที่สุด ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมา คือ เวลาที่รถเข้าและออกจากระบบ เวลาการเปลี่ยนสัญญาณไฟจราจร (ไฟเขียวและไฟแดง) ในแต่ละทางแยก ณ บริเวณสี่แยกมีนบุรี ซึ่งจะนำมาทดสอบโดยการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาปาสคาล (Pascal) ขึ้นใช้ในระบบจริง

การวิเคราะห์แบบจำลอง จะเป็นการหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการปิด - เปิดสัญญาณไฟจราจรในแต่ละทางแยก เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดด้วยการลดระยะเวลาในการรอคอย จากข้อมูลและผลการวิเคราะห์เหล่านี้ทางด้านรัฐบาลหรือผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจในการแก้ปัญหาการจราจรติดขัดบนท้องถนน เพื่อให้สภาพการจราจรในปัจจุบันนี้คล่องตัวและสะดวกรวดเร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

Special Project Title Queueing Simulation of cars at Meanburi intersection

Name Miss Jeerawat Chanachol
Mr. Chanchai Pharadornsuthum
Miss Noppamas Akarachantachote
Miss Yuvadee Chulasrisomboon

Special Project Advisor Acharn Somsri Banditvilai

Department Bachelor degree of Science (Applied Statistics)

Academic Year 1992

One of the most serious problems in Bangkok nowaday is the traffic jam problem. Both of the government and private sections try to resolve this problem by many ways such as an express-way construction in various routes, fly-over bridges in many intersections, and traffic signal switching system, etc. From the above alternatives, the best way to solve the problem is Traffic Signal Switching System.

As a developing country, everyone has to do his activity to compete with time. Therefore, there are many vehicles on the road and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

everywhere is crowded. Then, it causes inconvenience for incoming cars instead of going through the intersection. The traffic jam problem may results from the rate of traffic light switching improperly. From the problem mentioned above can be solved by Queuing Theory. It can be dissolved by switching the traffic signal balancing with number of incoming cars. Besides, the Simulation Technique also can be used to solve the problem in order to propose to whom it may concern. It takes four days for data gathering; namely Sunday, Monday, Tuesday and Wednesday during period of 5.00-6.00 PM. that have the most excessive cars. Those data gathering are about the incoming and outgoing time of cars in the system, the traffic light switching time (green and red light) in each roads (Ramkamhaeng, Meanburi, Nongjok, Ladkrabang Road) at Meanburi intersection. In addition, it is tested by computer programming by using pascal language afterward.

The Simulation Technique is the method used to find out the propered traffic signal switching time balancing with number of cars in each roads by reducing waiting time. From the traffic problem solving mentioned above, it may help anyone who concerns directly in making decision and in setting the traffic equipments to improve the traffic flow.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหานิเศษฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์จากอาจารย์สมศรี บัณฑิตวิไล โดยช่วยแนะนำในการเก็บรวบรวมข้อมูล ให้คำปรึกษาเมื่อเกิดปัญหากับระบบงานที่จำลองขึ้นมา ให้แนวคิดและข้อคิดเห็นต่าง ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับระบบงานจริง แนะแนวทางในการดำเนินงานและตรวจทานแก้ไข ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ น้อง ๆ ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมทั้งให้คำแนะนำในการแก้ปัญหา เพื่อเป็นการลดปัญหาอันเกิดจากการเก็บรวบรวมข้อมูลคลาดเคลื่อน ขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาสถิติประยุกต์ทุกท่าน ที่ให้ความสะดวกในการเบิกอุปกรณ์และการใช้ห้องคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ผล

ท้ายที่สุดนี้ คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณครู อาจารย์ ที่ได้ประสาทวิชาความรู้ทั้งในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติแก่ผู้จัดทำ คุณพ่อ คุณแม่ และผู้อุปการะของคณะผู้จัดทำที่ให้กำลังใจและทุนทรัพย์ในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาไทย..... ก

บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาอังกฤษ..... ค

กิตติกรรมประกาศ..... จ

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญรูป..... ฏ

บทที่

1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์..... 1

1.3 ขอบเขตของปัญหา..... 2

1.4 ขั้นตอนการทำงาน..... 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 4

2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 5

2.1 ทฤษฎีแถวคอย..... 5

2.1.1 ความหมายของแถวคอย..... 5

2.1.2 โครงสร้างและสัญญลักษณ์ที่ใช้ในระบบแถวคอย..... 6

2.1.3 ลักษณะที่สำคัญของระบบแถวคอย..... 7

2.1.4 สถานภาพถ่ายทอด (Transient) และ อยู่ตัว (Steady)..... 8

2.1.5 สัญญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบแถวคอย..... 8

2.1.6 การแจกแจงความน่าจะเป็นที่ใช้ในทฤษฎีแถวคอย.... 10

2.1.7 การทดสอบภาวะรูปสนิทดี..... 12

2.1.8 การหาคำตอบจากทฤษฎีแถวคอย..... 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เทคนิคการจำลองแบบ..... 15
2.2.1 ความหมายของการจำลองแบบ..... 15
2.2.2 สาเหตุที่ต้องใช้เทคนิคการจำลองแบบ..... 16
2.2.3 ประเภทของแบบจำลองในการจำลองแบบปัญหา..... 17
2.2.4 โครงสร้างของแบบจำลอง..... 17
2.2.5 การจำลองแบบปัญหาด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล..... 18
2.2.6 การผลิตตัวเลขสุ่ม..... 21
2.2.7 การแปลงผกผัน..... 23
3 การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล..... 27
3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล..... 27
3.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล..... 27
3.1.2 ลักษณะของข้อมูลดิบ..... 28
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 29
3.2.1 อัตราการเข้ารับบริการของรถ..... 29
3.2.2 การทดสอบหารูปแบบการแจกแจงการเข้ารับบริการของรถ..... 43
3.2.2.1 การทดสอบหารูปแบบการแจกแจงของการเข้ารับบริการของแยกหนองจอก..... 44
3.2.2.2 การทดสอบหารูปแบบการแจกแจงของการเข้ารับบริการของแยกมีนบุรี..... 47
3.2.2.3 การทดสอบหารูปแบบการแจกแจงของการเข้ารับบริการของแยกลาดกระบัง..... 52
3.2.2.4 การทดสอบหารูปแบบการแจกแจงของการเข้ารับบริการของแยกรามคำแหง..... 57
3.2.3 อัตราการออกของรถ..... 60
3.2.4 การทดสอบหารูปแบบการแจกแจงการออกของรถ.... 69
4 ผลการวิเคราะห์แบบจำลอง..... 72
4.1 ผลการวิเคราะห์ระบบแถวคอยของรถ ณ สี่แยกมีนบุรี..... 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยของรถ ณ สี่แยกมีนบุรี 73
4.3 ความเชื่อถือได้ของการจำลองแบบ..... 74
4.4 ผลการทดสอบนโยบาย..... 76
5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ..... 89
5.1 สรุปผล..... 89
5.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม..... 91
5.3 ปัญหาและอุปสรรค..... 92
ภาคผนวก
ก แบบฟอร์มการบันทึกข้อมูล..... 93
ข คู่มือการใช้โปรแกรมจำลองแบบปัญหา..... 95
ค รายละเอียดเกี่ยวกับตัวแปร และผังงานโปรแกรมการจำลองแบบปัญหา 104
ง โปรแกรมการจำลองแบบปัญหา..... 119
บรรณานุกรม..... 132
ประวัตินักศึกษา..... 133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 การแจกแจงความถี่ของรถที่เข้ารับบริการทุก ๆ 45 วินาที ของแยกหนองจอก..... 30

3.2 การแจกแจงความถี่ของรถที่เข้ารับบริการทุก ๆ 45 วินาที ของแยกมีนบุรี..... 33

3.3 การแจกแจงความถี่ของรถที่เข้ารับบริการทุก ๆ 45 วินาที ของแยกลาดกระบัง..... 36

3.4 การแจกแจงความถี่ของรถที่เข้ารับบริการทุก ๆ 45 วินาที ของแยกรามคำแหง..... 40

3.5 แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปกติ และ ค่าความถี่คาดหวังของจำนวนรถที่เข้ารับบริการของแยกหนองจอก (ก่อนการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง)..... 45

3.6 แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปกติของจำนวนรถที่เข้ารับบริการและค่าไคสแควร์ ของแยกหนองจอก (หลังการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง)..... 46

3.7 แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปกติ และ ค่าความถี่คาดหวังของจำนวนรถที่เข้ารับบริการของแยกมีนบุรี (ก่อนการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง)..... 48

3.8 แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปกติของจำนวนรถที่เข้ารับบริการและค่าไคสแควร์ ของแยกมีนบุรี (หลังการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง) 50

3.9 แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปกติ และ ค่าความถี่คาดหวังของจำนวนรถที่เข้ารับบริการของแยกลาดกระบัง (ก่อนการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง)..... 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปกติของจำนวนรถที่เข้ารับบริการและค่าไคสแควร์ ของแยกลาดกระบัง (หลังการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง)..... 54
3.11 แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปกติ และ ค่าความถี่คาดหวังของจำนวนรถที่เข้ารับบริการของแยกรามคำแหง (ก่อนการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง)..... 57
3.12 แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปกติของจำนวนรถที่เข้ารับบริการและค่าไคสแควร์ ของแยกรามคำแหง (หลังการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง)..... 59
3.13 การแจกแจงความถี่ของรถที่ออกทุก ๆ 45 วินาที ของแยกหนองจอก 61
3.14 การแจกแจงความถี่ของรถที่ออกทุก ๆ 45 วินาที ของแยกมีนบุรี... 62
3.15 การแจกแจงความถี่ของรถที่ออกทุก ๆ 45 วินาที ของแยกลาดกระบัง 63
3.16 การแจกแจงความถี่ของรถที่ออกทุก ๆ 45 วินาที ของแยกรามคำแหง 64
คาดหวัง)..... 70
3.17 ช่วงของตัวเลขสุ่มของจำนวนรถที่ออกทุก ๆ 45 วินาที ของแยกหนองจอก..... 69
3.18 ช่วงของตัวเลขสุ่มของจำนวนรถที่ออกทุก ๆ 45 วินาที ของแยกมีนบุรี 70
3.19 ช่วงของตัวเลขสุ่มของจำนวนรถที่ออกทุก ๆ 45 วินาที ของแยกลาดกระบัง..... 70
3.20 ช่วงของตัวเลขสุ่มของจำนวนรถที่ออกทุก ๆ 45 วินาที ของแยกรามคำแหง..... 71
4.1 ผลการจำลองแบบเมื่อใช้นโยบายเดิมกับนโยบายที่ทดสอบ ของแยกหนองจอก..... 79
4.2 ผลการจำลองแบบเมื่อใช้นโยบายเดิมกับนโยบายที่ทดสอบ ของแยกมีนบุรี..... 80
4.3 ผลการจำลองแบบเมื่อใช้นโยบายเดิมกับนโยบายที่ทดสอบ ของแยกลาดกระบัง..... 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการจำลองแบบเมื่อใช้นโยบายเดิมกับนโยบายที่ทดสอบ ของแยกรามคำแหง..... 81
4.5 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการจำลองแบบเมื่อใช้นโยบายเดิมกับนโยบายที่ทดสอบ ของแยกหนองจอก..... 81
4.6 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการจำลองแบบเมื่อใช้นโยบายเดิมกับนโยบายที่ทดสอบ ของแยกมีนบุรี..... 82
4.7 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการจำลองแบบเมื่อใช้นโยบายเดิมกับนโยบายที่ทดสอบ ของแยกลาดกระบัง..... 82
4.8 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการจำลองแบบเมื่อใช้นโยบายเดิมกับนโยบายที่ทดสอบ ของแยกรามคำแหง..... 83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ลักษณะของสี่แยกมีนบุรี..... 6

3.1 กราฟแสดงการแจกแจงความน่าจะเป็นของจำนวนรถที่เข้ารับบริการทุก ๆ 45 วินาที ของแยกหนองจอก..... 32

3.2 กราฟแสดงการแจกแจงความน่าจะเป็นของจำนวนรถที่เข้ารับบริการทุก ๆ 45 วินาที ของแยกมีนบุรี..... 35

3.3 กราฟแสดงการแจกแจงความน่าจะเป็นของจำนวนรถที่เข้ารับบริการทุก ๆ 45 วินาที ของแยกลาดกระบัง..... 39

3.4 กราฟแสดงการแจกแจงความน่าจะเป็นของจำนวนรถที่เข้ารับบริการทุก ๆ 45 วินาที ของแยกรามคำแหง..... 42

3.5 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนรถที่ออกของแยกหนองจอก 65

3.6 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนรถที่ออกของแยกมีนบุรี... 66

3.7 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนรถที่ออกของแยกลาดกระบัง 67

3.8 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนรถที่ออกของแยกรามคำแหง 68

4.1 กราฟแสดงเวลารอคอยโดยเฉลี่ย เมื่อใช้นโยบายต่าง ๆ ของแยกหนองจอก..... 85

4.2 กราฟแสดงเวลารอคอยโดยเฉลี่ย เมื่อใช้นโยบายต่าง ๆ ของแยกมีนบุรี..... 86

4.3 กราฟแสดงเวลารอคอยโดยเฉลี่ย เมื่อใช้นโยบายต่าง ๆ ของแยกลาดกระบัง..... 87

4.4 กราฟแสดงเวลารอคอยโดยเฉลี่ย เมื่อใช้นโยบายต่าง ๆ ของแยกรามคำแหง..... 88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากปัญหาการจราจรหนาแน่นในกรุงเทพมหานคร โดยเฉพาะบริเวณสี่แยก ไม่ว่าจะเป็นในเขตเมืองหรือชานเมือง ได้มีการดำเนินการแก้ไขในหลายรูปแบบ เพื่อช่วยลดปัญหานี้ วิธีการแก้ไขที่สามารถกระทำได้ คือ การลดระยะเวลาในการรอคอยของรถที่เข้ามาในบริเวณสี่แยกให้น้อยลง โดยการจัดระบบการเปลี่ยนสัญญาณไฟจราจรในแต่ละทางแยกให้เหมาะสมกับจำนวนรถ ซึ่งจะช่วยบรรเทาความแออัดของยวดยานบนท้องถนนลงไปได้มาก

ดังนั้นจึงได้มีการนำเอาทฤษฎีแถวคอยและการจำลองแบบปัญหา มาวิเคราะห์หาเวลาที่เหมาะสม โดยเลือกบริเวณสี่แยกมีนบุรีเป็นกรณีศึกษา เหตุผลก็คือ บริเวณสี่แยกมีนบุรีประกอบด้วย แยกมีนบุรี แยกลาดกระบัง แยกหนองจอก และ แยกรามคำแหง ซึ่งแต่ละแยกมีรถผ่านเป็นจำนวนที่แตกต่างกันมาก แต่เวลาเปลี่ยนไฟเขียว ไฟแดง ใช้ระบบอัตโนมัติ ทำให้ถนนแยกลาดกระบังและแยกมีนบุรี ซึ่งมีการจราจรคับคั่ง เกิดการรอคอยนานกว่าแยกอื่นๆ ส่วนแยกหนองจอกและแยกรามคำแหง มีการจราจรเบาบางกว่า จึงเกิดปัญหาการเปิดสัญญาณไฟจราจรที่ไม่เหมาะสมกับจำนวนรถที่ผ่านบริเวณสี่แยกนั้น ซึ่งทำให้เสียเวลา และสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิงโดยเปล่าประโยชน์

1.2 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ในการทำปัญหานิเศษนี้ จะมุ่งศึกษาเพื่อลดปัญหาเกี่ยวกับการรอคอยของรถที่เข้ามาบริเวณสี่แยก ช่วยทำให้ถนน ณ บริเวณสี่แยกมีนบุรีมีสภาพการจราจรคล่องขึ้น และเป็นการหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเปิดสัญญาณไฟจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของปัญหา

1. การศึกษาปัญหาพิเศษ จะทำเฉพาะบริเวณสี่แยกมีนบุรี

2. พิจารณาถึงปัญหาแถวคอยที่เกิดขึ้นในช่วงวัน และเวลาที่มีการจราจรติดขัดมากที่สุด คือ ในช่วงวันอาทิตย์ วันจันทร์ วันอังคาร และวันพุธ ระหว่างเวลา 17.00 - 18.00 น.

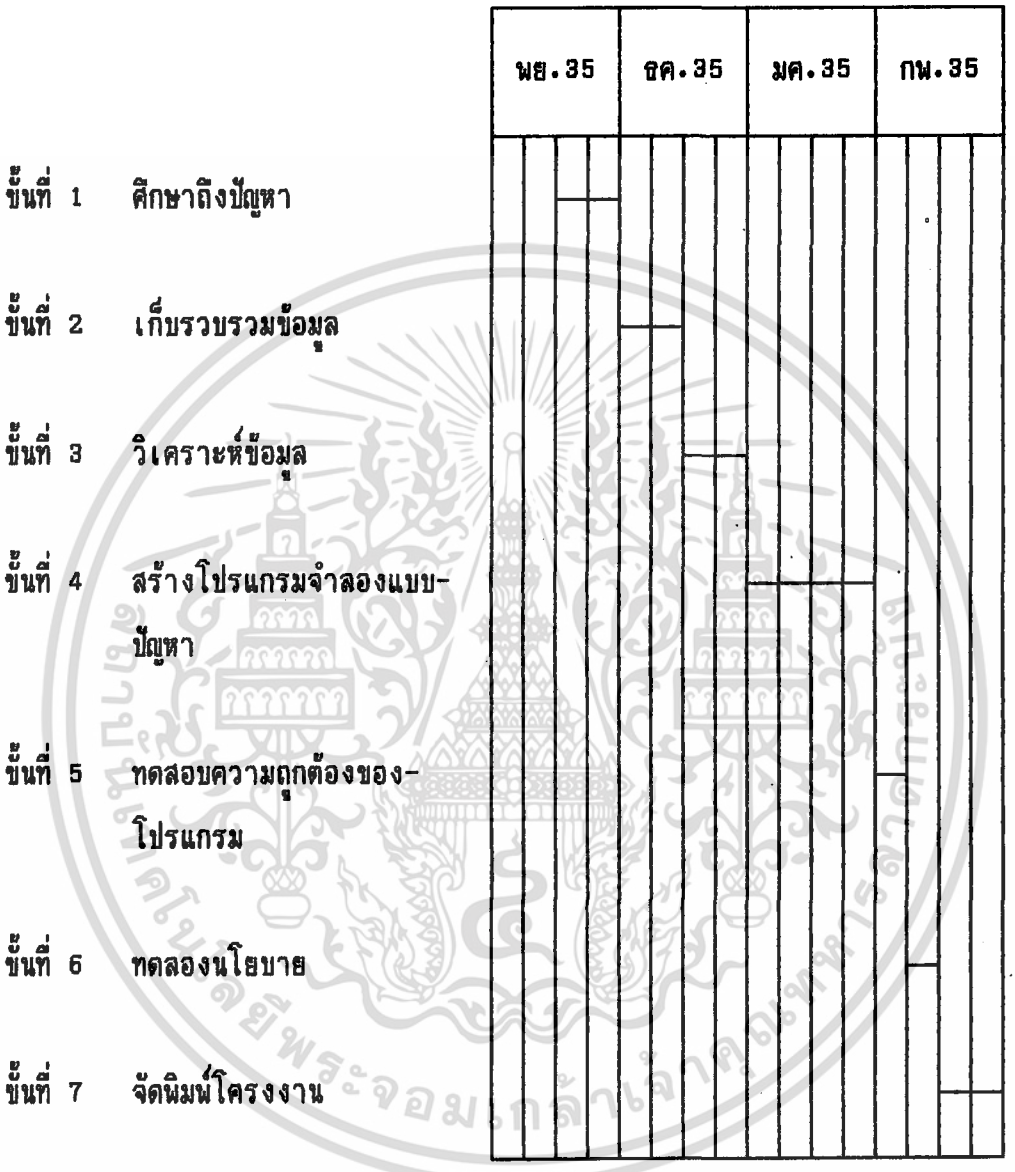
3. ถือว่าเวลาออกจากระบบของรถทุกคันพร้อมกันหมด ในแต่ละช่วงของเวลาในการเปลี่ยนสัญญาณไฟจราจรจากไฟแดงเป็นไฟเขียว

4. ถือว่าไม่นับจำนวนรถมอเตอร์ไซด์ที่เข้ามาในบริเวณสี่แยกมีนบุรี

5. ในการเก็บข้อมูลจะนับรถที่เลี้ยวซ้ายเฉพาะบริเวณแยกลาดกระบังและแยกมีนบุรีเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการทำงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อช่วยให้สภาพการจราจร ณ บริเวณสี่แยกมีนบุรีมีสภาพการจราจรคล่องตัวขึ้น

2. เป็นข้อเสนอแนะ ในการหาระยะเวลาที่เหมาะสม ในการเปลี่ยนสัญญาณไฟจราจรที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ให้เหมาะสมกับจำนวนรถที่ใช้เส้นทางผ่านบริเวณสี่แยกมีนบุรี

3. โปรแกรมที่ใช้ในการจำลองแบบปัญหา สามารถนำมาวิเคราะห์ระบบแถวคอยได้ทั้งในปัจจุบันและในอนาคต โดยเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของข้อมูล

4. เพื่อเป็นการเพิ่มความสะดวกในการเดินไป-กลับ จากบ้านมายังสถาบัน

5. เพื่อเป็นแนวทางแก่ผู้ที่ต้องการศึกษาหรือค้นคว้าเพิ่มเติมในเรื่องที่เกี่ยวข้องต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหานิเศษฉบับนี้แยกออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

- ทฤษฎีแถวคอย (Queueing Theory)
- เทคนิคการจำลองแบบ (Simulation Technique)

2.1 ทฤษฎีแถวคอย

2.1.1 ความหมายของแถวคอย

การรอคอย (Waiting) เป็นเงื่อนไขที่เกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้บริการต้องรอหน่วยให้บริการเมื่อหน่วยให้บริการไม่สามารถให้บริการได้ทัน หรือ ในกรณีเข้าแถวรอรับบริการ และการรอคอยมีสาเหตุมาจากความไม่สม่ำเสมอของการรับบริการ และการให้บริการ

แถวคอย (Queue) เป็นสภาพที่เกิดขึ้นเนื่องจากมีการรอคอยเพื่อรับบริการ ซึ่งแถวคอยที่พบได้ในชีวิตประจำวัน เช่น การรอรถประจำทาง การรอขึ้นลิฟต์ การรอเติมน้ำมันที่ปั๊มน้ำมัน การรอสัญญาณไฟเขียวตรงสี่แยก เป็นต้น

ทฤษฎีแถวคอยเป็นทฤษฎีที่ใช้รูปแบบปัญหาทางคณิตศาสตร์แทนปัญหาทางแถวคอย และจากรูปแบบปัญหาคณิตศาสตร์นี้ ได้นำมาวิเคราะห์สภาวะของแถวคอย โดยการศึกษาลักษณะรูปแบบทางทฤษฎี ความเป็นไปได้ของผู้ใช้บริการและหน่วยให้บริการแล้วหาผลลัพธ์เป็นค่าต่าง ๆ แสดงสภาวะของแถวคอย ผลลัพธ์ดังกล่าวจะใช้ช่วยในการตัดสินใจดำเนินการเกี่ยวกับบริการที่ดีขึ้น เป็นการลดค่าใช้จ่ายหรือจัดระบบการบริการให้เหมาะสม ซึ่งเป็นการป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

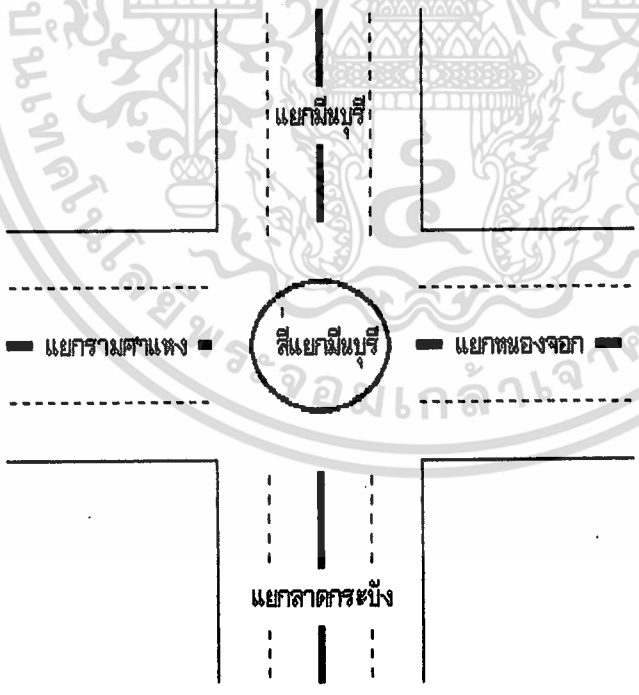
2.1.2 <u>โครงสร้างและสัญญลักษณ์ที่ใช้ในระบบแถวคอย</u>

ส่วนประกอบของแถวคอยประกอบด้วย

1. ลูกค้าที่มารับบริการ (customer) จะเรียกหน่วยที่เข้าสู่ระบบ (input) ว่าหน่วยเข้ารับบริการ และเรียกหน่วยออกจากระบบ (output) ว่าหน่วยที่ได้รับบริการ (Served Cluster หรือ Departure) ในที่นี้หน่วยที่เข้าสู่ระบบ คือ รถที่ผ่านเข้ามา ณ บริเวณสี่แยกมีนบุรี

2. แถวคอย (Queue)

3. หน่วยบริการหรืออุปกรณ์ที่ให้บริการ (Service Channel หรือ Server) ซึ่งอาจมี 1 ช่องทาง หรือมากกว่า 1 ช่องทางก็ได้ ในที่นี้ คือ ถนน ณ บริเวณสี่แยกมีนบุรีทั้ง 4 แยก ดังรูป



รูปที่ 2.1 ลักษณะของสี่แยกมีนบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 <u>ลักษณะที่สำคัญของระบบแถวคอย</u>

รูปแบบการรอคอยมีลักษณะที่สำคัญแยกออกได้ 6 ลักษณะ ดังต่อไปนี้

1. การแจกแจงการเข้ารับบริการ (Arrival distribution) ซึ่งในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ รถที่เข้ามานั้นเข้ามาเป็นเวลาที่ไม่แน่นอน อาจเนื่องมาจากปัจจัยภายนอกหลายอย่าง จึงทำให้มีรถเข้ามาเป็นกลุ่มบ้าง กระจายบ้าง ช่วงระยะเวลาของรถแต่ละคันที่เข้ามาแตกต่างกันไป ดังนั้นการแจกแจงของการเข้ามาอาจเป็นแบบปัวซงส์ (Poisson) เออร์แลงก์ (Erlang) แบบปกติ (Normal) หรือรูปแบบอื่น ๆ

2. การแจกแจงการให้บริการ (Service distribution) สำหรับปัญหาพิเศษครั้งนี้เวลาที่ใช้ในการให้บริการตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้น (Service time) ของรถแต่ละคันที่เข้ามา ณ บริเวณสี่แยกมีนบุรีนั้นมีต่าง ๆ กัน ซึ่งการแจกแจงของเวลาที่ให้บริการอาจเป็นแบบปกติ เออร์แลงก์ เอกซ์โปเนนเชียล

3. จำนวนช่องทางการให้บริการ (Service Channels) อาจมี 1 ช่องทาง หรือหลายช่องทาง และอาจเป็นแบบขนานหรืออนุกรมหรือทั้ง 2 อย่างผสมกัน

ซึ่งการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ ถือว่าเป็นแถวคอยที่ให้บริการเป็นช่วง ๆ คือในช่วงของสัญญาณไฟเขียว และในกรณีรถเลี้ยวซ้ายถือว่ารถได้รับการบริการตลอดเวลา ลักษณะแถวคอยเป็นแบบหลายช่องทางแบบขนาน

4. ระเบียบของแถวคอย (Queue discipline) หมายถึง ลำดับของหน่วยเข้ารับบริการในแถวคอยที่จะเข้ารับบริการ ซึ่งอาจเป็นแบบ เข้ามาก่อนได้รับบริการก่อน (first - come - first - served ; FCFS) หรือเข้ามาหลังได้รับบริการก่อน (last - come - first - served ; LCFS) หรือจัดให้บริการอย่างสุ่ม (service in random order ; SIRO) หรือ จัดบริการแบบอื่น ๆ ซึ่งในที่นี้แถวคอย ณ สี่แยกมีนบุรีเป็นแถวคอยในลักษณะที่เข้ามาก่อนได้รับบริการก่อน (first - come - first - served)

5. ลักษณะแหล่งของหน่วยบริการ อาจมีขีดจำกัดหรือไม่มีขีดจำกัดในการรับหน่วยเข้ารับบริการ ซึ่งในที่นี้ บริเวณสี่แยกมีนบุรีเป็นหน่วยบริการที่ไม่จำกัดจำนวนรถที่จะเข้ามา

6. จำนวนหน่วยเข้ารับบริการที่มารับบริการ ก็อาจมีจำนวนจำกัดหรือไม่จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในที่นี้จำนวนรถที่เข้ามารับบริการมีจำนวนไม่จำกัด

2.1.4 สถานภาพถ่ายทอด (Transient) และอยู่ตัว (Steady)

การวิเคราะห์ทฤษฎีแถวคอยจะขึ้นอยู่กับพฤติกรรมของระบบในระยะเวลาหนึ่ง ระบบที่เรียกว่า "สถานภาพถ่ายทอด" (transient state) ต่อเมื่อลักษณะการดำเนินงาน (พฤติกรรม) ขึ้นอยู่กับเวลา กรณีนี้มักจะปรากฏในระยะแรกของการดำเนินงานของระบบ ซึ่งพฤติกรรมจะยังคงขึ้นอยู่กับเงื่อนไขเริ่มแรก อย่างไรก็ดีมักเป็นที่สนใจในพฤติกรรมของระบบระยะยาว การวิเคราะห์ทฤษฎีแถวคอยมักจะตกอยู่ในสภาพอยู่ตัว "steady state" แล้ว สถานภาพจะอยู่ตัวก็ต่อเมื่อพฤติกรรมของระบบเป็นอิสระกับเวลา

เงื่อนไขที่จำเป็น ในการที่ระบบจะอยู่ในสถานะอยู่ตัว คือ เวลาทั้งหมดตั้งแต่เริ่มต้นการดำเนินงานจะต้องมากพอเพียง (ในทางคณิตศาสตร์ ถือว่าเวลาทั้งหมดมากจนสู่ค่าอนันต์) แต่เงื่อนไขนี้ก็ยังไม่เพียงพอ ที่ระบบจะเข้าสู่สถานะอยู่ตัว ต้องดูพารามิเตอร์ของระบบด้วย เช่น ถ้าอัตราการเข้ามารับบริการมากกว่าอัตราการให้บริการ ในกรณีนี้ระบบยังไม่เข้าสู่สถานะอยู่ตัว เพราะแถวคอยจะยิ่งเพิ่มขึ้นเมื่อเวลามากขึ้นจนกระทั่งความยาวของแถวคอยสู่ค่าอนันต์ได้

2.1.5 สัญญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบแถวคอย

$N(t)$ = จำนวนหน่วยเข้ารับบริการที่อยู่ในระบบแถวคอย ที่เวลา t ใด ๆ $(t>0)$

$P_n(t)$ = ความน่าจะเป็นที่มีหน่วยเข้ารับบริการ n หน่วยในระบบที่เวลา t ใด ๆ ในสถานะถ่ายทอด (โดยสมมุติว่าระบบเริ่มต้นที่เวลา $t = 0$)

n = จำนวนหน่วยเข้ารับบริการในระบบ

P_n = ความน่าจะเป็นที่มีหน่วยเข้ารับบริการ n หน่วยในระบบในสถานะอยู่ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

λ_n = อัตราการเข้ารับบริการเมื่อระบบมีหน่วยเข้ารับบริการอยู่ n หน่วย

λ = อัตราการเข้ารับบริการโดยเฉลี่ย (จำนวนหน่วยเข้ารับบริการต่อ 1 หน่วยเวลา)

μ_n = อัตราการเข้ารับบริการ เมื่อระบบมีหน่วยเข้ารับบริการ n หน่วย

μ = อัตราการเข้ารับบริการโดยเฉลี่ย (จำนวนหน่วยเข้ารับบริการที่ได้รับบริการต่อ 1 หน่วยเวลา)

s = จำนวนหน่วยให้บริการ (server)

W_s = เวลารอคอยโดยเฉลี่ยของหน่วยเข้ารับบริการ 1 หน่วยในระบบ

W_q = เวลารอคอยโดยเฉลี่ยของหน่วยเข้ารับบริการ 1 หน่วยในแถวคอย

L_s = จำนวนหน่วยเข้ารับบริการโดยเฉลี่ยในระบบ

L_q = จำนวนหน่วยเข้ารับบริการโดยเฉลี่ยในแถวคอย

ρ = ช่วงเวลาที่หน่วยบริการไม่ว่างต่อ 1 หน่วยเวลา

<u>ความสัมพันธ์ระหว่าง L และ W</u>

สำหรับในสถานภาพอยู่ตัวของระบบแถวคอย จะสมมติว่า $\lambda_n = \lambda$ ทุก ๆ ค่าของ n นั่นคือ อัตราการเข้ารับบริการจะเท่ากันตลอดไม่ว่าจะมีหน่วยเข้ารับบริการอยู่ในระบบแล้วเท่าใดก็ตาม และจะสมมติให้

อัตราการเข้ารับบริการ = λ

อัตราการให้บริการ = $\mu_n = \mu$

ดังนั้น

$$L_s = \lambda . W_s$$

$$L_q = \lambda . W_q$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\frac{1}{\mu}$ = เวลาในการให้บริการโดยเฉลี่ย

$\frac{1}{\lambda}$ = ช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาของหน่วยเข้ารับบริการ 2 คน โดยเฉลี่ย

และ $W_s = W_q + \frac{1}{\mu}$

2.1.6 <u>การแจกแจงความน่าจะเป็นที่ใช้ในทฤษฎีแถวคอย</u>

การแจกแจงความน่าจะเป็นที่ใช้ในทฤษฎีแถวคอย เพื่อเป็นการอธิบายรูปแบบการแจกแจงของการเข้ารับบริการ ซึ่งอาจมีการแจกแจงเป็นแบบปัวซง์ (Poisson) เอกซ์โปเนนเชียล (Exponential) แกมม่า (Gamma) เออร์แลงก์ (Erlang) หรือแบบปกติ (Normal) เป็นต้น

สำหรับระบบแถวคอย ณ บริเวณสี่แยกมีนบุรีจะมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ และได้มีการทดสอบรูปแบบการแจกแจงแบบปัวซง์ก่อน แต่จากการทดสอบสรุปได้ว่าไม่ได้มีรูปแบบการแจกแจงเป็นแบบปัวซง์ และในที่นี้จะได้เสนอรูปแบบการแจกแจงทั้ง 2 แบบ

<u>การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวซง์ (Poisson Distribution)</u>

ถ้าให้ x แทนตัวแปรสุ่ม (Random Variables) ของเหตุการณ์ที่สนใจ ความน่าจะเป็นที่จะเกิด x เขียนได้ในรูป

$$f(x) = \frac{e^{-\lambda}\lambda^{x}}{x!}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ e = 2.71828 และ x = 0,1,2,...

ซึ่ง f(x) ก็คือ ฟังก์ชันการแจกแจงแบบปัวซงส์ โดยที่ λ (Lamda) คือ พารามิเตอร์ของการแจงแจงแบบปัวซงส์ และมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของจำนวนการเกิดเหตุการณ์ในช่วงเวลาที่สนใจ

<u>ขบวนการปัวซงส์</u>

ในกรณีของการแจกแจงแบบปัวซงส์ เหตุการณ์ใด ๆ จะมีการแจกแจงแบบปัวซงส์ก็ต่อเมื่อมีลักษณะ ดังต่อไปนี้

1. การเกิดของเหตุการณ์เป็นอิสระต่อกัน นั่นคือการเกิดของเหตุการณ์หนึ่งในช่วงเวลาหนึ่งย่อมไม่ส่งผลถึงความน่าจะเป็นของการเกิดของเหตุการณ์อีกอันหนึ่งในช่วงเวลาเดียวกันหรือเวลาอื่น ๆ

2. โดยทฤษฎี จำนวนครั้งของการเกิดเหตุการณ์ในช่วงเวลาหนึ่งที่ศึกษา อาจมีจำนวนใหญ่มาก หรือมีค่าไม่รู้จบได้ นั่นคือ เหตุการณ์สามารถเกิดได้ในจำนวนไม่จำกัดในช่วงเวลาที่ศึกษา

3. ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์อันหนึ่งเพียงครั้งเดียวในช่วงเวลาที่ศึกษาจะเป็นสัดส่วน (Proportional) กับความยาวของช่วงเวลานั้น

4. ในช่วงย่อยที่เล็กมากของเวลา (Infinitesimal Portion) ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นมากกว่าหนึ่งครั้งมีค่าน้อยมาก จนถือว่ามีค่าเท่ากับศูนย์

จากลักษณะทั้ง 4 ข้อข้างต้น สรุปได้ว่า จะใช้การแจกแจงแบบปัวซงส์ เมื่อข้อมูลได้จากการนับจำนวนเหตุการณ์หรือสิ่งของใด ๆ ซึ่งมีการเกิดขึ้นในช่วงเวลาหรือพื้นที่อันใดอันหนึ่ง เช่น จำนวนปาราสิตซึ่งมีอยู่ในคนที่เป็นโรคในระยะเวลาหนึ่ง เป็นต้น สิ่งที่น่าสังเกตอีกอย่างก็คือ ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของการแจกแจงแบบปัวซงส์จะมีค่าเท่ากัน นั่นคือ ทั้งค่าเฉลี่ยและค่าแปรปรวนต่างมีค่าเท่ากับ λ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ</u> (Normal Distribution)

ฟังก์ชันก์ของความน่าจะเป็นในการแจกแจงแบบปกติ สามารถหาได้ดังนี้ คือ

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \quad e^{-1/2 \ (\frac{x-\mu}{\sigma})^2}$$

โดยที่ π = 3.14159

และ e = 2.71828

พารามิเตอร์ของการแจกแจงนี้ คือ ค่าเฉลี่ย μ และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ ทั้ง ค่า μ และ σ ก็คือค่าวัดแนวโน้มส่วนกลางและค่าวัดการกระจาย

2.1.7 <u>การทดสอบภาวะรูปสนิทดี</u> (Goodness of Fit Test)

ในการจำลองแบบปัญหาในระบบงานจริงซึ่งมีความไม่แน่นอน เรามักจะมีปัญหาซึ่งทำให้ต้องการทราบรูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปร โดยเฉพาะว่า รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นนั้น มีรูปแบบที่เหมือนกับรูปแบบซึ่งมีฟังก์ชันคณิตศาสตร์สำเร็จรูปอยู่แล้วหรือไม่

เมื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลมาเรียบร้อยแล้ว จะนำเอาข้อมูลนั้นมาหารูปแบบการแจกแจง ว่าข้อมูลมีการแจกแจงเข้ากับรูปแบบใด โดยใช้การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบที่ต้องการทดสอบมาคำนวณค่าความถี่คาดหวัง (Expected Frequencies) จากค่าความน่าจะเป็นของข้อมูล จะทำการสร้างกราฟเพื่อดูลักษณะการแจกแจง และทำการทดสอบสมมติฐานว่าลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นนั้น มีนัยสำคัญทางสถิติเพียงใด การทดสอบว่าข้อมูลจะมีการแจกแจงใดนั้นจะทดสอบด้วยวิธีการทางสถิติที่เรียกว่าการทดสอบแบบไคร์สแควร์ (χ^2 - Test) ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบสำหรับปัญหาพิเศษนี้ คือ อัตราการเข้ารับบริการของรถ ณ บริเวณ สี่แยกมีนบุรีในช่วงเวลาต่าง ๆ

โดยที่ k = จำนวนกลุ่มของข้อมูลที่มีค่าต่างกัน

O_i = ค่าความถี่ของข้อมูล (Observed Frequency)

E_i = ค่าความถี่คาดหวังจากการแจกแจงความน่าจะเป็นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการทดสอบ (Expected Frequency)
ค่าความถี่คาดหมายในแต่ละกลุ่มต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 5
ถ้ากลุ่มใดมีค่าความถี่น้อยกว่า 5 ให้รวมกับกลุ่มที่ติดกันให้ได้
ความถี่มากกว่าหรือเท่ากับ 5

มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบไคร์สแควร์ด้วยองศาของความอิสระ k-r-1 เมื่อ r คือจำนวนพารามิเตอร์ของการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ต้องการทดสอบซึ่งประมาณค่าจากข้อมูลตัวอย่าง

ถ้า $\chi^2_{\text{คำนวณ}} < \chi^2_{\alpha,k-r-1}$ (จากตารางค่าความน่าจะเป็นแบบไคร์สแควร์) ยอมรับลักษณะการกระจายที่ทดสอบ ถ้า $\chi^2_{\text{คำนวณ}} > \chi^2_{\alpha,k-r-1}$ ปฏิเสธรูปแบบของการแจกแจง ซึ่งในที่นี้ใช้การทดสอบแบบไคร์สแควร์เพื่อหาลักษณะการแจกแจงของอัตราการเข้าของรถ และ จากการทดสอบการแจกแจง จะได้รูปกราฟที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติ (Normal distribution) ทั้ง 4 แยก และทดสอบสมมติฐานดังนี้คือ

H_0 : อัตราการเข้ารับบริการมีการแจกแจงเป็นแบบปกติ
H_1 : อัตราการเข้ารับบริการไม่มีการแจกแจงเป็นแบบปกติ

มีเหตุการณ์ที่เป็นไปได้ $x_1, x_2, \ldots, x_n$
ความถี่ที่ได้จากการสังเกต $O_1, O_2, \ldots, O_n$
ความถี่คาดหวัง $E_1, E_2, \ldots, E_n$

ค่าความถี่คาดหวังนี้หาได้จากการเอาความถี่รวม (N) คูณกับความน่าจะเป็น f(x) ที่ได้มาจากหัวข้อ 2.1.6 ดังนั้นจะได้ความถี่คาดหวังดังต่อไปนี้

$$E_1 = N.f(x_1),\ E_2 = N.f(x_2),\ \ldots,\ E_n = N.f(x_n)$$

หาผลต่างระหว่างความถี่ที่ไปสังเกต (O_i) กับความถี่คาดหวัง (E_i)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(O_1-E_1) , (O_2-E_2) ,...,(O_n-E_n)

ดังนั้นจะได้ ตัวสถิติสำหรับการทดสอบคือ

$$\chi^2_{\text{คำนวณ}} = (O_1-E_1)^2/E_1 + (O_2-E_2)^2/E_2 +...+(O_n-E_n)^2/E_n$$

$$= \sum_{i=1}^{n} (O_i-E_i)^2/E_i$$

การนำเอาการทดสอบแบบ χ^2 (ไคสแควร์) มาใช้ในการทดสอบภาวะรูปสนิทดี มีขั้นตอนที่สรุปได้ดังนี้

ก. ตั้งสมมติฐานว่าการแจกแจงของข้อมูลมีรูปแบบการแจกแจงแบบใด

ข. หาความถี่ของข้อมูลที่สุ่มเก็บมาซึ่งได้มาจากเหตุการณ์จริง

ค. คำนวณหาความถี่คาดหวังโดยใช้การแจกแจงความถี่ที่ตั้งไว้ในข้อ ก.

ง. หา χ^2 จากตาราง ที่ระดับนัยสำคัญ (α) ซึ่งหาได้โดยการเปิดตารางมาตรฐานของไคสแควร์

จ. เปรียบเทียบค่า χ^2 ที่คำนวณ กับ χ^2 จากตาราง โดยดูว่าจะยอมรับสมมติฐาน หรือ ปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ (จะยอมรับสมมติฐานเมื่อ χ^2 ที่คำนวณ น้อยกว่า χ^2 จากตาราง และจะปฏิเสธสมมติฐานเมื่อ χ^2 ที่คำนวณ มากกว่าหรือเท่ากับ χ^2 จากตาราง)

การทดสอบจะใช้ได้ดี เมื่อค่า E_i ที่คำนวณได้ทุก ๆ ค่ามีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 5 ถ้าพบว่ามีค่า E_i ที่น้อยกว่า 5 เกิดขึ้น อาจแก้ไขได้โดยการรวมค่า E_i ที่น้อยกว่า 5 ทุก ๆ ค่าเข้าด้วยกัน หรือรวมกับค่า E_i อื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.8 การหาคำตอบจากทฤษฎีแถวคอย

ในการวิเคราะห์ระบบแถวคอย จะเป็นการหาค่าการดำเนินงานของระบบ ซึ่งจะนำค่าต่าง ๆ ที่ได้นี้ไปประกอบการตัดสินใจในการปรับปรุงระบบการดำเนินงานให้ดีขึ้น เช่น

- ความน่าจะเป็นที่จะมีหน่วยเข้ารับบริการ n หน่วยอยู่ในระบบที่เวลา t ใด ๆ
- ค่าคาดหมายเวลารอคอยของหน่วยเข้ารับบริการ 1 หน่วยในระบบ
- ค่าคาดหมายเวลารอคอยของหน่วยเข้ารับบริการ 1 หน่วยในแถวคอย
- ค่าคาดหมายจำนวนหน่วยเข้ารับบริการในระบบ
- ค่าคาดหมายจำนวนหน่วยเข้ารับบริการในแถวคอย

โดยที่ในปัญหาแถวคอยส่วนใหญ่ จะพบว่าการแจกแจงการเข้ารับบริการในระบบจะเป็นแบบปัวซงส์ เออร์แลงก์ หรือ แบบปกติ เป็นต้น ดังนั้นจึงมีการคิดรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์ขึ้น เพื่อหาคำตอบจากแถวคอยที่มีรูปแบบการแจกแจงตามรูปแบบการแจกแจงมาตรฐานนั้น ๆ

สำหรับแถวคอยที่มีการแจกแจงไม่เข้ารูปแบบใดเลยนั้น การหาค่าคำตอบจากแถวคอยอาจหาได้โดยการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับหาคำตอบขึ้นใหม่ ตามเงื่อนไขของระบบนั้น หรือใช้เทคนิคการจำลองแบบ (Simulation Technique) ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

2.2 เทคนิคการจำลองแบบ

2.2.1 ความหมายของการจำลองแบบ

การจำลองแบบปัญหา (Simulation) คือ กระบวนการออกแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง (Real System) แล้วดำเนินการทดลองใช้แบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานหรือเพื่อประเมินผลการใช้กโลบาย (Strategies) ต่าง ๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่า กระบวนการของการจำลองแบบปัญหานั้นแบ่งเป็นสองส่วน คือ

- การสร้างแบบจำลอง
- การนำเอาแบบจำลองนั้นไปใช้งานเชิงวิเคราะห์

กลไกของวิธีการของการจำลองแบบปัญหาสามารถช่วยให้เข้าใจในระบบงานจริง เพื่อประโยชน์ในการอธิบายพฤติกรรมและเพื่อการปรับปรุงการดำเนินงานของระบบงานจริง

2.2.2 <u>สาเหตุที่ต้องใช้เทคนิคการจำลองแบบ</u>

1. ไม่สามารถใช้วิธีทางคณิตศาสตร์แก้ปัญหาได้

2. สามารถใช้วิธีทางคณิตศาสตร์แก้ปัญหาได้ แต่มีขั้นตอนและการคำนวณที่ยุ่งยากซับซ้อน ซึ่งทำให้เสียเวลา แรงงาน ฯลฯ จึงเป็นการสะดวกที่จะนำเอาเทคนิคการจำลองแบบปัญหามาใช้

3. กรณีที่ไม่สามารถหาข้อมูลจริงได้ เช่น การส่งมนุษย์ไปยานอวกาศ ซึ่งต้องเสียทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย นอกจากนั้นยังเป็นอันตรายถึงชีวิต ถ้าหากว่าใช้การจำลองแบบขึ้นมาจะทำให้ได้ข้อมูลเช่นกัน

4. ในกรณีที่ต้องการประมาณค่าพารามิเตอร์บางตัว

เนื่องจาก ระบบแถวคอยของรถ ณ สี่แยกมีนบุรี เป็นลักษณะของแถวคอยเทียม เพราะการให้บริการของรถที่แล่นตรงไปจะให้บริการเป็นช่วง ๆ คือเฉพาะช่วงไฟเขียว ส่วนรถที่เลี้ยวซ้าย จะให้บริการตลอดเวลา ทำให้ไม่สามารถนำวิธีทางคณิตศาสตร์ สำหรับแถวคอยทั่วไปมาแก้ปัญหาได้ จึงนำเอาเทคนิคการจำลองแบบมาใช้ในการศึกษาระบบแถวคอยของรถ ณ สี่แยกมีนบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ประเภทของแบบจำลองในการจำลองแบบปัญหา

แบบจำลอง หมายถึง ตัวแทนของวัตถุ ระบบ หรือแนวคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่ง สามารถจำแนกประเภทตามคุณลักษณะได้ดังนี้

1. แบบจำลองทางกายภาพ (Physical or Iconic Model) เป็นแบบจำลองที่มีรูปร่างหน้าตาเหมือนระบบงานจริง ได้แก่ เครื่องยนต์ต้นแบบ แบบจำลองผังโรงงาน

2. แบบจำลองอะนาลอก (Analog Models) เป็นแบบจำลองที่มีพฤติกรรมเหมือนระบบงานจริง ได้แก่ การใช้กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่วัดค่าได้ การใช้แผนภูมิการจัดองค์กร การใช้แผนภูมิการไหลของวัตถุดิบผ่านขบวนการผลิต

3. เกมการบริหาร (Management Games) เป็นแบบจำลองการตัดสินใจในกิจการต่าง ๆ เช่น ธุรกิจ สงคราม การลงทุน

4. แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Models) เป็นแบบจำลองที่อยู่ในรูปของคอมพิวเตอร์โปรแกรม

5. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) เป็นแบบจำลองที่ใช้สัญญลักษณ์และฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์แทนองค์ประกอบในระบบงานจริง เช่น ใช้ x แทนค่าใช้จ่ายในการผลิต y แทนจำนวนสินค้าที่ผลิต

2.2.4 โครงสร้างของแบบจำลอง

โครงสร้างของแบบจำลองอาจเขียนในรูปแบบแสดงความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ได้เป็น

$$E = f(x_i, y_i)$$

โดย E คือ ผลของการปฏิบัติการของระบบ

x_i คือ ตัวแปรและพารามิเตอร์ที่เราสามารถควบคุมได้

y_i คือ ตัวแปรและพารามิเตอร์ที่เราไม่สามารถควบคุมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

f คือ ความสัมพันธ์ระหว่าง x_i และ y_i ที่ทำให้เกิด E

ดังนั้น โครงสร้างของแบบจำลองนั้นควรประกอบไปด้วย

1. องค์ประกอบ (Components) ในแบบจำลองที่ใช้แทนระบบงานจะต้องประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการทำงานของระบบงาน

2. ตัวแปรและพารามิเตอร์ (Variable and Parameters)

- พารามิเตอร์ คือ ค่าคงที่ซึ่งผู้ใช้แบบจำลองเป็นผู้กำหนดให้

- ตัวแปร เป็นค่าที่ผันแปร มีค่าได้หลายค่าตามสภาวะจริงของการใช้งาน จำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ ตัวแปรจากภายนอก (Exogeneous Variables) หรือตัวแปรนำเข้า หมายถึง ตัวแปรที่เป็นผลเนื่องมาจากปัจจัยภายนอก และตัวแปรภายใน (Endogeneous Variables) หมายถึง ตัวแปรที่เกิดขึ้นภายในระบบ อาจอยู่ในลักษณะของตัวแปรสถานะภาพ หรือ อยู่ในลักษณะของตัวแปรนำออก ในทางสถิติ ตัวแปรจากภายนอก คือ ตัวแปรอิสระ และตัวแปรภายใน คือ ตัวแปรตาม

3. ฟังก์ชันความสัมพันธ์ (Function Relationship) คือ ฟังก์ชันที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับพารามิเตอร์ อาจอยู่ในลักษณะแน่นอนตายตัว (Deterministic) และไม่แน่นอน (Stochastic)

4. ขอบข่ายจำกัด (Constraints) คือ ข้อจำกัดของค่าของตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดที่ผู้ใช้แบบจำลองเป็นผู้กำหนด

5. ฟังก์ชันเป้าหมาย (Criterion Function) หมายถึงข้อความที่บอกเป้าหมายหรือ วัตถุประสงค์ของระบบงาน

2.2.5 <u>การจำลองแบบปัญหาด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล</u>

ในปัญหาที่ใช้การจำลองแบบปัญหาทั่วไป โดยเฉพาะในการจำลองแบบปัญหาซึ่งแบบจำลองสามารถแทนองค์ประกอบและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบด้วยค่าเชิงปริมาณ ซึ่งโดยปกติข้อมูลเชิงปริมาณมักจะมีค่าไม่แน่นอนตายตัว ดังนั้นจึงทำให้เป็นปัญหาในการคำนวณ ทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรจึงจะสามารถใส่ข้อมูลที่มีลักษณะเหมือนข้อมูลจริงในแบบจำลอง ซึ่งมีเทคนิคที่ช่วยในการแก้ปัญหาลักษณะความไม่แน่นอนของค่าเชิงปริมาณ คือ เทคนิคมอนติคาร์โล

เทคนิคมอนติคาร์โล คือ เทคนิคในการสร้างข้อมูลโดยการใช้ตัวเลขสุ่ม และความน่าจะเป็นสะสม ตัวเลขแบบสุ่มที่ใช้อาจได้มาจากตารางตัวเลขแบบสุ่ม (Random Number Table) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ลูกเต๋า ฯลฯ ซึ่งสามารถสร้างตัวเลขที่มีลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ ส่วนค่าความน่าจะเป็นสะสมคือค่าความน่าจะเป็นสะสมของข้อมูลที่ต้องการอันอาจได้มาจากข้อมูลในอดีต จากการทดลอง หรือการเก็บข้อมูล หรือทราบจากลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็น จากตัวเลขที่ได้จะนำมาสร้างข้อมูลที่ต้องการดังนี้

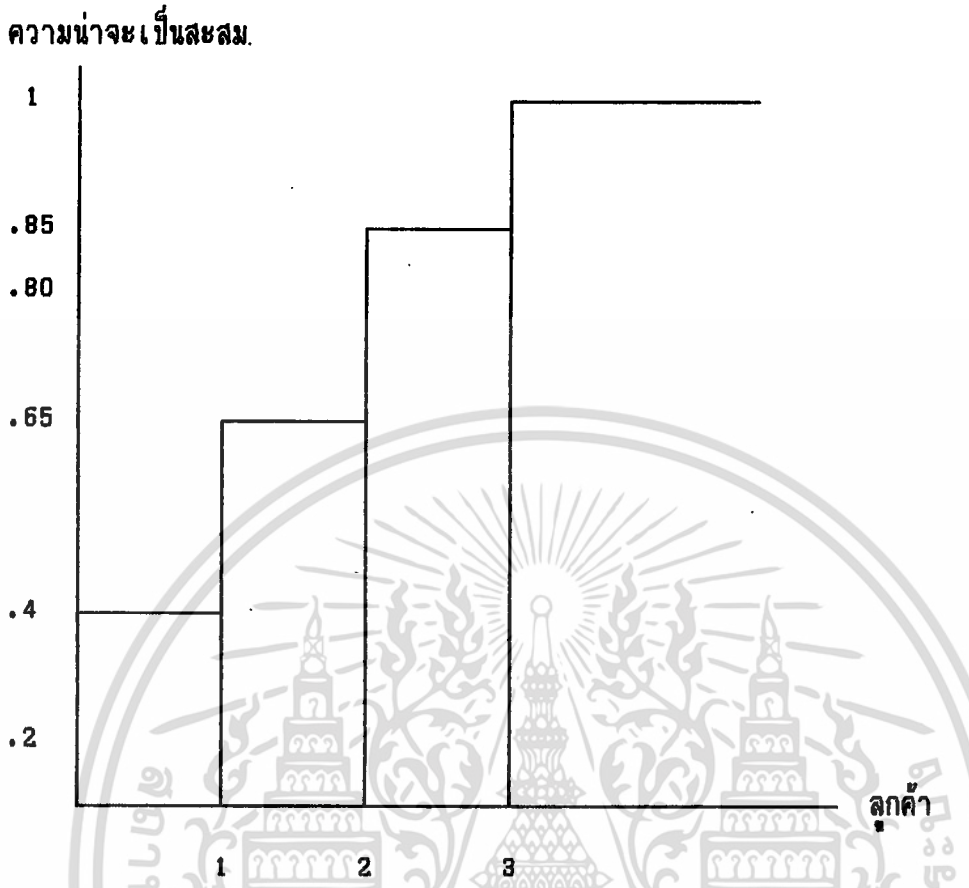
1. สร้างกราฟหรือตารางของค่าความน่าจะเป็นสะสมของข้อมูลที่ต้องการ
2. เลือกตัวเลขสุ่ม ใส่จุดทศนิยมเพื่อให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1
3. ใช้ตัวเลขแบบสุ่มในข้อ 2 แทนค่าความน่าจะเป็นสะสม
4. อ่านค่าของข้อมูลจากกราฟหรือตารางซึ่งมีค่าความน่าจะเป็นสะสมเท่ากับตัวเลขในข้อ 3 ค่าที่ได้นี้คือค่าของข้อมูลที่ต้องการ
5. กระทำซ้ำ 2 ถึง 4 จนกว่าจะได้ข้อมูลมากเท่าที่ต้องการ

และเพื่อความสะดวกในการหาค่าตัวแปรสุ่ม จึงมักกำหนดช่วงของตัวเลขสุ่มสำหรับแต่ละค่าของตัวแปรแบบสุ่ม เพื่อให้ดูง่ายขึ้น โดยไม่ต้องใส่ทศนิยมในตัวเลขสุ่ม ดังตัวอย่างต่อไปนี้

จำนวนลูกค้า	ความน่าจะเป็น	ความน่าจะเป็นสะสม
0	0.40	0.40
1	0.25	0.65
2	0.20	0.85
3	0.15	1.00

ตารางแสดงความน่าจะเป็นสะสมที่จำนวนลูกค้าเข้าสู่ระบบงานหนึ่งในแต่ละช่วง 10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นสะสมเมื่อจำนวนลูกค้าต่าง ๆ กัน

จากค่าความน่าจะเป็นสะสม ซึ่งมีทศนิยม 2 ตำแหน่ง จะกำหนดช่วงตัวเลขที่สอดคล้องกับความน่าจะเป็นสะสม F(x) ได้ดังตาราง

จำนวนลูกค้า	ช่วงตัวเลขที่สอดคล้องกับ F(x) (Tag number)
0	00 - 39
1	40 - 64
2	65 - 84
3	85 - 99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกเลขสุ่มชนิด 2 หลักขึ้นมา สมมติว่าถ้าได้เลขสุ่ม 5 ค่าเป็น 34,67,99,13,41 ตามลำดับ จะได้ช่วงเวลาที่ 1 ถึงช่วงเวลาที่ 5 มีลูกค้าเข้ามาต่าง ๆ กัน ดังแสดงในตาราง

ช่วงเวลา	เลขสุ่ม	จำนวนลูกค้า
1	34	0
2	67	2
3	99	3
4	13	0
5	41	1

ตารางแสดงจำนวนลูกค้าที่ได้จากเลขสุ่ม

เมื่อต้องการสร้างข้อมูลใหม่จะสามารถทำได้โดยเลือกเลขสุ่มในทำนองเดียวกันอีก แล้วดูว่าตกในช่วงตัวเลขที่จำนวนลูกค้าเป็นเท่าไร

2.2.6 <u>การผลิตตัวเลขสุ่ม</u>

โดยที่ตัวเลขแบบสุ่มมีการนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย การหาตัวเลขแบบสุ่มในระยะแรก ๆ กระทำโดยอาศัยเครื่องมือทางกายภาพ เช่น ล้อรูเล็ต ลูกเต๋า ไพ่ กระดาษเขียนเบอร์ เครื่องมือดังกล่าวใช้ได้ เมื่อมีความต้องการใช้ตัวเลขแบบสุ่มจำนวนไม่มากนัก ต่อมาเมื่อมีความต้องการใช้ตัวเลขแบบสุ่มจำนวนมาก ๆ ก็มีการหันไปอาศัยเครื่องมืออิเลคทรอนิคส์ ที่ใช้แพร่หลายที่สุด คือ เครื่องสร้างตัวเลขแบบสุ่มที่สร้างขึ้นโดยบริษัท RAND ซึ่งได้ตัวเลขแบบสุ่มจากเครื่องกำเนิดพัลส์ อิเลคทรอนิคส์ (Electronic Pulse Generator) ซึ่งทำงานด้วยเสียง เครื่องดังกล่าวสามารถสร้างตัวเลขแบบสุ่มได้เป็นล้านตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้เครื่องมือทางกายภาพในการสร้างตัวเลขแบบสุ่มมีปัญหา 2 ประการ คือ เป็นการยากที่จะทำให้คอมพิวเตอร์สามารถเรียกใช้ได้ เมื่อมีความต้องการ และเป็นการยากที่จะทำให้เครื่องมือสร้างตัวเลขแบบสุ่มชุดเดิม เมื่อต้องการใช้ในการเปรียบเทียบวิธีการต่าง ๆ ภายใต้เงื่อนไขของระบบชุดเดียวกัน ซึ่งเราสามารถแก้ปัญหาได้โดยการสร้างตัวเลขแบบสุ่มเสียก่อนแล้วบันทึกตัวเลขลงในหน่วยความจำ

เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการสร้างตัวเลขแบบสุ่มเทียม (Pseudo - random Number) โดยอาศัยสูตรทางคณิตศาสตร์

<u>วิธีการใช้เศษเหลือ</u> (Congruent Method)

วิธีการที่นิยมใช้มากที่สุดในบรรดาวิธีการใช้เศษเหลือในการสร้างตัวเลขแบบสุ่ม ได้แก่การใช้เศษเหลือของผลคูณ (Multiplicative Congruential Method) ซึ่งใช้สูตร

$$X_{i+1} = aX_i \pmod m$$

โดยที่ a และ m เป็นตัวเลขที่ไม่เป็นไปค่าลบ การสร้างตัวเลขแบบสุ่ม เริ่มต้นด้วยตัวเลขเริ่มต้น ตัวเลขตัวต่อไปจะได้จากการคูณด้วยค่าคงที่ a และหารด้วย m เศษเหลือจากการหารคือตัวเลขที่ต้องการ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

สมมติให้ $a = 2$, $m = 10$ และให้ $X_0 = 1$

$X_0 = 1$

$X_1 = (2*1) \bmod 10 = 2$

$X_2 = (2*2) \bmod 10 = 4$

$X_3 = (2*4) \bmod 10 = 8$

$X_4 = (2*8) \bmod 10 = 6$

$X_5 = (2*6) \bmod 10 = 2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7 การแปลงผกผัน (Inverse Transformation Method)

เทคนิคการแปลงผกผันเป็นเทคนิคที่ใช้แปลงตัวแปรสุ่มที่มีลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ ไม่อยู่ในรูปของตัวแปรแบบสุ่มที่มีลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็นแบบอื่น ๆ โดยที่ตัวเลขแบบสุ่มมีลักษณะของการกระจายของความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ กล่าวคือ ตัวเลขทุกตัวมีโอกาสถูกเลือกได้เท่า ๆ กัน เมื่อนำเทคนิคการแปลงผกผันมาใช้ในการแปลงตัวเลขแบบสุ่ม ไปเป็นค่าของตัวแปรแบบสุ่ม ที่มีลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็นแบบต่าง ๆ กระทำได้ดังนี้

ให้ $r = RN(0,1) = F(x) =$ ความน่าจะเป็นสะสม

นั่นคือ $r = \int_{-\infty}^{x} f(x)d(x)$ หรือ $\sum_{0}^{x} p(x)$

และ ค่าตัวแปรแบบสุ่ม $x = F^{-1}(r)$

โดยใช้การแปลงผกผันจะได้ค่าตัวแปรแบบสุ่มที่มีลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นมาตรฐานต่าง ๆ จากตัวเลขแบบสุ่มดังนี้

<u>การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ</u>

$$f(x) = 1/(b-a) \qquad a \leqslant x \leqslant b$$

$$x_i = a + r_i(b-a)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวซงส์

$$f(x) = \frac{e^{-\lambda}\lambda^{x}}{x!} \qquad ; x \geq 0$$

$$\prod_{i=0}^{z} r_i < e^{-\lambda} < \prod_{i=0}^{z+1} r_i$$

การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียล

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x} \qquad ; x \geq 0$$

$$x_i = -\theta \ln(r_i) \qquad ; \theta = 1/\lambda$$

การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบนอร์มอล

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-1/2 \left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \qquad ; -\infty < x < \infty$$

การหาค่าตัวแปรสุ่มที่นิยมมี 3 วิธี คือ

1. โดยวิธีการของ Box และ Muller ซึ่งใช้สร้างค่าตัวแปรสุ่มครั้งละ 2 ค่า จากสูตร

$$X_{i1} = \mu + \sqrt{(-2\ln r_{i1})} \cos(2\pi r_{2i})\sigma$$

$$X_{i2} = \mu + \sqrt{(-2\ln r_{i1})} \sin(2\pi r_{2i})\sigma$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โดยวิธีการของ Marsaglia-Bray ซึ่งใช้สร้างค่าตัวแปรแบบสุ่มครั้งละ 2 ค่าโดยดัดแปลงจากวิธีการของ Box และ Muller โดยใช้สูตร

$$X_{i1} = \mu + (v_{1i}\sqrt{-2\ln S_i} \ / S_i)\sigma$$

$$X_{i2} = \mu + (v_{2i}\sqrt{-2\ln S_i} \ / S_i)\sigma$$

$$v_{1i} = -1 + 2r_{1i}$$

$$v_{2i} = -1 + 2r_{2i}$$

$$S_i = v_{1i}^2 + v_{2i}^2$$

ถ้า $S_i > 1$ ให้เลือกตัวเลขแบบสุ่มเพื่อหาค่า v_{1i} และ v_{2i} ใหม่จนกว่าจะได้ $S_i < 1$

3. โดยใช้ทฤษฎีเข้าสู่ศูนย์กลาง (Central Limit Theorem)

$$x_i = \mu + \left(\sum_{i=1}^{12} r_i - 6 \right)\sigma$$

ในกรณีที่ $\left(\sum_{i=1}^{12} r_i - 6 \right)$ มีค่าเกินกว่า 2 ให้ปรับค่าเป็น

$$x_i = \mu + R\sigma$$

$$R = ((((C_1N^2 + C_2)N^2 + C_3)N^2 + C_4)N^2 + C_5)N$$

เมื่อ $N = \left(\sum_{i=1}^{12} r_i - 6 \right)/4$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C_1 = 0.029899776 C_2 = 0.008355968

C_3 = 0.076542912 C_4 = 0.252408784

C_5 = 3.949846138

ในที่นี้ อัตราการออก ณ บริเวณสี่แยกมีนบุรีใช้การหาค่าตัวแปรแบบสุ่มโดยใช้ทฤษฎีเข้าสู่ส่วนกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

จากการสำรวจ ณ บริเวณสี่แยกมีนบุรี พบว่า สภาพการจราจรคับคั่งในช่วงเวลาเย็น คือ เวลาประมาณ 17.00 - 18.00 น. ซึ่งถือได้ว่าเป็นช่วงเวลาที่มีรถเข้ามาในระบบมากที่สุด

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลจะเก็บในช่วงเวลาที่มีรถเข้ามาในระบบมากที่สุด คือระหว่างเวลา 17.00 - 18.00 น.เป็นระยะเวลา 4 วัน คือ ตั้งแต่วันอาทิตย์ที่ 6 ธันวาคม 2535 ถึงวันพุธที่ 9 ธันวาคม 2535 การเลือกวันที่เก็บข้อมูลโดยเลือกจาก จำนวนรถที่ผ่านเข้ามาที่สี่แยกแห่งนี้ ในวันจันทร์ กับ วันศุกร์จะไล่เลี่ยกัน วันอังคาร ถึง วันพฤหัส และวันเสาร์กับอาทิตย์ ก็เช่นกัน จึงเลือกมา 4 วัน คือ วันอาทิตย์ วันจันทร์ อังคาร และวันพุธ

3.1.1 <u>เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล</u>

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

1. แบบฟอร์มการเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นแบบฟอร์มสำหรับบันทึกเวลาที่รถเข้าและออกจากระบบ และบันทึกเวลาการเปลี่ยนสัญญาณไฟจราจร

ซึ่งรายละเอียดของแบบฟอร์มดูได้จากภาคผนวก ก

2. นาฬิกาจับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 <u>ลักษณะของข้อมูลดิบ</u>

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมานั้น ประกอบด้วย

1. คันที่ที่รถเริ่มเข้ามาในระบบ จะถือว่า ระบบเริ่ม ณ เวลาที่สัญญาณไฟเปลี่ยนเป็นไฟแดง นับรถเป็นคันที่ 1,2,3,...

2. เวลาที่รถเข้าสู่ระบบ โดยรถคันที่ 1 ที่เริ่มเข้าสู่ระบบจะถูกบันทึกเวลา และบันทึกคันที่ 2,3,... เรื่อยไป (ในที่นี้เวลาเริ่มต้น บันทึก คือ 17.00 น.) เวลาที่บันทึกนั้นจะบันทึกเป็นชั่วโมง นาที และวินาที

3. เวลาที่รถออกจากระบบ ถือว่าเวลาที่สัญญาณไฟเปลี่ยนเป็นไฟเขียว เป็นเวลาที่รถเริ่มออกจากระบบ และบันทึกเวลาเช่นเดียวกับเวลาที่รถเข้าสู่ระบบ

4. ในช่อง หมายเหตุ จะบันทึกเฉพาะกรณีรถที่เลี้ยวซ้ายผ่านตลอด

5. เวลาเปลี่ยนสัญญาณไฟ คือ ไฟเขียวและไฟแดง

เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการบันทึกข้อมูลจะบันทึกเวลาเป็นวินาที ซึ่งถ้าหากว่านาทีเปลี่ยนจึงบันทึกนาทีที่เปลี่ยนแปลง ตัวอย่างเช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คันที่	เวลารถเข้า	เวลารถออก	หมายเหตุ	เวลาไฟเขียว	เวลาไฟแดง
1	17.00.02		ช		17.00.01
2	04		ช		.
3	05				.
.	..				.
.	..	17.01.23		17.01.23	.
.	..	.	ช	.	.
n	18.00.00	.	.	.	.

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้จะนำมาวิเคราะห์หาอัตราการเข้ารับบริการ (Arrival Rate ; μ) ของรถ ณ บริเวณสี่แยกมีนบุรี ซึ่งในที่นี้ประกอบด้วยแยกมีนบุรี แยกหนองจอก แยกลาดกระบัง และ แยกรามคำแหง

3.2.1 <u>อัตราการเข้ารับบริการของรถ</u> (μ)

จากข้อมูลที่ได้มาจากการจดบันทึกเวลาที่รถเข้าสู่ระบบ สามารถนำมาหาการแจกแจงความถี่ของรถที่เข้ามาในทุก ๆ 45 วินาทีซึ่งจะนำข้อมูลที่แจกแจงความถี่แล้วนี้ไปหารูปแบบของการแจกแจงการเข้ามาสู่ระบบต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 การแจกแจงความถี่ของรถที่เข้ารับบริการทุก ๆ 45 วินาที ของแยกหนองจอก

จำนวนรถในแต่ละช่วง 45 วินาที (X_i)	ความถี่ (f_i)	ความน่าจะเป็น	f_iX_i	$f_i(X_i-\bar{X})^2$
0	10	0.0313	0	456.8915
1	19	0.0594	19	630.2376
2	20	0.0625	40	453.0330
3	23	0.0719	69	325.0567
4	25	0.0781	100	190.3537
5	30	0.0938	150	92.8620
6	35	0.1094	210	20.1827
7	28	0.0875	196	1.6212
8	23	0.0719	184	35.4005
9	26	0.0813	234	130.5304
10	23	0.0719	230	241.5379
11	18	0.0563	198	323.6922
12	17	0.0531	204	466.8905
13	12	0.0375	156	467.3448
14	4	0.0125	56	209.7066
15	1	0.0031	15	67.9079
16	2	0.0063	32	170.7783
17	2	0.0063	34	209.7408

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1(ต่อ) การแจกแจงความถี่ของรถที่เข้ารับบริการทุก ๆ 45 วินาที ของแยกหนองจอก

จำนวนรถในแต่ละช่วง 45 วินาที (X_i)	ความถี่ (f_i)	ความน่าจะเป็น	f_iX_i	$f_i(X_i-\bar{X})^2$
18	2	0.0063	36	252.7033
รวม	320		2163	4746.471

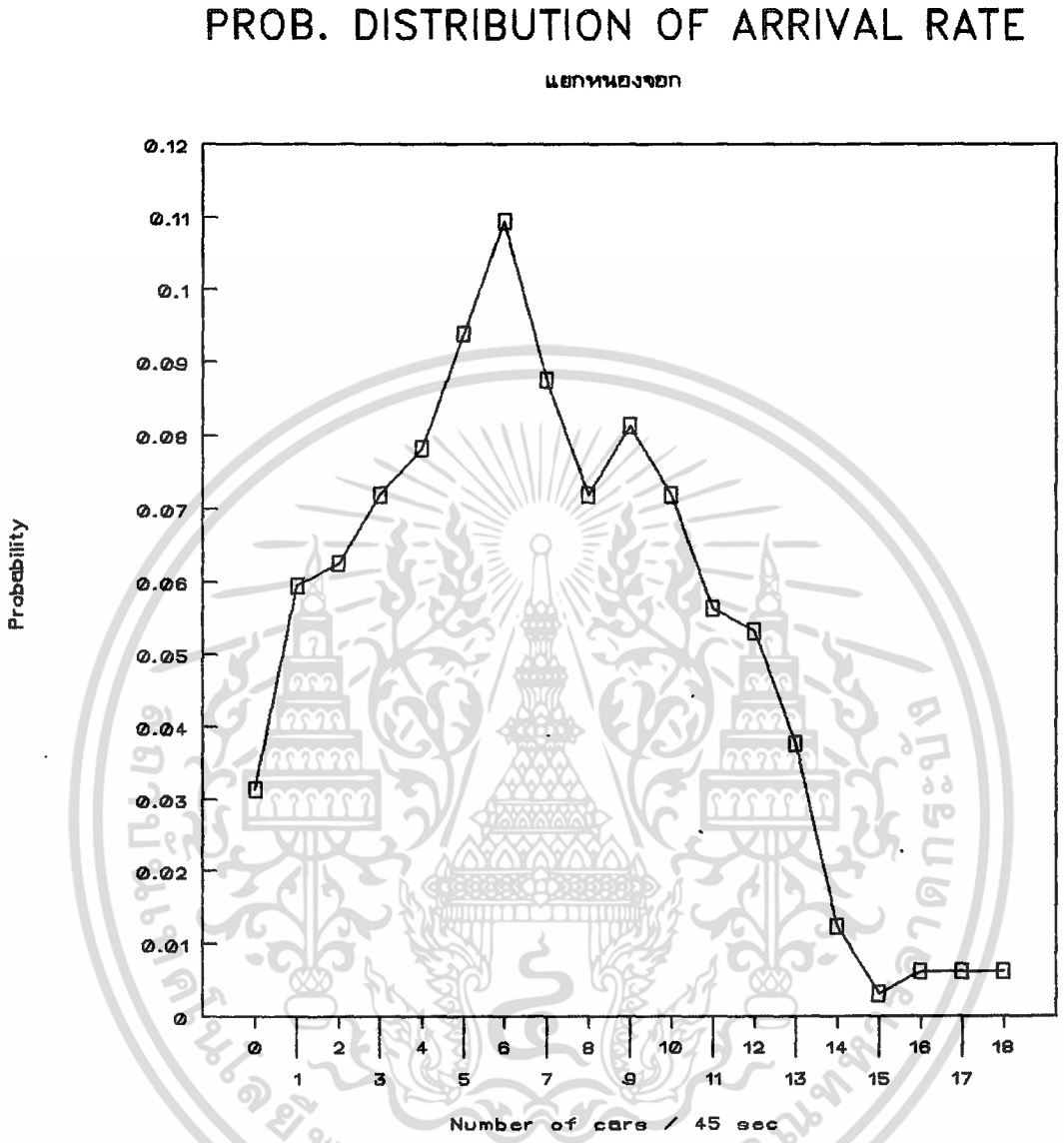
อัตราการเข้ารับบริการของรถ ($\bar{X}$) ที่แยกหนองจอกจะหาได้ดังนี้

$$\bar{X} = \Sigma f_iX_i/N$$
$$= 2163/320$$
$$= 6.7594 \text{ คัน/45 วินาที}$$

ความแปรปรวนของการเข้ารับบริการของรถ ($S.D.^2$)ที่แยกหนองจอกจะหาได้ดังนี้

$$S.D.^2 = \Sigma f_i(X_i - \bar{X})^2/(N-1)$$
$$= 4746/319$$
$$= 14.8792$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.1 กราฟแสดงการแจกแจงความน่าจะเป็นของจำนวนรถที่เข้ารับบริการทุก ๆ 45 วินาที ของแยกหนองจอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 การแจกแจงความถี่ของรถที่เข้ารับบริการทุก ๆ 45 วินาที ของแยกมีนบุรี

จำนวนรถในแต่ละช่วง 45 วินาที (X_i)	ความถี่ (f_i)	ความน่าจะเป็น	f_iX_i	$f_i(X_i-\bar{X})^2$
0	7	0.0219	0	748.9825
1	3	0.0094	3	259.9934
2	7	0.0219	14	483.3200
3	8	0.0250	24	427.4157
4	14	0.0438	56	557.3150
5	15	0.0469	75	422.8419
6	17	0.0531	102	315.7021
7	29	0.0906	203	317.6069
8	23	0.0719	184	122.6639
9	19	0.0594	171	32.5748
10	35	0.1094	350	3.3500
11	18	0.0563	198	8.5853
12	17	0.0531	204	48.5896
13	26	0.0813	338	188.2260
14	15	0.0469	210	204.3107
15	17	0.0531	255	374.0334
16	13	0.0406	208	420.9818
17	12	0.0375	204	537.1736

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2(ต่อ) การแจกแจงความถี่ของรถที่เข้ารับบริการทุก ๆ 45 วินาที แยกมีนบุรี

จำนวนรถในแต่ละช่วง 45 วินาที (X_i)	ความถี่ (f_i)	ความน่าจะเป็น	f_iX_i	$f_i(X_i-\bar{X})^2$
18	6	0.0188	108	354.8743
19	8	0.0250	152	604.2157
20	4	0.0125	80	375.6329
21	2	0.0063	42	228.5789
22	3	0.0094	66	410.0121
24	1	0.0031	24	187.4332
28	1	0.0031	28	312.9582
	320		3299	7942.371

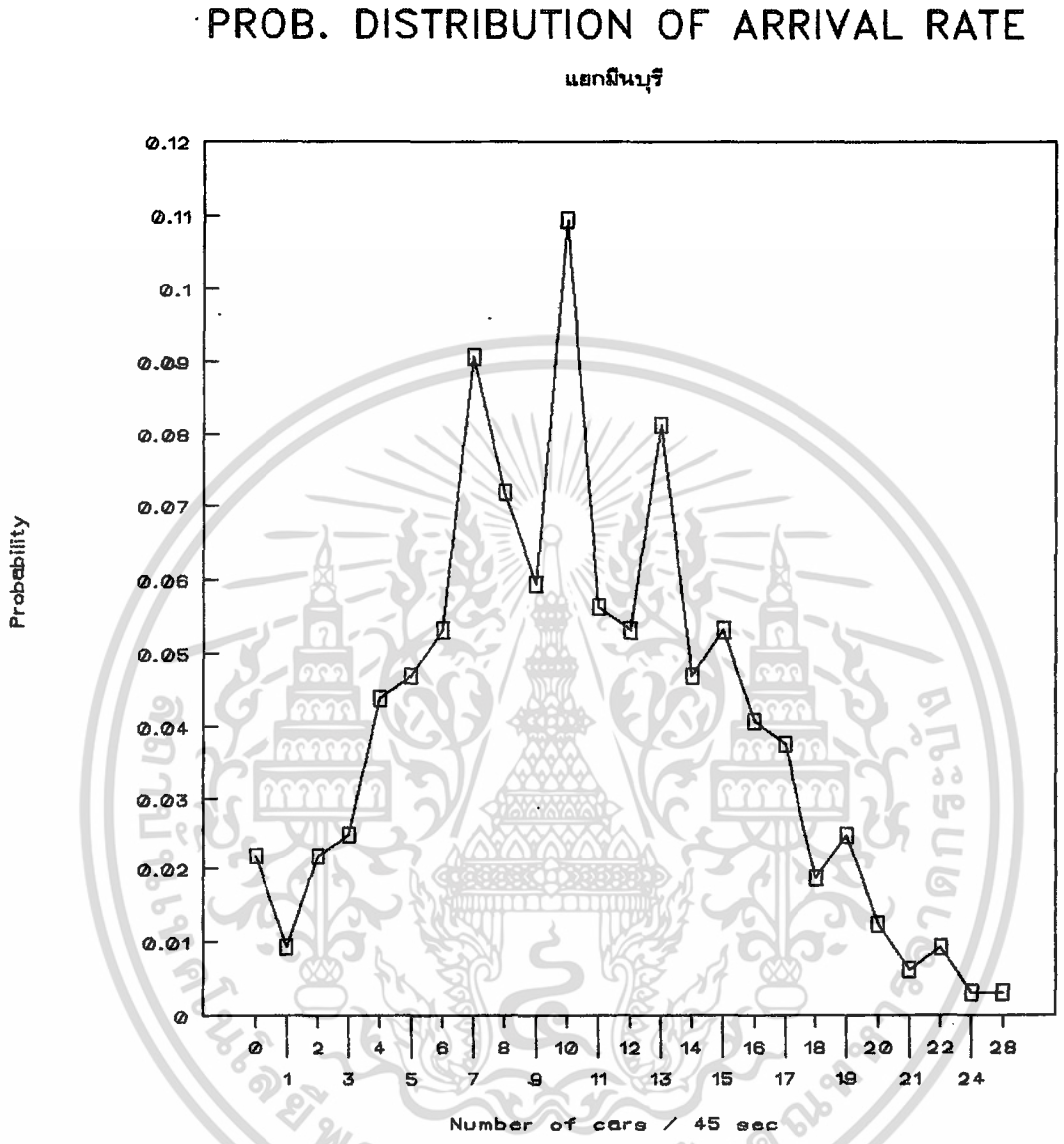
อัตราการเข้ารับบริการของรถ ($\bar{X}$) ที่แยกมีนบุรีจะหาได้ดังนี้

$$\bar{X} = \Sigma f_iX_i/N$$
$$= 3299/320$$
$$= 10.3094 \text{ คัน/45 วินาที}$$

ความแปรปรวนของการเข้ารับบริการของรถ ($S.D.^2$) ที่แยกมีนบุรีจะหาได้ดังนี้

$$S.D.^2 = \Sigma f_i(X_i - \bar{X})^2/(N-1)$$
$$= 7942.371/319$$
$$= 24.8977$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.2 กราฟแสดงการแจกแจงความน่าจะเป็นของจำนวนรถที่เข้ารับบริการทุก ๆ 45 วินาที ของแยกมีนบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 การแจกแจงความถี่ของรถที่เข้ารับบริการทุก ๆ 45 วินาที ของแยกลาดกระบัง

จำนวนรถในแต่ละช่วง 45 วินาที (X_i)	ความถี่ (f_i)	ความน่าจะเป็น	f_iX_i	$f_i(X_i-\bar{X})^2$
0	5	0.0156	0	798.1372
1	10	0.0313	10	1353.5868
2	12	0.0375	24	1357.0792
3	11	0.0344	33	1021.0330
4	13	0.0406	52	969.1816
5	9	0.0281	45	524.5531
6	12	0.0375	72	528.1792
7	11	0.0344	77	349.2080
8	14	0.0438	112	300.6840
9	17	0.0531	153	224.5476
10	18	0.0563	180	124.9188
11	17	0.0531	187	45.4101
12	21	0.0656	252	8.4511
13	19	0.0594	247	2.5400
14	17	0.0531	238	31.7038
15	15	0.0469	225	83.9427
16	14	0.0438	224	158.5840
17	10	0.0313	170	190.5868

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3(ต่อ) การแจกแจงความถี่ของรถที่เข้ารับบริการทุก ๆ 45 วินาที แยกลาดกระบัง

จำนวนรถในแต่ละช่วง 45 วินาที (X_i)	ความถี่ (f_i)	ความน่าจะเป็น	f_iX_i	$f_i(X_i-\bar{X})^2$
18	11	0.0344	198	316.6892
19	9	0.0281	171	364.6906
20	8	0.0250	160	434.0195
21	7	0.0219	147	489.8858
22	6	0.0188	132	526.2896
23	7	0.0219	161	752.1233
24	5	0.0156	120	645.8872
25	4	0.0125	100	611.6347
26	5	0.0156	130	893.1997
28	5	0.0156	140	1180.5122
31	3	0.0094	93	1011.8885
35	2	0.0063	70	1000.4424
36	1	0.0031	36	545.9524
42	2	0.0063	84	1724.6799
	320		4043	18570.2219

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการเข้ารับบริการของรถ ($\bar{X}$) ที่แยกลาดกระบังจะหาได้ดังนี้

$$\bar{X} = \Sigma f_i X_i / N$$

$$= 4043/320$$

$$= 12.6344 \text{ คัน/45 วินาที}$$

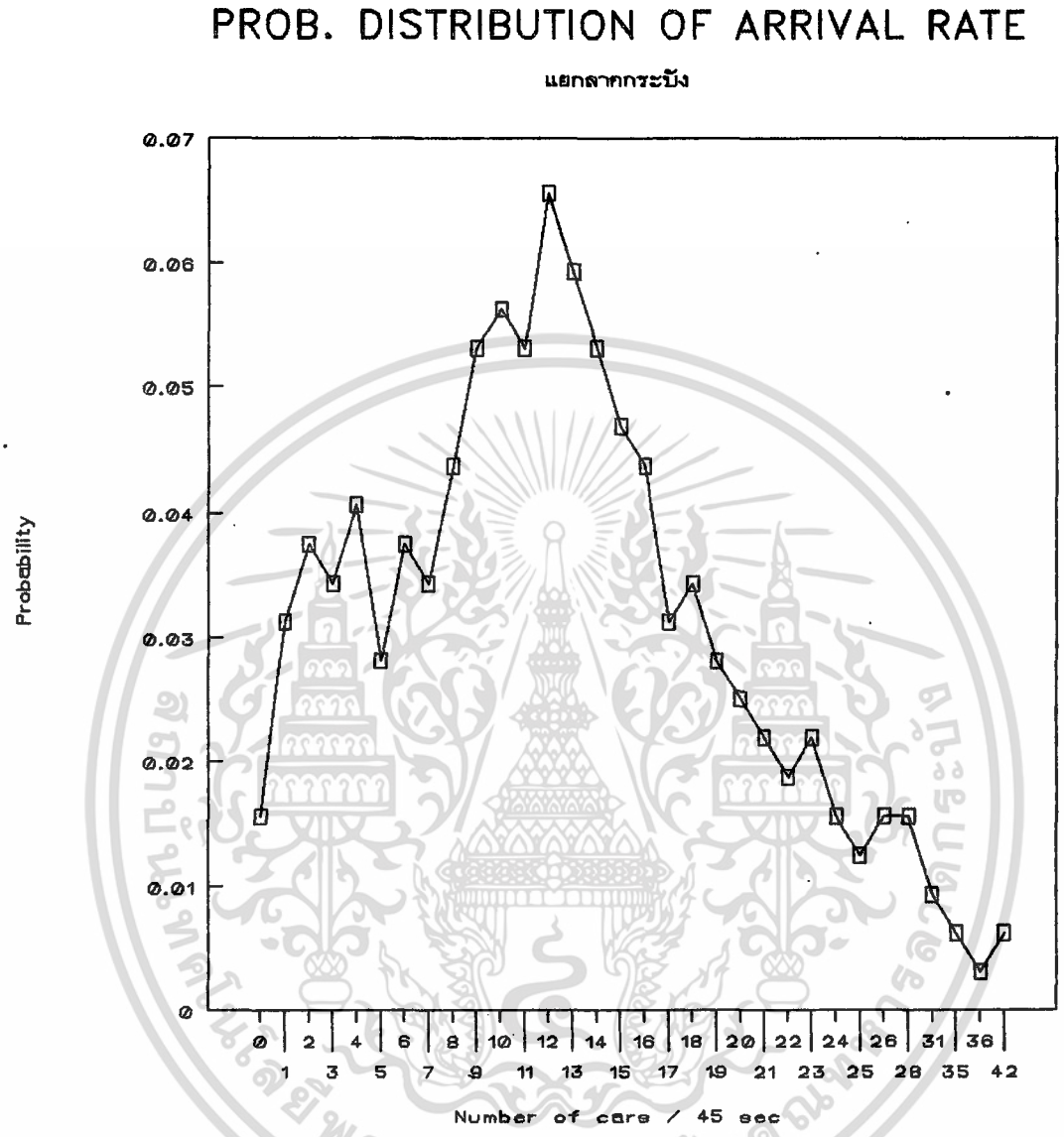
ความแปรปรวนของการเข้ารับบริการของรถ($S.D.^2$)ที่แยกลาดกระบังจะหาได้ดังนี้

$$S.D.^2 = \Sigma f_i (X_i - \bar{X})^2 / (N-1)$$

$$= 18570.2219/319$$

$$= 58.2139$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.3 กราฟแสดงการแจกแจงความน่าจะเป็นของจำนวนรถที่เข้ารับบริการทุก ๆ 45 วินาที ของแยกลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 การแจกแจงความถี่ของรถที่เข้ารับบริการทุก ๆ 45 วินาที แยกรามคำแหง

จำนวนรถในแต่ละช่วง 45 วินาที (X_i)	ความถี่ (f_i)	ความน่าจะเป็น	f_iX_i	$f_i(X_i-\bar{X})^2$
0	20	0.0625	0	825.6125
1	18	0.0563	18	529.7513
2	23	0.0719	46	450.3544
3	30	0.0938	90	351.9187
4	33	0.1031	132	194.0606
5	26	0.0813	130	52.7963
6	28	0.0875	168	5.0575
7	22	0.0688	154	7.2738
8	26	0.0813	208	64.4963
9	19	0.0594	171	125.9819
10	20	0.0625	200	255.6125
11	11	0.0344	121	230.2369
12	12	0.0375	144	372.9675
13	10	0.0313	130	432.3063
14	6	0.0188	84	344.2838
15	8	0.0250	120	588.2450
16	3	0.0094	48	275.0419

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4(ต่อ) การแจกแจงความถี่ของรถที่เข้ารับบริการทุก ๆ 45 วินาที ของแยกรามคำแหง

จำนวนรถในแต่ละช่วง 45 วินาที (X_i)	ความถี่ (f_i)	ความน่าจะเป็น	f_iX_i	$f_i(X_i-\bar{X})^2$
17	2	0.0063	34	223.6613
18	2	0.0063	36	267.9613
22	1	0.0031	22	242.5806
รวม	320		2056	5840.2000

อัตราการเข้ารับบริการของรถ ($\bar{X}$) ที่แยกรามคำแหงจะหาได้ดังนี้

$$\bar{X} = \Sigma f_iX_i/N$$

$$= 2056/320$$

$$= 6.425 \text{ คัน/45 วินาที}$$

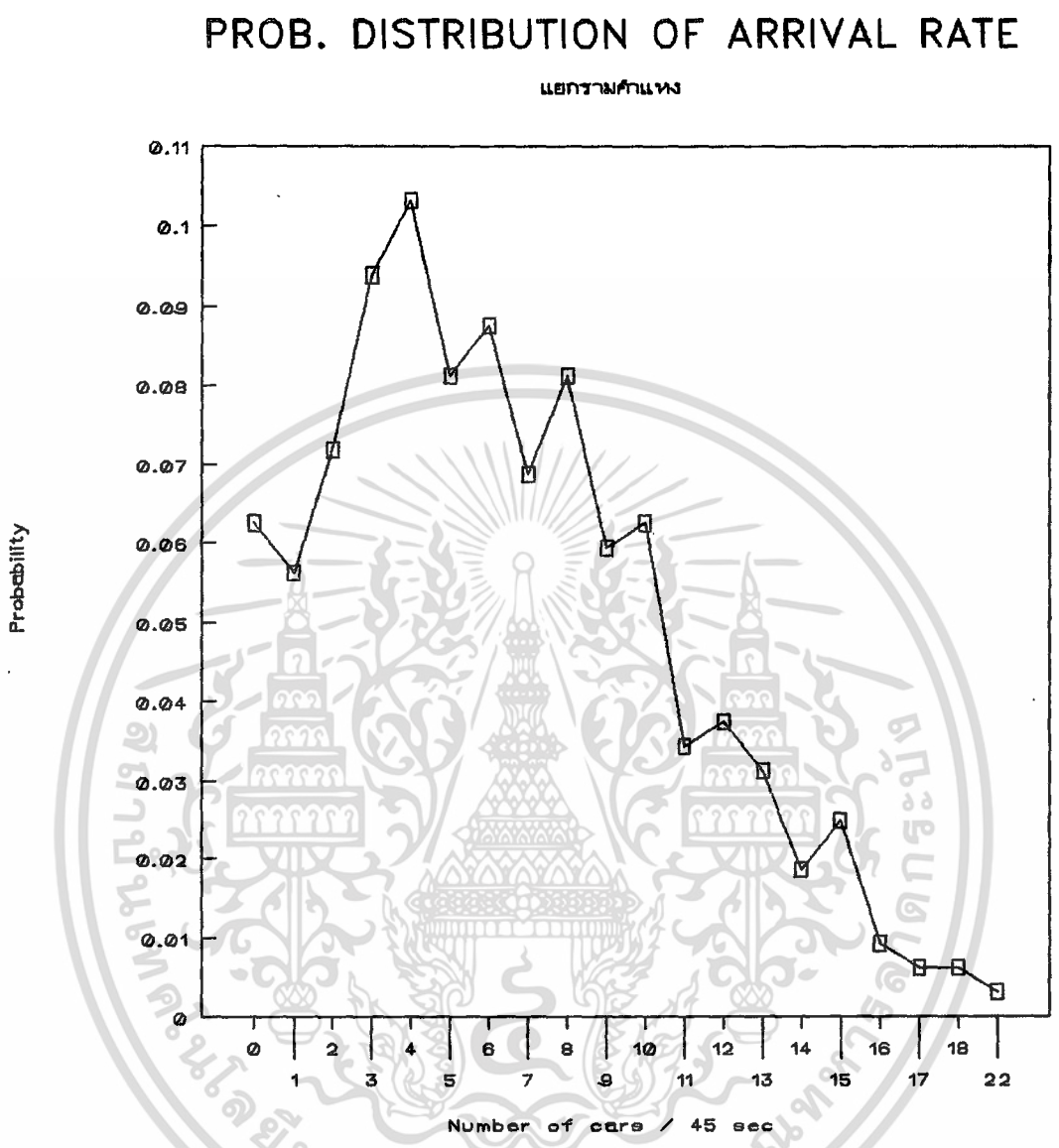
ความแปรปรวนของการเข้ารับบริการของรถ($S.D.^2$)ที่แยกรามคำแหงจะหาได้ดังนี้

$$S.D.^2 = \Sigma f_i(X_i - \bar{X})^2/(N-1)$$

$$= 5840.2/319$$

$$= 18.3078$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.4 กราฟแสดงการแจกแจงความน่าจะเป็นของจำนวนรถที่เข้ารับบริการทุก ๆ 45 วินาที ของแยกรามคำแหง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 <u>การทดสอบหารูปแบบการแจกแจงการเข้ารับบริการของรถ</u>

จะใช้การทดสอบภาวะรูปสนิทดี (Goodness of Fit Test) โดยใช้การทดสอบไคสแควส์ (χ^2 - test) ซึ่งมีวิธีการดังนี้

ก.) ตั้งสมมติฐานของการทดสอบ โดยดูจากกราฟว่ามีรูปคล้ายการแจกแจงแบบใด เช่น

H_0 : จำนวนรถที่เข้ารับบริการมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ

H_1 : จำนวนรถที่เข้ารับบริการไม่มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ

ข.) หาความน่าจะเป็นที่จะมีรถเข้ามารับบริการในทุก ๆ 45 วินาที จาก

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-1/2 \left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

หรือ แปลงให้ตัวแปร X เป็นตัวแปร Z โดยที่

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{S.D.}$$

แล้วเปิดค่าความน่าจะเป็นจากตารางมาตรฐาน

ค.) หาความถี่คาดหวัง (Expected Value) ของจำนวนรถที่เข้ารับบริการจาก

$$E_i = N.f(x_i) \quad ; \quad N = \Sigma O_i$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.) ทดสอบโดยใช้

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{n} (O_i - E_i)^2/E_i$$

จ.) เปรียบเทียบค่า χ^2 ที่คำนวณได้กับค่า χ^2 จากตารางมาตรฐานที่ระดับนัยสำคัญ α และที่องศาแห่งความเป็นอิสระ (Degree of Freedom) ตามข้อมูลที่จะวิเคราะห์

3.2.2.1 การทดสอบหารูปแบบการแจกแจงของการเข้ารับบริการของแยกหนองจอก

สมมติฐานที่กำหนด คือ

H_0 : จำนวนรถที่เข้ารับบริการในแยกหนองจอกมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ

H_1 : จำนวนรถที่เข้ารับบริการในแยกหนองจอกไม่มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปกติ และ ค่าความถี่คาดหวังของจำนวนรถที่เข้ารับบริการ ของแยกหนองจอก (ก่อนการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง)

จำนวนรถ/45วินาที (X_i)	O_i	Z	ความน่าจะเป็น f(x)	E_i
0	10	-1.7523	0.0401	12.8320
1	19	-1.4931	0.0280	8.9600
2	20	-1.2338	0.0412	13.1840
3	23	-0.9746	0.0567	18.1440
4	25	-0.7154	0.0698	22.3360
5	30	-0.4561	0.0870	27.8400
6	35	-0.1969	0.0979	31.3280
7	28	0.0624	0.1032	33.0240
8	23	0.3216	0.1016	32.5120
9	26	0.5809	0.0935	29.9200
10	23	0.8401	0.0805	25.7600
11	18	1.0994	0.0648	20.7360
12	17	1.3586	0.0488	15.6160
13	12	1.6178	0.0343	10.9760
14	4	1.8771	0.0225	7.2000
15	1	2.1363	0.0139	4.4480
16	2	2.3956	0.0080	2.5600
17	2	2.6548	0.0042	1.3440
18	2	2.9141	0.0022	0.7040
รวม	320			320.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปกติของจำนวนรถที่เข้ารับบริการและค่าไคสแควร์ ของแยกหนองจอก (หลังการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง)

จำนวนรถ/45วินาที (X_i)	O_i	ความน่าจะเป็น f(x)	E_i	$(O_i-E_i)^2/E_i$
0	10	0.0401	12.832	0.6250
1	19	0.0280	8.960	11.2502
2	20	0.0412	13.184	3.5238
3	23	0.0567	18.144	1.2996
4	25	0.0698	22.336	0.3177
5	30	0.0870	27.840	0.1676
6	35	0.0979	31.328	0.4304
7	28	0.1032	33.024	0.7643
8	23	0.1016	32.512	2.7829
9	26	0.0935	29.920	0.5136
10	28	0.0805	25.760	0.2957
11	18	0.0648	20.736	0.3610
12	17	0.0488	15.616	0.1227
13	12	0.0348	10.976	0.0955
14	4	0.0225	7.200	1.4222
15	7	0.0283	9.056	0.4668
16				
17				
18				
รวม	320			24.4391

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 3.6 จะได้ว่า

χ^2 จากการคำนวณ = 24.4391

ที่ระดับนัยสำคัญ (α) = 0.025

ที่องศาแห่งความเป็นอิสระ = 13

เปิดตาราง ไคสแควร์ จะได้

χ^2 จากตาราง = 24.736

จะเห็นได้ว่า χ^2 จากการคำนวณ น้อยกว่า χ^2 จากตาราง

เพราะฉะนั้น สรุปได้ว่า จำนวนรถที่เข้ารับบริการในแยกหนองจอก มีการแจกแจงแบบปกติ

3.2.2.2 การทดสอบหารูปการแจกแจงของการเข้ารับบริการของแยกมีนบุรี

สมมติฐานที่กำหนด คือ

H_0 : จำนวนรถที่เข้ารับบริการในแยกมีนบุรีมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ

H_1 : จำนวนรถที่เข้ารับบริการในแยกมีนบุรีไม่มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปกติและค่าความถี่คาดหวังของจำนวนรถที่เข้ารับบริการ ของแยกมีนบุรี (ก่อนการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง)

จำนวนรถ/45วินาที (X_i)	O_i	Z	ความน่าจะเป็น f(x)	E_i
0	7	-2.0661	0.0192	6.1440
1	3	-1.8657	0.0115	3.6800
2	7	-1.6653	0.0168	5.3760
3	8	-1.4649	0.0247	7.9040
4	14	-1.2645	0.0316	10.1120
5	15	-1.0641	0.0408	13.0560
6	17	-0.8636	0.0503	16.0960
7	29	-0.6632	0.0597	19.1040
8	23	-0.4628	0.0682	21.8240
9	19	-0.2624	0.0746	23.8720
10	35	-0.0620	0.0787	25.1840
11	18	0.1384	0.0796	25.4720
12	17	0.3388	0.0774	24.7680
13	26	0.5392	0.0723	23.1360
14	15	0.7396	0.0650	20.8000
15	17	0.9400	0.0560	17.9200
16	13	1.1405	0.0465	14.8800
17	12	1.3409	0.0370	11.8400
18	6	1.5413	0.0283	9.0560
19	8	1.7417	0.0209	6.6880

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7(ต่อ) แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปกติและค่าความถี่คาดหวังของจำนวนรถที่เข้ารับบริการ ของแยกมีนบุรี (ก่อนการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง)

จำนวนรถ/45วินาที (X_i)	O_i	Z	ความน่าจะเป็น f(x)	E_i
20	4	1.9421	0.0147	4.7040
21	2	2.1425	0.0100	3.2000
22	3	2.3429	0.0066	2.1120
24	1	2.7437	0.0065	2.0800
28	1	3.5454	0.0031	0.9920
รวม	320			320.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.8 แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปกติของจำนวนรถที่เข้ารับบริการและค่าไคสแควร์ ของแยกมีนบุรี (หลังการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง)

จำนวนรถ/45วินาที (X_i)	O_i	ความน่าจะเป็น f(x)	E_i	$(O_i-E_i)^2/E_i$
0	7	0.0192	6.1440	0.1193
1	10	0.0283	9.0560	0.0984
2				
3	8	0.0247	7.9040	0.0012
4	14	0.0316	10.1120	1.4949
5	15	0.0408	13.0560	0.2895
6	17	0.0503	16.0960	0.0508
7	29	0.0597	19.1040	5.1262
8	23	0.0682	21.8240	0.0634
9	19	0.0746	23.8720	0.9943
10	35	0.0787	25.1840	3.8260
11	18	0.0796	25.4720	2.1918
12	17	0.0774	24.7680	2.4363
13	26	0.0723	23.1360	0.3545
14	15	0.0650	20.8000	1.6173
15	17	0.0560	17.9200	0.0472
16	13	0.0465	14.8800	0.2375
17	12	0.0370	11.8400	0.0022
18	6	0.0283	9.0560	1.0313
19	8	0.0209	6.6880	0.2574

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.8(ต่อ) แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปกติของจำนวนรถที่เข้ารับบริการและค่าไคสแควร์ ของแยกมีนบุรี (หลังการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง)

จำนวนรถ/45วินาที (X_i)	O_i	ความน่าจะเป็น f(x)	E_i	$(O_i-E_i)^2/E_i$
20	6	0.0247	7.9040	0.4587
21				
22	5	0.0162	5.1840	0.0065
24				
28				
รวม	320			20.7046

จากตารางที่ 3.8 จะได้ว่า

χ^2 จากการคำนวณ = 20.7046

ที่ระดับนัยสำคัญ (α) = 0.05

ที่องศาแห่งความเป็นอิสระ = 18

เปิดตาราง ไคสแควร์ จะได้

χ^2 จากตาราง = 28.869

จะเห็นได้ว่า χ^2 จากการคำนวณ น้อยกว่า χ^2 จากตาราง

เพราะฉะนั้น สรุปได้ว่า จำนวนรถที่เข้ารับบริการในแยกมีนบุรี มีการแจกแจงแบบปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.3 การทดสอบหารูปการแจกแจงของการเข้ารับบริการของแยกลาดกระบัง

สมมติฐานที่กำหนด คือ

H_0 : จำนวนรถที่เข้ารับบริการในแยกลาดกระบังมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ

H_1 : จำนวนรถที่เข้ารับบริการในแยกลาดกระบังไม่มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ

ตารางที่ 3.9 แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปกติและค่าความถี่คาดหวังของจำนวนรถที่เข้ารับบริการ ของแยกลาดกระบัง (ก่อนการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง)

จำนวนรถ/45วินาที (X_i)	O_i	Z	ความน่าจะเป็น f(x)	E_i
0	5	-1.6559	0.0485	15.5200
1	10	-1.5249	0.0158	5.0560
2	12	-1.3938	0.0180	5.7600
3	11	-1.2627	0.0215	6.8800
4	13	-1.1317	0.0254	8.1280
5	9	-1.0006	0.0295	9.4400
6	12	-0.8695	0.0335	10.7200
7	11	-0.7385	0.0374	11.9680
8	14	-0.6074	0.0413	13.2160
9	17	-0.4763	0.0447	14.3040
10	18	-0.3453	0.0476	15.2320
11	17	-0.2142	0.0536	17.1520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.9(ต่อ) แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปกติ และ ค่าความถี่คาดหวังของจำนวนรถที่เข้ารับบริการ ของแยกลาดกระบัง (ก่อนการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง)

จำนวนรถ/45วินาที (X_i)	O_i	Z	ความน่าจะเป็น f(x)	E_i
12	21	-0.0831	0.0513	16.4160
13	19	0.0479	0.0518	16.5760
14	17	0.1790	0.0515	16.4800
15	15	0.3101	0.0503	16.0960
16	14	0.4411	0.0483	15.4560
17	10	0.5722	0.0457	14.6240
18	11	0.7032	0.0423	13.5360
19	9	0.8343	0.0387	12.3840
20	8	0.9654	0.0373	11.9360
21	7	1.0964	0.0303	9.6960
22	6	1.2275	0.0264	8.4480
23	7	1.3586	0.0224	7.1680
24	5	1.4896	0.0188	6.0160
25	4	1.6207	0.0155	4.9600
26	5	1.7518	0.0125	4.0000
28	5	2.0139	0.0179	5.7280
31	3	2.4071	0.0142	4.5440
35	2	2.9314	0.0063	2.0160
36	1	3.0624	0.0006	0.1920

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.9(ต่อ) แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปกติ และ ค่าความถี่คาดหวังของจำนวนรถที่เข้ารับบริการ ของแยกลาดกระบัง (ก่อนการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง)

จำนวนรถ/45วินาที (X_i)	O_i	Z	ความน่าจะเป็น f(x)	E_i
42	2	3.8488	0.0011	0.3520
รวม	320			320.0000

ตารางที่ 3.10 แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปกติของจำนวนรถที่เข้ารับบริการและค่าไคสแควร์ ของแยกลาดกระบัง (หลังการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง)

จำนวนรถ/45วินาที (X_i)	O_i	ความน่าจะเป็น f(x)	E_i	$(O_i-E_i)^2/E_i$
0	5	0.0485	15.5200	7.1308
1	10	0.0158	5.0560	4.8345
2	12	0.0180	5.7600	6.7600
3	11	0.0215	6.8800	2.4672
4	13	0.0254	8.1280	2.9203
5	9	0.0295	9.4400	0.0205
6	12	0.0335	10.7200	0.1528

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.10(ต่อ) แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปกติของจำนวนรถที่เข้ารับบริการ และค่าไคสแควร์ ของแยกลาดกระบัง (หลังการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง)

จำนวนรถ/45วินาที (X_i)	O_i	ความน่าจะเป็น f(x)	E_i	$(O_i-E_i)^2/E_i$
7	11	0.0374	11.9680	0.0783
8	14	0.0413	13.2160	0.0465
9	17	0.0447	14.3040	0.5081
10	18	0.0476	15.2320	0.5030
11	17	0.0536	17.1520	0.0013
12	21	0.0513	16.4160	1.2800
13	19	0.0518	16.5760	0.3545
14	17	0.0515	16.4800	0.0164
15	15	0.0503	16.0960	0.0746
16	14	0.0483	15.4560	0.1372
17	10	0.0457	14.6240	1.4621
18	11	0.0423	13.5360	0.4751
19	9	0.0387	12.3840	0.9247
20	8	0.0373	11.9360	1.2979
21	7	0.0303	9.6960	0.7496
22	6	0.0264	8.4480	0.7094
23	7	0.0224	7.1680	0.0039
24	5	0.0188	6.0160	0.1716
25	9	0.0280	8.9600	0.0002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.10(ต่อ) แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปกติของจำนวนรถที่เข้ารับบริการ และค่าไคสแควร์ ของแยกลาดกระบัง (หลังการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง)

จำนวนรถ/45วินาที (X_i)	O_i	ความน่าจะเป็น f(x)	E_i	$(O_i-E_i)^2/E_i$
26				
28	5	0.0179	5.7280	0.0925
31	8	0.0222	7.1040	0.1130
35				
36				
42				
	320			33.2862

จากตารางที่ 3.10 จะได้ว่า

χ^2 จากการคำนวณ = 33.2862

ที่ระดับนัยสำคัญ (α) = 0.05

ที่องศาแห่งความเป็นอิสระ = 25

เปิดตาราง ไคสแควร์ จะได้

χ^2 จากตาราง = 37.652

จะเห็นได้ว่า χ^2 จากการคำนวณ น้อยกว่า χ^2 จากตาราง

เพราะฉะนั้น สรุปได้ว่า จำนวนรถที่เข้ารับบริการในแยกลาดกระบัง มีการแจกแจงแบบปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.4 การทดสอบหารูปการแจกแจงของการเข้ารับบริการของแยกรามคำแหง

สมมติฐานที่กำหนด คือ

H_0 : จำนวนรถที่เข้ารับบริการในแยกรามคำแหงมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ

H_1 : จำนวนรถที่เข้ารับบริการในแยกรามคำแหงไม่มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ

ตารางที่ 3.11 แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปกติ และ ค่าความถี่คาดหวังของจำนวนรถที่เข้ารับบริการ ของแยกรามคำแหง (ก่อนการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง)

จำนวนรถ/45วินาที (X_i)	O_i	Z	ความน่าจะเป็น f(x)	E_i
0	20	-1.5016	0.0668	21.3760
1	18	-1.2679	0.0352	11.2640
2	23	-1.0342	0.0495	15.8400
3	30	-0.8005	0.0604	19.3280
4	33	-0.5668	0.0724	23.1680
5	26	-0.3330	0.0864	27.6480
6	28	-0.0993	0.0895	28.6400
7	22	0.1344	0.0915	29.2800
8	26	0.3681	0.0926	29.6320
9	19	0.6018	0.0814	26.0480
10	20	0.8355	0.0738	23.6160
11	11	1.0692	0.0582	18.6240

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.11(ต่อ) แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปกติและค่าความถี่คาดหวังของจำนวนรถที่เข้ารับบริการ ของแยกรามคำแหง (ก่อนการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง)

จำนวนรถ/45วินาที (X_i)	O_i	Z	ความน่าจะเป็น f(x)	E_i
12	12	1.3029	0.0455	14.5600
13	10	1.5367	0.0350	11.2000
14	6	1.7704	0.0234	7.4880
15	8	2.0041	0.0156	4.9920
16	3	2.2378	0.0103	3.2960
17	2	2.4715	0.0057	1.8240
18	2	2.7052	0.0034	1.0880
22	1	3.6401	0.0034	1.0880
รวม	320			320.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.12 แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปกติของจำนวนรถที่เข้ารับบริการและค่าไคสแควร์ ของแยกรามคำแหง (หลังการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง)

จำนวนรถ/45วินาที (X_i)	O_i	ความน่าจะเป็น f(x)	E_i	$(O_i-E_i)^2/E_i$
0	20	0.0668	21.3760	0.0886
1	18	0.0352	11.2640	4.0282
2	23	0.0495	15.8400	3.2365
3	30	0.0604	19.3280	5.8926
4	33	0.0724	23.1680	4.1725
5	26	0.0864	27.6480	0.0982
6	28	0.0895	28.6400	0.0143
7	22	0.0915	29.2800	1.8101
8	26	0.0926	29.6320	0.4452
9	19	0.0814	26.0480	1.9070
10	20	0.0738	23.6160	0.5537
11	11	0.0582	18.6240	3.1210
12	12	0.0455	14.5600	0.4501
13	10	0.0350	11.2000	0.1286
14	14	0.0390	12.4800	0.1851
15				
16	8	0.0228	7.2960	0.0679
17				
18				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.12 แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปกติของจำนวนรถที่เข้ารับบริการและค่าไคสแควร์ ของแยกรามคำแหง (หลังการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง)

จำนวนรถ/45วินาที (X_i)	O_i	ความน่าจะเป็น f(x)	E_i	$(O_i-E_i)^2/E_i$
22				
รวม	320			26.1995

จากตารางที่ 3.12 จะได้ว่า

χ^2 จากการคำนวณ = 26.1995

ที่ระดับนัยสำคัญ (α) = 0.01

ที่องศาแห่งความเป็นอิสระ = 13

เปิดตาราง ไคสแควร์ จะได้

χ^2 จากตาราง = 27.688

จะเห็นได้ว่า χ^2 จากการคำนวณ น้อยกว่า χ^2 จากตาราง

เพราะฉะนั้น สรุปได้ว่า จำนวนรถที่เข้ารับบริการในแยกรามคำแหง มีการแจกแจงแบบปกติ

3.2.3 อัตราการออกของรถ

จากการจดบันทึกจำนวนรถที่ออก และช่วงเวลาไฟเขียว ทำให้สามารถหาอัตราการออกได้โดยหาจำนวนรถที่ออกต่อ 45 วินาทีนำมาสร้างตารางแจกแจงความถี่ของแต่ละแยกได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.13 การแจกแจงความถี่ของรถที่ออกทุก ๆ 45 วินาที ของแยกหนองจอก

จำนวนรถในแต่ละช่วง 45 วินาที	จุดกึ่งกลาง (X_i)	ความถี่ (f_i)	ความถี่สะสม	f_iX_i
10-20	15	7	7	105
21-31	26	23	30	598
32-42	37	23	53	851
43-53	48	8	61	384
54-64	59	3	64	177
รวม		64		2115

อัตราการออกของรถของแยกหนองจอก หาได้จาก

$= \Sigma f_iX_i/N$

$= 2115/64$

$= 33.0469$ คัน/45 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.14 การแจกแจงความถี่ของรถที่ออกทุก ๆ 45 วินาที ของแยกมีนบุรี

จำนวนรถในแต่ละช่วง 45 วินาที	จุดกึ่งกลาง (X_i)	ความถี่ (f_i)	ความถี่สะสม	f_iX_i
10-20	15	2	2	30
21-31	26	19	21	494
32-42	37	33	54	1221
43-53	48	4	58	192
65-75	70	1	59	70
รวม		59		2007

อัตราการออกของรถของแยกมีนบุรี หาได้จาก

$= \Sigma f_iX_i/N$

$= 2007/59$

$= 34.0169$ คัน/45 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.15 การแจกแจงความถี่ของรถที่ออกทุก ๆ 45 วินาที ของแยกลาดกระบัง

จำนวนรถในแต่ละช่วง 45 วินาที	จุดกึ่งกลาง (X_i)	ความถี่ (f_i)	ความถี่สะสม	f_iX_i
10-20	15	4	4	60
21-31	26	13	17	338
32-42	37	40	57	1480
43-53	48	10	67	480
65-75	70	2	69	140
รวม		69		2498

อัตราการออกของรถของแยกลาดกระบัง หาได้จาก

$= \Sigma f_iX_i/N$

$= 2498/69$

$= 36.2029$ คัน/45 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.16 การแจกแจงความถี่ของรถที่ออกทุก ๆ 45 วินาที ของแยกรามคำแหง

จำนวนรถในแต่ละช่วง 45 วินาที	จุดกึ่งกลาง (X_i)	ความถี่ (f_i)	ความถี่สะสม	f_iX_i
10-20	15	3	3	45
21-31	26	15	18	390
32-42	37	23	41	851
43-53	48	15	56	720
54-64	59	5	61	295
65-75	70	2	63	140
76-86	81	1	64	81
รวม		64		2522

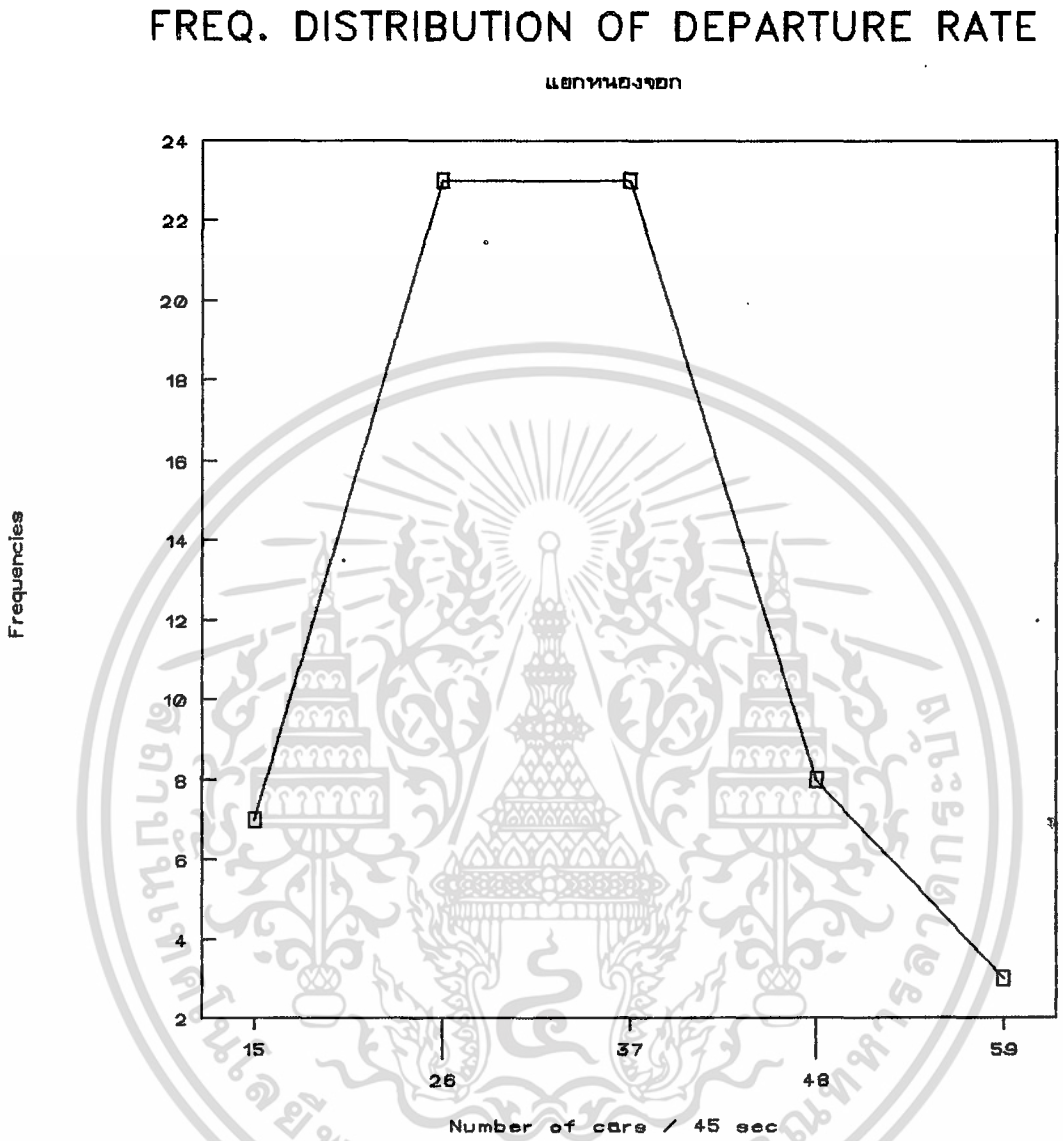
อัตราการออกของรถของแยกรามคำแหง หาได้จาก

$= \Sigma f_iX_i/N$

$= 2522/64$

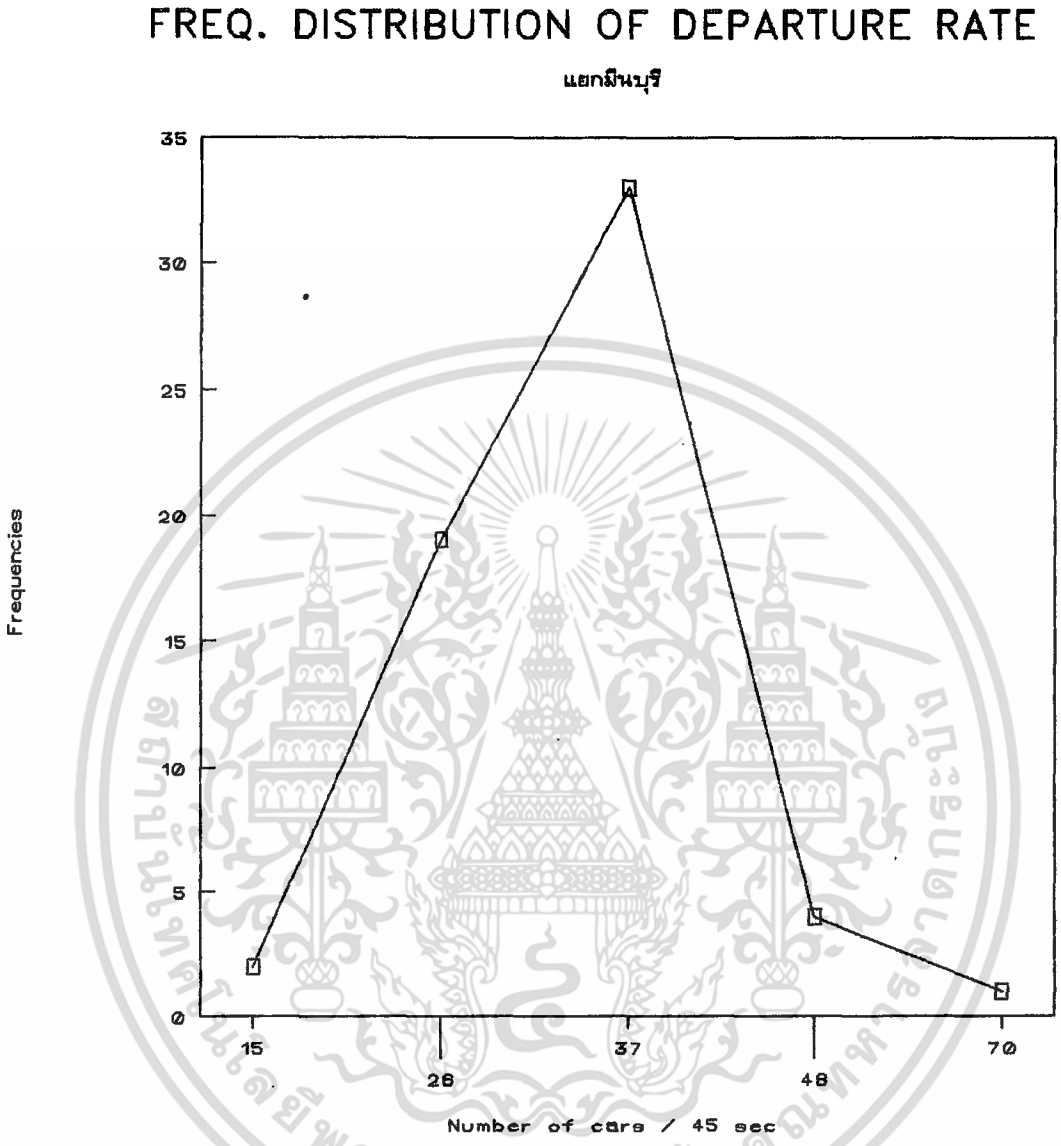
$= 39.4063$ คัน/45 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



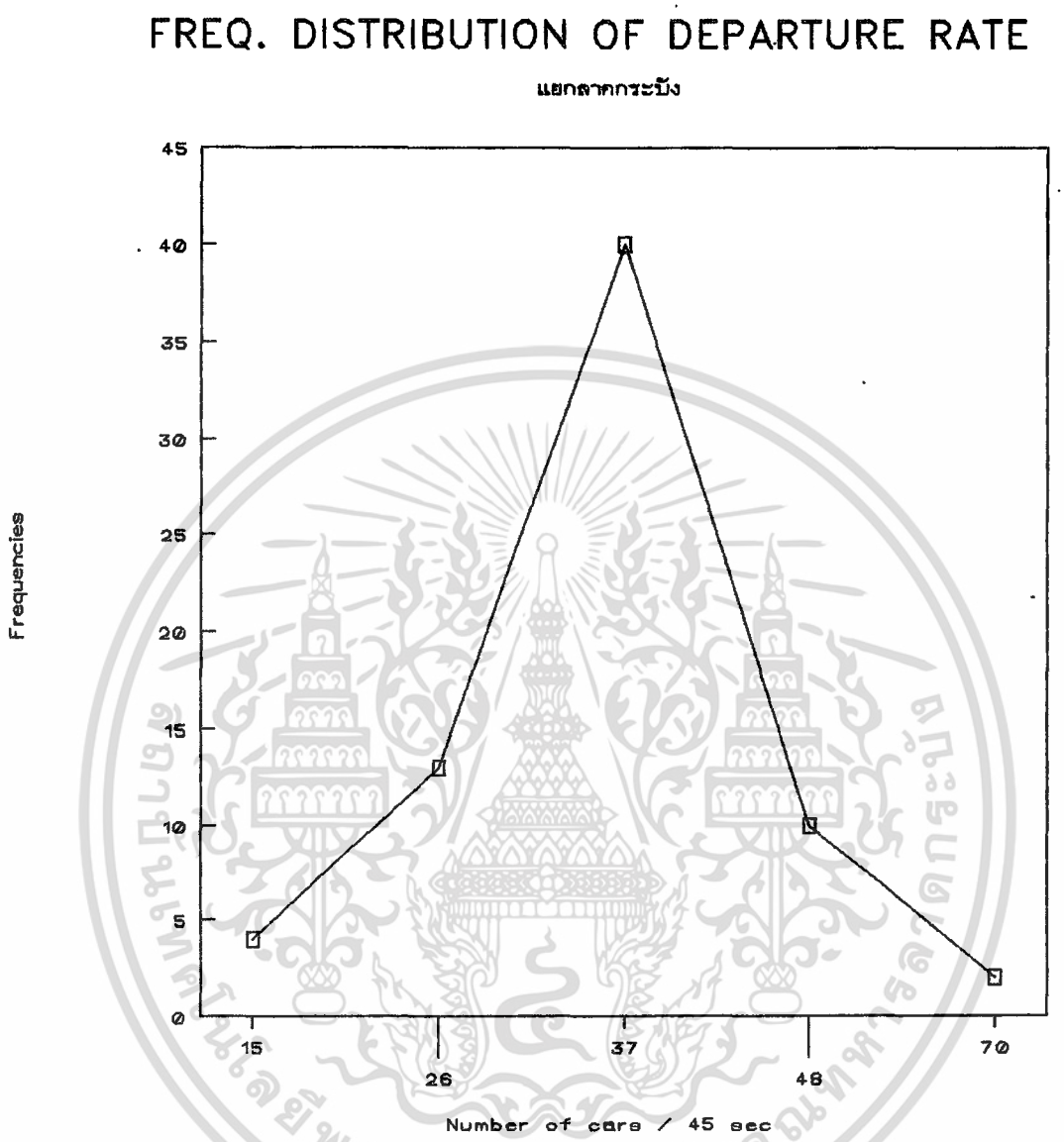
รูป 3.5 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนรถที่ออกของแยกหนองจอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



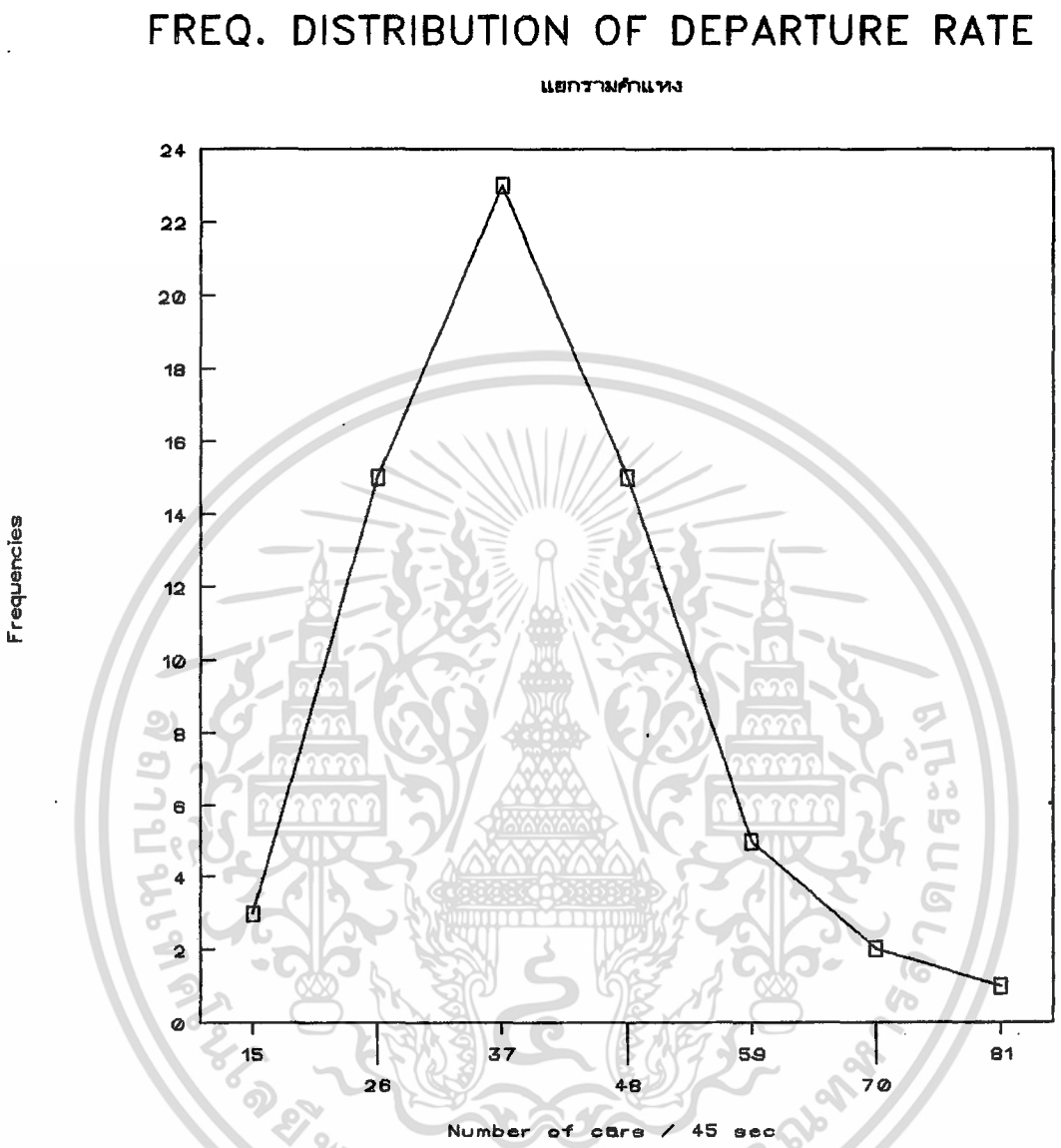
รูป 3.6 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนรถที่ออกของแยกมีนบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.7 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนรถที่ออกของแยกสาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.8 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนรถที่ออกของแยกรามคำแหง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การทดสอบหารูปแบบการแจกแจงการออกของรถ

เนื่องจากไม่สามารถหาการแจกแจงความน่าจะเป็น ของจำนวนรถที่ออกของทั้งสี่แยกได้ เพราะองศาแห่งความเป็นอิสระมีค่าน้อยมาก ๆ ดังนั้นจึงผลิตตัวแปรสุ่มแทนการแจกแจงความน่าจะเป็นของจำนวนรถที่ออกของทั้งสี่แยก ด้วยวิธีสร้างช่วงของตัวเลขสุ่มของข้อมูล (เทคนิคมอนติคาร์โล) ซึ่งแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.17 ช่วงของตัวเลขสุ่มของจำนวนรถที่ออกทุก ๆ 45 วินาทีของแยกหนองจอก

จำนวนรถในแต่ละช่วง 45 วินาที (X_i)	ความถี่ (f_i)	ความถี่สะสม	ความน่าจะเป็น	ความน่าจะเป็นสะสม	ช่วงของตัวเลขสุ่ม
15	7	7	0.1094	0.1094	0.0000-0.1093
26	23	30	0.3594	0.4688	0.1094-0.4687
37	23	53	0.3594	0.8282	0.4688-0.8281
48	8	61	0.1250	0.9532	0.8282-0.9531
59	3	64	0.0469	1.0000	0.9532-0.9999

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.18 ช่วงของตัวเลขสุ่มของจำนวนรถที่ออกทุก ๆ 45 วินาทีของแยกมีนบุรี

จำนวนรถในแต่ละช่วง 45 วินาที (X_i)	ความถี่ (f_i)	ความถี่สะสม	ความน่าจะเป็น	ความน่าจะเป็นสะสม	ช่วงของตัวเลขสุ่ม
15	2	2	0.0339	0.0339	0.0000-0.0338
26	19	21	0.3220	0.3559	0.0339-0.3558
37	33	54	0.5593	0.9153	0.3559-0.9152
48	4	58	0.0678	0.9831	0.9153-0.9830
70	1	59	0.0169	1.0000	0.9831-0.9999

ตารางที่ 3.19 ช่วงของตัวเลขสุ่มของจำนวนรถที่ออกจากแยกลาดกระบัง

จำนวนรถในแต่ละช่วง 45 วินาที (X_i)	ความถี่ (f_i)	ความถี่สะสม	ความน่าจะเป็น	ความน่าจะเป็นสะสม	ช่วงของตัวเลขสุ่ม
15	4	4	0.0580	0.0580	0.0000-0.0579
26	13	17	0.1884	0.2464	0.0580-0.2463
37	40	57	0.5797	0.8261	0.2464-0.8260
48	10	67	0.1449	0.9710	0.8261-0.9709
70	2	69	0.0290	1.0000	0.9710-1.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.20 ช่วงของตัวเลขสุ่มของจำนวนรถที่ออกทุก 45 วินาที ของแยกรามคำแหง

จำนวนรถในแต่ละช่วง 45 วินาที (X_i)	ความถี่ (f_i)	ความถี่สะสม	ความน่าจะเป็น	ความน่าจะเป็นสะสม	ช่วงของตัวเลขสุ่ม
15	3	3	0.0469	0.0469	0.0000-0.0468
26	15	18	0.2344	0.2813	0.0469-0.2812
37	23	41	0.3594	0.6407	0.2813-0.6406
48	15	56	0.2344	0.8750	0.6407-0.8749
59	5	61	0.0781	0.9532	0.8750-0.9531
70	2	63	0.0313	0.9844	0.9532-0.9843
81	1	64	0.0156	1.0000	0.9844-0.9999

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์แบบจำลอง

4.1 ผลการวิเคราะห์ระบบแถวคอยของรถ ณ สี่แยกมีนบุรี

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ผ่านมา ทำให้ทราบการแจกแจงการเข้ารับบริการของรถในช่วงเวลา 17.00 - 18.00 น. ซึ่งพบว่า มีการแจกแจงโดยมีค่าเฉลี่ย ดังนี้

แยกหนองจอก การเข้ารับบริการมีการแจกแจงแบบปกติ
ค่าเฉลี่ย = 6.7594 คัน / 45 วินาที
ความแปรปรวน = 14.8792

แยกมีนบุรี การเข้ารับบริการมีการแจกแจงแบบปกติ
ค่าเฉลี่ย = 10.3094 คัน / 45 วินาที
ความแปรปรวน = 24.8977

แยกลาดกระบัง การเข้ารับบริการมีการแจกแจงแบบปกติ
ค่าเฉลี่ย = 12.6344 คัน / 45 วินาที
ความแปรปรวน = 58.0319

แยกรามคำแหง การเข้ารับบริการมีการแจกแจงแบบปกติ
ค่าเฉลี่ย = 6.4250 คัน / 45 วินาที
ความแปรปรวน = 18.3078

และอัตราการออกของรถ ไม่มีการแจกแจงความน่าจะเป็นตามรูปแบบใดเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ ระบบแถวคอยของรถ ณ บริเวณสี่แยกมีนบุรี ในระบบจริงเป็นดังนี้

<u>แยกหนองจอก</u>

1. เวลาสะสมในการรอคอย = 82,508 วินาที
2. จำนวนรถที่เข้ารับบริการ = 524 คัน
3. เวลารอคอยโดยเฉลี่ย = 157 วินาที / คัน

<u>แยกมีนบุรี</u>

1. เวลาสะสมในการรอคอย = 44,603 วินาที
2. จำนวนรถที่เข้ารับบริการ = 825 คัน
3. เวลารอคอยโดยเฉลี่ย = 54 วินาที / คัน

<u>แยกลาดกระบัง</u>

1. เวลาสะสมในการรอคอย = 124,813 วินาที
2. จำนวนรถที่เข้ารับบริการ = 985 คัน
3. เวลารอคอยโดยเฉลี่ย = 127 วินาที / คัน

<u>แยกรามคำแหง</u>

1. เวลาสะสมในการรอคอย = 22,522 วินาที
2. จำนวนรถที่เข้ารับบริการ = 525 คัน
3. เวลารอคอยโดยเฉลี่ย = 43 วินาที / คัน

4.2 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยของรถ ณ สี่แยกมีนบุรี

ในแบบจำลองที่สร้างขึ้นนี้จะเป็นประเภทเคลื่อนไปตามเวลาที่คงที่ โดยตั้งให้เป็น 15 วินาที นาฬิกาของแบบจำลองจะเปลี่ยนไปจนครบ 1 ชม. ซึ่งเท่ากับระบบจริง และเพื่อให้แบบจำลองมีประสิทธิภาพจึงจะทำการจำลองซ้ำ ๆ กัน ทั้งหมด 20 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของการจำลองระบบโดยนำผลทั้ง 20 รอบ ที่ทำซ้ำมาเฉลี่ย ได้ผลดังนี้

<u>แยกหนองจอก</u>

1. เวลาสะสมในการรอคอย = 84,303 วินาที
2. จำนวนรถที่เข้ารับบริการ = 543 คัน
3. เวลารอคอยโดยเฉลี่ย = 155 วินาที / คัน

<u>แยกมีนบุรี</u>

1. เวลาสะสมในการรอคอย = 43,119 วินาที
2. จำนวนรถที่เข้ารับบริการ = 818 คัน
3. เวลารอคอยโดยเฉลี่ย = 53 วินาที / คัน

<u>แยกลาดกระบัง</u>

1. เวลาสะสมในการรอคอย = 128,911 วินาที
2. จำนวนรถที่เข้ารับบริการ = 1,005 คัน
3. เวลารอคอยโดยเฉลี่ย = 127 วินาที / คัน

<u>แยกรามคำแหง</u>

1. เวลาสะสมในการรอคอย = 23,621 วินาที
2. จำนวนรถที่เข้ารับบริการ = 520 คัน
3. เวลารอคอยโดยเฉลี่ย = 45 วินาที / คัน

4.3 ความเชื่อถือได้ของการจำลองแบบ

การจำลองแบบภายใต้ข้อสมมติต่าง ๆ ที่เป็นไปตามระบบจริง สามารถทดสอบความเชื่อถือได้โดยเปรียบเทียบค่าต่าง ๆ ที่จำลองได้กับระบบจริง โดยจะทดสอบหาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง = ((ผลการจำลอง - ผลระบบจริง)/ผลระบบจริง)*100
ซึ่งจะได้ผลการเปรียบเทียบดังนี้

แยกหนองจอก

		ระบบจำลอง	ระบบจริง	ความแตกต่าง(%)
1.	เวลาสะสมในการรอคอย	84,303	82,508	2.1755
2.	จำนวนรถที่เข้า	543	524	3.6260
3.	เวลารอคอยโดยเฉลี่ย	155	157	-1.2739

แยกมีนบุรี

		ระบบจำลอง	ระบบจริง	ความแตกต่าง(%)
1.	เวลาสะสมในการรอคอย	43,119	44,603	-3.3271
2.	จำนวนรถที่เข้า	818	825	-0.8485
3.	เวลารอคอยโดยเฉลี่ย	53	54	-1.8519

แยกลาดกระบัง

		ระบบจำลอง	ระบบจริง	ความแตกต่าง(%)
1.	เวลาสะสมในการรอคอย	128,911	124,813	3.2833
2.	จำนวนรถที่เข้า	1,005	985	2.0305
3.	เวลารอคอยโดยเฉลี่ย	127	127	0.0000

แยกรามคำแหง

		ระบบจำลอง	ระบบจริง	ความแตกต่าง(%)
1.	เวลาสะสมในการรอคอย	23,621	22,522	4.8797
2.	จำนวนรถที่เข้า	520	525	-0.9524
3.	เวลารอคอยโดยเฉลี่ย	45	43	4.6512

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดสอบนโยบาย

นโยบายที่จะทดสอบ คือ จะหาเวลาเปิดไฟเขียวของแต่ละแยกที่เหมาะสม คือ ทำให้เวลารอคอยของแต่ละแยกมีค่าน้อย การทดสอบนโยบายจะทดสอบทั้งหมด 3 นโยบาย โดยแต่ละนโยบายที่จะทดสอบ จะพิจารณาจากอัตราการเข้ารับบริการ หากแยกใดที่มีรถเข้ามามากก็จะให้เวลาเปิดไฟเขียวของแยกนั้นนานกว่าแยกอื่น แยกไหนที่มีรถเข้าน้อยก็จะให้เวลาเปิดไฟเขียวของแยกนั้นน้อยกว่าแยกที่มีรถเข้ามามาก

นโยบายที่ทดสอบมีดังนี้

<u>นโยบายที่ 1</u>

1. ให้ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกหนองจอกเป็น 45 วินาที
2. ให้ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกมีนบุรีเป็น 75 วินาที
3. ให้ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกลาดกระบังเป็น 90 วินาที
4. ให้ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกรามคำแหงเป็น 30 วินาที

<u>นโยบายที่ 2</u>

1. ให้ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกหนองจอกเป็น 30 วินาที
2. ให้ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกมีนบุรีเป็น 45 วินาที
3. ให้ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกลาดกระบังเป็น 60 วินาที
4. ให้ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกรามคำแหงเป็น 15 วินาที

<u>นโยบายที่ 3</u>

1. ให้ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกหนองจอกเป็น 45 วินาที
2. ให้ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกมีนบุรีเป็น 60 วินาที
3. ให้ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกลาดกระบังเป็น 75 วินาที
4. ให้ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกรามคำแหงเป็น 30 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการจำลองของแต่ละนโยบาย เป็นดังนี้

นโยบายที่ 1 *แยกหนองจอก 45 วินาที , แยกมีนบุรี 75 วินาที*
แยกลาดกระบัง 90 วินาที , แยกรามคำแหง 30 วินาที

แยกหนองจอก

1. เวลาสะสมในการรอคอย 79,557 วินาที
2. จำนวนรถที่เข้า 541 คัน
3. เวลารอคอยโดยเฉลี่ย 146 วินาที / คัน

แยกมีนบุรี

1. เวลาสะสมในการรอคอย 44,180 วินาที
2. จำนวนรถที่เข้า 829 คัน
3. เวลารอคอยโดยเฉลี่ย 53 วินาที / คัน

แยกลาดกระบัง

1. เวลาสะสมในการรอคอย 51,168 วินาที
2. จำนวนรถที่เข้า 1,014 คัน
3. เวลารอคอยโดยเฉลี่ย 50 วินาที / คัน1.

แยกรามคำแหง

1. เวลาสะสมในการรอคอย 39,277 วินาที
2. จำนวนรถที่เข้า 513 คัน
3. เวลารอคอยโดยเฉลี่ย 76 วินาที / คัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นโยบายที่ 2 *แยกหนองจอก 30 วินาที , แยกมีนบุรี 45 วินาที*
แยกลาดกระบัง 60 วินาที , แยกรามคำแหง 15 วินาที

แยกหนองจอก

1. เวลาสะสมในการรอคอย 41,899 วินาที
2. จำนวนรถที่เข้า 548 คัน
3. เวลารอคอยโดยเฉลี่ย 76 วินาที / คัน

แยกมีนบุรี

1. เวลาสะสมในการรอคอย 34,095 วินาที
2. จำนวนรถที่เข้า 820 คัน
3. เวลารอคอยโดยเฉลี่ย 41 วินาที / คัน

แยกลาดกระบัง

1. เวลาสะสมในการรอคอย 26,898 วินาที
2. จำนวนรถที่เข้า 1,008 คัน
3. เวลารอคอยโดยเฉลี่ย 27 วินาที / คัน

แยกรามคำแหง

1. เวลาสะสมในการรอคอย 76,396 วินาที
2. จำนวนรถที่เข้า 515 คัน
3. เวลารอคอยโดยเฉลี่ย 146 วินาที / คัน

นโยบายที่ 3 *แยกหนองจอก 45 วินาที , แยกมีนบุรี 60 วินาที*
แยกลาดกระบัง 75 วินาที , แยกรามคำแหง 30 วินาที

แยกหนองจอก

1. เวลาสะสมในการรอคอย 36,915 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จำนวนรถที่เข้า 545 คัน
3. เวลารอคอยโดยเฉลี่ย 68 วินาที / คัน

<u>แยกมีนบุรี</u>

1. เวลาสะสมในการรอคอย 59,101 วินาที
2. จำนวนรถที่เข้า 837 คัน
3. เวลารอคอยโดยเฉลี่ย 70 วินาที / คัน

<u>แยกลาดกระบัง</u>

1. เวลาสะสมในการรอคอย 57,959 วินาที
2. จำนวนรถที่เข้า 1,023 คัน
3. เวลารอคอยโดยเฉลี่ย 56 วินาที / คัน

<u>แยกรามคำแหง</u>

1. เวลาสะสมในการรอคอย 26,482 วินาที
2. จำนวนรถที่เข้า 513 คัน
3. เวลารอคอยโดยเฉลี่ย 52 วินาที / คัน

<u>ตารางที่ 4.1</u> ผลการจำลองแบบเมื่อใช้นโยบายเดิมกับนโยบายที่ทดสอบ ของแยกหนองจอก

ผลการจำลองแบบ	นโยบายเดิม	นโยบายที่ 1	นโยบายที่ 2	นโยบายที่ 3
เวลาสะสมในการรอคอย	84,303	79,557	41,899	36,915
จำนวนรถที่เข้า	543	541	548	545
เวลารอคอยโดยเฉลี่ย	155	146	76	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการจำลองแบบเมื่อใช้นโยบายเดิมกับนโยบายที่ทดสอบ ของแยกมีนบุรี

ผลการจำลองแบบ	นโยบายเดิม	นโยบายที่ 1	นโยบายที่ 2	นโยบายที่ 3
เวลาสะสมในการรอคอย	43,119	44,180	34,095	59,101
จำนวนรถที่เข้า	818	829	820	837
เวลารอคอยโดยเฉลี่ย	53	53	41	70

ตารางที่ 4.3 ผลการจำลองแบบเมื่อใช้นโยบายเดิมกับนโยบายที่ตั้งขึ้น ของแยกลาดกระบัง

ผลการจำลองแบบ	นโยบายเดิม	นโยบายที่ 1	นโยบายที่ 2	นโยบายที่ 3
เวลาสะสมในการรอคอย	128,911	51,168	26,898	57,959
จำนวนรถที่เข้า	1,005	1,014	1,008	1,023
เวลารอคอยโดยเฉลี่ย	127	50	27	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการจำลองแบบเมื่อใช้นโยบายเดิมกับนโยบายที่ทดสอบ ของแยกรามคำแหง

ผลการจำลองแบบ	นโยบายเดิม	นโยบายที่ 1	นโยบายที่ 2	นโยบายที่ 3
เวลาสะสมในการรอคอย	23,621	39,277	76,396	26,482
จำนวนรถที่เข้า	520	513	515	513
เวลารอคอยโดยเฉลี่ย	45	76	146	52

ตารางที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการจำลองแบบ เมื่อใช้นโยบายเดิมกับนโยบายที่ทดสอบ ของแยกหนองจอก

ผลการจำลองแบบ	นโยบายที่ 1	นโยบายที่ 2	นโยบายที่ 3
เวลาสะสมในการรอคอย	-5.6297	-50.2995	-56.2115
จำนวนรถที่เข้า	-0.3683	0.9208	0.3683
เวลารอคอยโดยเฉลี่ย	-5.8065	-50.9677	-56.1290

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการจำลองแบบ เมื่อใช้นโยบายเดิมกับนโยบายที่ทดสอบ ของแยกมีนบุรี

ผลการจำลองแบบ	นโยบายที่ 1	นโยบายที่ 2	นโยบายที่ 3
เวลาสะสมในการรอคอย	2.4606	-20.9281	37.0649
จำนวนรถที่เข้า	1.3447	0.2445	2.3227
เวลารอคอยโดยเฉลี่ย	0.0000	-22.6415	32.0755

ตารางที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการจำลองแบบ เมื่อใช้นโยบายเดิมกับนโยบายที่ทดสอบ ของแยกลาดกระบัง

ผลการจำลองแบบ	นโยบายที่ 1	นโยบายที่ 2	นโยบายที่ 3
เวลาสะสมในการรอคอย	-60.3075	-79.1344	-55.0395
จำนวนรถที่เข้า	0.8955	0.2985	1.7910
เวลารอคอยโดยเฉลี่ย	-60.6299	-78.7402	-55.9055

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการจำลองแบบ เมื่อใช้นโยบายเดิมกับนโยบายที่ทดสอบ ของแยกรามคำแหง

ผลการจำลองแบบ	นโยบายที่ 1	นโยบายที่ 2	นโยบายที่ 3
เวลาสะสมในการรอคอย	66.2800	223.4241	12.1121
จำนวนรถที่เข้า	-1.3436	-0.9615	-1.3436
เวลารอคอยโดยเฉลี่ย	68.8889	224.4444	15.5556

เมื่อพิจารณาเวลารอคอยโดยเฉลี่ย จะได้ว่า

เมื่อใช้นโยบายที่ 1 คือ ให้ช่วงเวลาเปิดไฟเขียวของแยกหนองจอกเป็น 45 วินาที มีนบุรีเป็น 75 วินาที ลาดกระบังเป็น 90 วินาที รามคำแหงเป็น 30 วินาที

เวลารอคอยโดยเฉลี่ยของแยกหนองจอก จะลดลง 5.8065% เมื่อเทียบกับนโยบายเดิม
เวลารอคอยโดยเฉลี่ยของแยกมีนบุรี จะเท่าเดิม เมื่อเทียบกับนโยบายเดิม
เวลารอคอยโดยเฉลี่ยของแยกลาดกระบัง จะลดลง 60.6299% เมื่อเทียบกับนโยบายเดิม
เวลารอคอยโดยเฉลี่ยของแยกรามคำแหง จะเพิ่มขึ้น 68.8889%เมื่อเทียบกับนโยบายเดิม

เมื่อใช้นโยบายที่ 2 คือ ให้ช่วงเวลาเปิดไฟเขียวของแยกหนองจอกเป็น 30 วินาที มีนบุรีเป็น 45 วินาที ลาดกระบังเป็น 60 วินาที รามคำแหงเป็น 15 วินาที

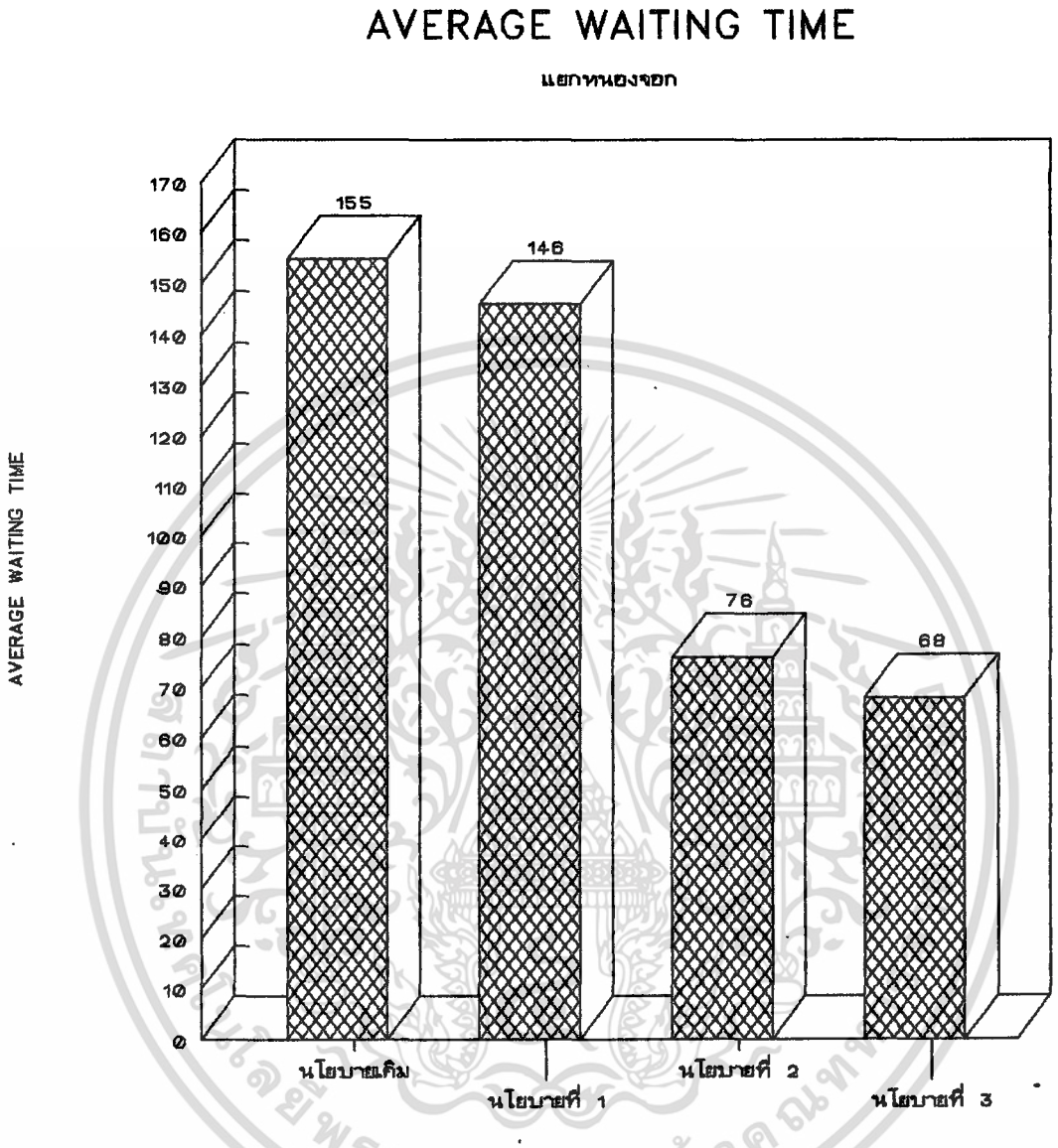
เวลารอคอยโดยเฉลี่ยของแยกหนองจอก จะลดลง 50.9677% เมื่อเทียบกับนโยบายเดิม
เวลารอคอยโดยเฉลี่ยของแยกมีนบุรี จะลดลง 22.6415% เมื่อเทียบกับนโยบายเดิม
เวลารอคอยโดยเฉลี่ยของแยกลาดกระบัง จะลดลง 78.7402% เมื่อเทียบกับนโยบายเดิม
เวลารอคอยโดยเฉลี่ยของแยกรามคำแหง จะเพิ่มขึ้น 224.444%เมื่อเทียบกับนโยบายเดิม

เมื่อใช้นโยบายที่ 3 คือ ให้ช่วงเวลาเปิดไฟเขียวของแยกหนองจอกเป็น 45 วินาที มีนบุรีเป็น 60 วินาที ลาดกระบังเป็น 75 วินาที รามคำแหงเป็น 30 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

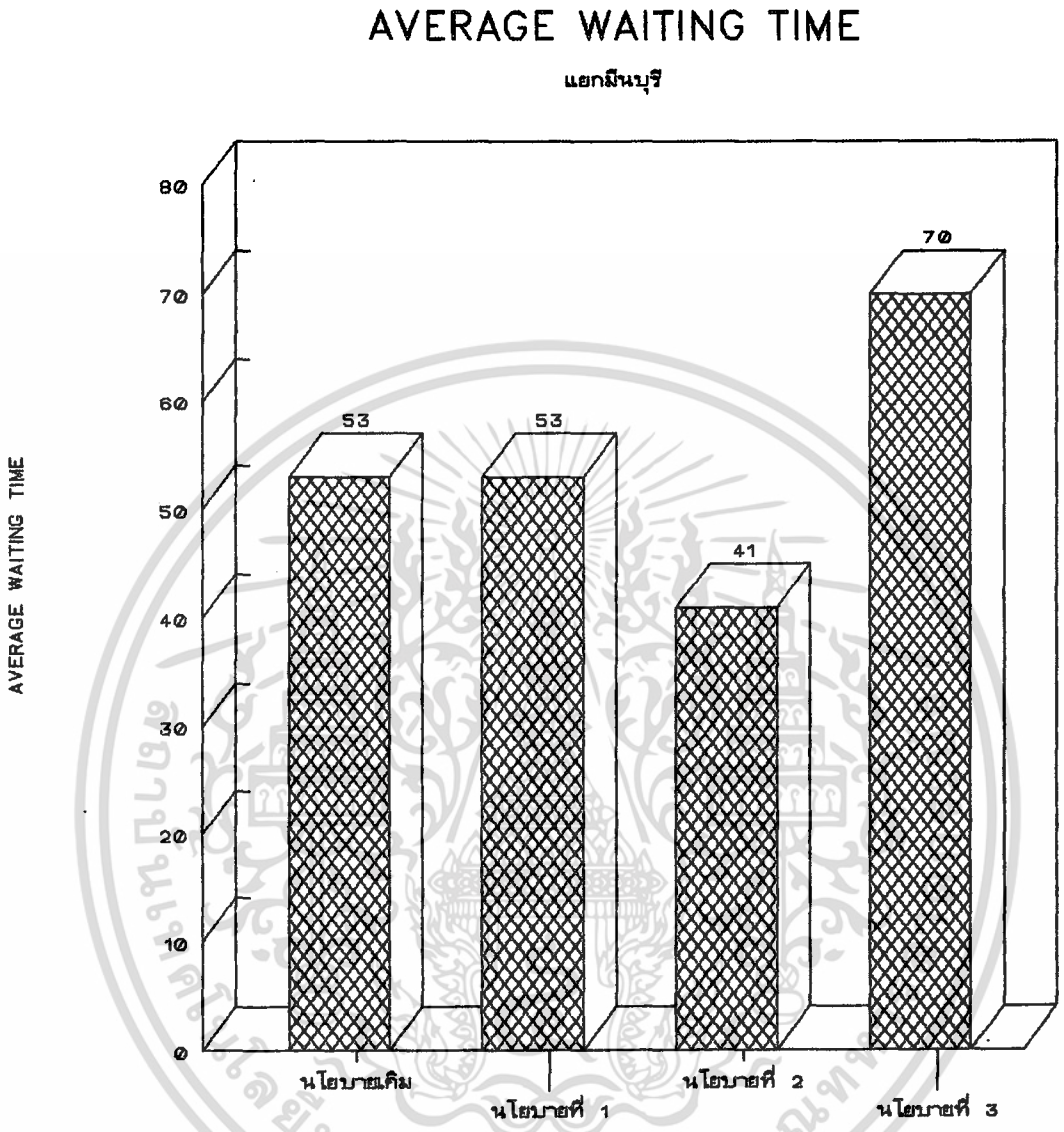
เวลารอคอยโดยเฉลี่ยของแยกหนองจอก จะลดลง 56.129% เมื่อเทียบกับนโยบายเดิม
เวลารอคอยโดยเฉลี่ยของแยกมีนบุรี จะเพิ่มขึ้น 32.0755%เมื่อเทียบกับนโยบายเดิม
เวลารอคอยโดยเฉลี่ยของแยกลาดกระบัง จะลดลง 55.9055% เมื่อเทียบกับนโยบายเดิม
เวลารอคอยโดยเฉลี่ยของแยกรามคำแหง จะเพิ่มขึ้น 15.555% เมื่อเทียบกับนโยบายเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



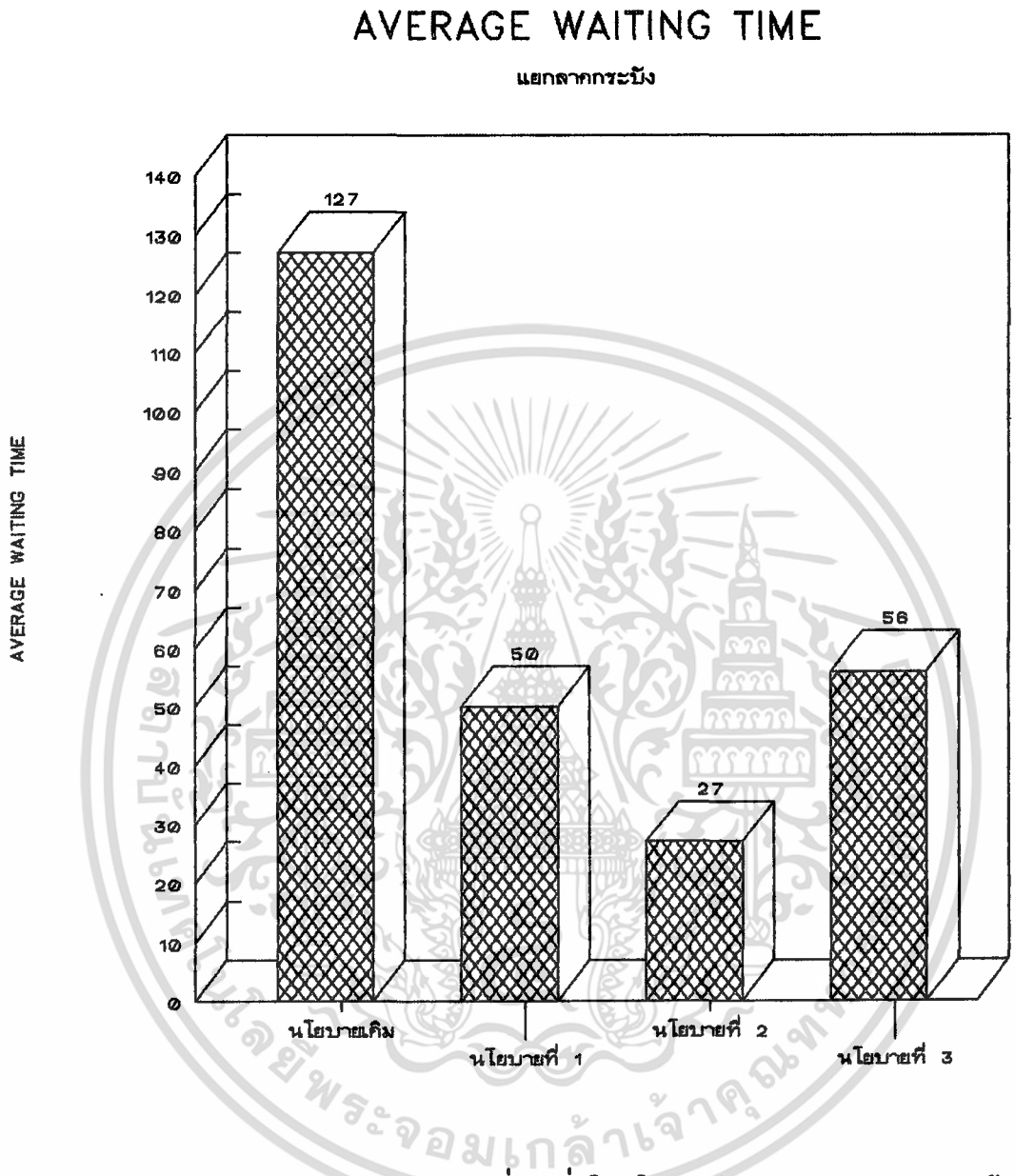
รูป 4.1 กราฟแสดงเวลารอคอยโดยเฉลี่ย เมื่อใช้นโยบายต่าง ๆ ของแยกหนองจอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



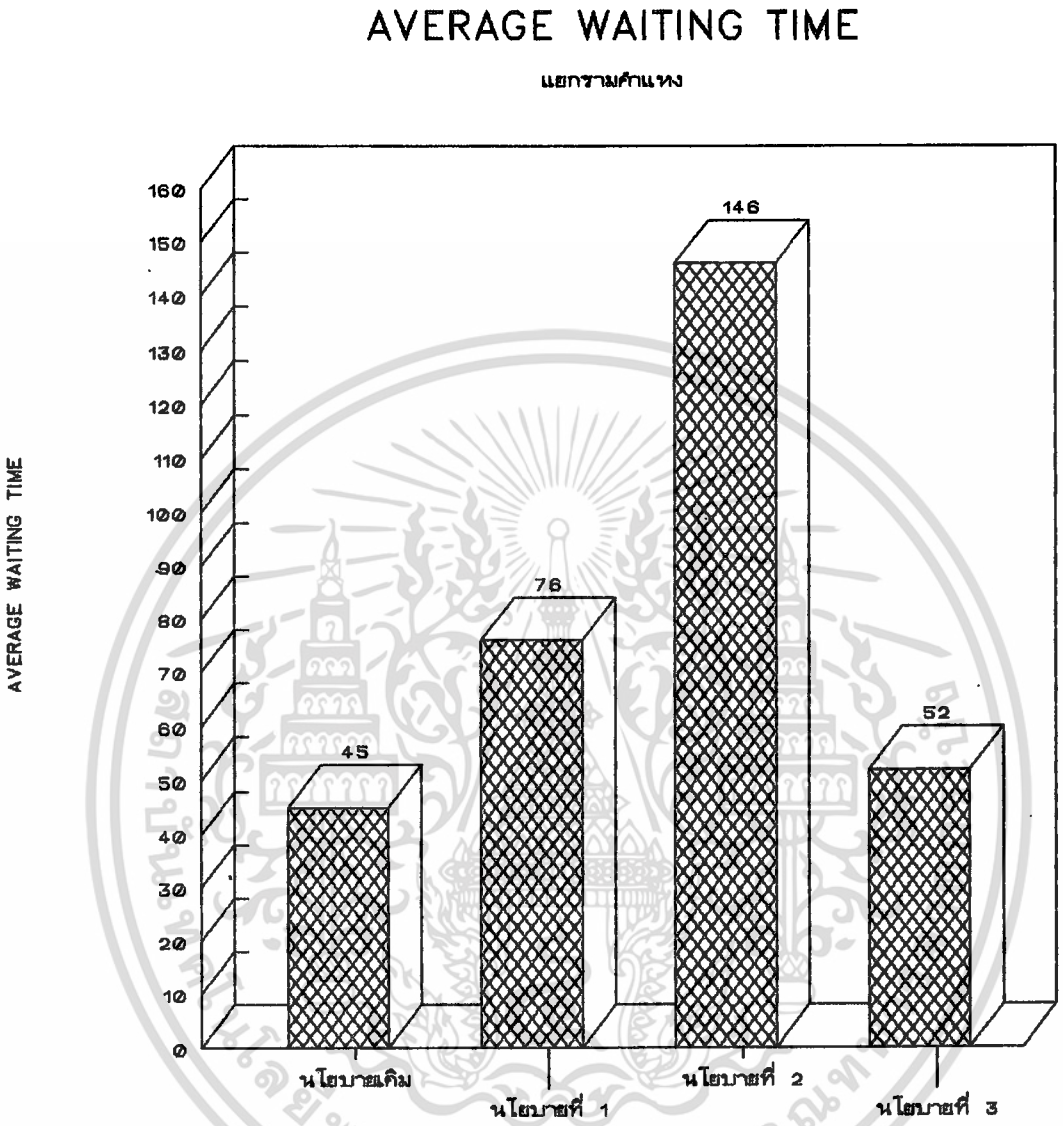
รูป 4.2 กราฟแสดงเวลารอคอยโดยเฉลี่ย เมื่อใช้นโยบายต่าง ๆ ของแยกมีนบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.3 กราฟแสดงเวลารอคอยโดยเฉลี่ย เมื่อใช้นโยบายต่าง ๆ ของแยกลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.4 กราฟแสดงเวลารอคอยโดยเฉลี่ย เมื่อใช้นโยบายต่าง ๆ ของแยกรามคำแหง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาระบบแถวคอยของรถ ณ บริเวณสี่แยกมีนบุรี ในช่วงเวลา 17.00-18.00 น. สรุปได้ดังนี้

1. อัตราการเข้ารับบริการของรถ ณ แยกต่าง ๆ มีการแจกแจงแบบปกติ โดยมีค่าเฉลี่ย และความแปรปรวน ดังนี้

- แยกหนองจอก ค่าเฉลี่ย 6.7594 คัน/45 วินาที
  ความแปรปรวน 14.8792
- แยกมีนบุรี ค่าเฉลี่ย 10.3094 คัน/45 วินาที
  ความแปรปรวน 24.8977
- แยกลาดกระบัง ค่าเฉลี่ย 12.6344 คัน/45 วินาที
  ความแปรปรวน 58.0319
- แยกรามคำแหง ค่าเฉลี่ย 6.4250 คัน/45 วินาที
  ความแปรปรวน 18.3078

2. อัตราการออกของรถ แต่ละแยก ไม่เป็นไปตามรูปแบบการแจกแจงแบบใดเลย

3. ทดสอบนโยบายโดยใช้แบบจำลอง ซึ่งนโยบายที่ใช้ทดสอบมี 3 นโยบาย ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นโยบายที่ 1	ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกหนองจอก	45	วินาที
	ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกมีนบุรี	75	วินาที
	ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกลาดกระบัง	90	วินาที
	ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกรามคำแหง	30	วินาที
นโยบายที่ 2	ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกหนองจอก	30	วินาที
	ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกมีนบุรี	45	วินาที
	ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกลาดกระบัง	60	วินาที
	ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกรามคำแหง	15	วินาที
นโยบายที่ 3	ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกหนองจอก	45	วินาที
	ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกมีนบุรี	60	วินาที
	ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกลาดกระบัง	75	วินาที
	ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกรามคำแหง	30	วินาที

ผลการวิเคราะห์การทดสอบนโยบาย สรุปในบทที่ 4

ช่วงเวลาเปิดไฟเขียวที่เหมาะสมนั้น ทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับความสำคัญของแต่ละแยกว่า จะเห็นความสำคัญของแยกไหนมากกว่า โดยความสำคัญนี้จะดูที่จำนวนรถว่าแยกไหนมีจำนวนรถเข้ามามากน้อยเพียงใด หากมีรถเข้ามามากในแยกใด ก็ควรจะมีช่วงเวลาไฟเขียวนานกว่าแยกที่มีรถน้อย เพื่อให้รถที่ต้องรอคอยมีจำนวนไม่มากเกินไป นโยบายที่นำมาทดสอบทั้ง 3 นโยบาย ต่างก็มีความเหมาะสม เพียงแต่ว่าจะสนใจความสำคัญของแยกไหนเท่านั้น สามารถสรุปความเหมาะสมในการใช้นโยบายทั้ง 3 ได้ดังนี้

นโยบายที่ 1 นโยบายนี้ทำให้เวลารอคอยโดยเฉลี่ยของแยกลาดกระบังน้อย คือ 50 วินาที/คัน ซึ่งเมื่อเทียบกับนโยบายเดิม คือ 127 วินาที/คัน โดยเฉพาะแยกนี้ มีจำนวนรถเข้ามามากที่สุดด้วย การลดเวลารอคอยของแยกลาดกระบังนี้ จึงสามารถทำให้จำนวนรถที่ต้องรอคอยมีน้อยลงมากได้ ส่วนแยกอื่น ก็มีเวลารอคอยไม่มากจนเกินไป จะมีก็แต่เพียงแยกหนองจอกเท่านั้น หากเห็นความสำคัญของทั้ง 3 แยก มากกว่าแยกหนองจอก ก็ควรใช้นโยบายนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นโยบายที่ 2 เวลารอคอยโดยเฉลี่ยของแยกลาดกระบังจะน้อยมาก คือ 27 วินาที/คัน ซึ่งทำให้รถที่ต้องรอคอยมีน้อยลงมาก ส่วนแยกอื่น ๆ คือ แยกมีนบุรี เวลารอคอยโดยเฉลี่ยก็น้อยเช่นกัน คือ 41 วินาที/คัน แยกหนองจอก 76 วินาที/คัน จะมีก็เพียงแยกรามคำแหงเท่านั้นที่มีเวลารอคอยโดยเฉลี่ยมากกว่าแยกอื่น ๆ มาก คือ 146 วินาที/คัน หากเห็นความสำคัญของทั้ง 3 แยก มากกว่าแยกรามคำแหง ก็ควรใช้ นโยบายนี้

จะเห็นว่า นโยบายที่ 1 และ นโยบายที่ 2 นี้ มีความคล้ายคลึงกัน คือเห็นความสำคัญโดยรวมมากกว่า ความสำคัญของเพียงแยกเดียว แต่เมื่อพิจารณาถึงเวลารอคอยเฉลี่ยรวมของทั้งสี่แยกแล้ว พบว่า นโยบายที่ 1 จะมีเวลารอคอยโดยเฉลี่ยรวม คือ 325 วินาที ซึ่ง มากกว่านโยบายที่ 2 ซึ่งเท่ากับ 290 วินาที ดังนั้น หากเทียบกันระหว่างนโยบายที่ 1 และนโยบายที่ 2 แล้ว นโยบายที่ 2 จะดีกว่า เพราะว่าจะทำให้เกิดเวลารอคอยน้อยกว่า

นโยบายที่ 3 นโยบายนี้ จะทำให้เวลารอคอยโดยเฉลี่ยของทุก ๆ แยก มีค่าน้อยใกล้เคียงกัน หากเห็นความสำคัญของทุก ๆ แยกเท่า ๆ กัน นโยบายนี้จะเหมาะสมที่สุดในการนำมาประยุกต์ใช้งานจริง

จะเห็นว่าแต่ละนโยบายที่เลือกมาทดสอบนี้ ต่างก็ทำให้เวลารอคอยโดยเฉลี่ยส่วนใหญ่ลดลงเมื่อเทียบกับการใช้นโยบายเดิม

5.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล ที่สี่แยกมีนบุรีนั้น ถือว่ารถแต่ละคันเข้ามาอย่างเป็นระเบียบ คือเข้ามาก่อนจะออกก่อน เพราะว่าจะไม่ค่อยมีการแซงกัน เนื่องจากถนนแคบ ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจึงไม่จำเป็นต้องจดทะเบียนรถระบุว่าเป็นคันใด แต่หากนำไปศึกษาที่สี่แยกอื่น ๆ ที่ใหญ่ ๆ จะต้องจดทะเบียนรถด้วยเพื่อระบุว่าเป็นคันใดที่เข้าและออกเวลาใด เพราะรถที่เข้าก่อนอาจจะไม่ได้ออกก่อน และควรแบ่งช่วงถนนในการเก็บรวบรวมข้อมูลหากมีรถติดมาก ๆ

2. การลดเวลารอคอยของรถที่สี่แยกมีนบุรีนี้ นอกจากการจำลองระบบเข้ามาช่วยหาเวลาเหมาะสมในการเปิดไฟเขียวแล้ว ยังสามารถทำการขยายถนน เนื่องจากถนนที่บริเวณสี่แยกมีนบุรีนี้แคบมาก และรถส่วนใหญ่ก็เป็นรถบรรทุก การแก้ปัญหารถติดด้วยวิธีนี้นับว่าถูกจุดที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

1. ในการจำลองระบบนี้ ความน่าจะเป็นของรถที่เลี้ยวซ้าย ถูกนำมาใช้ในระบบด้วย จึงหาค่าความน่าจะเป็นที่รถเลี้ยวซ้ายจาก

$$\text{ความน่าจะเป็นที่รถเลี้ยวซ้าย} = \frac{\text{จำนวนรถเลี้ยวซ้าย}}{\text{จำนวนรถทั้งหมด}}$$

ซึ่งได้ค่าจากการคำนวณดังนี้

ความน่าจะเป็นที่รถเลี้ยวซ้ายของแยกหนองจอก = 0.0829

ความน่าจะเป็นที่รถเลี้ยวซ้ายของแยกมีนบุรี = 0.1094

ความน่าจะเป็นที่รถเลี้ยวซ้ายของแยกลาดกระบัง = 0.0500

ความน่าจะเป็นที่รถเลี้ยวซ้ายของแยกรามคำแหง = 0.3740

แต่เนื่องจากรถบางคันที่ไม่ได้เลี้ยวซ้าย ไปจอดในช่องทางเลี้ยวซ้ายรถคันหลังที่ต้องการจะเลี้ยวซ้ายจึงไม่สามารถเลี้ยวซ้ายได้ ทำให้ค่าความน่าจะเป็นที่รถเลี้ยวซ้ายมีความคลาดเคลื่อน

2. ในขณะเก็บข้อมูล หากมีรถเข้ามาหนาแน่น การบันทึกเวลาเข้ามาในระบบก็จะมีความคลาดเคลื่อนบ้าง

3. ในวันที่เก็บรวบรวมข้อมูล พบว่า ในแยกหนองจอกมีการซ่อมทาง ทำให้มีรถติดกว่าปกติ ดังนั้น คำตอบที่ได้จากการจำลองอาจคลาดเคลื่อนไปบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

แบบฟอร์มการบันทึกข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แยก .....

วันที่ ..... เดือน .....

ผู้จดบันทึก ..... ผู้จับเวลา ..... ผู้สังเกต .....

คันที่	เวลารถเข้า	เวลารถออก	หมายเหตุ	เวลาไฟเขียว	เวลาไฟแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้โปรแกรมจำลองแบบปัญหา

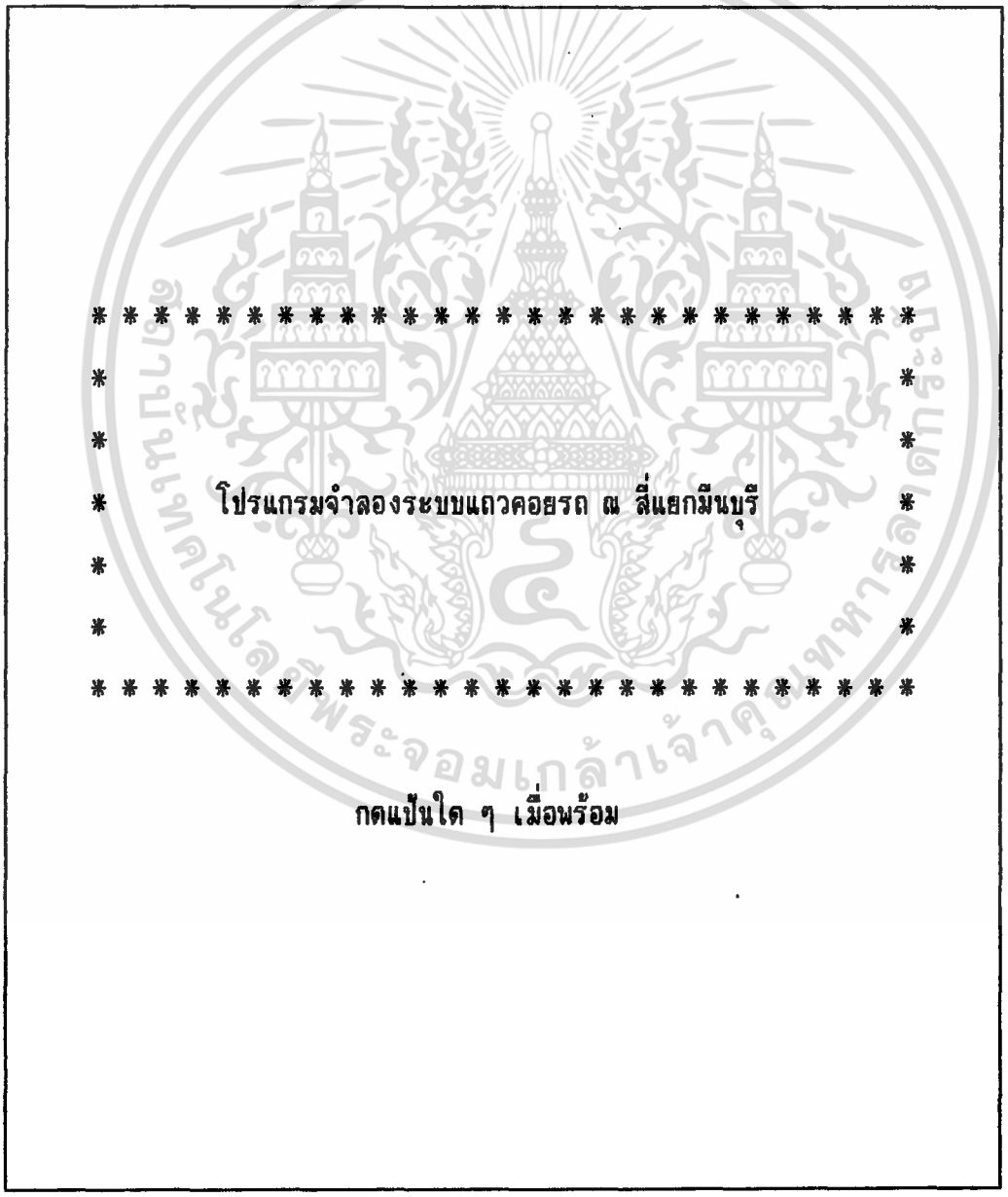
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้โปรแกรม

การจำลองแบบปัญหาระบบแถวคอยรถ ณ สี่แยกมีนบุรีนี้ ผู้จัดทำได้จำลองระบบโดยใช้ภาษาปาสคาลในการจำลอง และได้ทำเป็น Package โดยเรียกใช้ ไฟล์ QSL.BAT ดังนี้

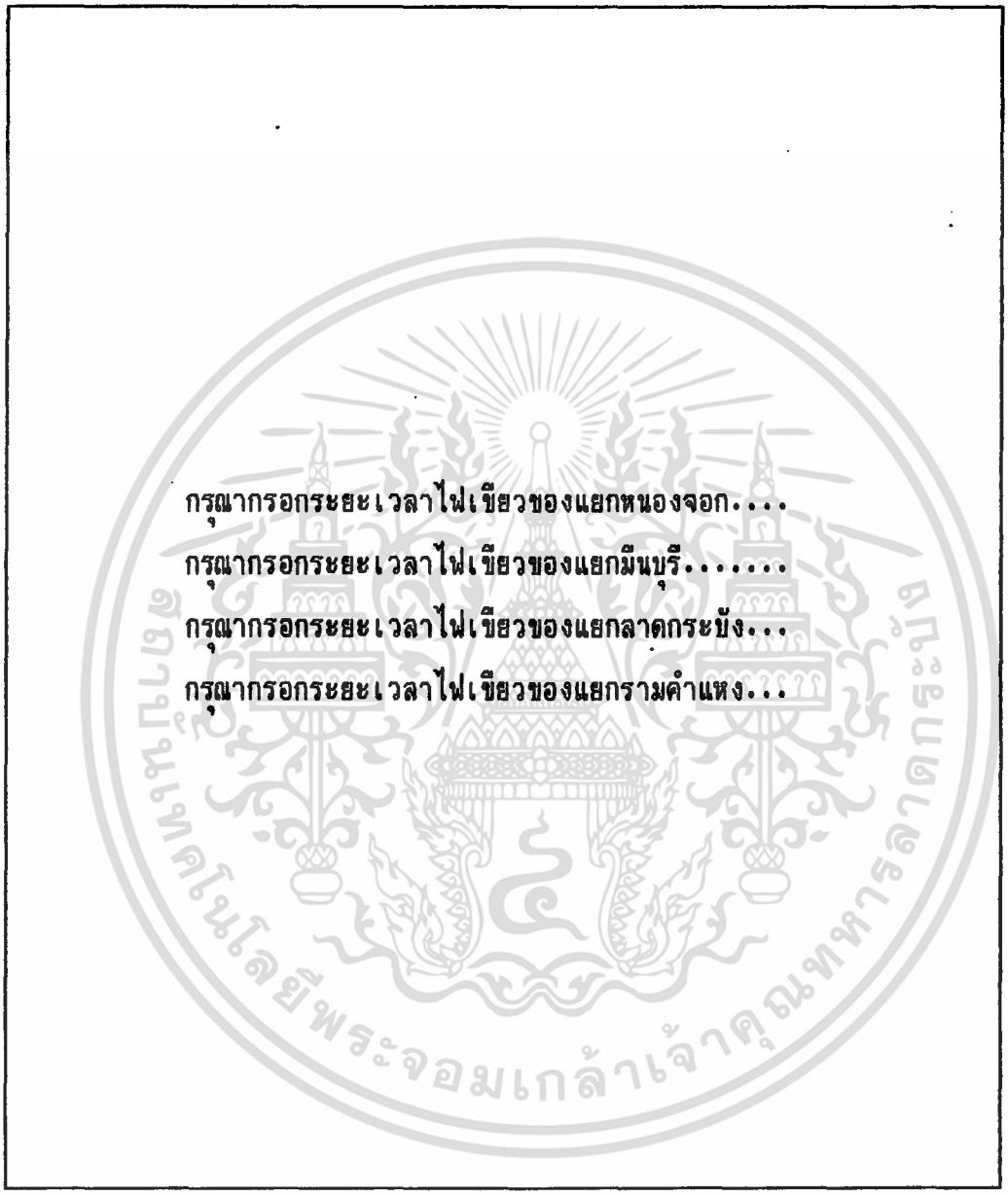
A>QSL <Enter>

จอภาพจะแสดงดังต่อไปนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อกดแป้นใด ๆ หน้าจอจะขึ้นดังนี้



ให้ป้อนค่าแล้วเคาะแป้น ENTER จนครบ 4 แยก ค่าที่ป้อนเข้าไปจะถูกเก็บไว้ในตัวแปร G1,G2, G3,G4 ตามลำดับ จากนั้นโปรแกรมจะคำนวณค่าให้จนครบ N รอบ และจะคำนวณค่าเฉลี่ยทั้ง N รอบ แล้วจะถามว่าต้องการทดสอบนโยบายอีกหรือไม่ ถ้ายังต้องการทดสอบต่อไปให้กดแป้น 'y' หากไม่ต้องการทดสอบให้กดแป้น 'n' ตัวอย่างผลดังแสดงต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอบที่	แยก	เวลารอคอยสะสม	จำนวนรถที่เข้า	เวลารอคอยโดยเฉลี่ย
1	หนองจอก	120366	565	213
1	มีนบุรี	39945	809	49
1	ลาดกระบัง	272235	1125	242
1	รามคำแหง	25540	528	48
2	หนองจอก	62005	530	117
2	มีนบุรี	37360	846	44
2	ลาดกระบัง	155362	1045	149
2	รามคำแหง	24894	542	46
3	หนองจอก	55208	550	100
3	มีนบุรี	42782	852	50
3	ลาดกระบัง	193667	1081	179
3	รามคำแหง	23987	547	44
4	หนองจอก	86129	525	164
4	มีนบุรี	39223	839	47
4	ลาดกระบัง	108836	1013	107
4	รามคำแหง	24787	530	47

กดแป้นใด ๆ เพื่อเลื่อนหน้าจอ...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอบที่	แยก	เวลารอคอยสะสม	จำนวนรถที่เข้า	เวลารอคอยโดยเฉลี่ย
5	หนองจอก	77224	525	147
5	มีนบุรี	37675	813	46
5	ลาดกระบัง	173646	1011	172
5	รามคำแหง	22029	486	45
6	หนองจอก	66483	549	121
6	มีนบุรี	37427	798	47
6	ลาดกระบัง	106762	967	110
6	รามคำแหง	22386	501	45
7	หนองจอก	51216	556	92
7	มีนบุรี	39294	836	47
7	ลาดกระบัง	181189	1042	174
7	รามคำแหง	23344	511	46
8	หนองจอก	68873	536	128
8	มีนบุรี	47523	834	57
8	ลาดกระบัง	65031	971	67
8	รามคำแหง	25259	545	46

กดแป้นใด ๆ เพื่อเลื่อนหน้าจอ...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอบที่	แยก	เวลารอคอยสะสม	จำนวนรถที่เข้า	เวลารอคอยโดยเฉลี่ย
9	หนองจอก	57615	531	109
9	มีนบุรี	39801	809	49
9	ลาดกระบัง	203388	1029	198
9	รามคำแหง	22790	478	48
10	หนองจอก	95581	543	176
10	มีนบุรี	45331	875	52
10	ลาดกระบัง	115267	1020	113
10	รามคำแหง	23105	517	45
11	หนองจอก	59649	542	110
11	มีนบุรี	37065	810	46
11	ลาดกระบัง	195214	1057	185
11	รามคำแหง	22492	499	45
12	หนองจอก	65921	514	128
12	มีนบุรี	39316	818	48
12	ลาดกระบัง	136254	982	139
12	รามคำแหง	26423	549	48

กดแป้นใด ๆ เพื่อเลื่อนหน้าจอ...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอบที่	แยก	เวลารอคอยสะสม	จำนวนรถที่เข้า	เวลารอคอยโดยเฉลี่ย
13	หนองจอก	107592	530	203
13	มีนบุรี	45447	828	55
13	ลาดกระบัง	199215	1085	184
13	รามคำแหง	21869	466	47
14	หนองจอก	57764	520	111
14	มีนบุรี	47610	844	56
14	ลาดกระบัง	153545	993	155
14	รามคำแหง	23617	512	46
15	หนองจอก	113876	568	200
15	มีนบุรี	36847	792	47
15	ลาดกระบัง	180235	1031	175
15	รามคำแหง	22594	509	44
16	หนองจอก	83930	542	155
16	มีนบุรี	48531	862	56
16	ลาดกระบัง	108753	1023	106
16	รามคำแหง	24201	552	44

กดแป้นใด ๆ เพื่อเลื่อนหน้าจอ...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอบที่	แยก	เวลารอคอยสะสม	จำนวนรถที่เข้า	เวลารอคอยโดยเฉลี่ย
17	หนองจอก	69204	526	132
17	มีนบุรี	55439	852	65
17	ลาดกระบัง	178055	1055	169
17	รามคำแหง	26594	521	51
18	หนองจอก	49089	533	92
18	มีนบุรี	43967	859	51
18	ลาดกระบัง	152085	977	156
18	รามคำแหง	22151	492	45
19	หนองจอก	65508	529	124
19	มีนบุรี	42517	825	52
19	ลาดกระบัง	310919	1102	282
19	รามคำแหง	23933	518	46
20	หนองจอก	133283	543	245
20	มีนบุรี	72639	891	82
20	ลาดกระบัง	127308	982	130
20	รามคำแหง	22561	494	46

กดแป้นใด ๆ เพื่อเลื่อนหน้าจอ...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ยจาก 20 รอบ

แยก	เวลารอคอยสะสม	จำนวนรถที่เข้า	เวลารอคอยโดยเฉลี่ย
หนองจอก	77326	538	143
มีนบุรี	43787	835	52
ลาดกระบัง	165847	1030	159
รามคำแหง	23728	515	46

ต้องการทดสอบนโยบายอื่นอีกหรือ ไม่?(y/n)....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รายละเอียดเกี่ยวกับตัวแปร และผังงานโปรแกรมการจำลองแบบปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแปร

N	จำนวนรอบที่ต้องการให้ประมวลผล
A	ค่าที่แสดงว่าขณะนั้นเป็นไฟเขียวของแยกใด โดยที่ A = 1 หมายถึง ขณะนั้นเป็นไฟเขียวของแยกหนองจอก A = 2 หมายถึง ขณะนั้นเป็นไฟเขียวของแยกมีนบุรี A = 3 หมายถึง ขณะนั้นเป็นไฟเขียวของแยกลาดกระบัง A = 4 หมายถึง ขณะนั้นเป็นไฟเขียวของแยกรามคำแหง
ITS	ค่าที่แสดงถึงแต่ละแยก โดยที่ ITS = 1 หมายถึง แยกหนองจอก ITS = 2 หมายถึง แยกมีนบุรี ITS = 3 หมายถึง แยกลาดกระบัง ITS = 4 หมายถึง แยกรามคำแหง
CLOCK	เวลาที่เปลี่ยนไปในโปรแกรม โดยจะเปลี่ยนไปทุก ๆ ช่วงเวลาไฟเขียว
GREEN	ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกที่กำลังเปิดไฟเขียว
G1	ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกหนองจอก
G2	ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกมีนบุรี
G3	ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกลาดกระบัง
G4	ช่วงเวลาไฟเขียวของแยกรามคำแหง
TWT[i]	เวลารอคอยสะสมของแต่ละแยกในแต่ละรอบ ของการประมวลผลจะเป็นตัวแปร 1 มิติ โดยที่ TWT[1] หมายถึง เวลารอคอยสะสมในแต่ละรอบของแยกหนองจอก TWT[2] หมายถึง เวลารอคอยสะสมในแต่ละรอบของแยกมีนบุรี TWT[3] หมายถึง เวลารอคอยสะสมในแต่ละรอบของแยกลาดกระบัง TWT[4] หมายถึง เวลารอคอยสะสมในแต่ละรอบของแยกรามคำแหง
CAR[i]	จำนวนรถที่เข้ามาของแต่ละแยกในแต่ละรอบ ของการประมวลผล จะเป็นตัวแปร 1 มิติ โดยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CAR[1] หมายถึง จำนวนรถที่เข้ามาในแต่ละรอบของแยกหนองจอก

CAR[2] หมายถึง จำนวนรถที่เข้ามาในแต่ละรอบของแยกมีนบุรี

CAR[3] หมายถึง จำนวนรถที่เข้ามาในแต่ละรอบของแยกลาดกระบัง

CAR[4] หมายถึง จำนวนรถที่เข้ามาในแต่ละรอบของแยกรามคำแหง

WAIT_AVE[i] เวลารอคอยโดยเฉลี่ยของแต่ละแยกในแต่ละรอบของการประมวลผล จะเป็นตัวแปร 1 มิติ โดยที่

WAIT_AVE[1] หมายถึง เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในแต่ละรอบของแยกหนองจอก

WAIT_AVE[2] หมายถึง เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในแต่ละรอบของแยกมีนบุรี

WAIT_AVE[3] หมายถึง เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในแต่ละรอบของแยกลาดกระบัง

WAIT_AVE[4] หมายถึง เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในแต่ละรอบของแยกรามคำแหง

WL[i] จำนวนรถที่รอคอยในขณะนั้น ของแต่ละแยก โดยที่

WL[1] หมายถึง จำนวนรถที่รอคอยในขณะนั้นของแยกหนองจอก

WL[2] หมายถึง จำนวนรถที่รอคอยในขณะนั้นของแยกมีนบุรี

WL[3] หมายถึง จำนวนรถที่รอคอยในขณะนั้นของแยกลาดกระบัง

WL[4] หมายถึง จำนวนรถที่รอคอยในขณะนั้นของแยกรามคำแหง

NTwt[i] เวลารอคอยสะสมของแต่ละแยกในทุก ๆ รอบของการประมวลผล โดยที่

NTwt[1] หมายถึง เวลารอคอยสะสมในทุกรอบของแยกหนองจอก

NTwt[2] หมายถึง เวลารอคอยสะสมในทุกรอบของแยกมีนบุรี

NTwt[3] หมายถึง เวลารอคอยสะสมในทุกรอบของแยกลาดกระบัง

NTwt[4] หมายถึง เวลารอคอยสะสมในทุกรอบของแยกรามคำแหง

NCar[i] จำนวนรถที่เข้ามาของแต่ละแยกในทุก ๆ รอบของการประมวลผล โดยที่

NCar[1] หมายถึง จำนวนรถที่เข้ามาในทุกรอบของแยกหนองจอก

NCar[2] หมายถึง จำนวนรถที่เข้ามาในทุกรอบของแยกมีนบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NCar[3] หมายถึง จำนวนรถที่เข้ามาในทุกรอบของแยกลาดกระบัง

NCar[4] หมายถึง จำนวนรถที่เข้ามาในทุกรอบของแยกรามคำแหง

NWait_ave[i] เวลารอคอยโดยเฉลี่ยของแต่ละแยกในทุก ๆ รอบของการประมวลผล โดยที่

NWait_ave[1] หมายถึง เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในทุกรอบของแยกหนองจอก

NWait_ave[2] หมายถึง เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในทุกรอบของแยกมีนบุรี

NWait_ave[3] หมายถึง เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในทุกรอบของแยกลาดกระบัง

NWait_ave[4] หมายถึง เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในทุกรอบของแยกรามคำแหง

Mean	ค่าเฉลี่ยของอัตราการเข้ารับบริการ
Sigma	ความแปรปรวนของอัตราการเข้ารับบริการ
AT	จำนวนรถที่เข้ารับบริการ
DT	จำนวนรถที่ออกจากแถวคอย
CCLOCK	เวลาที่เปลี่ยนไปในโปรแกรมย่อย โดยจะเปลี่ยนทุก ๆ 15 วินาที
UNT	จำนวนรถที่เข้ามาในแต่ละช่วง
TTWT	เวลารอคอยของรถในแต่ละช่วง
LEFT	จำนวนรถที่เลี้ยวซ้าย
P_LEFT	ความน่าจะเป็นของรถที่เลี้ยวซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำงาน

- READ DATA อ่านค่าข้อมูลทางหน้าจอ คือ อ่านค่าช่วงเวลาไฟเขียวของแต่ละแยก มาใส่ในตัวแปร G1,G2,G3,G4

- SET VALUE TO VARIABLE กำหนดค่าเริ่มต้นของตัวแปรต่าง ๆ ก่อนเข้าประมวลผล

- ประมวลผลเป็นจำนวน N รอบ

- SET VALUE TO VARIABLE กำหนดค่าเริ่มต้นของตัวแปรต่าง ๆ ก่อนเข้าประมวลผลในแต่ละรอบ

- ประมวลผลแต่ละรอบ เป็นเวลา 3600 วินาที หรือ 1 ชั่วโมง

- กำหนดค่าช่วงที่จะประมวลผล ใส่ในตัวแปร GREEN โดยที่ถ้า

  A = 1 แล้ว GREEN = G1

  A = 2 แล้ว GREEN = G2

  A = 3 แล้ว GREEN = G3

  A = 4 แล้ว GREEN = G4

- INTERSECTION(1) ประมวลผลของแยกหนองจอกในช่วงเวลา GREEN จะได้ค่า จำนวนรถที่เข้า(CAR[1]) และเวลารอคอยสะสม(TWT[1])

- INTERSECTION(2) ประมวลผลของแยกมีนบุรีในช่วงเวลา GREEN จะได้ค่า จำนวนรถที่เข้า(CAR[2]) และเวลารอคอยสะสม(TWT[2])

- INTERSECTION(3) ประมวลผลของแยกลาดกระบังในช่วงเวลา GREEN จะได้ค่า จำนวนรถที่เข้า(CAR[3]) และเวลารอคอยสะสม(TWT[3])

- INTERSECTION(4) ประมวลผลของแยกรามคำแหงในช่วงเวลา GREEN จะได้ค่า จำนวนรถที่เข้า(CAR[4]) และเวลารอคอยสะสม(TWT[4])

- ถ้าทุกแยกผ่านการเปิดไฟเขียวครบรอบแล้ว ให้วนกลับไปที่แยกหนองจอกใหม่ มิฉะนั้นให้เรียงลำดับต่อไป โดยเรียงลำดับการเปิดไฟเขียวดัง หนองจอก มีนบุรี ลาดกระบัง รามคำแหง

- เลื่อนเวลาของโปรแกรม

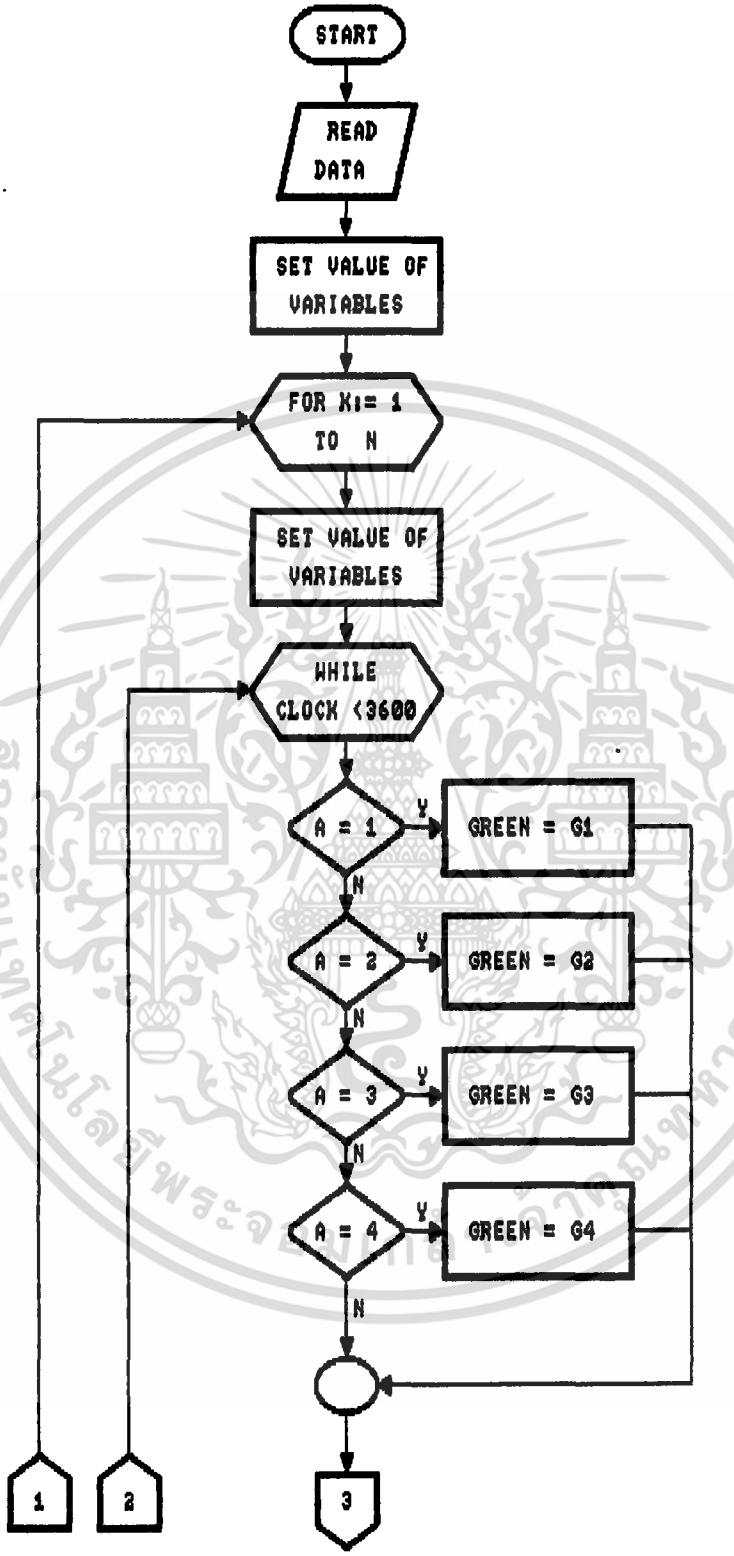
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อประมวลผลครบ 1 รอบ (3600 วินาที) จะคำนวณค่าผลลัพธ์ของรอบนั้น ๆ
- เมื่อประมวลผลครบ N รอบ จะคำนวณค่าผลลัพธ์ของ N รอบ

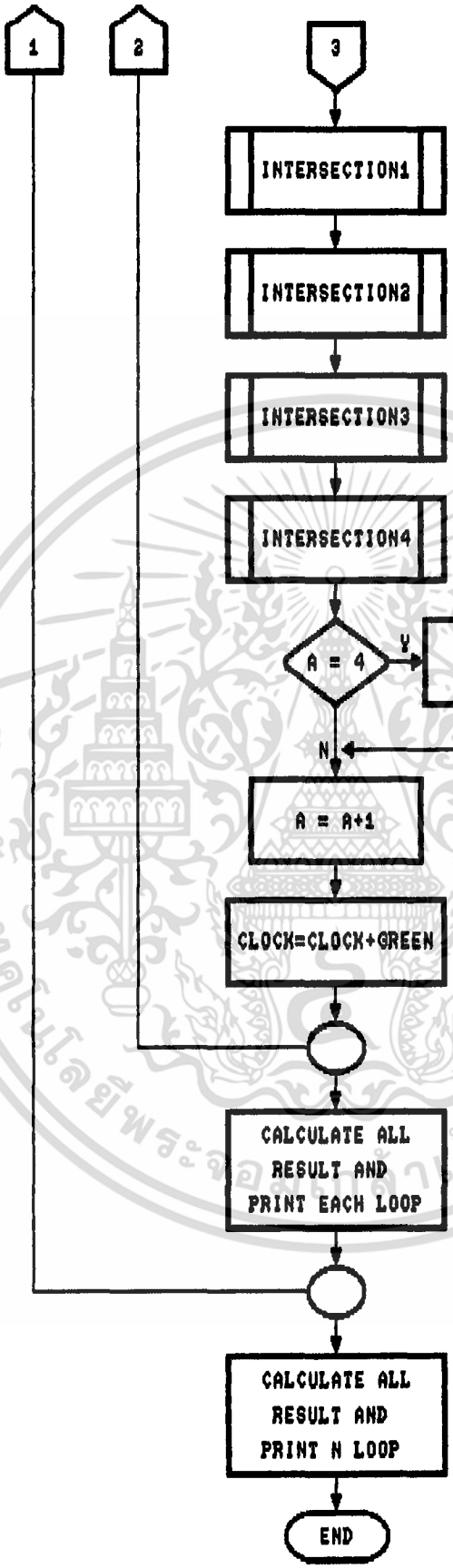
โปรแกรมย่อยในโปรแกรม (Procedure)

INTERSECTION	ประมวลผลหาเวลารอคอยสะสม และ จำนวนรถที่เข้าของแยกนั้น ๆ
RedLight	ประมวลผลหาเวลารอคอย และ จำนวนรถที่เข้าในช่วงไฟแดงของแยกนั้น ๆ
GreenLight	ประมวลผลหาจำนวนรถที่เข้าในช่วงเวลาไฟเขียวของแยกนั้น ๆ
Gen_AT	หาจำนวนรถที่เข้าในช่วง 15 วินาที
Gen_DT	หาจำนวนรถที่ออกในช่วง 15 วินาที
CHECK_M_S	หาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของแยกนั้น ๆ

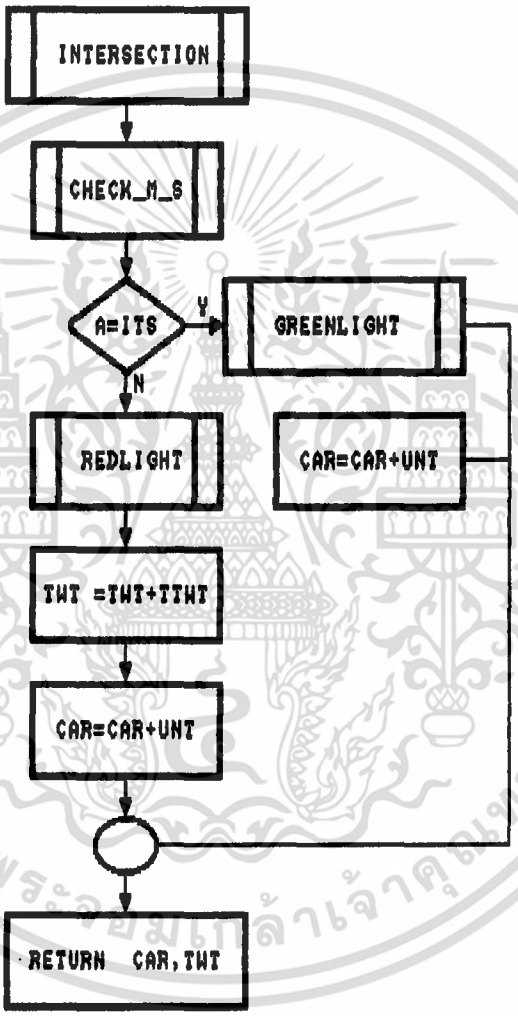
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



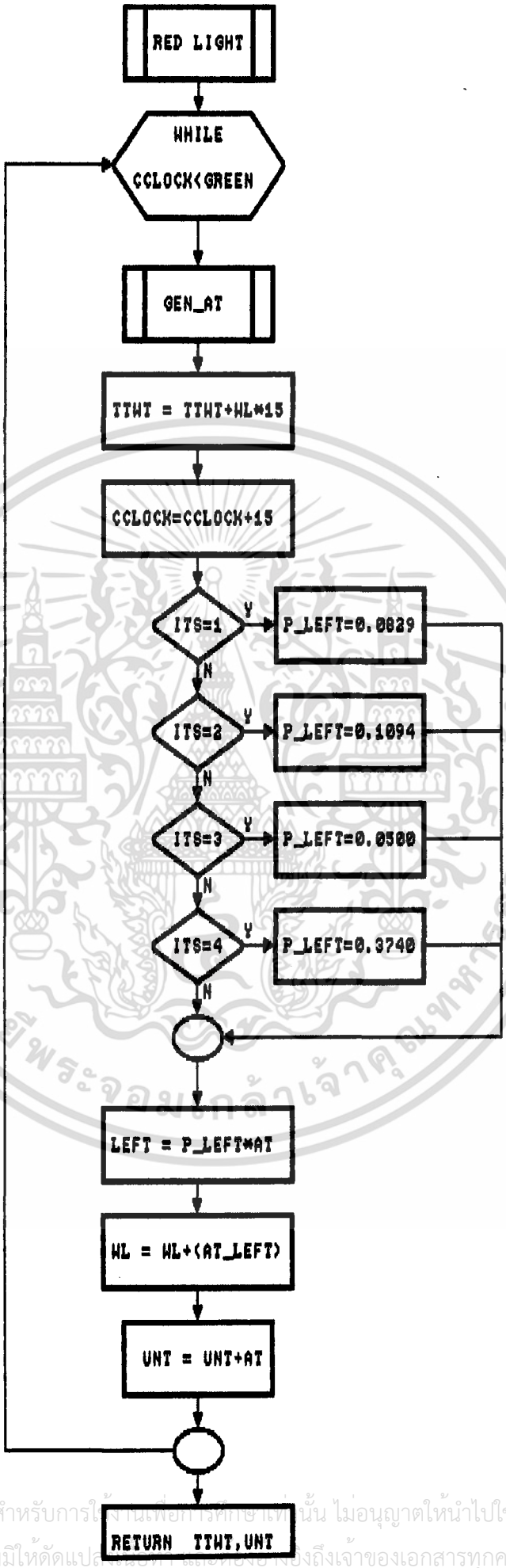
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



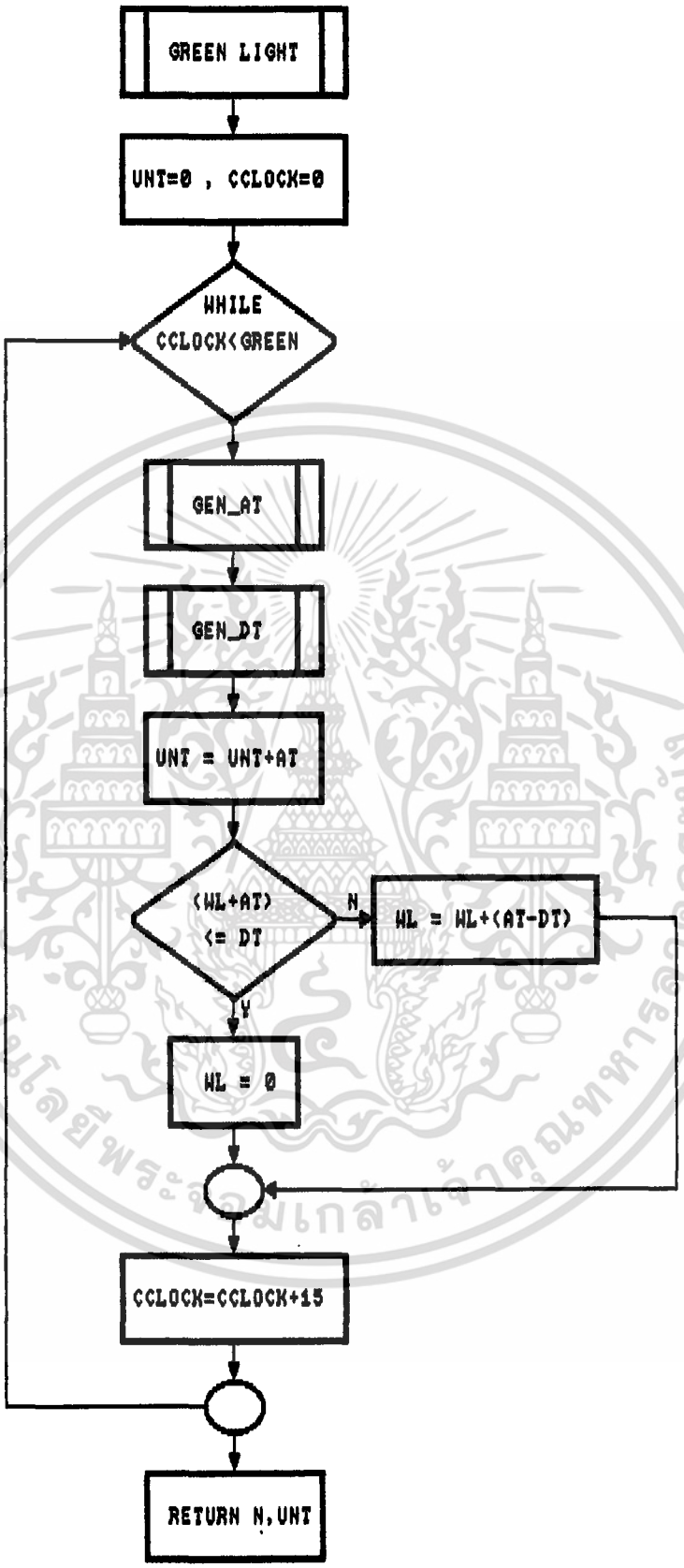
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



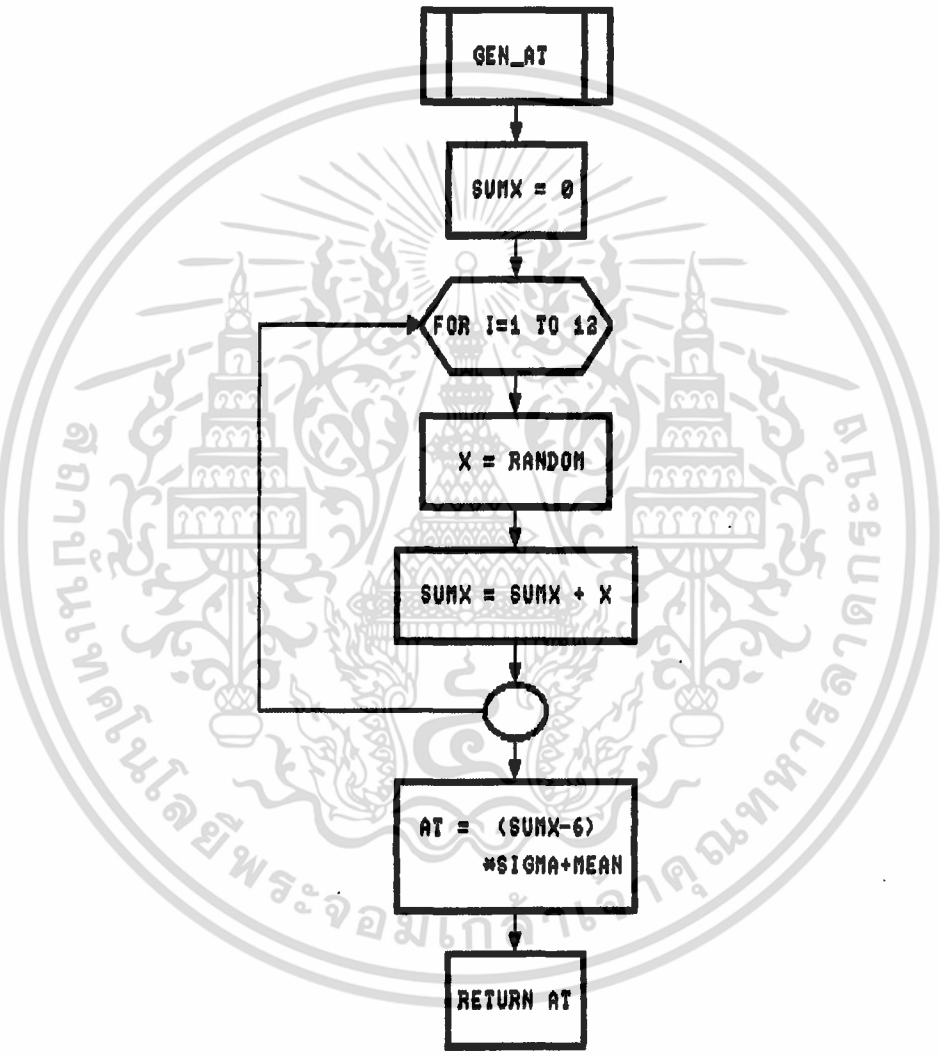
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



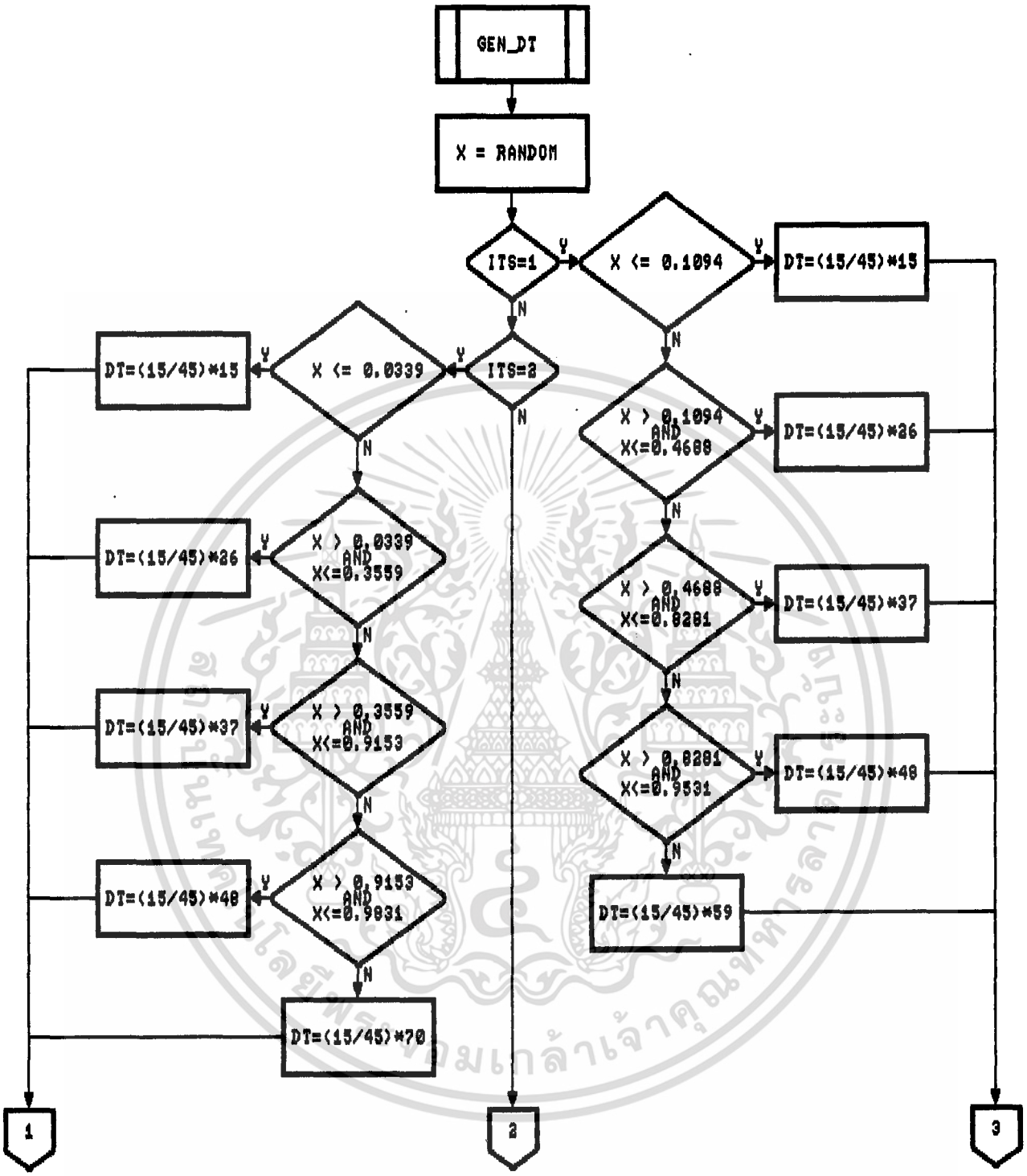
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



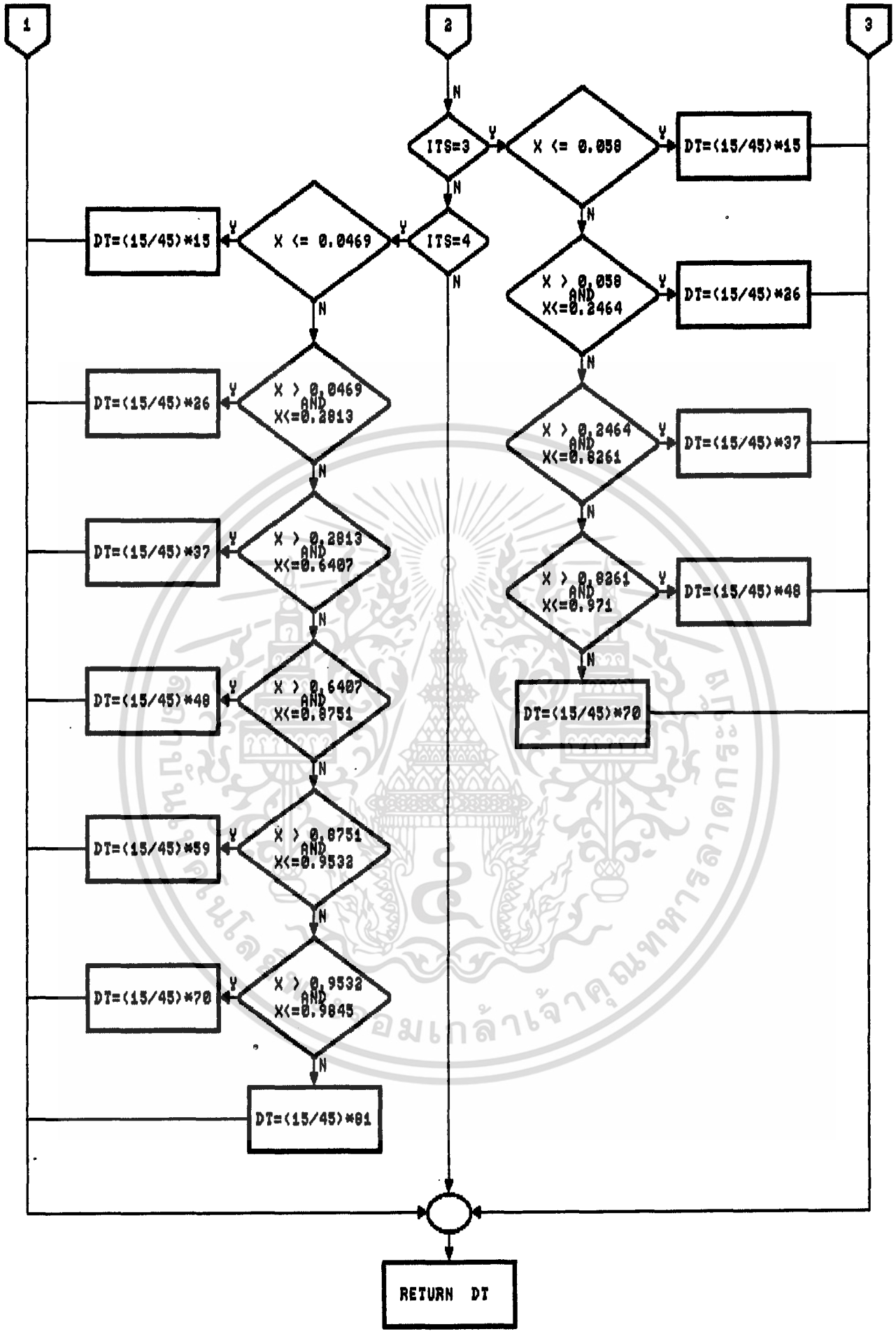
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



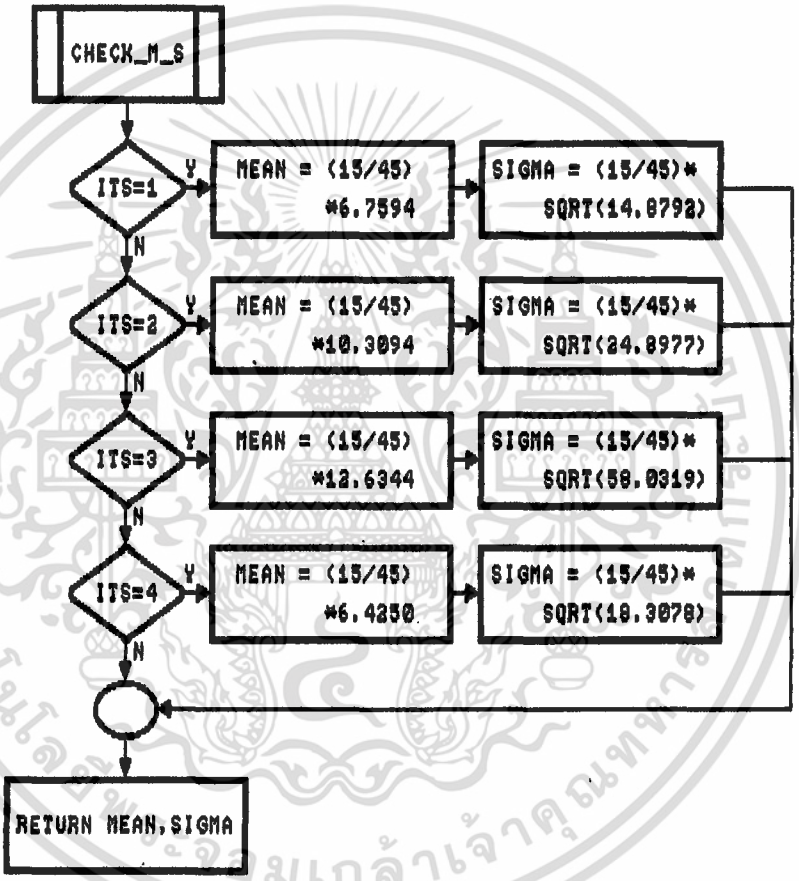
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

โปรแกรมการจำลองแบบปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Program QSimulation(input,output);
Uses CRT;
Const N=20;
Var i,j,K,A,ITS              : Integer;
    CLOCK,GREEN,G1,G2,G3,G4 : Real;
    ch,cch : Char;
    TWT,CAR,WAIT_AVE,WL,NTwt,NCar,NWait_ave   : Array[1..4] of Real;
    Mean,Sigma       : Real;

Procedure Check_M_S;
begin
     Case ITS of
          1: begin  Mean := (15/45)*6.7594;
                    Sigma:= (15/45)*sqrt(14.8792);
             end;
          2: begin  Mean := (15/45)*10.3094;
                    Sigma:= (15/45)*sqrt(24.8977);
             end;
          3: begin  Mean := (15/45)*12.6344;
                    Sigma:= (15/45)*sqrt(58.2139);
             end;
          4: begin  Mean := (15/45)*6.4250;
                    Sigma:= (15/45)*sqrt(18.3078);
             end;
     end;
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Procedure Gen_AT(var AT:Real);
Var  X : Array[1..12] of real;
     SumX : Real;
begin
     SumX := 0;
     for i:=1 to 12 do
     begin
        X[i] := Random;
        SumX := SumX+X[i];
     end;
     AT := round((SumX-6)*Sigma + Mean);
end;

Procedure Gen_DT(var DT:Real);
var   X : real;
begin
     X := Random;
     Case ITS of
        1: begin
          if X <= 0.1094 then DT := (15/45)*15
          else if (X > 0.1094) and (X <= 0.4688) then DT := (15/45)*26
          else if (X > 0.4688) and (X <= 0.8281) then DT := (15/45)*37
          else if (X > 0.8281) and (X <= 0.9531) then DT := (15/45)*48
          else DT := (15/45)*59;
           end;
        2: begin
          if X <= 0.0339 then DT := (15/45)*15
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            else if (X > 0.0339) and (X <= 0.3559) then DT := (15/45)*26
            else if (X > 0.3559) and (X <= 0.9153) then DT := (15/45)*37
            else if (X > 0.9153) and (X <= 0.9831) then DT := (15/45)*48
            else DT := (15/45)*70;
             end;
          3: begin
            if X <= 0.058 then DT := (15/45)*15
            else if (X > 0.058) and (X <= 0.2464) then DT := (15/45)*26
            else if (X > 0.2464) and (X <= 0.8261) then DT := (15/45)*37
            else if (X > 0.8261) and (X <= 0.971) then DT := (15/45)*48
            else DT := (15/45)*70
             end;
          4: begin
            if X <= 0.0469 then DT := (15/45)*15
            else if (X > 0.0469) and (X <= 0.2813) then DT := (15/45)*26
            else if (X > 0.2813) and (X <= 0.6407) then DT := (15/45)*37
            else if (X > 0.6407) and (X <= 0.8751) then DT := (15/45)*48
            else if (X > 0.8751) and (X <= 0.9532) then DT := (15/45)*59
            else if (X > 0.9532) and (X <= 0.9845) then DT := (15/45)*70
            else DT := (15/45)*81;
             end;
      end;
  end;

  Procedure GreenLight(var WL,UNT:Real;GREEN:Real);
  var AT,DT:Real;
      CCLOCK:Real;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Begin
     UNT:=0;
     CCLOCK:=0;
     while CCLOCK < GREEN do
        begin
           GEN_AT(AT);
           Gen_DT(DT);
           UNT := UNT + AT;
           if (WL + AT) <= DT then WL := 0
           else WL := WL + (AT - DT);
           CCLOCK := CCLOCK + 15;
        end; { while }
End;

Procedure RedLight(var WL,UNT,TTWT:Real;GREEN:Real);
var AT,DT  : Real;
    CClock : Real;
    left : Real;
    P_left : Real;
Begin
     UNT:=0;
     CCLOCK:=0;
     TTWT := 0;
     while CCLOCK < GREEN do
        begin
           Gen_AT(AT);
           TTWT:=TTWT + WL*15;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            CCLOCK := CCLOCK + 15;
            case ITS of
               1: P_left := 0.0829;
               2: P_left := 0.1094;
               3: P_left := 0.05;
               4: P_left := 0.3740;
            end;
            left := P_left*AT;
            WL := WL + (AT - left);
            UNT := UNT + AT;
         end;  { while }
End;

Procedure Intersection(A:Integer;var CAR,WL,TWT:Real;GREEN:Real);
var UNT  : Real;
    TTWT : Real;
Begin
         Check_M_S;
         if A=ITS then
            begin
               GreenLight(WL,UNT,GREEN);
               CAR := CAR+UNT;
            end
         else
            begin
               RedLight(WL,UNT,TTWT,GREEN);
               TWT:=TWT+TTWT;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CAR:=CAR+UNT;
            end;
End;

BEGIN {main}
     ch := 'y';
     clrscr;
     GotoXY(15,7);
     Writeln('* * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *');
     GotoXY(15,8);
     Writeln('*                                                       *');
     GotoXY(15,9);
     Writeln('*                                                       *');
     GotoXY(15,10);
     Writeln('*        โปรแกรมจำลองระบบแถวคอยรถ ณ สี่แยกมีนบุรี      *');
     GotoXY(15,11);
     Writeln('*                                                       *');
     GotoXY(15,12);
     Writeln('*                                                       *');
     GotoXY(15,13);
     Writeln('* * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *');
     GotoXY(30,23);
     Writeln('กดแป้นใด ๆ เมื่อพร้อม');
     cch := readkey;
     WHILE CH = 'y' do
   BEGIN
     Randomize;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
clrscr;
CLOCK := 0;
for j:=1 to 4 do
begin
   NTwt[j] := 0;
   NCar[j] := 0;
   NWait_ave[j] := 0;
end;
clrscr;
GotoXY(15,10);
write('กรุณากรอกระยะเวลาไฟเขียวของแยกหนองจอก....');     readln(G1);
GotoXY(15,11);
write('กรุณากรอกระยะเวลาไฟเขียวของแยกมีนบุรี.......');  readln(G2);
GotoXY(15,12);
write('กรุณากรอกระยะเวลาไฟเขียวของแยกลาดกระบัง...');   readln(G3);
GotoXY(15,13);
write('กรุณากรอกระยะเวลาไฟเขียวของแยกรามคำแหง...');    readln(G4);
clrscr;
write('    ');
for i:=1 to 72 do
   write('-');
writeln;
write('    ');
writeln('   รอบที่','    แยก  ','   เวลารอคอยสะสม','   จำนวนรถที่เข้า',
        '  เวลารอคอยโดยเฉลี่ย');
write('    ');
for i:=1 to 72 do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   write('-');
writeln;
for k:=1 to N do
   begin
   CLOCK:=0;
   for j:=1 to 4 do
   begin
      TWT[j] := 0;
      CAR[j] := 0;
      WL[j]  := 0;
      WAIT_AVE[j] := 0;
   end;
   A:=1;
   while CLOCK < 3600 do
         begin
            case A of
               1 : GREEN := G1;
               2 : GREEN := G2;
               3 : GREEN := G3;
               4 : GREEN := G4;
            end;
            ITS := 1;
            Intersection(A,CAR[1],WL[1],TWT[1],GREEN);
            ITS := 2;
            Intersection(A,CAR[2],WL[2],TWT[2],GREEN);
            ITS := 3;
            Intersection(A,CAR[3],WL[3],TWT[3],GREEN);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ITS := 4;
        Intersection(A,CAR[4],WL[4],TWT[4],GREEN);
        if A=4 then A:=1
          else inc(A);
        CLOCK:=CLOCK+GREEN;
    end; { while }

for j := 1 to 4 do
begin
    WAIT_AVE[j] := TWT[j]/CAR[j];

    NTwt[j] := NTwt[j]+TWT[j];
    NCar[j] := NCar[j]+CAR[j];
    NWait_ave[j] := NWait_ave[j]+WAIT_AVE[j];
end;
for j:=1 to 4 do
  begin
    write('    ');
    case j of
        1 : Write('    ',k,'    หน้องจอก    ');
        2 : Write('    ',k,'    มีนบุรี    ');
        3 : Write('    ',k,'    ลาดกระบัง  ');
        4 : Write('    ',k,'    รามคำแหง   ');
    end;
    writeln(round(TWT[j]):10,' ',round(CAR[j]):10,'        ',
            round(WAIT_AVE[j]):10);
  end; {for j}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        writeln;
        if (k mod 4)=0 then
           begin
             write('                          ');
             writeln('              กดแป้นใด ๆ เพื่อเลื่อนหน้าจอ...');
             cch := readkey;
           end;
        if ((k mod 4)=0) and (k<>20) then
           begin
             clrscr;
             write('    ');
             for i:=1 to 72 do
               write('-');
             writeln;
             write('    ');
             writeln('   รอบที่','    แยก  ','  เวลารอคอยสะสม',
                     '   จำนวนรถที่เข้า ',' เวลารอคอยโดยเฉลี่ย');
             write('    ');
             for i:=1 to 72 do
               write('-');
             writeln;
           end;
      end; {k-loop}
   clrscr;
   writeln('                                    ค่าเฉลี่ยจาก ',N,' รอบ');
   writeln;
   write('          ');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
for i:=1 to 62 do
   write('-');
writeln;
write('          ');
writeln('    แยก  ','   เวลารอคอยสะสม','   จำนวนรถที่เข้า',
        '  เวลารอคอยโดยเฉลี่ย');
write('          ');
for i:=1 to 62 do
   write('-');
writeln;
for j:=1 to 4 do
  begin
    write('          ');
    case j of
          1 : Write('  หนองจอก      ');
          2 : Write('  มีนบุรี      ');
          3 : Write('  ลาดกระบัง    ');
          4 : Write('  รามคำแหง     ');
    end;
    writeln(round(NTwt[j]/N):10,' ',round(NCar[j]/N):10,
            '          ',round(NWait_ave[j]/N):10);
  end;
write('          ');
for i:=1 to 62 do
   write('-');
writeln;
writeln;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      write('ต้องการทดสอบนโยบายอื่นอีกหรือไม่?(y/n)....');
      ch := readkey;
   END;
END.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กัลยา วานิชย์บัญชา. การวิจัยขั้นดำเนินงานและการประยุกต์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.

วัชราภรณ์ สุริยาภิวัฒน์. สถิติเบื้องต้นและการวิเคราะห์ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.

วิภาวรรณ สิงห์พริ้ง. การวิจัยการดำเนินงาน 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์โอ.เอส. พริ้งติ้ง เฮ้าส์, 2529.

บุญเลิศ เอี่ยมทัศนา. เรียนรู้ภาษาปาสคาล ด้วยเทอร์โบปาสคาล 4.0-5.0. กรุงเทพฯ : เอช เอน การพิมพ์, 2532.

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. การจำลองแบบปัญหา. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัตินักศึกษา

ชื่อ-นามสกุล นางสาวจีรวัฒน์ ชนะชล
วันเดือนปีเกิด 2 ตุลาคม 2513
สถานที่เกิด ชลบุรี
สำเร็จมัธยมต้นจาก โรงเรียนพนัสนิทยาคาร ชลบุรี
สำเร็จมัธยมปลายจาก โรงเรียนพนัสนิทยาคาร ชลบุรี

ชื่อ-นามสกุล นายชาญชัย ภราดรสุธรรม
วันเดือนปีเกิด 24 มีนาคม 2512
สถานที่เกิด ปราจีนบุรี
สำเร็จมัธยมต้นจาก โรงเรียนเทพลีลา กรุงเทพมหานคร
สำเร็จมัธยมปลายจาก โรงเรียนเทพลีลา กรุงเทพมหานคร

ชื่อ-นามสกุล นางสาวนพมาศ อัครจันทโชติ
วันเดือนปีเกิด 2 พฤศจิกายน 2514
สถานที่เกิด กรุงเทพมหานคร
สำเร็จมัธยมต้นจาก โรงเรียนสตรีมหาพฤฒาราม กรุงเทพมหานคร
สำเร็จมัธยมปลายจาก โรงเรียนสตรีมหาพฤฒาราม กรุงเทพมหานคร

ชื่อ-นามสกุล นางสาวยุวดี จุลศรีสมบูรณ์
วันเดือนปีเกิด 8 ธันวาคม 2514
สถานที่เกิด กรุงเทพมหานคร
สำเร็จมัธยมต้นจาก โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร
สำเร็จมัธยมปลายจาก โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้