สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การสาธิตระบบแถวคอยผู้ใช้เทอร์มินัล บริเวณหน้าโรงภาพยนตร์สิริเต

นางสาวชนิกานต์ พุทธิภัทโน
นายมรรค์ชัย แซ่อึ้ง
นางสาวมณีรัตน์ วงศ์วัฒนะเดช
นายคมหวัง แซ่ตั้ง

ปพ.
ชป.ปก
2535

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาสถิติประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Telephone User Queueing Simulation in front of LIDO THEATRE

Miss Chanikan Putthipinyo

Mr. Narongchai Sae-Ung

Miss Maneerat Wongwattanadech

Mr. Somwang Sae-Tang

A Special Project Submitted to Applied Statistics in Partial Fulfillment of the Requirement for the Bachelor Degree of Science

Department of Applied Statistics

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ การจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์ บริเวณหน้าโรงภาพยนตร์ลิโด

โดย นางสาว ชนิกานต์ พุทธิภิญโญ

นาย ณรงค์ชัย แซ่อึ้ง

นางสาว มณีรัตน์ วงศ์วัฒนะเดช

นาย สมหวัง แซ่ตั้ง

ภาควิชา สถิติประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ สมศรี บัณฑิตวิไล

ภาควิชา สถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับปัญหาพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

_____ หัวหน้าภาควิชาสถิติประยุกต์

(อาจารย์ วีรศักดิ์ สุรพัฒน์)

คณะกรรมการปัญหาพิเศษ

_____ ประธานกรรมการ

(อาจารย์ สมศรี บัณฑิตวิไล)

_____ กรรมการ

(อาจารย์ วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์)

_____ กรรมการ

(อาจารย์ บุญญสิทธิ์ วรจันทร์)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

หัวข้อปัญหาพิเศษ การจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์ บริเวณหน้าโรงภาพยนตร์สิโด

นักศึกษา 1. นางสาว ชนิกานต์ พุทธิภิญโญ
2. นาย ณรงค์ชัย แซ่อึ้ง
3. นางสาว มณีรัตน์ วงศ์วัฒนะเดช
4. นาย สมหวัง แซ่ตั้ง

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ สมศรี บัณฑิตวิไล

ภาควิชา สถิติประยุกต์

ปีการศึกษา 2535

การบริการโทรศัพท์สาธารณะขององค์การโทรศัพท์ในปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาและเพิ่มจำนวนการติดตั้งมากขึ้น ทำให้ประชาชนมีความสะดวกในการติดต่อสื่อสารถึงกัน ไม่ว่าจะเป็นในกรณีฉุกเฉินหรือไม่ฉุกเฉิน และสามารถใช้บริการได้ทุกที่ ที่มีตู้โทรศัพท์สาธารณะติดตั้งอยู่ แต่บางครั้งก็ไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้บริการของประชาชน ในจุดที่มีผู้คนผ่านไปมาเป็นจำนวนมาก ทั้งประเภทการ์ดโฟน และธรรมดาแบบหยอดเหรียญ ดังนั้นจึงทำการศึกษาถึงอัตราการให้บริการของตู้โทรศัพท์ และ อัตราการเข้าใช้บริการของผู้ใช้บริการ บริเวณหน้าโรงภาพยนตร์สิโด ซึ่งมีตู้โทรศัพท์จำนวน 3 ตู้ เป็นตู้แบบหยอดเหรียญ 2 ตู้ และการ์ดโฟน 1 ตู้ โดยจะทำการบันทึกข้อมูลของเวลาการเข้ารับบริการและการให้บริการของตู้โทรศัพท์ แล้ววิเคราะห์ข้อมูลที่ได้โดยหารูปแบบการแจกแจงของอัตราการเข้ารับบริการ และอัตราการให้บริการ โดยใช้การทดสอบภาวะรูปสนิทดี (Goodness of Fit Test) แล้วทำการจำลองแบบของแถวคอย โดยใช้คอมพิวเตอร์ ซึ่งเขียนด้วยโปรแกรมภาษา PASCAL โดยในการจำลองแบบแบ่งพิจารณาเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 นโยบาย คือ (1). กรณีจำลองแบบที่มีจำนวนตู้เท่ากับระบบจริง (2). กรณีจำลองแบบที่มีการเพิ่มตู้แบบการ์ดโฟน 1 เครื่อง (3). กรณีจำลองแบบที่มีการเพิ่มตู้แบบหยอดเหรียญ 1 เครื่อง (4). กรณีจำลองแบบที่มีการเพิ่มทั้งตู้แบบการ์ดโฟน และ หยอดเหรียญ อย่างละเครื่อง เมื่อได้ผลจากการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ทั้ง 4 นโยบาย แล้วเปรียบเทียบผลที่ได้ พบว่า นโยบายที่ 3 ให้ผลดีที่สุด เนื่องจากทำให้จำนวนของแถวคอยน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

Special Project Title Telephone User Queueing Simulation in front of LIDO THEATRE

Name 1. Miss Chanikan Putthipinyo
2. Mr. Narongchai Sae-Ung
3. Miss Maneerat Wongwattanadech
4. Mr. Somwang Sae-Tang

Special Project Advisor Miss Somsri Bunditvilai

Department Applied Statistics

Academic year 1992

Nowaday Public Telephone service of Telephone Organization of Thailand has developed to serve customers in moderate numbers of public telephones. They facilitate people to communicate each other whether in case of emergency or not and able to use the telephone service wherever it does exist.

However, it sometimes does not enough for demand of people where it is crowded in both type of coin-telephone and cardphone. Therefore, we study the numbers of public telephone served in front of LIDO theatre whether it is enough for people to use. There

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

are two coin-telephones and one cardphone. We gather data of arrival time and departure time, analyze data by finding out the distribution of arrival rate and departure rate by using the goodness of fit test and create the computer program by PASCAL LANGUAGE to simulate this queueing problem. We will determine four policies following (1). The number of public telephone in the simulation is equal to the number of public telephone in the real situation (2). There is the increasing in one more cardphone in the simulation (3). There is increasing in one more coin-telephone in the simulation (4). There are the increasing in one more cardphone and one more coin-phone in the simulation. When we got the result and comparing finally we select the third policy due to reducing the queue.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์จากอาจารย์ สมศรี บัณฑิตวิไล โดยช่วยให้คำปรึกษาแนะนำในการค้นคว้า ให้แนวคิด ข้อคิดเห็นแนะแนวทางในการดำเนินงาน และตรวจทานแก้ไขด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดียิ่ง และขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ได้ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล และเป็นกำลังใจให้แก่คณะผู้จัดทำ

ท้ายสุดนี้ คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณครูบาอาจารย์ ที่ได้ประสาทวิชาความรู้ให้แก่คณะผู้จัดทำ พร้อมทั้งคุณพ่อคุณแม่ และผู้อุปการะของคณะผู้จัดทำ ที่ให้กำลังใจและทุนทรัพย์ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาอังกฤษ ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญกราฟ ..... ฏ

สารบัญรูปภาพ ..... ฏ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ระบบการให้บริการ 1

1.3 วัตถุประสงค์ 3

1.4 ข้อจำกัดและขอบเขตของปัญหา 3

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน 3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

1.7 นิยามศัพท์ 4

2. ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ทฤษฎีแถวคอย 5

2.1.1 ความหมายของแถวคอย 5

2.1.2 ลักษณะพื้นฐานของขบวนการรอคอย 6

2.1.2.1 แบบแผนการเข้ารับบริการของผู้ใช้บริการ 7

2.1.2.2 แบบแผนการให้บริการของหน่วยให้บริการ 12

2.1.2.3 หลักการของแถวคอย 14

2.1.2.4 ความสามารถของระบบ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.1.2.5 จำนวนช่องบริการ 15

2.1.2.6 แหล่งของผู้ใช้บริการ 17

2.1.3 สัญลักษณ์ที่ใช้ในรูปแบบการรอคอย 17

2.2 การจำลองแบบปัญหา 19

2.2.1 ความหมายของการจำลองแบบปัญหา 19

2.2.2 สาเหตุที่ต้องใช้การจำลองแบบปัญหา 19

2.2.3 ประเภทของการจำลองแบบปัญหา 20

2.2.4 เทคนิคมอนติคาร์โล 21

3. การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล 28

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล 28

3.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 28

3.1.2 ลักษณะของข้อมูลดิบ 28

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล 29

3.2.1 อัตราการเข้ารับบริการ 29

3.2.1.1 อัตราการเข้ารับบริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 1 ... 29

3.2.1.2 อัตราการเข้ารับบริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 2 ... 31

3.2.1.3 อัตราการเข้ารับบริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 3 ... 33

3.2.2 การทดสอบหารูปแบบการแจกแจงการเข้ารับบริการของผู้ใช้บริการ 35

3.2.3 อัตราการให้บริการ 42

3.2.4 การทดสอบหารูปแบบการแจกแจงของเวลาให้บริการ 48

3.2.5 ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการย้ายแถว 56

3.2.6 ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการออกจากแถว 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4. ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบ 57

4.1 ผลการวิเคราะห์ระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์ 57

4.2 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์ 58

4.3 ความเชื่อถือได้ของการจำลองระบบ 61

4.4 ผลการจำลองระบบ 63

5. สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ 72

5.1 สรุปผลการวิเคราะห์ 72

5.2 ข้อเสนอแนะ 74

5.3 ปัญหาและอุปสรรค 74

ภาคผนวก 76

ภาคผนวก ก. แบบฟอร์มที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล 77

ภาคผนวก ข. คู่มือการใช้โปรแกรมการจำลองระบบแถวคอย 80

ภาคผนวก ค. ผังงาน (FLOWCHART) ของการจำลองระบบแถวคอย 83

ภาคผนวก ง. โปรแกรมการจำลองระบบแถวคอย 87

บรรณานุกรม 108

ประวัติคณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษ 109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	แสดงการแจกแจงความถี่การเข้ารับบริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 1 ...	30
3.2	แสดงการแจกแจงความถี่การเข้ารับบริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 2 ...	32
3.3	แสดงการแจกแจงความถี่การเข้ารับบริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 3 ...	34
3.4	แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปัวซงส์และค่าความถี่คาดหวังของจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 1	37
3.5	แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปัวซงส์และค่าความถี่คาดหวังของจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 1 (หลังการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวังที่น้อยกว่า 5)	38
3.6	แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปัวซงส์และค่าความถี่คาดหวังของจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 2	39
3.7	แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปัวซงส์และค่าความถี่คาดหวังของจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 2 (หลังการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวังที่น้อยกว่า 5)	40
3.8	แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปัวซงส์และค่าความถี่คาดหวังของจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 3	41
3.9	แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบปัวซงส์และค่าความถี่คาดหวังของจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 3 (หลังการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวังที่น้อยกว่า 5)	42
3.10	แสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการของเครื่องที่ 1	43
3.11	แสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการของเครื่องที่ 2	45
3.12	แสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการของเครื่องที่ 3	47
3.13	แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียลและค่าความถี่คาดหวังของเวลาให้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 1	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

3.14 แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียลและค่าความถี่คาดหวังของเวลาให้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 1 (หลังการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวังที่น้อยกว่า 5) 51
3.15 แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียลและค่าความถี่คาดหวังของเวลาให้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 2 52
3.16 แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียลและค่าความถี่คาดหวังของเวลาให้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 2 (หลังการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวังที่น้อยกว่า 5) 53
3.17 แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียลและค่าความถี่คาดหวังของเวลาให้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 3 54
3.18 แสดงค่าความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียลและค่าความถี่คาดหวังของเวลาให้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 3 (หลังการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวังที่น้อยกว่า 5) 55
4.1 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์ เมื่อเป็นนโยบาย 1,2,3 และ 4 สำหรับเครื่องที่ 1 (การ์ดโฟน) 67
4.2 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์ เมื่อเป็นนโยบาย 1,2,3 และ 4 สำหรับเครื่องที่ 2 และ 3 (หยอดเหรียญ) 67
4.3 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง ของการจำลองแบบระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์ เมื่อเป็นนโยบายที่ 2,3 และ 4 เทียบกับนโยบายที่ 1 สำหรับเครื่องที่ 1 (การ์ดโฟน) 68
4.4 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง ของการจำลองแบบระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์ เมื่อเป็นนโยบายที่ 2,3 และ 4 เทียบกับนโยบายที่ 1 สำหรับเครื่องที่ 2 และ 3 (หยอดเหรียญ) 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญกราฟ

กราฟที่		หน้า
3.1	กราฟแสดงการแจกแจงความถี่การเข้ารับบริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 1	31
3.2	กราฟแสดงการแจกแจงความถี่การเข้ารับบริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 2	33
3.3	กราฟแสดงการแจกแจงความถี่การเข้ารับบริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 3	35
3.4	กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการของเครื่องที่ 1	44
3.5	กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการของเครื่องที่ 2	46
3.6	กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการของเครื่องที่ 3	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	ระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์สาธารณะ บริเวณหน้าโรงภาพยนตร์สิโด	2
1.2	ลักษณะการย้ายแถวของผู้ใช้บริการโทรศัพท์	2
2.1	ระบบแถวคอยพื้นฐาน	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

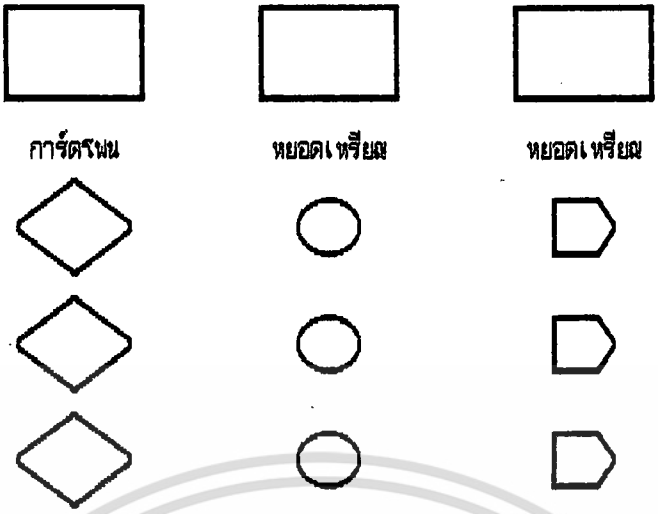
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการให้บริการโทรศัพท์มีความก้าวหน้ามากขึ้นกว่าแต่ก่อนอย่างเช่น มีระบบโทรศัพท์ติดตัว โทรศัพท์มือถือต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งบริการเหล่านี้ต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูงเหมาะสำหรับนักธุรกิจเป็นส่วนใหญ่แต่สำหรับประชาชนส่วนใหญ่ที่ไม่ใช่นักธุรกิจหรือผู้ที่ต้องมีการติดต่อสื่อสารเพื่อธุรกิจแล้ว มักจะใช้บริการโทรศัพท์สาธารณะในเวลาที่ออกจากบ้านเพื่อทำธุระส่วนตัวหรือมีการนัดหมายเพื่อนผูง ซึ่งตู้โทรศัพท์สาธารณะที่ตั้งอยู่ตามจุดต่าง ๆ นั้น บางจุดอาจจะมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้ที่ใช้บริการโดยเฉพาะในย่านธุรกิจต่าง ๆ อย่างเช่น ย่านสยามสแควร์ เป็นต้น ซึ่งถ้าเกิดกรณีเช่นนี้ จะทำให้เกิดความไม่สะดวกแก่ผู้ใช้บริการ และอาจก่อให้เกิดความเสียหายในบางกรณี เช่น อุบัติเหตุรถชน และไม่สามารถใช้โทรศัพท์ติดต่อได้ทันท่วงที ซึ่งอาจก่อให้เกิดการจราจรติดขัด หรือกรณีมีผู้บาดเจ็บ ก็จะไม่สามารถเรียกรถพยาบาลได้ทันท่วงที ฉะนั้นจึงเป็นปัญหาที่น่าจะนำมาศึกษา เพื่อการจำลองระบบแถวคอยของการเข้าใช้บริการโทรศัพท์สาธารณะ

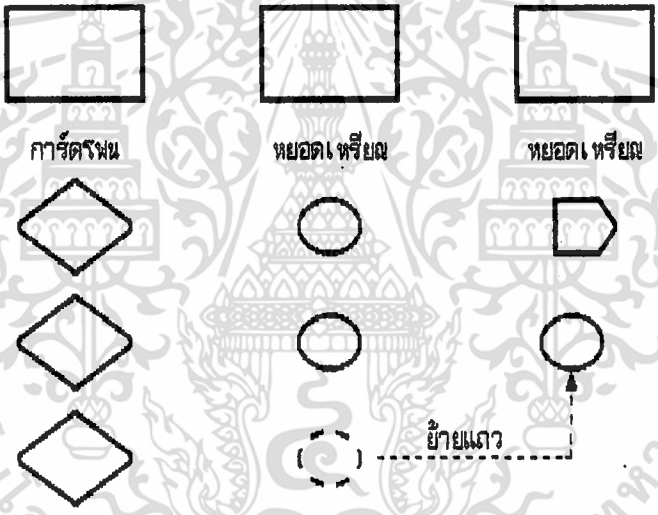
1.2 ระบบการให้บริการ

ระบบของการให้บริการ ที่เราทำการศึกษานี้ ก็เป็นระบบการให้บริการของโทรศัพท์สาธารณะซึ่งผู้ใช้บริการจะเข้าใช้บริการได้ครั้งละ 1 คน ส่วนเวลาของการให้บริการของตู้โทรศัพท์ก็จะขึ้นอยู่กับผู้ใช้บริการว่าจะใช้บริการนานแค่ไหนโดยการหยอดเหรียญครั้งละ 1 บาท แล้วพูดได้นานประมาณ 3 นาทีเมื่อหมดเวลาก็อาจจะหยอดเหรียญใหม่เพื่อพูดต่อ และถ้าเป็นกรณีที่เป็นตู้โทรศัพท์การ์ดโฟน ผู้ใช้บริการก็เพียงแต่เสียบบัตรโทรศัพท์ที่เครื่อง แล้วพูดได้นานเท่าที่จำนวนเงินที่เหลือในบัตร ซึ่งจุดที่เราทำการศึกษาจะประกอบด้วยตู้โทรศัพท์จำนวน 3 ตู้

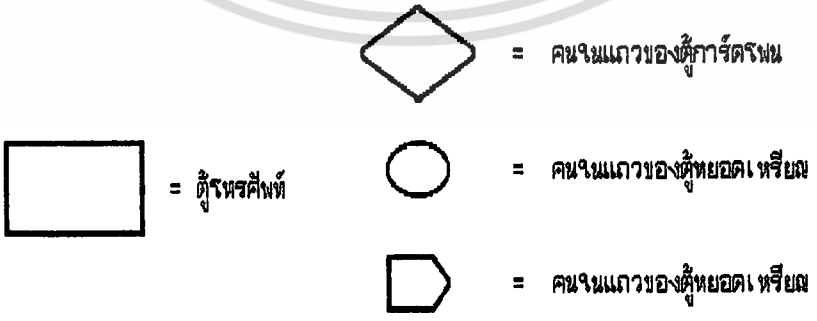
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 ระบบแถวคอยผู้ใช้บริการศัพท์สาธารณะ บริเวณหน้ารงงภาพยนตร์ลิโด



รูปที่ 1.2 ลักษณะการย้ายแถวของผู้ใช้บริการบริการศัพท์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังรูปที่ 1.1 โดยเป็นตู้แบบหยอดเหรียญ 2 ตู้ และแบบการ์ดโฟนอีก 1 ตู้ ซึ่งผู้ใช้บริการจะเลือกตู้ใดตู้หนึ่งใน 3 ตู้นี้ ถ้าผู้ใช้บริการต้องการใช้บริการโทรศัพท์แบบหยอดเหรียญ ก็จะไปเข้าตู้ที่เป็นแบบหยอดเหรียญตู้ใดตู้หนึ่งใน 2 ตู้ และถ้าผู้ใช้บริการที่มีบัตรโทรศัพท์หรือการ์ดโฟน ก็จะเข้าตู้การ์ดโฟน หรือตู้โทรศัพท์ธรรมดาที่หยอดเหรียญก็ได้ ซึ่งในระบบการให้บริการนี้ ผู้ใช้บริการอาจมีการย้ายตู้ด้วย ในกรณีที่เห็นว่าตู้อื่นมีแถวคอยที่สั้นกว่า หรือว่าง ดังรูปที่ 1.2

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อพิจารณาหาจำนวนตู้โทรศัพท์ให้เหมาะสมกับปริมาณผู้ที่เข้ามาใช้บริการ

2. เพื่อพิจารณาหาจำนวนตู้โทรศัพท์แบบการ์ดโฟน และแบบหยอดเหรียญ ให้เพียงพอกับความต้องการของผู้ใช้บริการ

1.4 ข้อจำกัดและขอบเขตของปัญหา

1. เราจะพิจารณาตู้โทรศัพท์สาธารณะหน้าโรงภาพยนตร์สิโด ซึ่งประกอบด้วยตู้โทรศัพท์ธรรมดา 2 ตู้ และการ์ดโฟน 1 ตู้ เพราะว่าเป็นสถานที่มีผู้คนผ่านไปมาเป็นจำนวนมาก

2. การเก็บข้อมูล เราจะทำการเก็บข้อมูลโดยใน 1 สัปดาห์ เราจะเก็บข้อมูลในวันจันทร์, พุธ, ศุกร์ และ อาทิตย์ ในเวลาตั้งแต่ 16.30-18.30 น.

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. กำหนดขอบเขตของปัญหาและวัตถุประสงค์ โดยจะพิจารณาถึงปัญหาที่เกิดว่ามีมากน้อยแค่ไหนและวัตถุประสงค์ของงานคืออะไร

2. วางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูล ว่าเราจะใช้วิธีการเก็บข้อมูลแบบไหนที่ดีที่สุด

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการนับจำนวนผู้เข้าใช้บริการและเวลาในการใช้บริการ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล ทดสอบการแจกแจงความน่าจะเป็นของการเข้ารับบริการและเวลาในการใช้บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การเขียนโปรแกรมจำลองระบบการเข้ารับบริการโทรศัพท์

6. การสรุปผลที่ได้จากการจำลองระบบ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้รับรู้ถึงปัญหาของระบบแถวคอยของการใช้บริการโทรศัพท์ในชีวิตจริงว่ามีปัญหาอย่างไรมีความแตกต่างหรือเหมือนกับที่เราได้ศึกษามาหรือไม่

2. ทำให้ผู้ศึกษามีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการจำลองแบบแถวคอยมากขึ้น

3. อาจจะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการพิจารณาเพิ่มการติดตั้งตู้โทรศัพท์ในย่านที่ทำการศึกษานี้ได้

4. ใช้เป็นแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมของผู้ที่สนใจในเรื่องการจำลองแบบแถวคอย

1.7 นิยามศัพท์

โทรศัพท์แบบการ์ดโฟน คือ โทรศัพท์ที่ใช้บัตรเสียบที่ตัวตู้แทนการหยอดเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาพิเศษ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

2.1 ทฤษฎีแถวคอย (Queueing Theory)

2.2 การจำลองแบบปัญหา (Simulation)

2.1 ทฤษฎีแถวคอย (Queueing theory)

2.1.1 ความหมายของแถวคอย

การรอคอย (waiting) เป็นเงื่อนไขที่เกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้บริการต้องรอหน่วยให้บริการ เมื่อหน่วยให้บริการไม่สามารถให้บริการได้ทัน หรืออาจเป็นในกรณีเข้าแถวรอรับบริการ การรอคอยมีสาเหตุมาจากความไม่สม่ำเสมอของการเข้ารับบริการและการให้บริการ

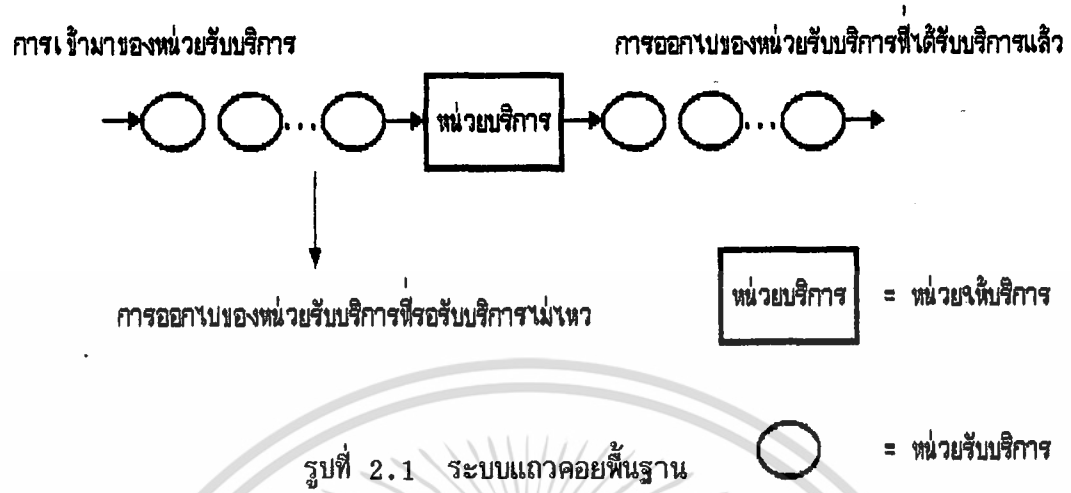
แถวคอย (Queue) เป็นสภาพที่เกิดขึ้นเนื่องจากมีการรอคอยเพื่อรับบริการ ตัวอย่างแถวคอยที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เช่น การรอรถประจำทาง การรอขึ้นลิฟท์ การเข้าแถวซื้ออาหาร ฯลฯ

การศึกษาแถวคอยสมัยใหม่เริ่มขึ้นในศตวรรษที่ 20 และผลงานของ A.K. Erlang ได้ประยุกต์เอาวิธีทางคณิตศาสตร์ เพื่อทำการวิเคราะห์ลักษณะของแถวคอย ทำให้ทฤษฎีแถวคอยเป็นทฤษฎีที่พัฒนาขึ้นด้วยรูปแบบทางคณิตศาสตร์ใช้แทนปัญหาของแถวคอย เพื่อใช้วิเคราะห์สภาวะของแถวคอย โดยการศึกษาลักษณะรูปแบบทางทฤษฎีความเป็นไปได้ของผู้ใช้บริการและหน่วยให้บริการแล้วหาผลลัพธ์เป็นค่าต่าง ๆ แสดงสภาวะของแถวคอย ผลลัพธ์ดังกล่าวจะใช้ช่วยในการตัดสินใจดำเนินการเกี่ยวกับบริการที่ดีขึ้น โดยมีผลเป็นการลดค่าใช้จ่ายหรือช่วยจัดระบบบริการให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

ระบบแถวคอยสามารถอธิบายการเข้ามาของผู้ใช้บริการที่เข้ารับบริการ การรอคอยสำหรับการรับบริการ ถ้าผู้ใช้บริการไม่รีบด่วนและมีการรอคอยเข้ารับบริการ ก็จะออกจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบหลังจากได้รับบริการแล้ว ดังนั้นระบบแถวคอยพื้นฐานสามารถแสดงดังรูป 2.1



รูปที่ 2.1 ระบบแถวคอยพื้นฐาน

สำหรับแถวคอยที่นำมาเป็นกรณีศึกษาในที่นี้คือ แถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์สาธารณะหน้าโรงภาพยนตร์สิโด ซึ่งจะพบปัญหาแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์ เนื่องจากเป็นตู้โทรศัพท์ที่มีผู้มาใช้บริการมาก

2.1.2 <u>ลักษณะพื้นฐานของขบวนการรอคอย</u>

ลักษณะพื้นฐานของขบวนการรอคอย มี 6 ลักษณะดังนี้

2.1.2.1 แบบแผนการเข้ารับบริการของผู้ใช้บริการ
(Arrival pattern of customers)

2.1.2.2 แบบแผนการให้บริการของหน่วยให้บริการ
(Service pattern of servers)

2.1.2.3 หลักการของแถวคอย
(Queue discipline)

2.1.2.4 ความสามารถของระบบ
(System capacity)

2.1.2.5 จำนวนช่องบริการ
(Number of service channels)

2.1.1.6 แหล่งของผู้ใช้บริการ
(Calling source)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.1 <u>แบบแผนการเข้ารับบริการของผู้ใช้บริการ</u> (Arrival pattern of customers)

ถ้าผู้ใช้บริการเข้ารับบริการเป็นเวลาแน่นอนก็จะสามารถจัดให้มีหน่วยให้บริการตามเวลานั้น ๆ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาแถวคอยได้ แต่เนื่องจากการมาของผู้ใช้บริการขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอกหลายอย่างจึงทำให้ผู้ใช้บริการมาเป็นกลุ่มบ้าง กระจายมาบ้าง ทำให้ช่วงเวลาระหว่างผู้ใช้บริการที่เข้ามาติด ๆ กัน (Interarrival time) แตกต่างกันออกไป ซึ่งการแจกแจงการเข้ารับบริการอาจเป็นแบบปัวซงส์ (Poisson) เออร์แลงก์ (Erlang) สม่ำเสมอ (Uniform) หรืออื่น ๆ

แต่โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว ปัญหาแถวคอยในส่วนที่เข้ารับบริการซึ่งอัตราการเข้ารับบริการ (arrival rate) จะมีรูปฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นในลักษณะปัวซงส์ (Poisson) เป็นส่วนใหญ่

กฎของความน่าจะเป็นในระบบแถวคอย

เรามักกล่าวถึงความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่เหตุการณ์หนึ่งจะเกิดขึ้นอยู่เสมอในชีวิตประจำวัน เช่นเราอาจกล่าวได้ว่า พรุ่งนี้ฝนอาจจะตก พรุ่งนี้เราอาจไปทำงานสาย หรือพรุ่งนี้เราอาจไม่ไปทำงาน ในระบบแถวคอยเราอาจกล่าวถึงความน่าจะเป็นไปในทำนองที่ว่า ตอนเช้าของทุกวันในเดือนเมษายนจะมีผู้มาใช้บริการมาก หรือในเดือนหนึ่งอาจมีผู้โดยสารที่เป็นชาวต่างประเทศมาใช้บริการถึง 50 ราย หรือกล่าวว่าผู้ที่ใช้เวลาในการออกตั๋วเกิน 4 นาที อาจมีถึง 40 % ของผู้มาใช้บริการทั้งสิ้น เราอาจกล่าวเป็นเชิงวิชาการเกี่ยวกับกฎของความน่าจะเป็นที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

การกระจายความน่าจะเป็น

ถ้าเราให้ X เป็นตัวแปรสุ่มแทนเหตุการณ์ที่เราสนใจ และให้ x แทนผลที่เกิดขึ้นจากการทดลองต่อเนื่องจากค่าของ X ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ X ซึ่งมีค่า x จะแทนด้วย $P(X = x)$ ซึ่งเรียกว่า การกระจายของความน่าจะเป็น และแทนด้วยสัญลักษณ์ $f(x)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างเช่น โอกาสที่ทอดลูกเต๋า 1 ครั้ง จะได้หมายเลข 2 เท่ากับ 1/6 = f(x)

โดยคำจำกัดความ ถ้า X เป็นตัวแปรสุ่มที่ไม่ต่อเนื่อง (Discrete variable)

$$f(x) \geq 0$$

และ $$\sum_{\text{all } x} f(x) = 1$$

ในกรณีที่ X เป็นตัวแปรสุ่มต่อเนื่อง จะได้

$$f(x) \geq 0$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1$$

และ $$P(a \leq x \leq b) = \int_{a}^{b} f(x)dx$$

โดย $$P(X=a) = 0$$

สมการข้างต้น คือความน่าจะเป็นสะสมในช่วง a ถึง b ฟังก์ชันของความน่าจะเป็นสะสม เรียกว่า การกระจายของความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative probability distribution) ซึ่งแสดงได้ด้วย

$$F(x) = P(X<x)$$

$$= \sum_{t<x} f(t) \quad \text{.....(Discrete)}$$

หรือ $$= \int_{-\infty}^{x} f(t)dt \quad \text{.....(Continuous)}$$

การแจกแจงแบบปัวซงส์ (Poisson Distribution)

ลักษณะของการทดลองปัวซงส์มีดังนี้

1. จำนวนครั้งของความสำเร็จที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาใดช่วงเวลาหนึ่ง หรืออาณาบริเวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใดบริเวณหนึ่งเป็นอิสระกับจำนวนครั้งของความสำเร็จที่เกิดในช่วงเวลาอื่น หรืออาณาบริเวณอื่น

2. ความน่าจะเป็นของการได้ความสำเร็จหนึ่งครั้งในช่วงเวลาที่สั้นมากช่วงหนึ่ง หรืออาณาบริเวณที่เล็กมากบริเวณหนึ่ง เป็นปฏิภาคโดยตรงกับช่วงเวลาหรือขนาดของอาณาบริเวณนั้น และไม่ขึ้นกับจำนวนครั้งของความสำเร็จที่เกิดขึ้นนอกช่วงเวลาหรือนอกอาณาบริเวณดังกล่าว

3. ความน่าจะเป็นของการได้ความสำเร็จที่เกิดขึ้นมากกว่าหนึ่งครั้งในช่วงเวลาที่สั้นมาก หรือภายในอาณาบริเวณที่เล็กมาก มีค่าน้อยมากจนสามารถตัดทิ้งได้

นิยาม ตัวแปรสุ่ม X ที่แสดงจำนวนครั้งของความสำเร็จที่ได้จากการทดลองปัวซงส์ เรียกว่า ตัวแปรสุ่มปัวซงส์

การแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มปัวซงส์ X เรียกว่า การแจกแจงแบบปัวซงส์ และเขียนแทนด้วย $P(x;\lambda)$ เพราะการแจกแจงนี้ขึ้นอยู่กับ λ เพียงค่าเดียว λ คือค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งของความสำเร็จที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา หรือในอาณาบริเวณใดบริเวณหนึ่ง คือ

$$P(x;\lambda) = \frac{e^{-\lambda}\lambda^{x}}{x!} \qquad \text{เมื่อ } x = 0,1,2,\ldots$$

โดยที่ λ คือค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งของความสำเร็จที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาหรืออาณาบริเวณดังกล่าวนั้น และ $e = 2.71828\ldots$

การทดสอบไคสแควร์เกี่ยวกับการแจกแจง (test chi-square for distribution)

ลักษณะของการแจกแจงของตัวแปรของประชากรในโลกนี้มีจำนวนนับไม่ถ้วน แต่ในประชากรหนึ่ง ตัวแปรหนึ่งจะมีการแจกแจงเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ถ้าหากว่าประชากรนั้นเป็นประชากรอนันต์ เป็นการยากที่จะทราบการแจกแจงของประชากรนั้นอย่างแท้จริงจึงต้องทำการทดสอบสมมุติฐาน เพื่อหาว่าประชากรนั้นมีการแจกแจงเป็นแบบใด

ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะการทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับการแจกแจงพื้นฐาน 3 การแจกแจงเท่านั้นคือ การแจกแจงแบบทวินาม การแจกแจงแบบปัวซงส์ และการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งตัวแปรที่มีการแจกแจงแบบทวินามและการแจกแจงแบบปัวซงส์จะเป็นตัวแปรชนิดไม่ต่อเนื่องและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแปรที่มีการแจกแจงแบบปกติ จะเป็นตัวแปรชนิดต่อเนื่อง การแจกแจงทั้ง 3 ชนิดดังกล่าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแจกแจงแบบปกติมักจะพบเสมอในงานวิจัยโดยทั่ว ๆ ไป หรือถึงแม้ว่าตัวแปรนั้นจะมีการแจกแจงแบบใด ๆ ก็ตามที่ไม่ใช่การแจกแจงแบบปกติ แต่ถ้าหากว่าขนาดของตัวอย่างมีค่ามากแล้ว ตัวแปรนั้นจะมีการแจกแจงเข้าใกล้การแจกแจงปกติ

ถ้าหากว่ามีความสงสัยว่าตัวแปรหนึ่งในประชากรใด ๆ จะมีการแจกแจงแบบใดแบบหนึ่งหรือไม่ จะต้องทำการทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับการแจกแจงนั้น ๆ โดยการทดลองหรือสุ่มตัวอย่างจากประชากรกลุ่มนั้นมาจำนวนหนึ่ง สังเกตค่าของตัวแปรและความถี่ของตัวแปรนั้นดังตารางต่อไปนี้

X : ตัวแปร	O : ความถี่
x_1 x_2 . . x_k	O_1 O_2 . . O_k
	$\sum_{i=1}^{k} O_i$

และจะต้องตั้งสมมุติฐานสำหรับการทดสอบว่า

H_0 : ตัวแปร X มีการแจกแจงแบบ ก

H_1 : ตัวแปร X ไม่มีการแจกแจงแบบ ก

เมื่อการแจกแจงแบบ ก เป็นการแจกแจงแบบที่ต้องการทดสอบ ซึ่งในที่นี้อาจเป็นการแจกแจงแบบทวินาม การแจกแจงแบบปัวซงส์ หรือการแจกแจงแบบปกติ ตัวสถิติที่ใช้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบการแจกแจงคือ

$$\chi^2_{app} = \sum_{i=1}^{k} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

เมื่อ k เป็นจำนวนเหตุการณ์ที่ปรับแล้ว ซึ่งความถี่คาดหวังไม่ต่ำกว่า 5

O_i เป็นความถี่ที่ได้จากการสังเกตของเหตุการณ์ที่ i

และ E_i เป็นความถี่คาดหวังของเหตุการณ์ที่ i ซึ่งคำนวณได้ตามสมมุติฐาน H_0 ดังนี้

$$E_i = NP(x_i)$$

และตัวแปร χ^2_{app} จะมีการแจกแจงเข้าใกล้การแจกแจงแบบไคสแควร์ด้วยระดับความเป็นอิสระ $= k-1-m$

เมื่อ m เป็นจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณสำหรับการทดสอบการแจกแจงตามสมมติฐาน H_0

ถ้าหากมีความจำเป็นต้องประมาณพารามิเตอร์ของแต่ละการแจกแจงประมาณได้ดังนี้

ประมาณพารามิเตอร์ P ของการแจกแจงแบบทวินามด้วย $\hat{P}$

เมื่อ $\hat{P} = \frac{\bar{X}}{n}$

ประมาณพารามิเตอร์ λ ของการแจกแจงแบบปัวซงส์ด้วย $\hat{\lambda}$

เมื่อ $\hat{\lambda} = \bar{X}$

และประมาณพารามิเตอร์ μ และ σ^2 ของการแจกแจงแบบปกติด้วย $\bar{X}$ และ s^2

$$\bar{X} = \frac{x}{n}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$s^2 = \sum_{i=1}^{n} \frac{(X - \bar{X})^2}{n - 1}$$

คำนวณค่าของตัวสถิติ X^2_{app} แล้วพิจารณาว่า X^2_{app} ตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤตที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนดในการทดสอบหรือไม่ แล้วจึงสรุปผลการทดสอบดังตัวอย่างของการทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับการแจกแจงของตัวแปร

ในที่นี้รูปแบบการเข้ารับบริการโทรศัพท์ หน้าโรงภาพยนตร์สิโด จะหาจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์ที่เข้ารับบริการใน

- เครื่องที่ 1 ทุก ๆช่วง 10 นาที
- เครื่องที่ 2 ทุก ๆช่วง 10 นาที
- เครื่องที่ 3 ทุก ๆช่วง 5 นาที

และหาความถี่ของจำนวนผู้มาใช้บริการโทรศัพท์นั้น ๆ เช่น ในช่วง 10 นาทีของเครื่องที่ 1 มีผู้มาใช้โทรศัพท์ n คน เป็นจำนวนความถี่ พบว่าการแจกแจงความน่าจะเป็นของการเข้ารับบริการเป็นแบบปัวซงส์ (poisson) โดยใช้การทดสอบภาวะรูปสนิทดี (Goodness of Fit Test) ในการทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test)

2.1.2.2 <u>แบบแผนการให้บริการของหน่วยให้บริการ</u> (Service pattern of servers)

สำหรับเวลาที่ใช้ในการบริการตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้น (service time) จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับบริมาณงานที่ต้องทำและความชำนาญของหน่วยให้บริการ เวลาที่ใช้ในการบริการอาจจะเท่ากันหรือไม่เท่ากันสำหรับแต่ละหน่วยที่ได้รับบริการ จำนวนหน่วยที่อยู่ในแถวคอยอาจจะมีอิทธิพลต่ออัตราการให้บริการได้ในการทำงานบางประเภท เช่น ถ้ามีลูกค้ารอรับบริการทำผมอยู่มาก ช่างทำผมจะพยายามทำงานให้เร็วขึ้น ซึ่งอาจมีผลทำให้การบริการเปลี่ยนแปลงไป นั่นคือ คุณภาพอาจไม่ดีพอ แต่มีการบริการบางอย่างที่อัตราการให้บริการไม่เปลี่ยนแปลงไปไม่ว่าจะมีลูกค้ารออยู่มากเท่าใดก็ตาม เช่น กรณีที่หน่วยให้บริการเป็นเครื่องจักร ซึ่งจะให้บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในอัตราที่แน่นอน

เวลาที่ใช้ในการให้บริการแก่ลูกค้าที่เข้ามารับบริการนั้นมีต่าง ๆ กัน ซึ่งการแจกแจงของเวลาที่ให้บริการอาจเป็นแบบ สม่ำเสมอ (Uniform). เออร์แลงก์ (Erlang) เอกซ์โปเนนเชียล (Exponential) หรืออื่น ๆ

แต่โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว ปัญหาแถวคอยในส่วนที่ให้บริการซึ่งอัตราการให้บริการ (service rate) จะมีรูปฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นในลักษณะเอกซ์โปเนนเชียล (Exponential) เป็นส่วนใหญ่

การแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential Distribution)

ตัวแปรสุ่มต่อเนื่อง X ที่มีการแจกแจงเอ็กซ์โปเนนเชียล พารามิเตอร์ $\lambda > 0$ จะมีฟังก์ชันความน่าจะเป็นดังนี้

$$f(x) = \frac{1}{\lambda} e^{-x/\lambda} \qquad \text{เมื่อ } x > 0$$

$$= 0 \qquad \text{เมื่อ } x \text{ มีค่าอื่น ๆ}$$

จะเห็นว่าฟังก์ชันความน่าจะเป็นนี้อาจหาได้จากฟังก์ชันความน่าจะเป็นแกมมา เมื่อ $\alpha = 1$ ดังนั้น $\mu = \lambda$และ $\sigma^2 = \lambda^2$

การแจกแจงชนิดนี้มีที่ใช้มากในเรื่องการหาค่าความเชื่อถือได้และในเรื่องเกี่ยวกับการรอคอย เช่น การแจกแจงของช่วงเวลาในการรับบริการอย่างสุ่ม หรือช่วงเวลาของเหตุการณ์ที่มีการเกิดแบบปัวซงส์

ในที่นี้รูปแบบการใช้บริการโทรศัพท์ หน้าโรงภาพยนตร์สิโด จะหาจากจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์ที่ใช้เป็นเวลา n นาทีของโทรศัพท์ทั้ง 3 เครื่อง เป็นจำนวนความถี่ พบว่าการแจกแจงความน่าจะเป็นของการเข้ารับบริการเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียล (Exponential) โดยใช้การทดสอบภาวะรูปสนิทดี (Goodness of Fit Test) ในการทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.3 หลักการของแถวคอย (Queue discipline)

ลูกค้าอาจเข้ามารับบริการยังหน่วยให้บริการได้หลายวิธี ในการวิเคราะห์ระบบของแถวคอยจะต้องระบุกติกาการเข้ารับบริการไว้อย่างแน่ชัด กติกาการเข้ารับบริการที่มักปรากฏให้เห็นสม่ำเสมอได้แก่

- ผู้มาถึงก่อนจะได้รับบริการก่อน (First In, First Out หรือ FIFO) กติกานี้ได้แก่การรอคอยเข้ารับบริการโดยทั่ว ๆ ไป เช่น การจองตั๋วดูภาพยนตร์ การเข้าแถวเติมน้ำมันรถยนต์ตามปั๊ม และการเข้าคิวจองตั๋วรถไฟ เป็นต้น

- การมาถึงทีหลังแต่ได้รับบริการก่อน (Last In, First Out หรือ LIFO ซึ่งบางครั้งก็มีผู้ใช้ LCFO คือ Last Come, First Out) ตัวอย่างการเข้ารับบริการประเภทนี้ก็ได้แก่ การใช้ลิฟท์ ผู้ที่เข้ามาในลิฟท์หลังสุดจะอยู่ตรงปากประตูและเป็นผู้ที่ออกไปก่อนหรืออีกตัวอย่างหนึ่งก็คือการเก็บรักษาสิ่งของคงคลังซึ่งส่วนมากแล้วสิ่งของที่จัดหาภายหลังจะอยู่ข้างบนและมักถูกหยิบไปใช้ก่อน

- การเรียกเข้ารับบริการแบบสุ่ม (Service In Random Order หรือ SIRO) ระบบนี้ผู้ใช้บริการจะถูกเรียกเข้าไปยังหน่วยให้บริการ ตัวอย่างเช่น การเรียกข้อมูลในระบบสอบถามซึ่งเก็บข้อมูลไว้ในคอมพิวเตอร์

- การเรียกเข้ารับบริการแบบให้ความสำคัญก่อนหลัง (Priority service) ระบบนี้ผู้ใช้บริการจะถูกเรียกเข้ายังหน่วยให้บริการตามลำดับความสำคัญ ตัวอย่างเช่น ผู้ป่วยฉุกเฉินในโรงพยาบาลจะได้รับบริการก่อนผู้ป่วยสามัญ หรือในคอมพิวเตอร์ระบบ Time sharing ซึ่งสามารถเรียกโปรแกรมที่ระดับความสำคัญสูงเข้ามายังหน่วยสมองหลักเพื่อทำการคำนวณก่อนได้ ระบบการเดินรถไฟทางเดียว ขบวนรถด่วนจะได้ระดับความสำคัญสูงสุด ขบวนอื่นต้องรออยู่ในรางหลีกเพื่อให้ขบวนรถด่วนผ่าน ขบวนรถเร็วจะได้รับระดับความสำคัญถัดมา ขบวนรถสินค้าพิเศษอาจได้รับความสำคัญให้ผ่านเข้าไปในเส้นตรงได้ก่อนขบวนรถรวม เป็นต้น

สำหรับแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์ บริเวณหน้าโรงภาพยนตร์สิโด มีหลักการบริการเป็นแบบมาก่อนได้รับบริการก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.4 <u>ความสามารถของระบบ</u> (System capacity)

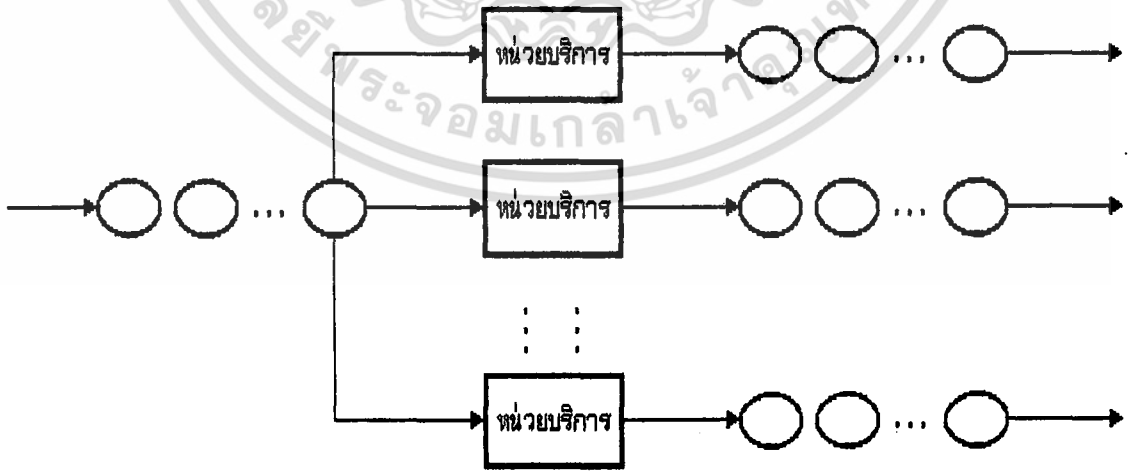
ความสามารถของระบบเกี่ยวกับแถวคอย เช่น แถวคอยของเครื่องจักรในโรงงานซึ่งมีสถานที่จำกัด แถวคอยที่ผู้ใช้บริการจะรอเข้ารับบริการไม่ได้เพราะไม่มีที่ให้รอ ในร้านตัดผมก็เช่นกันมีม้านั่งให้รอได้จำกัด ในกรณีที่แถวคอยไม่มีขอบเขตจำกัด เช่น แถวคอยของจดหมายหรือแถวคอยของรถที่รอจ่ายค่าผ่านทางด่วนจะสามารถมีแถวคอยไปได้ไม่จำกัด

ส่วนขีดความสามารถในการให้บริการของโทรศัพท์ บริเวณหน้าโรงภาพยนตร์ลิโดเป็นแถวคอยแบบไม่มีขอบเขตจำกัด

2.1.2.5 <u>จำนวนช่องบริการ</u> (Number of service channels)

1. กรณีที่มีแถวคอยอยู่เพียง 1 แถวคอยรับบริการอยู่ และหน่วยให้บริการอยู่เพียง 1 หน่วย จะเรียกว่า Single-Channel and Single-Phase System

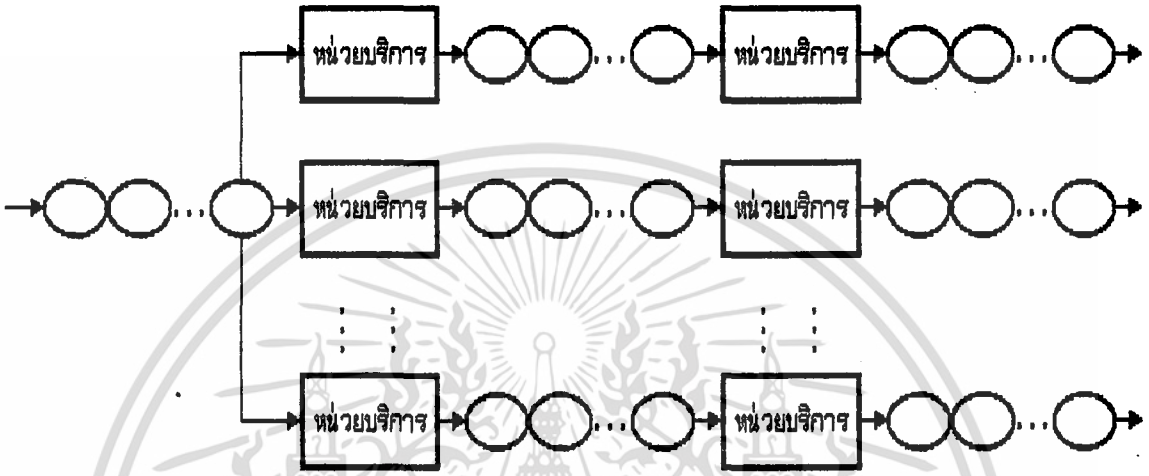
2. กรณีที่มีแถวคอย 1 แถว แต่มีหน่วยให้บริการหลายหน่วย จะเรียกว่า Multi-Channel and Single-Phase System



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

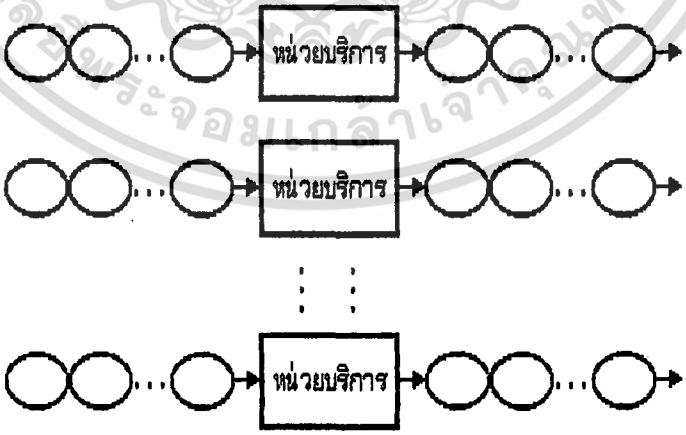
หรือเรียกว่า Parallel Service Channel เช่น ร้านตัดผมที่มีช่างตัดผมหลายคน ถ้าทุก ๆ คนทำหน้าที่เหมือนกันหมด คือ ทั้งสระผม ตัดผม และอื่น ๆ

3. กรณีที่มีหน่วยให้บริการหลายหน่วย และแต่ละหน่วยทำหน้าที่เพียงอย่างเดียว แต่มีแถวคอยเพียงแถวเดียว



เช่น การลงทะเบียนเรียนของนิสิตในมหาวิทยาลัย ช่วงแรกอาจยื่นแบบลงทะเบียนช่วงที่ 2 เสียเงิน ฯลฯ เป็นต้น

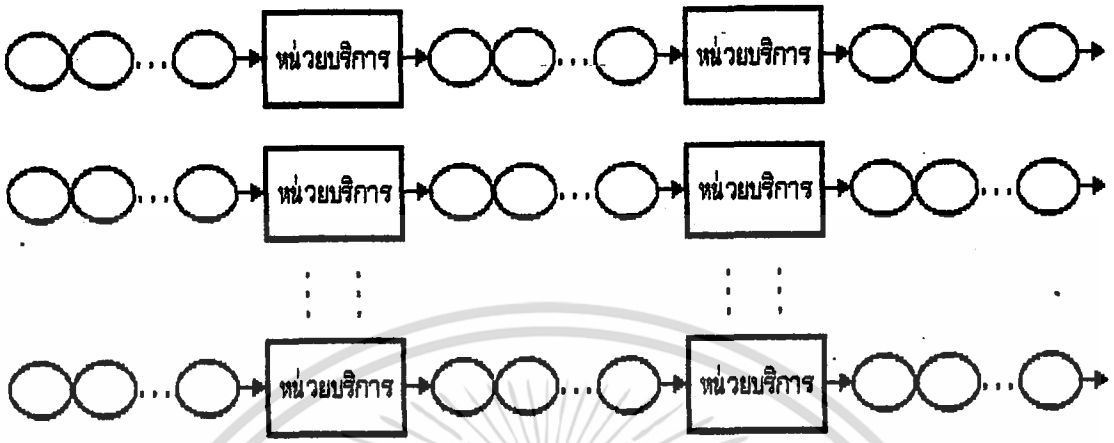
4. กรณีที่มีหน่วยให้บริการหลายหน่วย แต่ละหน่วยทำหน้าที่เดียวกัน และมีแถวคอยหลายแถว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

5. กรณีที่มีหน่วยให้บริการหลายหน่วย แต่ละหน่วยทำหน้าที่เพียงอย่างเดียว และมีแถวคอยหลายแถว



ในที่นี้จะเป็นแบบกรณีที่ 4 ซึ่งเป็นกรณีที่หน่วยให้บริการเท่ากับจำนวนตู้โทรศัพท์ คือ มีทั้งหมด 3 หน่วยบริการ หน่วยบริการแรกเป็นการ์ดโฟน และหน่วยบริการ 2 หน่วยหลังเป็นโทรศัพท์แบบหยอดเหรียญ ซึ่งจะมีแถวคอย 3 แถว

2.1.2.6 แหล่งของผู้ใช้บริการ (Calling source)

ส่วนที่จะเข้ามารับบริการนี้จะประกอบด้วยแหล่งของผู้ใช้บริการ (Input Source) ซึ่งอาจจะมีหน่วยที่จะขอเข้ารับบริการอยู่ไม่จำกัดจำนวน (Infinite) เช่น ผู้ที่เข้ามาใช้บริการในแผนกซุปเปอร์มาเก็ตของห้างสรรพสินค้า หรือบางครั้งแหล่งของผู้ใช้บริการก็มีอยู่จำกัด (Finite) เช่น นักเรียนรอสอบสัมภาษณ์

แหล่งของผู้เข้ามาใช้บริการโทรศัพท์ บริเวณหน้าโรงภาพยนตร์สิโตมีได้ไม่จำกัดจำนวน

2.1.3 <u>สัญลักษณ์ที่ใช้ในรูปแบบการรอคอย</u>

n = จำนวนผู้ใช้บริการในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$P_n(t)$ = ความน่าจะเป็นที่มีผู้ใช้บริการ n หน่วยในระบบที่เวลา t ใด ๆ ในสถานะถ่ายทอด (โดยสมมติว่าระบบเริ่มต้นที่เวลา t = 0)

P_n = ความน่าจะเป็นที่มีลูกค้า n หน่วยในระบบในสถานะอยู่ตัว

λ_n = อัตราการเข้ารับบริการเมื่อระบบมีผู้ใช้บริการอยู่ n หน่วย

λ = อัตราการเข้ารับบริการโดยเฉลี่ย (จำนวนผู้ใช้บริการที่มาโดยเฉลี่ยต่อ 1 หน่วยเวลา)

μ_n = อัตราการให้บริการ เมื่อระบบมีผู้ใช้บริการ n หน่วย

μ = อัตราการให้บริการโดยเฉลี่ย (จำนวนผู้ใช้บริการที่ได้รับบริการโดยเฉลี่ยต่อ 1 หน่วยเวลา)

C = จำนวนช่องทางการให้บริการ

W_s = เวลารอคอยเฉลี่ยของผู้ใช้บริการในระบบ

W_q = เวลารอคอยเฉลี่ยของผู้ใช้บริการในแถวคอย

L_s = จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยในระบบ

L_q = จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยในแถวคอย

ρ = อัตราส่วนของเวลาที่หน่วยให้บริการปฏิบัติงานต่อเวลาทั้งหมดของระบบ

ความสัมพันธ์ระหว่าง W_s, W_q, L_s, L_q

สมมุติให้ λ_n คงที่ เท่ากับ λ ทุก ๆ ค่า n ในสถานะอยู่ตัวจะได้ว่า

$$L_s = \sum_{n=1}^{\infty} nP_n \qquad \text{และ} \qquad L_q = \sum_{n=c+1}^{\infty} (n-C)P_n$$

$$L_s = \lambda W_s \qquad \text{และ} \qquad L_q = \lambda W_q$$

<u>หมายเหตุ</u> ถ้า λ_n ไม่คงที่ทุกค่า n, จะแทน λ ในสมการข้างต้น ด้วย $\bar{\lambda}$

โดยที่ $\bar{\lambda}$ = อัตราการเข้ามาโดยเฉลี่ยในช่วงระยะเวลานานพอ

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu}$$

เอา λ คูณตลอด จะได้ $L_s = L_q + \rho$ เมื่อ $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การจำลองแบบปัญหา (Simulation)

2.2.1 ความหมายของการจำลองแบบปัญหา

เทคนิคการจำลองแบบปัญหา (Simulation) เป็นวิธีการหนึ่งซึ่งใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาในด้านต่าง ๆ ซึ่งกลไกของวิธีการของการจำลองแบบปัญหาขึ้นอยู่กับแบบจำลองและการใช้แบบจำลอง แบบจำลองที่ใช้ในการจำลองแบบปัญหานี้อาจเป็นหุ่น เป็นระบบ หรือ เป็นแนวความคิดลักษณะหนึ่งลักษณะใด โดยไม่จำเป็นต้องเหมือน (Identical) กับระบบงานจริง แต่ต้องสามารถช่วยทำให้เข้าใจในระบบงานจริงเพื่อประโยชน์ในการอธิบายพฤติกรรม และเพื่อการปรับปรุงการดำเนินงานของระบบงานจริง แบบจำลองสามารถนำไปใช้ในงานหลายลักษณะ เช่นเป็นเครื่องช่วยคิด (An aid to thought) เป็นเครื่องสื่อความหมาย (An aid to communication) เป็นเครื่องช่วยสอนและฝึกอบรม (Purposes of training and instruction) เป็นเครื่องมือสำหรับการทำนาย (A tool of prediction) เป็นเครื่องสำหรับการทดลอง (An aid to experimentation)

คำจำกัดความที่เป็นที่ยอมรับว่าสามารถครอบคลุมความหมายของการจำลองแบบปัญหาได้เหมาะสมที่สุดก็คือคำจำกัดความที่ให้โดย Shannon ซึ่งให้คำจำกัดความว่า "การจำลองแบบปัญหาคือกระบวนการออกแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง (Real System) แล้วดำเนินการทดลองใช้แบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานหรือเพื่อประเมินผลการใช้นโยบาย (Strategies) ต่าง ๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้"

2.2.2 สาเหตุที่ต้องใช้การจำลองแบบปัญหา

การนำเทคนิคการจำลองแบบปัญหามาใช้ในการวิเคราะห์ระบบแถวคอย เนื่องจากระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์นั้น

1. มีลักษณะเป็นแบบแถวคอยเดี่ยว 3 แถวคอย

2. สามารถย้ายแถวได้ เนื่องจากเป็นการตัดสินใจของหน่วยรับบริการที่มีต่อความยาวแถวคอยหรือคนที่ใช้โทรศัพท์อยู่ใช้เวลาในการคุยโทรศัพท์นาน

3. ในกรณีที่หน่วยรับบริการรอในแถวคอยนานและไม่สามารถรอได้อีก ก็จะออกจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แถวคอยไปเลย โดยยังไม่ได้เข้ารับบริการโทรศัพท์เลย

4. หน่วยให้บริการแต่ละหน่วย มีความแตกต่างกันในด้านปฏิบัติงาน ซึ่งหน่วยให้บริการแรกเป็นการ์ดโฟนและสองหน่วยให้บริการหลังเป็นโทรศัพท์แบบหยอดเหรียญ

2.2.3 ประเภทของการจำลองแบบปัญหา

ประเภทของการจำลองแบบปัญหา (Classification of Simulation Models) สามารถจำแนกประเภทออกไปตามคุณลักษณะดังนี้

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

2. แบบจำลองอะนาลอก (Analog Models) เป็นแบบจำลองที่มีพฤติกรรมเหมือนระบบงานจริง

3. เกมการบริหาร (Management Games) เป็นแบบจำลองการตัดสินใจ (Decision Models) ในกิจการต่าง ๆ เช่น ธุรกิจ สงคราม การลงทุน ฯลฯ เป็นแบบจำลองที่ใช้แสดงผลถ้ามีการตัดสินใจแบบต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการตัดสินใจ

4. แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Models) เป็นแบบจำลองที่อยู่ในรูปโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งก่อนที่จะมาเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แบบจำลองอาจอยู่ในรูปของแบบจำลองประเภทหนึ่งประเภทใดที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด

5. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) เป็นแบบจำลองที่ใช้สัญลักษณ์และฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์แทนองค์ประกอบในระบบงานจริง เช่น ใช้ X แทนค่าใช้จ่ายในการผลิต Y แทนจำนวนสินค้าที่ผลิต

ในระบบงานจริงที่มีความยุ่งยากซับซ้อน แบบจำลองของระบบงานอาจใช้แบบจำลองหลายประเภทร่วมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 เทคนิคมอนติคาร์โล

เทคนิคมอนติคาร์โล คือ เทคนิคในการสร้างข้อมูลโดยการใช้ตัวเลขแบบสุ่ม และความน่าจะเป็นสะสม ตัวเลขสุ่มที่ใช้อาจได้มาจากตารางตัวเลขแบบสุ่ม (Random Number Table) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ลูกเต๋า วงล้อรูเลต ฯลฯ ซึ่งสามารถสร้างตัวเลขที่มีลักษณะการกระจายความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ ส่วนค่าความน่าจะเป็นสะสมคือค่าความน่าจะเป็นสะสมของข้อมูลที่ต้องการ อันอาจได้มาจากข้อมูลในอดีตหรือจากการทดลอง หรือทราบจากลักษณะการกระจายความน่าจะเป็น จากตัวเลขทั้งสองอย่างจะนำมาสร้างข้อมูลที่ต้องการดังนี้

1. สร้างกราฟหรือตารางความน่าจะเป็นสะสมของข้อมูลที่ต้องการ
2. เลือกตัวเลขแบบสุ่ม ใส่จุดทศนิยมเพื่อให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1
3. ใช้ตัวเลขแบบสุ่มในข้อ 2 แทนความน่าจะเป็นสะสม
4. อ่านค่าของข้อมูลจากกราฟหรือตารางที่มีความน่าจะเป็นสะสมเท่ากับตัวเลขในข้อ 3 ค่าที่ได้นี้ คือค่าของข้อมูลที่ต้องการ
5. กระทำซ้ำ 2 ถึง 4 จนกว่าจะได้ข้อมูลมากเท่าที่ต้องการ

การสร้างตัวเลขสุ่ม

มีผู้คิดวิธีการสร้างตัวแปรแบบสุ่มเทียม (Pseudo-random Number) โดยอาศัยสูตรทางคณิตศาสตร์ ที่เรียกว่าตัวเลขสุ่มเทียมเพราะถึงแม้ว่าตัวเลขสามารถยอมรับได้ทางสถิติว่าเป็นตัวเลขแบบสุ่ม แต่ความจริงแล้วตัวเลขเหล่านั้นไม่ใช่ตัวเลขแบบสุ่ม เพราะเมื่อเราได้ข้อมูลเข้าค่าคงที่ต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณชุดเดิมเข้าไปใช้สร้างตัวเลขแบบสุ่ม เราก็จะได้ตัวเลขแบบสุ่มที่เหมือนเดิม

วิธีส่วนกลางกำลังสอง (Midsquare Method)

วิธีนี้เป็นวิธียุคแรก ๆ ของการสร้างตัวเลขแบบสุ่มเทียม การสร้างตัวเลขแบบสุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. เลือกตัวเลขสี่หน่วย
2. ยกกำลังของตัวเลขนั้น ถ้าเลขที่ได้ไม่ครบ 8 หลัก ให้เติมศูนย์ข้างหน้า
3. ใช้เลขสี่หลักกลางของเลขที่ได้ในข้อ 2 เป็นตัวเลขแบบสุ่ม
4. ยกกำลังสองของตัวเลขในข้อ 3
5. ซ้ำขั้นตอน 3 และ 4 จนได้เลขสุ่มเท่าจำนวนที่ต้องการ

ตัวอย่างของการสร้างตัวเลขแบบสุ่มด้วยวิธีนี้ สมมติเลือก $X_0 = 2712$ เป็นเลขสี่หลักแรก

$X_0 = 2712$	$X_0^2 = 07354944$
$X_1 = 3549$	$X_1^2 = 12595401$
$X_2 = 5954$	$X_2^2 = 35450116$
$X_3 = 4501$	$X_3^2 = 20259001$
$X_4 = 2590$	$X_4^2 = 06708100$
$X_5 = 7081$	ect.

ตัวเลขแบบสุ่มคือ 2712, 3549, 5954, 4501, 2590, 7081,... แต่การใช้วิธีนี้มีปัญหาตรงที่ไม่ทราบขนาดช่วงความยาวของลำดับตัวเลขแบบสุ่มที่จะได้ก่อนที่ตัวเลขแบบสุ่มนั้นจะซ้ำชุดเดิม เช่น สมมติว่า ได้ตัวเลขแบบสุ่มเป็น 2712 เมื่อไหร่ เราจะได้ลำดับเดิมของตัวเลขแบบสุ่มซึ่งทำให้ตัวเลขทั้งหมดที่ได้ไม่เป็นแบบสุ่ม และในบางครั้งตัวเลขที่ได้อาจไม่เป็นแบบสุ่มเนื่องจากการเลือกค่าเริ่มต้นที่ไม่ดี เช่น ถ้าเลือกค่าเริ่มต้นเป็น 4500

$X_0 = 4500$	$X_0^2 = 20250000$
$X_1 = 2500$	$X_1^2 = 6250000$
$X_2 = 2500$	$X_2^2 = 6250000$
$X_3 = 2500$	ect.

จะเห็นได้ว่าตัวเลขที่ได้ ไม่ใช่ตัวเลขแบบสุ่ม วิธีนี้ไม่แนะนำให้ใช้ ที่ยกมาอธิบายก็เพื่อทำความเข้าใจกับหลักการสร้างตัวเลขแบบสุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการใช้เศษเหลือ(Congruent Method)

วิธีการนี้นิยมในบรรดาวิธีการใช้เศษเหลือในการสร้างตัวเลขแบบสุ่ม ได้แก่ การใช้เศษเหลือของผลคูณ (Multiplicative Congruential Method) ซึ่งใช้สูตร

$$X_{i+1} = aX_i (\text{mod } m)$$

โดยที่ a และ m เป็นตัวเลขที่ไม่เป็นค่าลบ การสร้างตัวเลขแบบสุ่ม เริ่มต้นด้วยตัวเลขเริ่มต้น ตัวเลขตัวต่อไปจะได้จากการคูณด้วยค่าคงที่ a และหารด้วย m เศษเหลือจากการหารคือตัวเลขที่ต้องการดังตัวอย่างต่อไปนี้

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

$$X_0 = 1$$

$$X_1 = (2*1)\text{mod}10$$

$$X_2 = (2*2)\text{mod}10$$

$$X_3 = (2*4)\text{mod}10$$

$$X_4 = (2*8)\text{mod}10$$

$$X_5 = (2*6)\text{mod}10$$

ปัญหาของการสร้างตัวเลขแบบสุ่มด้วยวิธีนี้ก็เหมือนกับการสร้างด้วยวิธีอื่น ๆ คือช่วงความยาวของลำดับของตัวเลขก่อนที่ตัวเลขจะซ้ำชุดเดิม อย่างในตัวอย่างข้างบนจะเห็นได้ว่าลำดับของตัวเลขสิ้นสุดแล้ว เพราะตัวเลขตัวต่อ ๆ ไปจะเหมือนเดิม ขนาดของความยาวของลำดับขึ้นกับค่าตัวเลขเริ่มต้น (X_0) ค่า a และ m

ขั้นตอนของการสร้างตัวเลขแบบสุ่มด้วยวิธีการใช้เศษเหลือของผลคูณ โดยใช้คอมพิวเตอร์นิยมกระทำดังนี้

1. เลือกตัวเลขใด ๆ ที่น้อยกว่า 9 หลัก ใช้เป็นค่า X_0
2. คูณตัวเลขในข้อ 1 ด้วยค่า a ซึ่งควรมีค่าไม่น้อยกว่า 5 หลัก
3. คูณผลคูณในข้อ 2 ด้วย 1/m
4. เลือกใช้ตัวเลขหลังจุดทศนิยมของตัวเลขที่ได้ในข้อ 3 เป็นตัวเลขแบบสุ่มที่ต้องการ
5. ตัดจุดทศนิยมจากตัวเลขในข้อ 4 แล้วดำเนินการตามขั้นตอนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ซ้ำขั้นตอนที่ 2 ถึง 5 จนกว่าจะได้จำนวนตัวเลขแบบสุ่มมากเท่าที่ต้องการ

ปัจจุบันมีการใช้วิธีการอีกหลายอย่างในการสร้างตัวเลขแบบสุ่มเทียม รวมทั้งมีโปรแกรมสำเร็จรูปให้เรียกใช้จากคอมพิวเตอร์ได้เลยโดยผู้ใช้ไม่ต้องไปสร้างโปรแกรมเอง คุณสมบัติที่ใช้ในการพิจารณาว่า วิธีการและโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างตัวเลขแบบสุ่มนั้นเหมาะสมเพียงใด ประกอบด้วย

1. ตัวเลขที่ได้ต้องมีลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ
2. ตัวเลขที่ได้ต้องเป็นอิสระแก่กัน
3. อนุกรมของตัวเลขที่ได้ต้องสามารถสร้างซ้ำชุดเดิมได้ (Reproducible)
4. อนุกรมของตัวเลขต้องไม่ซ้ำชุดเดิมในช่วงที่ต้องการใช้ตัวเลขแบบสุ่ม
5. ต้องใช้หน่วยความจำคอมพิวเตอร์น้อย

ในที่นี้เราได้ผลิตตัวเลขสุ่มจากคอมพิวเตอร์โดยใช้ฟังก์ชันจากโปรแกรมภาษาบาสคาล

การทดสอบความเป็นสุ่ม

โดยเหตุที่เราทราบว่า ตัวเลขแบบสุ่มเทียมที่สร้างขึ้นไม่ใช่ตัวเลขแบบสุ่มที่แท้จริง จึงอยากทราบว่าตัวเลขแบบสุ่มเทียมมีความเป็นแบบสุ่มแค่ไหน เราสามารถทดสอบความเป็นสุ่มของตัวเลขแบบสุ่มด้วยวิธีทางสถิติได้หลายวิธี แต่ที่เป็นที่นิยมมากที่สุดคือ การทดสอบความถี่และการทดสอบอนุกรม

การทดสอบความถี่ (Frequency Tests)

เทคนิคทางสถิติที่ใช้ คือ การทดสอบลักษณะการกระจายความน่าจะเป็นด้วยการทดสอบแบบไคสแควร์ หรือ แบบโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ในการทดสอบว่าลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็นของตัวเลขเป็นแบบสม่ำเสมอ โดยปกติมักนิยมใช้การทดสอบแบบไคสแควร์เพื่อดูว่าการทดสอบกระทำอย่างไร สมมติให้เราต้องการจะทดสอบลำดับของตัวเลขหลักเดียว M ตัว

ให้ O_i = ความถี่ของตัวเลข i ที่เกิดขึ้นในลำดับ , i = 0,1,2,...,9

E_i = ความถี่คาดหมายของตัวเลข i ถ้าลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นแบบสม่ำเสมอ นั่นคือ $E_i = M/10$

$$\chi^2 = \sum_{i=0}^{9} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

เปรียบเทียบค่า χ^2 นี้กับ $\chi^2_{\alpha,9}$ จากตารางค่าความน่าจะเป็นแบบไคร์สแควร์ ถ้า $\chi^2 < \chi^2_{\alpha,9}$ ยอมรับว่าลำดับของตัวเลขเป็นแบบสุ่ม ด้วยระดับนัยสำคัญ α

การทดสอบอนุกรม (Serial Test)

การทดสอบอนุกรม ใช้สำหรับทดสอบว่ากลุ่มของตัวเลข 2 หลัก, 3 หลัก, 4 หลัก, ฯลฯ เกิดขึ้นแบบสุ่มหรือไม่ เป็นวิธีการทดสอบความเป็นอิสระแก่กันของตัวเลขหลักต่าง ๆ เป็นการทดสอบแบบไคสแควร์ จากตัวอย่างในการทดสอบความถี่ สมมติว่า เราต้องการจะทดสอบว่าตัวเลขหลักเดียว M ค่า จากลำดับของตัวเลข M ค่า เราจะแบ่งตัวเลขออกเป็นคู่ ๆ แล้วให้

O_{ij} = ความถี่ของคู่ตัวเลขซึ่งมีตัวเลขแรกเป็น i และตัวเลขที่ 2 เป็น j

E_{ij} = ความถี่คาดหมายของตัวเลข i , j (ตัวที่ 1 เป็น i ตัวที่ 2 เป็น j)

ถ้าลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็นของลำดับตัวเลขเป็นแบบสม่ำเสมอ และตัวเลขแต่ละตัวเป็นอิสระแก่กัน

$$\chi^2 = \sum_{i=0}^{9}\sum_{j=0}^{9} \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} - \sum_{j=0}^{9} \frac{(\sum_{i=0}^{9} O_{ij} - \sum_{i=0}^{9} E_{ij})^2}{\sum_{i=0}^{9} E_{ij}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีนี้ $E_{ij} = M/100$ และ $\sum_{i=0}^{9} E_{ij} = M/10$

ถ้า $X^2 < X^2_{\alpha,90}$ ยอมรับความเป็นสุ่มของลำดับตัวเลขด้วยระดับนัยสำคัญ α

นอกจากการทดสอบความถี่และการทดสอบอนุกรมซึ่งเป็นที่นิยมใช้แพร่หลายที่สุด ยังมีวิธีการทดสอบความเป็นแบบสุ่มอีกหลายวิธี เช่น Gap test, Run test, Spectral test, Poker test, Autocorrelation tests, Distance test, Order Statistics tests.

การผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปัวซงส์

pdf ของการแจกแจงแบบปัวซงส์ คือ

$$f(x) = \frac{e^{-\lambda}\lambda^x}{x!} \qquad \text{เมื่อ } x \geqslant 0$$

จะได้ $\prod_{i=0}^{x} r_i \leqslant e^{-\lambda} \leqslant \prod_{i=0}^{x+1} r_i$ เมื่อ r คือตัวเลขสุ่ม

การผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล

pdf และ Cummulative Distribution Function ของการแจกแจงแบบเอกซ์โปเนเชียล มีดังนี้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x}$$

เมื่อ $r = RN(0,1)$

จะได้ $F(x) = r$

ดังนั้น $1-r = e^{-\lambda x}$

เนื่องจาก r เป็นตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอ (1-r) ก็จะมีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอด้วย จึงสามารถแทนค่า (1-r) ด้วย r ได้เป็น

$$r = e^{-\lambda x}$$

$$x = \frac{-\ln (r)}{\lambda}$$

$$x = -\mu \ln(r) \qquad \text{เมื่อ } \mu = 1/\lambda$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

บริเวณที่จะทำการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ เครื่องโทรศัพท์สาธารณะหน้าโรงภาพยนตร์สิโด ซึ่งมีให้บริการอยู่ 3 เครื่อง เครื่องที่ 1 เป็นเครื่องโทรศัพท์แบบการ์ดโฟน เครื่องที่ 2 และ 3 เป็นเครื่องโทรศัพท์แบบหยอดเหรียญ ในบริเวณนั้นพบว่ามีความต้องการใช้บริการมากในช่วงวันศุกร์-จันทร์ และน้อยลงในช่วงวันอังคาร-พฤหัส ช่วงเวลาที่มีผู้ใช้บริการมากคือหลังเลิกเรียน และเลิกงานประมาณ 16.00 น. เป็นต้นไป

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

จากการสำรวจพบว่าช่วงเวลา 16.30-18.30 น. มีผู้เข้าใช้บริการโทรศัพท์สาธารณะหนาแน่นมากกว่าช่วงเวลาอื่น จึงทำการเก็บข้อมูลในช่วงเวลานี้

3.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

1. แบบฟอร์มการเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นแบบฟอร์มสำหรับบันทึกลักษณะของผู้ใช้บริการ เวลาที่ผู้ใช้บริการเข้าสู่ระบบ เวลาที่ผู้ใช้บริการเข้าใช้เครื่องโทรศัพท์ และออกจากตู้โทรศัพท์ รายละเอียดของแบบฟอร์มดูได้จากภาคผนวก ก

2. นาฬิกาจับเวลา

3. ผู้บันทึกข้อมูล โดยใช้ผู้บันทึก 2 คนต่อเครื่องโทรศัพท์ 1 เครื่อง

3.1.2 ลักษณะของข้อมูลดิบ

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมานั้นประกอบด้วย

1. เวลาที่ผู้ใช้บริการเข้ารับบริการ บันทึกเมื่อคนเข้าสู่แถวคอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เวลาที่ผู้ใช้บริการได้ใช้บริการโทรศัพท์

3. เวลาที่ผู้ใช้บริการออกจากตู้โทรศัพท์

ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกนั้น จะเป็นตัวเลขในหน่วยเวลา ตัวอย่างเช่น

คนที่	เวลาเข้ารับบริการ	เวลาได้ใช้บริการ	เวลาออกจากระบบ
1	16:30:18	16:30:18	16:31:50
2	16:30:20	16:31:50	16:33:05
3	16:31:50	16:33:05	16:35:32
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาจะนำมาวิเคราะห์หาอัตราการเข้ารับบริการ (Arrival Rate; λ) ของผู้ใช้บริการ และอัตราการให้บริการ (Service Rate;μ) โดยวิเคราะห์แยกแต่ละเครื่องโทรศัพท์

3.2.1 อัตราการเข้ารับบริการ(λ)

หาจากข้อมูลที่ได้จากการจดบันทึกเวลาที่ผู้ใช้บริการเข้าสู่ระบบ

3.2.1.1 อัตราการเข้ารับบริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 1

นำข้อมูลที่ได้มาหาการแจกแจงความถี่ของผู้ใช้บริการในทุก ๆ 10 นาที แล้วนำไปสร้างตารางแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนผู้ใช้บริการดังตารางที่ 3.1 จากนั้นนำข้อมูลความถี่และจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์ ไปสร้างกราฟแสดงการแจกแจงความถี่การเข้ารับบริการของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

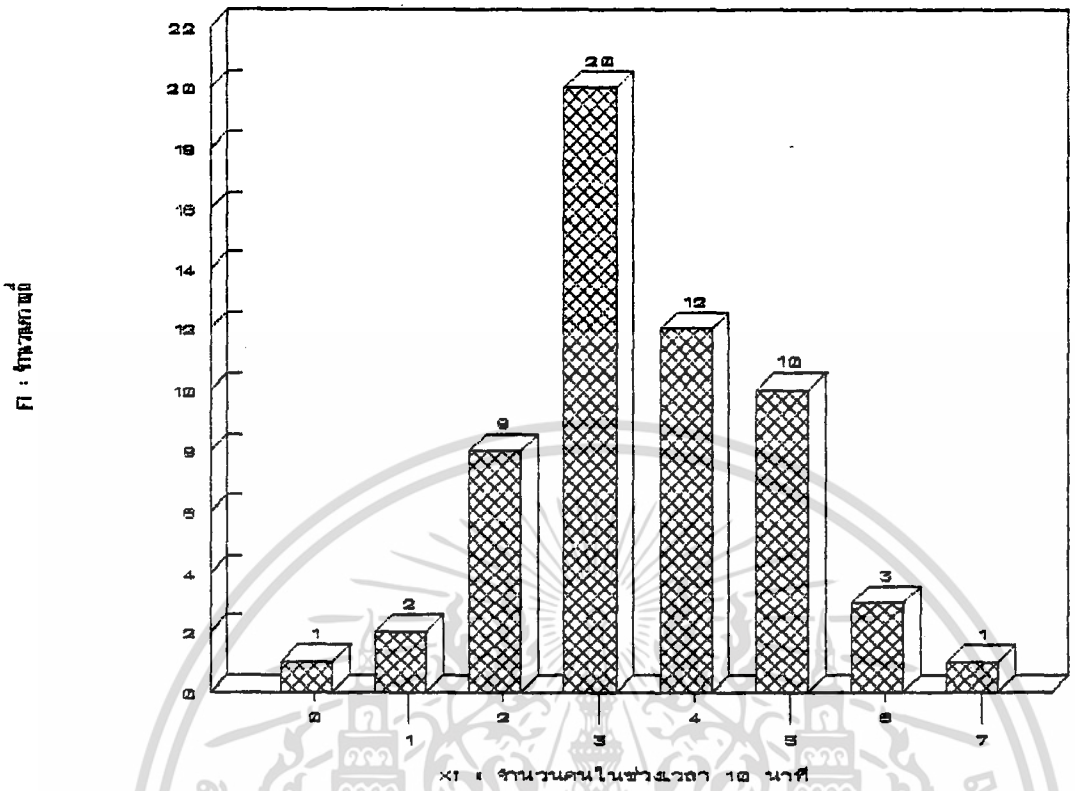
โทรศัพท์เครื่องที่ 1 ดังกราฟที่ 3.1 เพื่อนำไปหารูปแบบการแจกแจงการเข้ารับบริการของผู้ใช้บริการต่อไป

x_i	f_i	$f_i x_i$
0	1	0
1	2	2
2	8	16
3	20	60
4	12	48
5	10	50
6	3	18
7	1	7
รวม	57	201

ตารางที่ 3.1 การแจกแจงความถี่การเข้ารับบริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรศัพท์เครื่องที่ 1 แบบการ์ดโฟน



กราฟที่ 3.1 การแจกแจงความถี่การเข้ารับบริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 1

อัตราการเข้ารับบริการ(λ)หาได้ดังนี้

$$\lambda = \frac{\sum_i f_i x_i}{N}$$

$$= 201/57$$

$$= 3.52631 \text{ คน/10 นาที}$$

3.2.1.2 อัตราการเข้ารับบริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 2

นำข้อมูลที่ได้มาหาการแจกแจงความถี่ของผู้ใช้บริการในทุก ๆ 10 นาที แล้วนำไปสร้างตารางแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนผู้ใช้บริการดังตารางที่ 3.2 จากนั้นนำข้อมูลความถี่และจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์ ไปสร้างกราฟแสดงการแจกแจงความถี่การเข้ารับบริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 2 ดังกราฟที่ 3.2 เพื่อนำไปหารูปแบบการแจกแจงการเข้ารับบริการของผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

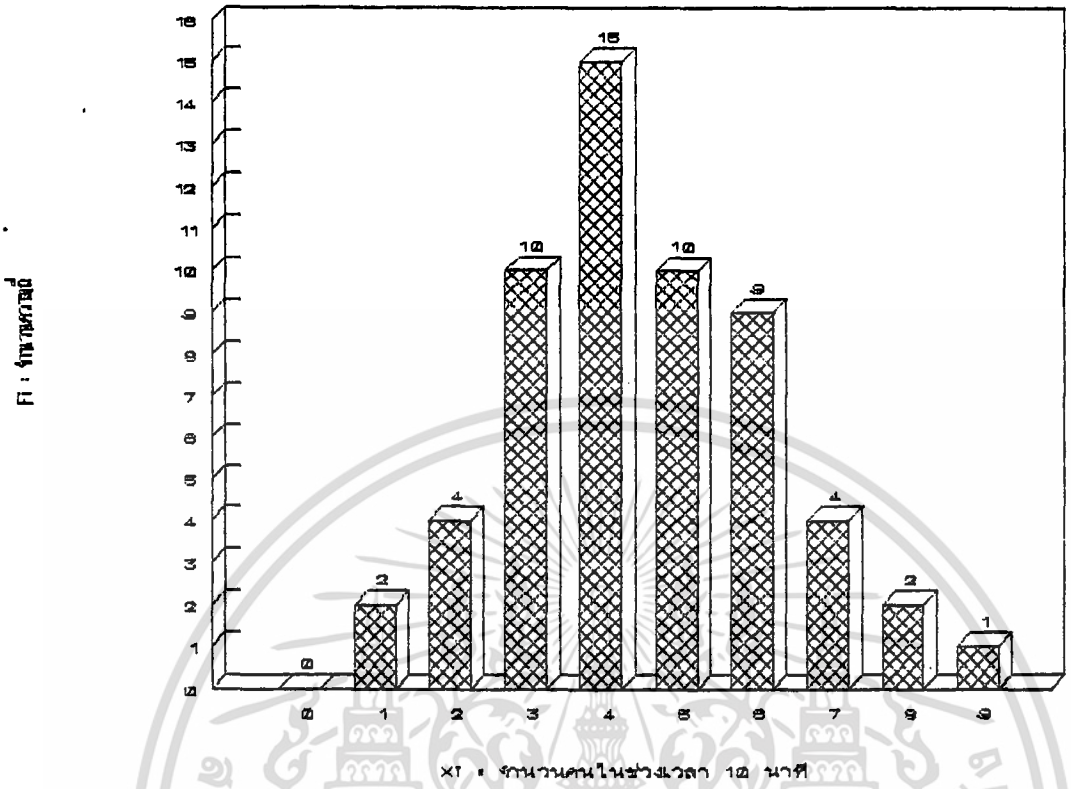
บริการต่อไป

x_i	f_i	$f_i x_i$
0	0	0
1	2	2
2	4	8
3	10	30
4	15	60
5	10	50
6	9	54
7	4	28
8	2	16
9	1	9
รวม	57	257

ตารางที่ 3.2 การแจกแจงความถี่การเข้ารับบริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรศัพท์เครื่องที่ 2 แบบหยอดเหรียญ



กราฟที่ 3.2 การแจกแจงความถี่การเข้ารับบริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 2

อัตราการเข้ารับบริการของผู้ใช้บริการ (λ) หาได้ดังนี้

$$\lambda = \frac{\sum_i f_i x_i}{N}$$

$$= 257/57$$

$$= 4.5088 \text{ คน/10 นาที}$$

3.2.1.3 อัตราการเข้ารับบริการของผู้ใช้บริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 3

นำข้อมูลที่ได้มาหาการแจกแจงความถี่ของผู้ใช้บริการในทุกๆ 5 นาที แล้วนำไปสร้างตารางแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนผู้ใช้บริการดังตารางที่ 3.3 จากนั้นนำข้อมูลความถี่และจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์ ไปสร้างกราฟแสดงการแจกแจงความถี่การเข้ารับบริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 3 ดังกราฟที่ 3.3 เพื่อนำไปหารูปแบบการแจกแจงการเข้ารับบริการของผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

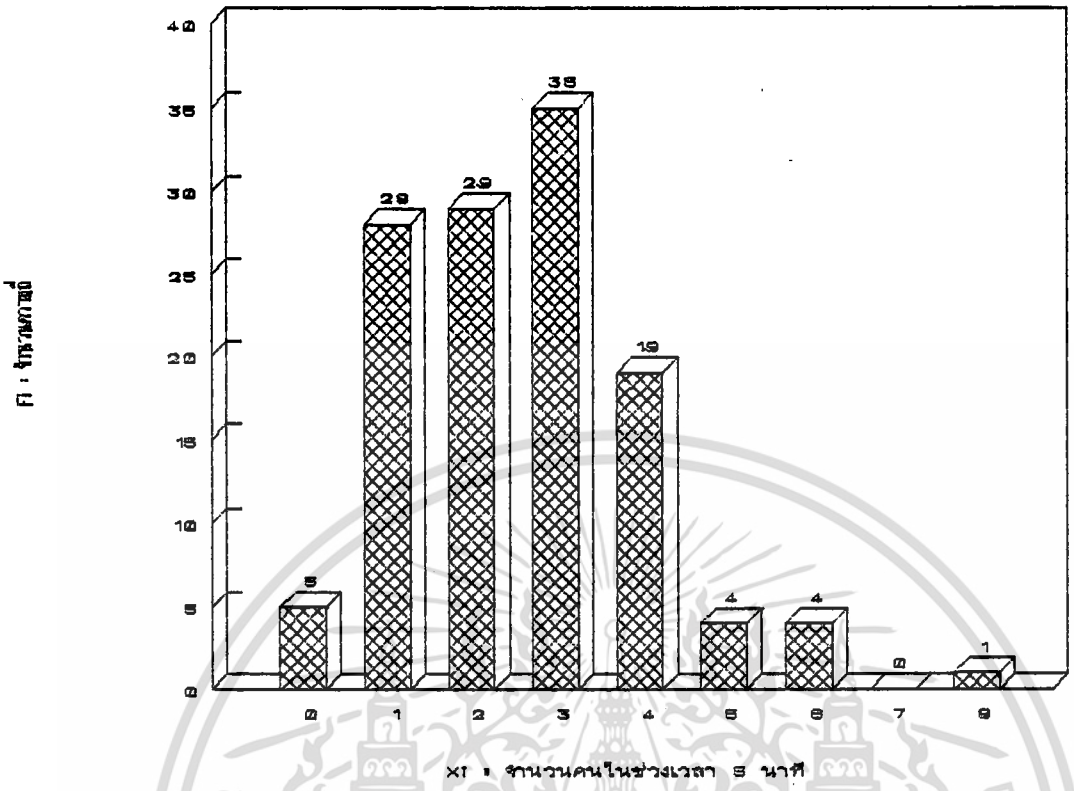
ผู้ใช้บริการต่อไป

x_i	f_i	$f_i x_i$
0	5	0
1	28	28
2	29	58
3	35	105
4	19	76
5	4	20
6	4	24
7	0	0
8	1	8
รวม	125	319

ตารางที่ 3.3 การแจกแจงความถี่การเข้ารับบริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรศัพท์เครื่องที่ 3 แบบหยอดเหรียญ



กราฟที่ 3.3 การแจกแจงความถี่การเข้ารับบริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 3

อัตราการเข้ารับบริการของผู้ใช้บริการ (λ) หาได้ดังนี้

$$\lambda = \frac{\sum_i f_i x_i}{N}$$

$$= 319/125$$

$$= 2.5520 \text{ คน/5 นาที}$$

3.2.2. การทดสอบหารูปแบบการแจกแจงการเข้ารับบริการของผู้ใช้บริการ

จากกราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของผู้ใช้บริการของเครื่องโทรศัพท์ทั้ง 3 เครื่อง มีลักษณะคล้ายการแจกแจงแบบปัวซงส์ จึงทดสอบด้วยแบบทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test) โดยวิธีการทดสอบภาวะรูปสนิทดี (Goodness of Fit Test) ซึ่งมีวิธีการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก) ตั้งสมมติฐานของการทดสอบ

H_o : การเข้ารับบริการมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวซงส์

H_1 : การเข้ารับบริการไม่มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวซงส์

ข) หาความน่าจะเป็นโดยเปิดจากตารางปัวซงส์ที่ค่า λ (อัตราการเข้ารับบริการ) ของโทรศัพท์แต่ละเครื่อง

ค) หาความถี่คาดหวัง (Expected Value) ของจำนวนผู้ใช้บริการจาก

$E_i = N.f(x_i)$; N = จำนวนความถี่ทั้งหมด

สำหรับชั้นที่มีความถี่คาดหวังน้อยกว่า 5 จะปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง โดยรวมกลุ่มให้ได้ค่าความถี่คาดหวังมากกว่าหรือเท่ากับ 5

ง) ทดสอบโดยใช้

$$\chi^2 = \sum_i \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

x_i	f_i	$P(X_i)$	$E_i=nP(X_i)$
0	1	0.0302	1.7214
1	2	0.1057	6.0249
2	8	0.1849	10.5393
3	20	0.2158	12.3006
4	12	0.1888	10.7616
5	10	0.1322	7.5354
6	3	0.0771	4.3947
7	1	0.0653	3.7221
รวม	57	1.0000	57

ตารางที่ 3.4 ค่าความน่าจะเป็นแบบปัวซงส์และค่าความถี่คาดหวังของจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

x_i	O_i ปรับค่า	E_i ปรับค่า	$(O_i-E_i)^2/E_i$
1	3	7.7463	2.908
2	8	10.5393	0.612
3	20	12.3006	4.819
4	12	10.7616	0.143
5	10	7.5354	0.806
6	4	8.1168	2.088
รวม	57	57	11.376

ตารางที่ 3.5 ค่าความน่าจะเป็นแบบปัวซงส์และค่าความถี่คาดหวังของจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 1 (หลังการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวังที่น้อยกว่า 5)

จากตารางที่ 3.5 จะได้

χ^2จากการคำนวณ = 11.376

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และที่องศาแห่งความเป็นอิสระ = (6-1)-1 = 4

χ^2จากตาราง 13.277

จะเห็นได้ว่า χ^2 จากการคำนวณ น้อยกว่า χ^2 จากตาราง

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า "การเข้ารับบริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 1 มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวซงส์"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

x_i	f_i	$P(X_i)$	$E_i=nP(X_i)$
0	0	0.0111	0.6327
1	2	0.0500	2.8500
2	4	0.1125	6.4125
3	10	0.1687	9.6159
4	15	0.1898	10.8186
5	10	0.1708	9.7356
6	9	0.1282	7.3074
7	4	0.0823	4.6911
8	2	0.0463	2.6391
9	1	0.0403	2.2971
รวม	57	1.0000	57

ตารางที่ 3.6 ค่าความน่าจะเป็นแบบปัวซงส์และค่าความถี่คาดหวังของจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

x_i	O_i ปรับค่า	E_i ปรับค่า	$(O_i-E_i)^2/E_i$
2	6	9.8952	1.533
3	10	9.6159	0.015
4	15	10.8186	1.616
5	10	9.7356	0.007
6	9	7.3074	0.392
7	7	9.6273	0.717
รวม	57	57	4.281

ตารางที่ 3.7 ค่าความน่าจะเป็นแบบปัวซงส์และค่าความถี่คาดหวังของจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 2 (หลังการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวังที่น้อยกว่า 5)

จากตารางที่ 3.7 จะได้

χ^2 จากการคำนวณ = 4.281

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และที่องศาแห่งความเป็นอิสระ = (6-1)-1 = 4

χ^2 จากตาราง = 13.277

จะเห็นได้ว่า χ^2 จากการคำนวณ น้อยกว่า χ^2 จากตาราง

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า "การเข้ารับบริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 2 มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวซงส์"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

x_i	f_i	$P(X_i)$	$E_i=nP(X_i)$
0	5	0.0821	10.263
1	28	0.2052	25.650
2	29	0.2565	32.062
3	35	0.2138	26.725
4	19	0.1336	16.700
5	4	0.0668	8.350
6	4	0.0278	3.475
7	0	0.0100	1.250
8	1	0.0042	0.525
รวม	125	1.0000	125

ตารางที่ 3.8 ค่าความน่าจะเป็นแบบปัวซงส์และค่าความถี่คาดหวังของจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

x_i	O_i ปรับค่า	E_i ปรับค่า	$(O_i-E_i)^2/E_i$
0	5	10.2625	2.699
1	28	25.6500	0.215
2	29	32.0625	0.293
3	35	26.7250	2.562
4	19	16.7000	0.317
5	4	8.3500	2.266
6	5	5.2500	0.012
รวม	125	125	8.363

ตารางที่ 3.9 ค่าความน่าจะเป็นแบบปัวซงส์และค่าความถี่คาดหวังของจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 3 (หลังการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวังที่น้อยกว่า 5)

จากตารางที่ 3.9 จะได้

χ^2 จากการคำนวณ = 8.363

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และที่องศาแห่งความเป็นอิสระ = (7-1)-1 = 5

χ^2 จากตาราง = 11.070

จะเห็นได้ว่า χ^2จากการคำนวณ น้อยกว่า χ^2 จากตาราง

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า "การเข้ารับบริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 3 มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวซงส์"

3.2.3.อัตราการให้บริการ (μ)

จากข้อมูลที่ได้บันทึกนำมาหาเวลาให้บริการของเครื่องโทรศัพท์ นำมาสร้างตารางในรูปของการแจกแจงความถี่แยกตามแต่ละเครื่องดังนี้

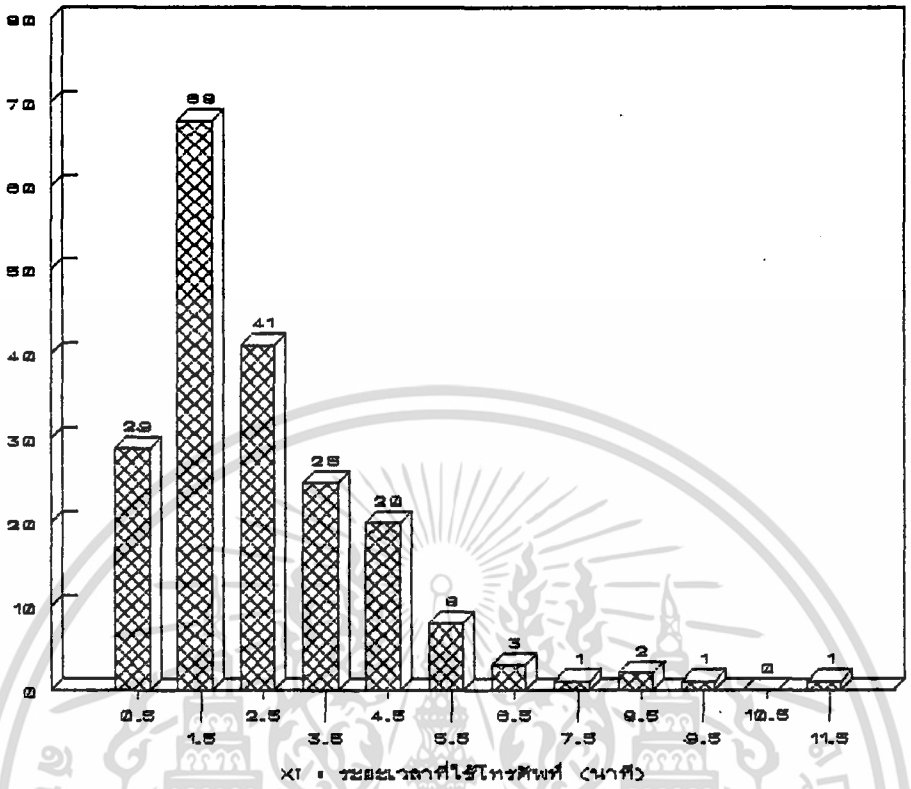
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

t_i	f_i	$t_i f_i$
0.5	29	14.5
1.5	68	102.0
2.5	41	102.5
3.5	25	87.5
4.5	20	90.0
5.5	8	44.0
6.5	3	19.5
7.5	1	7.5
8.5	2	17.0
9.5	1	9.5
10.5	0	0.0
11.5	1	11.5
รวม	199	505.5

ตารางที่ 3.10 การแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการของเครื่องที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรศัพท์เครื่องที่ 1 แบบการ์ดโฟน



กราฟที่ 3.4 การแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการของเครื่องที่ 1

อัตราการให้บริการ (μ) จะหาได้ดังนี้

$$\mu = \frac{\sum_i t_i f_i}{N}$$

$$= 505.5/199 = 2.54020 \text{ นาที/คน}$$

$$\lambda = 1/\mu = 0.393669 \text{ คน/นาที}$$

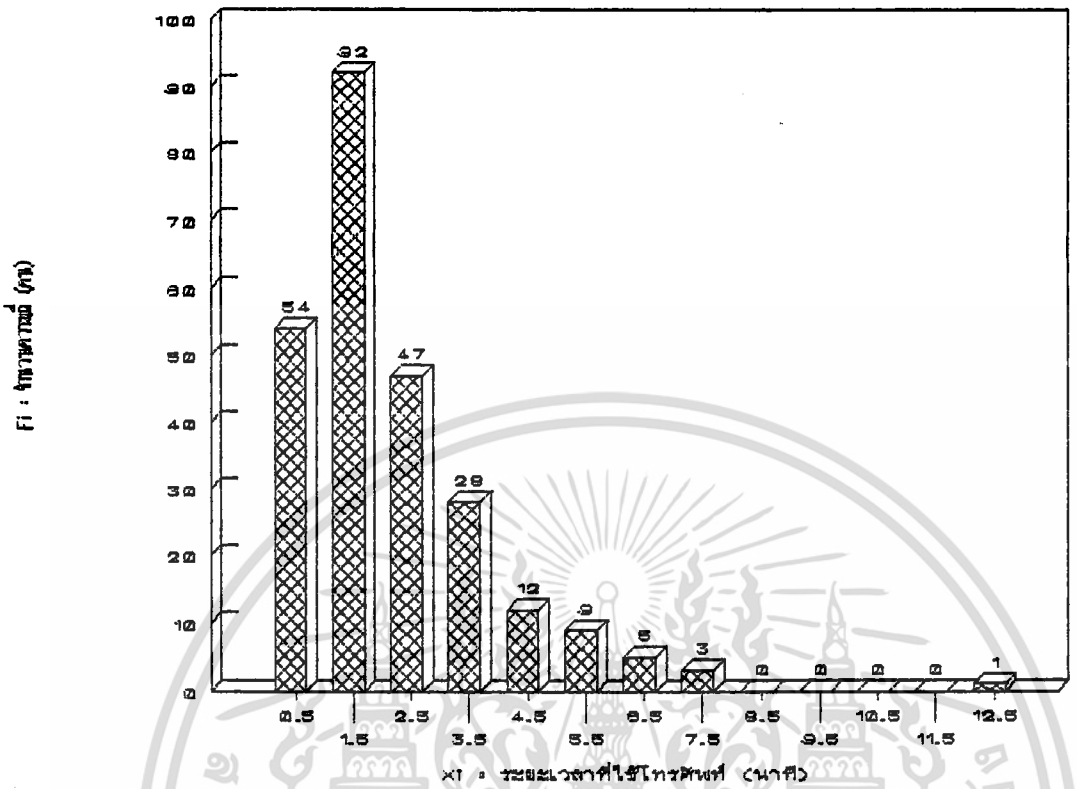
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

t_i	f_i	$t_i f_i$
0.5	54	27
1.5	92	138
2.5	47	117.5
3.5	28	98
4.5	12	54
5.5	9	49.5
6.5	5	32.5
7.5	3	22.5
8.5	0	0
9.5	0	0
10.5	0	0
11.5	0	0
12.5	1	12.5
รวม	251	551.5

ตารางที่ 3.11 การแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการของเครื่องที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรศัพท์เครื่องที่ 2 แบบหยอดเหรียญ



กราฟที่ 3.5 การแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการของเครื่องที่ 2

อัตราการให้บริการ (μ) จะหาได้ดังนี้

$$\mu = \frac{\sum_i t_i f_i}{N}$$

$$= 551.5/251 = 2.197211 \text{ นาที/คน}$$

$$\lambda = 1/\mu = 0.455122 \text{ คน/นาที}$$

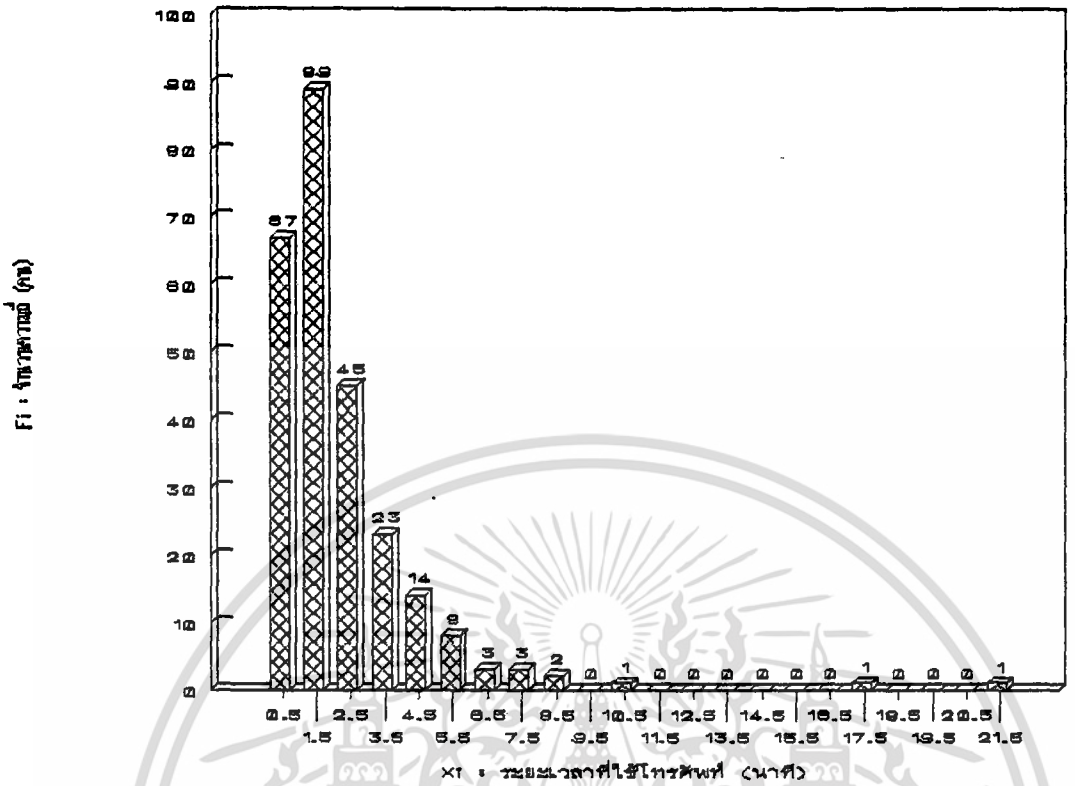
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

t_i	f_i	$t_i f_i$
0.5	67	33.5
1.5	89	133.5
2.5	45	112.5
3.5	23	80.5
4.5	14	63
5.5	8	44
6.5	3	19.5
7.5	3	22.5
8.5	2	17
9.5	0	0
10.5	1	10.5
11.5	0	0
12.5	0	0
13.5	0	0
14.5	0	0
15.5	0	0
16.5	0	0
17.5	1	17.5
18.5	0	0
19.5	0	0
20.5	0	0
21.5	1	21.5
รวม	257	575.5

<u>ตารางที่ 3.12</u> การแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการของเครื่องที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรศัพท์เครื่องที่ 3 แบบหยอดเหรียญ



กราฟที่ 3.6 การแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการของเครื่องที่ 3

อัตราการให้บริการ(μ) จะหาได้ดังนี้

$$\mu = \frac{\sum_i t_i f_i}{N}$$

$$= 575.5/257 = 2.23929 \text{ นาที/คน}$$

$$\lambda = 1/\mu = 0.446568 \text{ คน/นาที}$$

3.2.4 การทดสอบหารูปแบบการแจกแจงของการให้บริการ

จากกราฟของทั้ง 3 เครื่อง จะเห็นว่ามีลักษณะการแจกแจงคล้ายการแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล และทำการทดสอบสมมติฐานดังนี้

การทดสอบหารูปแบบการแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล จึงทดสอบด้วยแบบทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test) โดยวิธีการทดสอบภาวะรูปสนิทดี (Goodness of Fit Test) ซึ่งมีวิธีการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก) สมมติฐานที่กำหนดคือ

H_o : การให้บริการมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียล

H_1 : การให้บริการไม่มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียล

ข) หาความน่าจะเป็น จากสูตร

$$P(t) = F_{i+1}(t) - F_i(t)$$

$$F_i(t) = 1-e^{-\lambda t}$$

ค) หาความถี่คาดหวัง (Expected Value) ของเวลาที่ให้บริการจาก

$$E_i = N.P(t)$$

สำหรับชั้นที่มีความถี่คาดหวังน้อยกว่า 5 จะปรับปรุงค่าความถี่คาดหวัง โดยรวมกลุ่มให้ได้ค่าความถี่คาดหวังมากกว่าหรือเท่ากับ 5

ง) ทดสอบโดยใช้

$$\chi^2 = \sum_i \frac{(O_i-E_i)^2}{E_i}$$

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

t_i	f_i	$F(t)=1-e^{-\lambda t}$	P(t)	nP(t)
0.5	29	0.17867	0.178673	35.55607
1.5	68	0.44595	0.267278	53.18843
2.5	41	0.62625	0.180299	35.87969
3.5	25	0.74788	0.121626	24.20361
4.5	20	0.82992	0.082046	16.32719
5.5	8	0.88527	0.055346	11.01395
6.5	3	0.92261	0.037335	7.42975
7.5	1	0.94779	0.025185	5.01194
8.5	2	0.96478	0.016989	3.38094
9.5	1	0.97624	0.011460	2.28070
10.5	0	0.98397	0.007731	1.53851
11.5	1	0.98919	0.016026	3.18921
รวม	199	9.49854	1	199

ตารางที่ 3.13 ค่าความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียลและค่าความถี่คาดหวังของเวลาให้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

t_i	E_i	O_i	$(O_i-E_i)^2/E_i$
0.5	35.55607	29	1.20885
1.5	53.18843	68	4.12463
2.5	35.87969	41	0.73071
3.5	24.20361	25	0.02620
4.5	16.32719	20	0.82620
5.5	11.01395	8	0.82476
6.5	7.42975	3	2.64110
7.5	5.01194	1	3.21146
8.5	10.38936	4	3.92940
รวม	199	199	17.52332

ตารางที่ 3.14 ค่าความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียลและค่าความถี่คาดหวังของเวลาให้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 1 (หลังการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวังที่น้อยกว่า 5)

จากตารางที่ 3.14 จะได้

χ^2 จากการคำนวณ = 17.52332

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และที่องศาแห่งความเป็นอิสระ = (9-1)-1 = 7

χ^2 จากตาราง = 18.475

จะเห็นได้ว่า χ^2 จากการคำนวณ น้อยกว่า χ^2 จากตาราง

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า "การให้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 1 มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียล"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

t_i	f_i	$F(t)=1-e^{-\lambda t}$	P(t)	nP(t)
0.5	54	0.203526	0.203526	51.08510
1.5	92	0.494740	0.291214	73.09481
2.5	47	0.679478	0.184737	46.36918
3.5	28	0.796670	0.117192	29.41523
4.5	12	0.871013	0.074343	18.66015
5.5	9	0.918175	0.047161	11.83744
6.5	5	0.948092	0.029917	7.509324
7.5	3	0.967071	0.018978	4.763692
8.5	0	0.979111	0.012039	3.021945
9.5	0	0.986748	0.007637	1.917032
10.5	0	0.991593	0.004845	1.216108
11.5	0	0.994667	0.003073	0.771463
12.5	1	0.996617	0.005332	1.338494
รวม	251	10.82750	1	251

ตารางที่ 3.15 ค่าความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียลและค่าความถี่คาดหวังของเวลาให้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

t_i	E_i	O_i	$(O_i-E_i)^2/E_i$
0.5	51.08510	54	0.166322
1.5	73.09481	92	4.889620
2.5	46.36918	47	0.008581
3.5	29.41523	28	0.068090
4.5	18.66015	12	2.377130
5.5	11.83744	9	0.680138
6.5	7.509324	5	0.838518
7.5	7.785637	3	2.941612
9.5	5.243098	1	3.433825
รวม	251	251	15.40383

ตารางที่ 3.16 ค่าความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียลและค่าความถี่คาดหวังของเวลาให้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 2 (หลังการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวังที่น้อยกว่า 5)

จากตารางที่ 3.16 จะได้

χ^2 จากการคำนวณ = 15.40383

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และที่องศาแห่งความเป็นอิสระ = (9-1)-1 = 7

χ^2 จากตาราง = 18.475

จะเห็นได้ว่า χ^2 จากการคำนวณ น้อยกว่า χ^2 จากตาราง

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า "การให้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 2 มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียล"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

t_i	f_i	$F(t)=1-e^{-\lambda t}$	P(t)	nP(t)
0.5	67	0.200112	0.200112	51.42889
1.5	89	0.488215	0.288103	74.04257
2.5	45	0.672550	0.184334	47.37392
3.5	23	0.790491	0.117940	30.31079
4.5	14	0.865951	0.075460	19.39345
5.5	8	0.914233	0.048281	12.40832
6.5	3	0.945124	0.030891	7.939094
7.5	3	0.964889	0.019764	5.079592
8.5	2	0.977535	0.012646	3.250025
9.5	0	0.985626	0.008091	2.079431
10.5	1	0.990803	0.005176	1.330462
11.5	0	0.994116	0.003312	0.851256
12.5	0	0.996235	0.002119	0.544651
13.5	0	0.997591	0.001355	0.348478
14.5	0	0.998458	0.000867	0.222963
15.5	0	0.999013	0.000555	0.142656
16.5	0	0.999369	0.000355	0.091274
17.5	1	0.999596	0.000227	0.058399
18.5	0	0.999741	0.000145	0.037365
19.5	0	0.999834	0.000093	0.023906
20.5	0	0.999894	0.000059	0.015296
21.5	1	0.999932	0.000105	0.027171
รวม	257	19.77931	1	257

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.17 ค่าความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียลและค่าความถี่คาดหวังของเวลาให้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 3

t_i	E_i	O_i	$(O_i-E_i)^2/E_i$
0.5	51.42889	67	4.714456
1.5	74.04257	89	3.021566
2.5	47.37392	45	0.118958
3.5	30.31079	23	1.763322
4.5	19.39345	14	1.499957
5.5	12.40832	8	1.566151
6.5	7.939094	3	3.072725
7.5	5.079592	3	0.851388
8.5	9.023340	5	1.793932
รวม	257	257	18.40245

ตารางที่ 3.18 ค่าความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียลและค่าความถี่คาดหวังของเวลาให้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 3 (หลังการปรับปรุงค่าความถี่คาดหวังที่น้อยกว่า 5)

จากตารางที่ 3.18 จะได้

χ^2 จากการคำนวณ = 18.40245

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และที่องศาแห่งความเป็นอิสระ = (9-1)-1 = 7

χ^2 จากตาราง = 18.475

จะเห็นได้ว่า χ^2 จากการคำนวณ น้อยกว่า χ^2 จากตาราง

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า "การให้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 3 มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียล"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากระบบแถวคอยของการเข้ารับบริการโทรศัพท์ที่ศึกษานี้ มีข้อแตกต่างจากระบบแถวคอยทั่วไป คือผู้ใช้บริการมีการย้ายแถวและออกจากแถวก่อนได้รับบริการ การจำลองระบบนอกจากจะหาอัตราการเข้ารับบริการ และอัตราการให้บริการแล้ว จำเป็นต้องหาความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการย้ายแถวและออกจากแถวก่อนได้รับบริการด้วย

3.2.5 ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการย้ายแถว

ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการจะย้ายจากแถวของเครื่องที่ i ไปเครื่องที่ j

$$= \frac{\text{จำนวนคนที่ย้ายจากแถวของเครื่องที่ i ไปเครื่องที่ j}}{\text{จำนวนคนที่เข้ามาในแถวของเครื่องที่ i}}$$

ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการจะย้ายจากแถวของเครื่องที่ 1 ไปเครื่องที่ 2 = 0.054054

ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการจะย้ายจากแถวของเครื่องที่ 1 ไปเครื่องที่ 3 = 0

ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการจะย้ายจากแถวของเครื่องที่ 2 ไปเครื่องที่ 1 = 0.030928

ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการจะย้ายจากแถวของเครื่องที่ 2 ไปเครื่องที่ 3 = 0.044674

ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการจะย้ายจากแถวของเครื่องที่ 3 ไปเครื่องที่ 1 = 0.00627

ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการจะย้ายจากแถวของเครื่องที่ 3 ไปเครื่องที่ 2 = 0.0721

3.2.6 ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการออกจากแถว

ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการออกจากแถว $= \frac{\text{จำนวนคนที่ออกจากแถวของเครื่องที่ i}}{\text{จำนวนคนที่เข้ามาในแถวของเครื่องที่ i}}$

ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการออกจากแถวของเครื่องที่ 1 = 0.036036

ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการออกจากแถวของเครื่องที่ 2 = 0.08591

ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการออกจากแถวของเครื่องที่ 3 = 0.112853

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบ

4.1 ผลการวิเคราะห์ระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์

การเข้าสู่ระบบแถวคอยของผู้ใช้โทรศัพท์ในช่วงเวลา 16.30-18.30 น. เป็นเวลา 2 ชั่วโมง มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวซงส์ และการเข้าใช้บริการโทรศัพท์ มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียล แล้วผลการวิเคราะห์ระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์ในระบบงานจริงจะแยกการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือ

- การ์ดโฟน 1 เครื่อง
- โทรศัพท์แบบหยอดเหรียญ 2 เครื่อง

ผลการวิเคราะห์ระบบแถวคอยในระบบงานจริงเป็นดังนี้

ผลการวิเคราะห์ระบบแถวคอย ในระบบงานจริง	การ์ดโฟน 1 เครื่อง	หยอดเหรียญ 2 เครื่อง
1. เวลาสะสมที่มีการรอคอยในระบบ (นาที)	80.250	327.500
2. เวลาสะสมที่ว่างในระบบ (นาที)	5.650	9.450
3. จำนวนคนที่เข้ามาในระบบ (คน)	42	114
4. จำนวนคนโดยเฉลี่ยในแถวคอย (คน)	0.669	1.365
5. เวลาโดยเฉลี่ยในแถวคอย (นาที)	2.250	3.362
6. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่หน่วยให้บริการปฏิบัติงาน (%)	95.300	96.100
7. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่คนเข้ารับบริการจะคอย (%)	75.500	78.450

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์

ในที่นี้จะกำหนดการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์เป็น 4 นโยบาย

1. แบบมีการ์ดโฟน 1 เครื่อง และโทรศัพท์แบบหยอดเหรียญ 2 เครื่อง ก็คือ แบบปัจจุบันที่เป็นอยู่
2. แบบมีการ์ดโฟน 2 เครื่อง และโทรศัพท์แบบหยอดเหรียญ 2 เครื่อง ก็คือ เป็นการเพิ่มการ์ดโฟนขึ้นมา 1 เครื่องจากแบบปัจจุบันที่เป็นอยู่
3. แบบมีการ์ดโฟน 1 เครื่อง และโทรศัพท์แบบหยอดเหรียญ 3 เครื่อง ก็คือ เป็นการเพิ่มโทรศัพท์แบบหยอดเหรียญ 1 เครื่องจากแบบปัจจุบันที่เป็นอยู่
4. แบบมีการ์ดโฟน 2 เครื่อง และโทรศัพท์แบบหยอดเหรียญ 3 เครื่อง ก็คือ เป็นการเพิ่มการ์ดโฟนขึ้นมา 1 เครื่องและโทรศัพท์แบบหยอดเหรียญ 1 เครื่องจากแบบปัจจุบันที่เป็นอยู่

การวิเคราะห์นโยบายทั้ง 4 นโยบาย จะใช้อัตราการเข้าสู่ระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์ของเครื่องที่ 1 (การ์ดโฟน) 3.52631 คน/10 นาที เครื่องที่ 2 และ 3 (โทรศัพท์แบบหยอดเหรียญ) 4.5088 คน/10 นาที และ 2.5520 คน/5 นาที ตามลำดับ ซึ่งมีการแจกแจงความน่าจะเป็นของการเข้าสู่ระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์เป็นแบบปัวซงส์ และอัตราการใช้บริการโทรศัพท์ของเครื่องที่ 1 (การ์ดโฟน) 2.54020 นาที/คน เครื่องที่ 2 และ 3 (โทรศัพท์แบบหยอดเหรียญ) 2.197211 นาที/คน และ 2.23929 นาที/คน ซึ่งมีการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาใช้บริการโทรศัพท์เป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียล

เวลาของแบบจำลองระบบจะใช้เวลาเท่ากับระบบงานจริง คือ 2 ชั่วโมง และได้ทำการทดลองซ้ำกันถึง 20 ครั้ง เหตุที่ต้องทำการคำนวณหลาย ๆ ครั้ง ก็เพื่อหาคำตอบที่ใกล้เคียงกับค่าคงที่หรือที่เรียกว่า Steady State Solution

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์ที่มีการทดลองซ้ำ 20 ครั้งมาเฉลี่ย แยกตามนโยบาย 4 นโยบายที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นโยบายที่ 1 การ์ดโฟน 1 เครื่อง และโทรศัพท์แบบหยอดเหรียญ 2 เครื่อง

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์	การ์ดโฟน 1 เครื่อง	หยอดเหรียญ 2 เครื่อง
1. เวลาสะสมที่มีการรอคอยในระบบ (นาที)	81.529	324.095
2. เวลาสะสมที่ว่างในระบบ (นาที)	5.385	9.362
3. จำนวนคนที่เข้ามาในระบบ (คน)	43	116
4. จำนวนคนโดยเฉลี่ยในแถวคอย (คน)	0.679	1.350
5. เวลาโดยเฉลี่ยในแถวคอย (นาที)	2.193	3.324
6. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่หน่วยให้บริการปฏิบัติงาน (%)	95.526	96.099
7. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่คนเข้ารับบริการจะคอย (%)	74.025	80.050

นโยบายที่ 2 การ์ดโฟน 2 เครื่อง และโทรศัพท์แบบหยอดเหรียญ 2 เครื่อง

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์	การ์ดโฟน 2 เครื่อง	หยอดเหรียญ 2 เครื่อง
1. เวลาสะสมที่มีการรอคอยในระบบ (นาที)	17.188	357.803
2. เวลาสะสมที่ว่างในระบบ (นาที)	35.707	8.520
3. จำนวนคนที่เข้ามาในระบบ (คน)	38	115
4. จำนวนคนโดยเฉลี่ยในแถวคอย (คน)	0.072	1.490
5. เวลาโดยเฉลี่ยในแถวคอย (นาที)	1.004	3.818

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์	การ์ดโฟน 2 เครื่อง	หยอดเหรียญ 2 เครื่อง
6. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่หน่วยให้บริการปฏิบัติงาน (%)	85.122	96.500
7. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่คนเข้ารับบริการจะคอย (%)	38.520	79.309

นโยบายที่ 3 การ์ดโฟน 1 เครื่อง และโทรศัพท์แบบหยอดเหรียญ 3 เครื่อง

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์	การ์ดโฟน 1 เครื่อง	หยอดเหรียญ 3 เครื่อง
1. เวลาสะสมที่มีการรอคอยในระบบ (นาที)	93.486	150.309
2. เวลาสะสมที่ว่างในระบบ (นาที)	4.900	47.356
3. จำนวนคนที่เข้ามาในระบบ (คน)	43	107
4. จำนวนคนโดยเฉลี่ยในแถวคอย (คน)	0.779	0.418
5. เวลาโดยเฉลี่ยในแถวคอย (นาที)	2.504	2.175
6. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่หน่วยให้บริการปฏิบัติงาน (%)	95.932	86.847
7. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่คนเข้ารับบริการจะคอย (%)	75.483	62.592

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นโยบายที่ 4 การ์ดโฟน 2 เครื่อง และโทรศัพท์แบบหยอดเหรียญ 3 เครื่อง

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์	การ์ดโฟน 2 เครื่อง	หยอดเหรียญ 3 เครื่อง
1. เวลาสะสมที่มีการรอคอยในระบบ (นาที)	14.958	147.994
2. เวลาสะสมที่ว่างในระบบ (นาที)	61.131	68.632
3. จำนวนคนที่เข้ามาในระบบ (คน)	39	106
4. จำนวนคนโดยเฉลี่ยในแถวคอย (คน)	0.062	0.411
5. เวลาโดยเฉลี่ยในแถวคอย (นาที)	0.964	2.085
6. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่หน่วยให้บริการปฏิบัติงาน (%)	74.529	80.936
7. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่คนเข้ารับบริการจะคอย (%)	35.201	60.077

4.3 ความเชื่อถือได้ของการจำลองระบบ

ในการจำลองระบบ เราจำเป็นจะต้องตรวจสอบความเชื่อถือได้ของระบบที่เราได้จำลองมาจากระบบงานจริง เพื่อวัดว่าแบบจำลองต่างจากระบบงานจริงเพียงใด สามารถนำระบบไปใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพแค่ไหน เพื่อจุดมุ่งหมายในการลดค่าใช้จ่าย หรือเพื่อจัดระบบการบริการให้ดีขึ้น ซึ่งเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างหาได้จาก

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง} = \frac{\text{ผลของการจำลองระบบ} - \text{ผลของระบบงานจริง}}{\text{ผลของระบบงานจริง}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยเปรียบเทียบกับระบบงานจริง
ในเครื่องที่ 1 (การ์ดโฟน)

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอย เปรียบเทียบกับระบบงานจริง	ระบบ จำลอง	ระบบ งานจริง	ความแตก ต่าง (%)
1. เวลาสะสมที่มีการรอคอยในระบบ (นาที)	81.529	80.250	+1.594
2. เวลาสะสมที่ว่างในระบบ (นาที)	5.385	5.650	-4.690
3. จำนวนคนที่เข้ามาในระบบ (คน)	43	42	+2.381
4. จำนวนคนโดยเฉลี่ยในแถวคอย (คน)	0.679	0.699	+1.473
5. เวลาโดยเฉลี่ยในแถวคอย (นาที)	2.193	2.250	-2.533
6. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่หน่วยให้บริการ ปฏิบัติงาน (%)	95.526	95.300	+0.237
7. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่คนเข้ารับบริการ จะคอย (%)	74.025	75.50	-1.954

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยเปรียบเทียบกับระบบงานจริง
ในเครื่องที่ 2 และ 3 (แบบหยอดเหรียญ)

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอย เปรียบเทียบกับระบบงานจริง	ระบบ จำลอง	ระบบ งานจริง	ความแตก ต่าง (%)
1. เวลาสะสมที่มีการรอคอยในระบบ (นาที)	324.095	327.500	-1.039
2. เวลาสะสมที่ว่างในระบบ (นาที)	9.362	9.450	-0.931
3. จำนวนคนที่เข้ามาในระบบ (คน)	116	114	+1.754
4. จำนวนคนโดยเฉลี่ยในแถวคอย (คน)	1.350	1.365	-1.099

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอย เปรียบเทียบกับระบบงานจริง	ระบบ จำลอง	ระบบ งานจริง	ความแตก ต่าง (%)
5. เวลาโดยเฉลี่ยในแถวคอย (นาที)	3.324	3.362	-1.130
6. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่หน่วยให้บริการ ปฏิบัติงาน (%)	96.099	96.100	-0.001
7. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่คนเข้ารับบริการ จะคอย (%)	80.050	78.450	+2.040

จากการหาเปอร์เซ็นต์ของความแตกต่าง โดยพิจารณานำนโยบายที่ 1 เปรียบเทียบกับระบบงานจริง เนื่องจากนโยบายที่ 1 เป็นนโยบายที่เป็นอยู่ในปัจจุบันโดยการเก็บข้อมูลจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงประกอบด้วย การ์ดโฟน 1 เครื่อง และโทรศัพท์แบบหยอดเหรียญ 2 เครื่อง จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างมีค่าไม่มากนัก

4.4 ผลการจำลองระบบ

การจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์ได้ทำการคำนวณซ้ำกัน 20 ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งจะจำลองโดยใช้เวลา 2 ชั่วโมงที่เป็นตัวแทนช่วงเวลา 16.30-18.30 น. ผลการจำลองระบบเปรียบเทียบกับนโยบายต่าง ๆ ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่ได้จากการจำลองระบบปัญหา

เมื่อนโยบาย 1 เทียบกับระบบงานจริง

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์	ความแตกต่าง (%)	
	การ์ดโฟน	หยอดเหรียญ
1. เวลาสะสมที่มีการรอคอยในระบบ (นาที)	+1.594	-1.039
2. เวลาสะสมที่ว่างในระบบ (นาที)	-4.690	-0.931
3. จำนวนคนที่เข้ามาในระบบ (คน)	+2.381	+1.754
4. จำนวนคนโดยเฉลี่ยในแถวคอย (คน)	+1.473	-1.099
5. เวลาโดยเฉลี่ยในแถวคอย (นาที)	-2.533	-1.130
6. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่หน่วยให้บริการปฏิบัติงาน (%)	+0.237	-0.001
7. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่คนเข้ารับบริการจะคอย (%)	-1.954	+2.040

เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่ได้จากการจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์

เมื่อนโยบาย 2 เทียบกับนโยบาย 1

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์	ความแตกต่าง (%)	
	การ์ดโฟน	หยอดเหรียญ
1. เวลาสะสมที่มีการรอคอยในระบบ (นาที)	-79.989	+10.401
2. เวลาสะสมที่ว่างในระบบ (นาที)	+329.325	-8.994

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์	ความแตกต่าง (%)	
	การ์ดโฟน	หยอดเหรียญ
3. จำนวนคนที่เข้ามาในระบบ (คน)	-9.523	-0.862
4. จำนวนคนโดยเฉลี่ยในแถวคอย (คน)	-89.915	+10.370
5. เวลาโดยเฉลี่ยในแถวคอย (นาที)	-57.938	+14.862
6. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่หน่วยให้บริการปฏิบัติงาน (%)	-8.550	+0.417
7. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่คนเข้ารับบริการจะคอย (%)	-48.079	-0.926

เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่ได้จากการจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์
เมื่อนโยบาย 3 เทียบกับนโยบาย 1

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์	ความแตกต่าง (%)	
	การ์ดโฟน	หยอดเหรียญ
1. เวลาสะสมที่มีการรอคอยในระบบ (นาที)	+14.666	-59.422
2. เวลาสะสมที่ว่างในระบบ (นาที)	-9.006	+252.718
3. จำนวนคนที่เข้ามาในระบบ (คน)	+0.000	-7.758
4. จำนวนคนโดยเฉลี่ยในแถวคอย (คน)	+14.728	-72.909
5. เวลาโดยเฉลี่ยในแถวคอย (นาที)	-14.181	-44.908

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์	ความแตกต่าง (%)	
	การ์ดโฟน	หยอดเหรียญ
6. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่หน่วยให้บริการปฏิบัติงาน (%)	+0.425	-8.006
7. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่คนเข้ารับบริการจะคอย (%)	+1.970	-21.503

เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่ได้จากการจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์
เมื่อนโยบาย 4 เทียบกับนโยบาย 1

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์	ความแตกต่าง (%)	
	การ์ดโฟน	หยอดเหรียญ
1. เวลาสะสมที่มีการรอคอยในระบบ (นาที)	-82.585	-60.047
2. เวลาสะสมที่ว่างในระบบ (นาที)	+635.012	+411.187
3. จำนวนคนที่เข้ามาในระบบ (คน)	-7.142	-8.620
4. จำนวนคนโดยเฉลี่ยในแถวคอย (คน)	-91.316	-73.363
5. เวลาโดยเฉลี่ยในแถวคอย (นาที)	-59.614	-47.188
6. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่หน่วยให้บริการปฏิบัติงาน (%)	-19.931	-14.268
7. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่คนเข้ารับบริการจะคอย (%)	-52.552	-24.657

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์
เมื่อเป็นนโยบาย 1,2,3 และ 4
เครื่องที่ 1 (การ์ดโฟน)

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์	นโยบายที่ 1	นโยบายที่ 2	นโยบายที่ 3	นโยบายที่ 4
1.เวลาสะสมที่มีการรอคอยในระบบ (นาที)	81.529	17.188	93.486	14.958
2.เวลาสะสมที่ว่างในระบบ (นาที)	5.385	35.707	4.900	61.131
3.จำนวนคนที่เข้ามาในระบบ (คน)	43	38	43	39
4.จำนวนคนโดยเฉลี่ยในแถวคอย (คน)	0.679	0.072	0.779	0.062
5.เวลาโดยเฉลี่ยในแถวคอย (นาที)	2.193	1.004	2.504	0.964
6.ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่หน่วยให้บริการปฏิบัติงาน (%)	95.526	85.122	95.932	74.529
7.ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่คนเข้ารับบริการจะคอย (%)	74.025	38.520	75.483	35.201

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์
เมื่อเป็นนโยบาย 1,2,3 และ 4
เครื่องที่ 2 และ 3 (โทรศัพท์แบบหยอดเหรียญ)

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์	นโยบายที่ 1	นโยบายที่ 2	นโยบายที่ 3	นโยบายที่ 4
1.เวลาสะสมที่มีการรอคอยในระบบ (นาที)	324.095	357.803	150.309	147.994
2.เวลาสะสมที่ว่างในระบบ (นาที)	9.362	8.520	47.356	68.632

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์	นโยบายที่ 1	นโยบายที่ 2	นโยบายที่ 3	นโยบายที่ 4
3.จำนวนคนที่เข้ามาในระบบ (คน)	116	115	107	106
4.จำนวนคนโดยเฉลี่ยในแถวคอย (คน)	1.350	1.490	0.418	0.411
5.เวลาโดยเฉลี่ยในแถวคอย (นาที)	3.324	3.818	2.175	2.085
6.ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่หน่วยให้บริการปฏิบัติงาน (%)	96.232	96.500	86.847	80.936
7.ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่คนเข้ารับบริการจะคอย (%)	80.050	79.309	62.592	60.077

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการจำลองแบบระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์ เมื่อเป็นนโยบายที่ 2,3 และ 4 เทียบกับนโยบายที่ 1 เครื่องที่ 1 (การ์ดโฟน)

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์	นโยบายที่ 2	นโยบายที่ 3	นโยบายที่ 4
1. เวลาสะสมที่มีการรอคอยในระบบ (นาที)	-79.989	+14.666	-82.585
2. เวลาสะสมที่ว่างในระบบ (นาที)	+329.325	-9.006	+635.012
3. จำนวนคนที่เข้ามาในระบบ (คน)	-9.523	+0.000	-7.142
4. จำนวนคนโดยเฉลี่ยในแถวคอย (คน)	-89.915	+14.728	-91.316
5. เวลาโดยเฉลี่ยในแถวคอย (นาที)	-57.938	+14.181	-59.614

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์	นโยบายที่ 2	นโยบายที่ 3	นโยบายที่ 4
6. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่หน่วยให้บริการปฏิบัติงาน (%)	-8.550	+0.425	-19.931
7. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่คนเข้ารับบริการจะคอย (%)	-48.079	+1.970	-52.552

ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการจำลองแบบระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์ เมื่อเป็นนโยบายที่ 2,3 และ 4 เทียบกับนโยบายที่ 1 เครื่องที่ 2 และ 3 (โทรศัพท์แบบหยอดเหรียญ)

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์	นโยบายที่ 2	นโยบายที่ 3	นโยบายที่ 4
1. เวลาสะสมที่มีการรอคอยในระบบ (นาที)	+10.401	-59.422	-60.047
2. เวลาสะสมที่ว่างในระบบ (นาที)	-8.994	+252.718	+411.187
3. จำนวนคนที่เข้ามาในระบบ (คน)	-0.862	-7.758	-8.620
4. จำนวนคนโดยเฉลี่ยในแถวคอย (คน)	+10.370	-72.909	-73.363
5. เวลาโดยเฉลี่ยในแถวคอย (นาที)	+14.862	-44.908	-47.188
6. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่หน่วยให้บริการปฏิบัติงาน (%)	+0.417	-8.006	-14.268
7. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่คนเข้ารับบริการจะคอย (%)	-0.926	-21.503	-24.657

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4 สรุปได้ว่า

1. เวลาสะสมที่มีการรอคอยในระบบ เมื่อเทียบกับนโยบายที่ 1

- กรณีพิจารณาแถวของแบบการ์ดโฟน ของนโยบายที่ 2 จะลดลง 79.98 % ของนโยบายที่ 3 จะเพิ่มขึ้น 14.67 % และของนโยบายที่ 4 จะลดลง 82.59 %

- กรณีพิจารณาแถวของแบบหยอดเหรียญ ของนโยบายที่ 2 จะเพิ่มขึ้น 10.40% ของนโยบายที่ 3 จะลดลง 59.42 % และของนโยบายที่ 4 จะลดลง 60.05 %

2. เวลาสะสมที่ว่างในระบบ เมื่อเทียบกับนโยบายที่ 1

- กรณีพิจารณาแถวของแบบการ์ดโฟน ของนโยบายที่ 2 จะเพิ่มขึ้น 329.32 % ของนโยบายที่ 3 จะลดลง 9.01 % และของนโยบายที่ 4 จะเพิ่มขึ้น 635.01 %

- กรณีพิจารณาแถวของแบบหยอดเหรียญ ของนโยบายที่ 2 จะลดลง 8.99 % ของนโยบายที่ 3 จะเพิ่มขึ้น 252.71 % และของนโยบายที่ 4 จะเพิ่มขึ้น 411.18 %

3. จำนวนคนที่เข้ามาในระบบ เมื่อเทียบกับนโยบายที่ 1

- กรณีพิจารณาแถวของแบบการ์ดโฟน ของนโยบายที่ 2 จะลดลง 9.52 % ของนโยบายที่ 3 จะไม่เปลี่ยนแปลง และของนโยบายที่ 4 ลดลง 7.14 %

- กรณีพิจารณาแถวของแบบหยอดเหรียญ ของนโยบายที่ 2 จะลดลง 0.86 % ของนโยบายที่ 3 จะลดลง 7.75 % และของนโยบายที่ 4 จะลดลง 8.62 %

4. จำนวนคนโดยเฉลี่ยในแถวคอย เมื่อเทียบกับนโยบายที่ 1

- กรณีพิจารณาแถวของแบบการ์ดโฟน ของนโยบายที่ 2 จะลดลง 89.91 % ของนโยบายที่ 3 จะเพิ่มขึ้น 14.73 % และของนโยบายที่ 4 จะลดลง 91.31 %

- กรณีพิจารณาแถวของแบบหยอดเหรียญ ของนโยบายที่2 จะเพิ่มขึ้น 10.37 % ของนโยบายที่ 3 จะลดลง 72.91 % และของนโยบายที่ 4 จะลดลง 73.36 %

5. เวลาโดยเฉลี่ยในแถวคอย เมื่อเทียบกับนโยบายที่ 1

- กรณีพิจารณาแถวของแบบการ์ดโฟน ของนโยบายที่ 2 จะลดลง 57.94 % ของนโยบายที่ 3 จะเพิ่มขึ้น 14.18 % และของนโยบายที่ 4 จะลดลง 59.61 %

- กรณีพิจารณาแถวของแบบหยอดเหรียญ ของนโยบายที่2 จะเพิ่มขึ้น 14.86 % ของนโยบายที่ 3 จะลดลง 44.91 % และของนโยบายที่ 4 จะลดลง 47.19 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่หน่วยให้บริการปฏิบัติงาน เมื่อเทียบกับนโยบายที่ 1

- กรณีพิจารณาแถวของแบบการ์โฟน ของนโยบายที่ 2 จะลดลง 8.55 % ของนโยบายที่ 3 จะเพิ่มขึ้น 0.43 % และของนโยบายที่ 4 จะลดลง 19.93 %

- กรณีพิจารณาแถวของแบบหยอดเหรียญ ของนโยบายที่ 2 จะเพิ่มขึ้น 0.42 % ของนโยบายที่ 3 จะลดลง 8.00 % และของนโยบายที่ 4 จะลดลง 14.27 %

7. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่คนเข้ารับบริการจะคอย เมื่อเทียบกับนโยบายที่ 1

- กรณีพิจารณาแถวของการ์โฟน ของนโยบายที่ 2 จะลดลง 48.08 % ของนโยบายที่ 3 จะเพิ่มขึ้น 1.97 % และของนโยบายที่ 4 จะลดลง 52.55 %

- กรณีพิจารณาแถวของแบบหยอดเหรียญ ของนโยบาย 2 จะลดลง 0.93 % ของนโยบายที่ 3 จะลดลง 21.50 % และของนโยบายที่ 4 จะลดลง 24.66 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

เมื่อเราเก็บข้อมูลมาเรียบร้อยแล้ว เราจะนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาอัตราการเข้ารับบริการของผู้ใช้บริการ และอัตราการให้บริการของตู้โทรศัพท์ ทั้ง 3 เครื่อง และทำการหารูปแบบการแจกแจงโดยใช้แบบทดสอบไคสแควร์ เพื่อจะนำมาใช้ในการจำลองแบบของแถวคอยโดยคอมพิวเตอร์ ปรากฏผลดังนี้

- อัตราการเข้ารับบริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 1 เท่ากับ 3.52631 คน/10 นาที
- อัตราการเข้ารับบริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 2 เท่ากับ 4.5088 คน/10 นาที
- อัตราการเข้ารับบริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 3 เท่ากับ 2.5520 คน/5 นาที
- จำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 1 มีการแจกแจงแบบปัวซงส์
- จำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 2 มีการแจกแจงแบบปัวซงส์
- จำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เครื่องที่ 3 มีการแจกแจงแบบปัวซงส์
- อัตราการให้บริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 1 เท่ากับ 2.54020 นาที/คน
- อัตราการให้บริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 2 เท่ากับ 2.197211 นาที/คน
- อัตราการให้บริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 3 เท่ากับ 2.23929 นาที/คน
- เวลาให้บริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 1 มีการแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล
- เวลาให้บริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 2 มีการแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล
- เวลาให้บริการของโทรศัพท์เครื่องที่ 3 มีการแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล
- ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการจะย้ายจากแถวของเครื่องที่ 1 ไปเครื่องที่ 2 เท่ากับ 0.054054
- ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการจะย้ายจากแถวของเครื่องที่ 1 ไปเครื่องที่ 3 เท่ากับ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการจะย้ายจากแถวของเครื่องที่ 2 ไปเครื่องที่ 1 เท่ากับ 0.030928

- ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการจะย้ายจากแถวของเครื่องที่ 2 ไปเครื่องที่ 3 เท่ากับ 0.044674

- ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการจะย้ายจากแถวของเครื่องที่ 3 ไปเครื่องที่ 1 เท่ากับ 0.00627

- ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการจะย้ายจากแถวของเครื่องที่ 3 ไปเครื่องที่ 2 เท่ากับ 0.0721

- ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการออกจากแถวของเครื่องที่ 1 เท่ากับ 0.036036

- ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการออกจากแถวของเครื่องที่ 2 เท่ากับ 0.08591

- ความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการออกจากแถวของเครื่องที่ 3 เท่ากับ 0.112853

จากผลการจำลองระบบพบว่า ถ้าทำการเพิ่มตู้การ์ดโฟน จะไม่มีผลกับแถวคอยของตู้แบบหยอดเหรียญ และถ้าทำการเพิ่มตู้แบบหยอดเหรียญ ก็จะไม่มีผลต่อ แถวคอยของตู้แบบการ์ดโฟน

ถ้าทำการเพิ่มตู้การ์ดโฟน 1 ตู้ จะทำให้หน่วยให้บริการมีการปฏิบัติงานลดลงประมาณ 8.5 % และโอกาสที่คนเข้ารับบริการจะต้องคอยลดลงประมาณ 48 %

ถ้าทำการเพิ่มตู้แบบหยอดเหรียญ 1 ตู้ จะทำให้หน่วยให้บริการ มีการปฏิบัติงานลดลงประมาณ 8 % และโอกาสที่คนเข้ารับบริการจะต้องคอยลดลงประมาณ 21.5 %

ถ้าทำการเพิ่มทั้งตู้แบบการ์ดโฟน และแบบหยอดเหรียญ อย่างละ 1 ตู้ จะทำให้แถวของการ์ดโฟน มีการปฏิบัติงานของหน่วยให้บริการลดลงประมาณ 20 % และโอกาสที่คนเข้ารับบริการจะต้องคอยลดลงประมาณ 52.5% และทำให้แถวคอยของตู้แบบหยอดเหรียญมีการปฏิบัติงานของหน่วยให้บริการลดลงประมาณ 14 % และโอกาสที่คนเข้ารับบริการจะต้องคอยลดลงประมาณ 24.6 % ซึ่งจากผลของการจำลองระบบจะพบว่าแถวคอยของตู้แบบหยอดเหรียญจะมีคนในแถวคอยที่ยาวกว่าตู้แบบการ์ดโฟน ดังนั้นเราจะพิจารณาลดจำนวนคนในแถวคอยของตู้แบบหยอดเหรียญอย่างเดียว คือ เลือกนโยบายที่ 3 เพื่อให้มีจำนวนคนในแถวคอยของทั้งระบบน้อยที่สุด และหน่วยที่ให้บริการมีการปฏิบัติงานได้อย่างเต็มที่ที่สุด ส่วนที่ไม่เลือกนโยบายที่ 4 เพราะว่า ถ้าเลือกนโยบายนี้แล้วจะทำให้โอกาสที่คนเข้ารับบริการจะต้องคอยลดลงจริงแต่เวลาสะสมที่ว่างในระบบก็เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งหมายถึงตู้นั้นมีคนใช้น้อยลง ซึ่งอาจจะไม่คุ้มกับค่าใช้จ่ายในการติดตั้งเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. จากผลการจำลองระบบที่ได้จะเห็นว่าแต่ละแถวจะเป็นอิสระต่อกัน คือถ้ามีการเพิ่มตู้แบบการ์ดโฟนอย่างเดียวก็จะมีผลต่อแถวคอยของการ์ดโฟนเท่านั้น และถ้ามีการเพิ่มตู้แบบหยอดเหรียญอย่างเดียวก็จะมีผลต่อแถวคอยของตู้แบบหยอดเหรียญเท่านั้นเช่นกัน แต่ถ้ามีการเพิ่มทั้งตู้แบบการ์ดโฟนและแบบหยอดเหรียญก็จะมีผลต่อทั้งแถวคอยแบบการ์ดโฟนและหยอดเหรียญ ดังนั้นเราอาจจะพิจารณาในแง่ของการลดจำนวนแถวคอยของแถวที่ยาวกว่า หรือพิจารณาในแง่ของการลงทุนว่า ถ้าเพิ่มตู้แล้วจะทำให้มีการรอแถวน้อยลงและ ตู้ได้ถูกใช้งานโดยไม่ถูกปล่อยให้เป็นส่วนเกิน

2. ในขั้นตอนการเก็บข้อมูลควรจะมีการวางแผนล่วงหน้าถึงจุดที่เราจะไปประจำที่เพื่อเตรียมเก็บข้อมูลด้วย ว่าเป็นจุดที่เราสามารถอยู่ได้นานหรือไม่ อย่างกรณีของการเก็บข้อมูลหน้าโรงภาพยนตร์สิโด ซึ่งต้องเข้าไปในร้านขายอาหาร ซึ่งทางเจ้าของร้านอาจจะไม่พอใจถ้าเราเข้าไปนั่งในร้านเป็นชั่วโมงแล้วสั่งน้ำเพียงแก้วเดียว ดังนั้นทางที่ดีเราควรจะหาจุดที่เป็นที่สาธารณะจะดีที่สุด

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

ปัญหาระบบแถวคอยผู้ใช้บริการโทรศัพท์สาธารณะ บริเวณหน้าโรงภาพยนตร์สิโด มีดังนี้

1. การเข้าแถวรอเข้าใช้บริการโทรศัพท์ของผู้ใช้บริการไม่เป็นระเบียบ เวลาบันทึกข้อมูลอาจผิดพลาดได้ เนื่องจากผู้บันทึกไม่ทราบแน่ชัดว่าผู้ใช้บริการคอยเข้าใช้บริการโทรศัพท์เครื่องไหนอาจทำให้เก็บข้อมูลซ้ำซ้อนได้ ความลังเลของผู้ใช้บริการที่ไม่แน่ใจว่าจะรอเข้าใช้บริการโทรศัพท์เครื่องไหน ทำให้ผู้บันทึกข้อมูลสับสนและเนื่องจากบริเวณหน้าโรงภาพยนตร์เป็นจุดนัดพบ บางครั้งมีผู้มายืนรอเหมือนคอยเข้ารับบริการโทรศัพท์ อาจทำให้ข้อมูลเกิดความผิดพลาดบ้างแต่ถือว่าน้อยมาก

2. ผู้ใช้บริการอาจมีการย้ายแถวจะต้องหาความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการจะย้ายแถวไปยังเครื่องอื่น ดังแสดงในบทที่ 3 หัวข้อ 3.2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผู้ใช้บริการที่รอคอยนานอาจจะออกจากแถวก่อนเข้าใช้บริการซึ่งต้องหาความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการออกจากแถวก่อนได้เข้าใช้บริการ ดังแสดงในบทที่ 3 หัวข้อ 3.2.6

4. ปัญหาของขั้นตอนการเก็บข้อมูลผู้ใช้โทรศัพท์ ก็คือ จุดที่ผู้ทำการเก็บข้อมูลต้องไปประจำเป็นร้านอาหาร ซึ่งไม่อาจหาจุดที่สะดวกกว่านี้แล้ว ทำให้ผู้บันทึกข้อมูลอาจจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการสั่งอาหารและเครื่องดื่มเป็นจำนวนมาก ซึ่งในย่านนั้นมีราคาแพง และเพื่อไม่ให้เจ้าของร้านเกิดความไม่พอใจ กรณีผู้บันทึกข้อมูลเข้าไปในร้านเพื่อเข้าไปนั่งจดบันทึกข้อมูลอย่างเดียวโดยไม่ได้สั่งอะไรเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

แบบฟอร์มที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่..... เวลา..... ถึง.....

เครื่องที่..... ผู้บันทึก..... ผู้จับเวลา.....

คนที่	ลักษณะ	เวลาเข้าสู่ระบบ	เวลาเข้าใช้บริการ	เวลาออกจากระบบ	หมายเหตุ
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คนที่	ลักษณะ	เวลาเข้าสู่ระบบ	เวลาเข้าใช้บริการ	เวลาออกจากระบบ	หมายเหตุ
1	ญ.เสื้อขาว	16:34:20	16:34:00	16:35:13	
2	ช.เชิ้ตขาว	16:35:56	16:35:56	16:37:30	
3	ช.เสื้อลาย	16:38:08	16:38:08	16:40:7	
4	ช.เสื้อขาว	16:38:15	16:40:17	16:41:20	
5	ช.เสื้อลาย	16:41:12	16:41:20	16:45:36	
6	ญ.เสื้อเหลือง	16:44:47	16:45:36	16:48:13	
7	ช.เสื้อลาย	16:45:45	16:48:13	16:53:20	
8	ญ.เสื้อดำ	16:45:24	16:53:20	16:54:07	
9	ช.เสื้อแดง	16:49:01	16:54:07	16:59:58	
10	ช.แว่น ส.ดำ	16:53:15	16:59:58	17:01:11	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

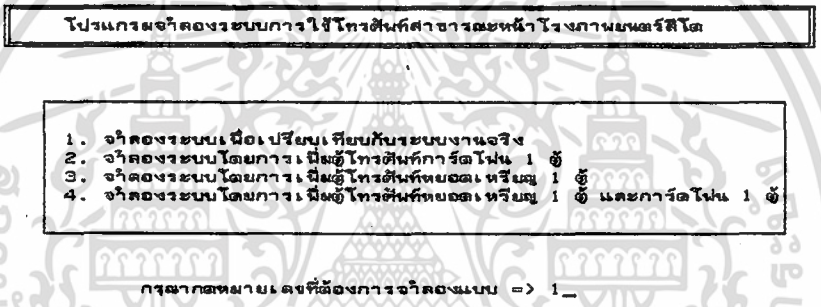
คู่มือการใช้โปรแกรมการจำลองระบบแถวคอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้โปรแกรมการจำลองระบบแถวคอย

การจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้โทรศัพท์ บริเวณโรงภาพยนตร์สิโต ทำการจำลองโดยการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมภาษาเทอร์โบปาสคาล ซึ่งเป็นโปรแกรมภาษาโครงสร้าง สะดวกที่จะนำมาเขียนโปรแกรมการจำลองระบบนี้ และสามารถอ่านโปรแกรมแล้วเข้าใจได้ง่าย สำหรับผู้ที่มีความรู้พื้นฐานทางด้านโปรแกรมภาษาเทอร์โบปาสคาล

ในการประมวลผลการจำลองระบบแถวคอย ทำได้โดยการเรียกชื่อ PHONE.BAT ซึ่งเป็น BATCH FILE ที่กระทำการโหลด THAI DRIVER ขึ้นมา จากนั้นโปรแกรมจะทำการโหลด PHONE.EXE ขึ้นมา และจะแสดงหน้าจอดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมนูของโปรแกรมจะมีการให้เลือกหมายเลขที่ต้องการจะจำลอง ให้คีย์หมายเลขที่ต้องการ แล้วกด ENTER โปรแกรมจะแสดงเมนูย่อยดังนี้

เมนูย่อยของโปรแกรมจะมีการให้เลือกหมายเลขที่ต้องการจะออกผล ให้คีย์หมายเลขที่ต้องการ แล้วกด ENTER โปรแกรมจะทำการประมวลผล จะได้ผลดังตารางต่อไปนี้ และถ้าต้องการจะพิมพ์ผลลัพธ์บนหน้าจอ ให้กดปุ่ม PRINT SCREEN ได้เลย

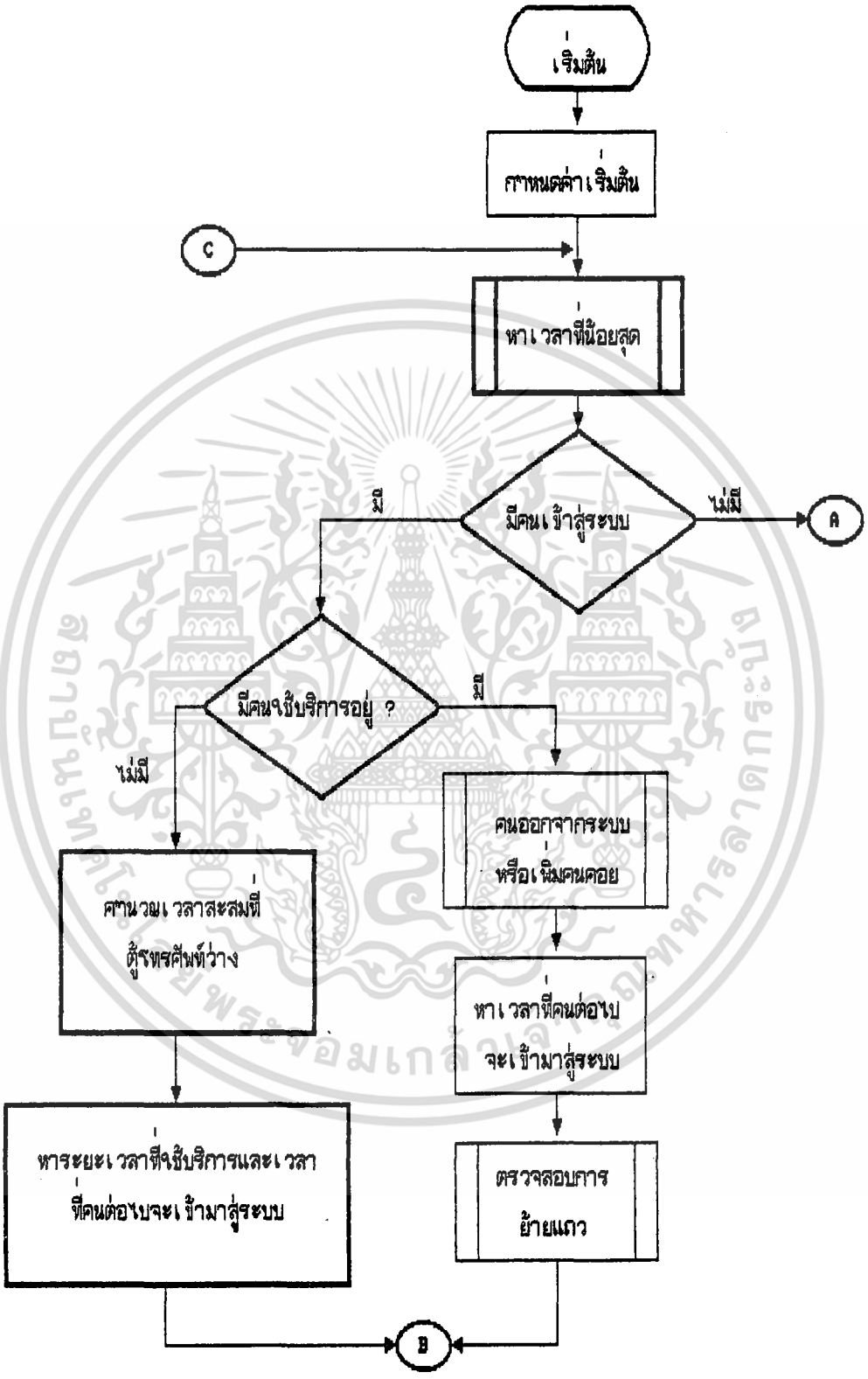
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

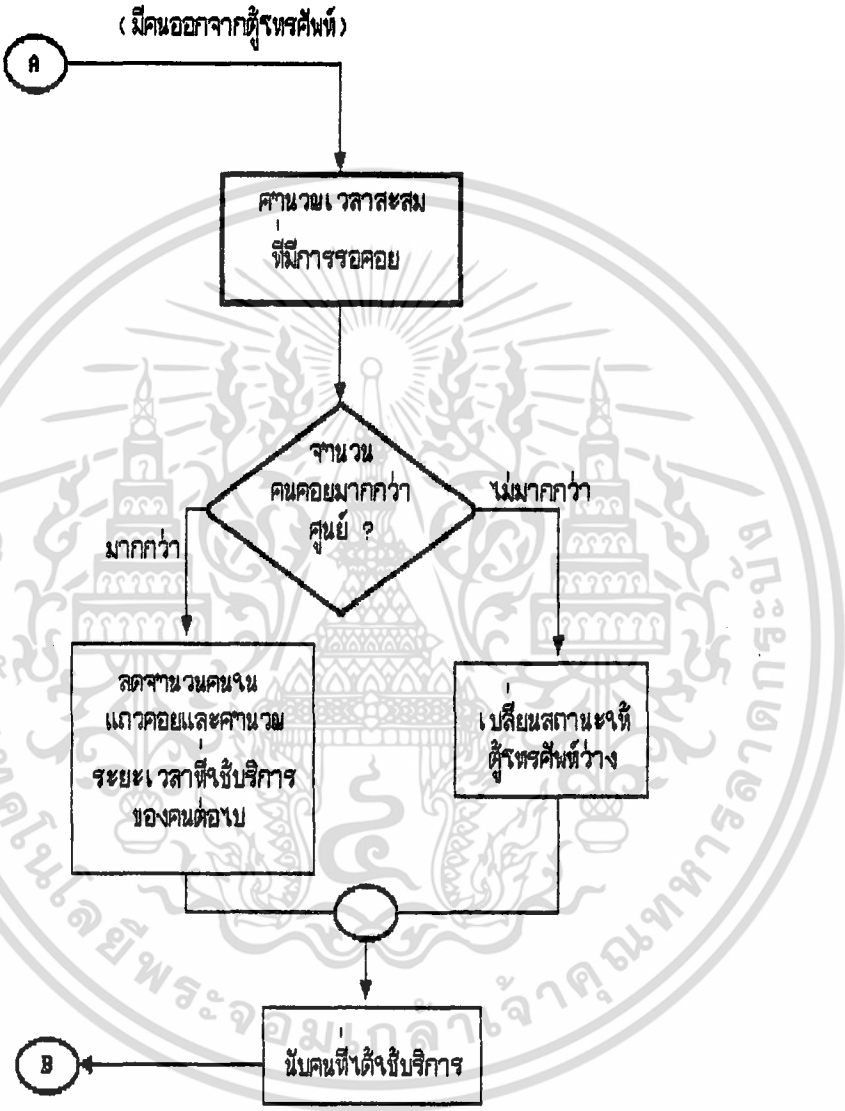
ผังงาน (FLOWCHART) ของการจำลองระบบแถวคอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

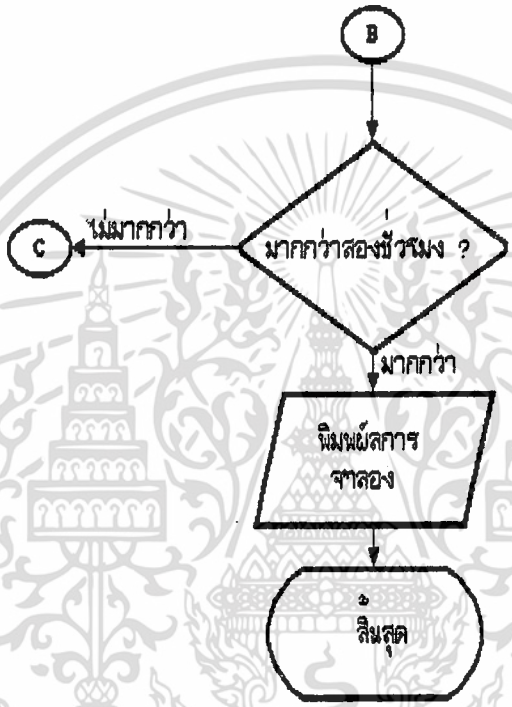
ผังงานการจำลองระบบแถวคอยผู้ใช้บริการศัพท์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

โปรแกรมการจำลองระบบแถวคอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

{ โปรแกรมการจำลองปัญหาการรอคอยของผู้ใช้บริการโทรศัพท์สาธารณะหน้าโรงภาพยนตร์ลิโด
ซึ่งการจำลองได้กำหนดนโยบายไว้ 4 นโยบาย ดังนี้

1. จำลองระบบเพื่อเปรียบเทียบกับระบบงานจริง
2. จำลองระบบโดยการเพิ่มตู้โทรศัพท์การ์ดโฟน 1 ตู้
3. จำลองระบบโดยการเพิ่มตู้โทรศัพท์หยอดเหรียญ 1 ตู้
4. จำลองระบบโดยการเพิ่มตู้โทรศัพท์หยอดเหรียญ 1 ตู้ และการ์ดโฟน 1 ตู้

การจำลองจะทำการคำนวณ 20 รอบแล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งจะสรุปผลเป็นค่าต่าง ๆ ดังนี้

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบแถวคอยโทรศัพท์ฯ เฉลี่ย 20 รอบ	Cardphone 1,2 เครื่อง	หยอดเหรียญ 2,3 เครื่อง
1. เวลาสะสมที่มีการรอคอยในระบบ (นาที)	xxx.xxx	xxx.xxx
2. เวลาสะสมที่ว่างในระบบ (นาที)	xxx.xxx	xxx.xxx
3. จำนวนคนที่เข้ามาในระบบ (คน)	xx	xx
4. จำนวนคนโดยเฉลี่ยในแถวคอย (คน)	xx	xx
5. เวลาโดยเฉลี่ยในแถวคอย (นาที)	xx.xxx	xx.xxx
6. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่หน่วยให้บริการว่าง (%)	xx.xxx	xx.xxx
7. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยคนที่เข้ามาในระบบจะคอย (%)	xx.xxx	xx.xxx

}

```
(* ************************************************************************** *)
Program  Simulation_Queue_System_Of_Phones;
Uses  Dos,Crt,Printer;

Const
   loop = 20;              {จำนวนรอบที่ต้องการทดสอบ}
   Max = 120;              {จำนวนคนที่เข้ามารับบริการในการจำลองระบบ}
   lp  = 3;                {จำนวนรอบต่อหน้ากระดาษ}

Var
   At,St                          : Real;
   Atnext,Dtnext,Tdt,Twt          : array[1..5] of Real;
   Mean_of_At,Mean_of_St          : array[1..5] of Real;
   Ttdt,Ttwt,Mtdt,Mtwt,Mcount,Munit: array[1..2] of Real;
   Stdt,Stwt                      : array[1..2] of Real;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  WL,Count_At,Units,Scount,Sunit  : array[1..5] of Integer;
  TWL,Tcount,Tunit,STWL,TtWL      : array[1..5] of Integer;
  Status              : array[1..5] of Boolean;
  ExitSys,Remove      : Boolean;
  i,times,k,choice,Max_Servers  : Integer;
  Ran,Clock                     : Real;
  MP,MT,TMP,TMT,MTMP,MTMT       : array[1..2] of Real;
  PofW,TPofW,MTPofW             : array[1..2] of Real;
  Ptwt,TPtwt,MTPtwt             : array[1..2] of Real;
  ch,OK       : char;
  checkstep   : integer;
{
     i          คือ หน่วยบริการที่กำลังสนใจ
     Clock      คือ ณ จุดเวลาในการจำลองระบบ
     Atnext[i]  คือ เวลาที่คนต่อไปจะเข้ามาในระบบเครื่องที่ i
     Dtnext[i]  คือ เวลาที่แต่ละหน่วยบริการจะออกจากระบบเครื่องที่ i
     At         คือ ระยะเวลาระหว่างการมาของผู้ใช้บริการ
     St         คือ ระยะเวลาในการได้ใช้บริการ
     Status     คือ สถานภาพของแต่ละหน่วยบริการ     False = ว่าง   True = ไม่ว่าง
     Count_At[i]คือ จำนวนคนที่เข้ามาในระบบเครื่องที่ i
     Units[i]   คือ จำนวนคนที่ใช้บริการแล้วเสร็จจากเครื่องที่ i
     WL[i]      คือ จำนวนคนในแถวคอยเครื่องที่ i
     Tdt[i]     คือ ผลรวมของเวลาที่ว่างในระบบเครื่องที่ i
     Twt[i]     คือ ผลรวมของเวลาที่มีการรอคอยในระบบเครื่องที่ i
     Ran        คือ ตัวแปรที่ใช้เก็บค่าตัวเลขสุ่ม มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1
     MP         คือ จำนวนคนโดยเฉลี่ยในแถวคอย
     MT         คือ เวลาโดยเฉลี่ยในแถวคอย
     PofW       คือ ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่หน่วยให้บริการปฏิบัติงาน
     Ptwt       คือ ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยคนที่เข้ามารับบริการจะคอย          }


{ ฟังก์ชัน การคำนวณหาระยะเวลาการเข้ามาและการได้ใช้บริการ }
Function  Generate(Mean : Real) : Real;
Begin
  Ran := Random;
  Generate := -(1/Mean)*Ln(Ran);
End;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{ กำหนดค่าเริ่มต้น }
Procedure  Initial;
Begin
   Mean_of_At[1] := 0.35263;
   Mean_of_At[2] := 0.45088;
   Mean_of_At[3] := 0.51040;
   Mean_of_St[1] := 0.39367;
   Mean_of_St[2] := 0.45512;
   Mean_of_St[3] := 0.44657;
   case choice of
     2 : begin
           Mean_of_St[4] := 0.39367;
           Atnext[4]     := 9E2;
         end;
     3 : begin
           Mean_of_St[4] := 0.45512;
           Atnext[4]     := 9E2;
         end;
     4 : begin
           Mean_of_St[4] := 0.39367;
           Mean_of_St[5] := 0.45512;
           Atnext[4]     := 9E2;
           Atnext[5]     := 9E2;
         end;
   end;
   Clock  := 0;
   for i := 1 to Max_Servers do
     begin
       Count_At[i] := 0;
       Units[i] := 0;
       Dtnext[i] := 9E2;
       Status[i] := False;
       WL[i] := 0;
       TWL[i] := 0;
       Tdt[i] := 0;
       Twt[i] := 0;
     end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   for i := 1 to 3 do
      Atnext[i] := Generate(Mean_Of_At[i]);
End;

{ หาหน่วยบริการที่จะมีคนเข้าสู่ระบบ หรือมีคนออกจากระบบ โดยการหาเวลาที่น้อยที่สุด
  ที่คนจะเข้าสู่ระบบน้อยที่สุด เทียบกับเวลาที่คนจะออกสู่ระบบน้อยที่สุด                }
Procedure  Find_Server(Var i : Integer);
Var  Temp1,Temp2 : Real;
     Position,j : Integer;
Begin
   i := 1; j := 1;
   Temp1 := Atnext[1];
   Temp2 := Dtnext[1];
   for Position := 2 to Max_Servers do
   begin
     if Temp1 > Atnext[Position] then
       begin
         Temp1 := Atnext[Position];
         i := Position;
       end;
   end;
   for Position := 2 to Max_Servers do
   begin
     if Temp2 > Dtnext[Position] then
       begin
         Temp2 := Dtnext[Position];
         j := Position;
       end;
   end;
   if AtNext[i] > Dtnext[j] then  i := j;
End;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{ คำนวณเวลาสะสมที่มีการรอคอยในระบบ เมื่อมีการตัดสินใจที่จะออกจากระบบ }
Procedure  Exit_System(var i : integer);
Begin
   Ran := Random;
   Case i of
    1 : if Ran <= 0.5 then  Twt[i] := Twt[i]+0.5
        else  if Ran <= 0.75  then  Twt[i] := Twt[i]+1.5
        else  Twt[i] := Twt[i]+2.5;
    2 : if Ran <= 0.16 then Twt[i] := Twt[i]+0.5
        else if  Ran <= 0.52  then Twt[i] := Twt[i]+1.5
        else if  Ran <= 0.68  then Twt[i] := Twt[i]+2.5
        else if  Ran <= 0.80  then Twt[i] := Twt[i]+3.5
        else if  Ran <= 0.88  then Twt[i] := Twt[i]+6.5
        else if  Ran <= 0.96  then Twt[i] := Twt[i]+7.5
        else  Twt[i] := Twt[i] + 8.5;
    3 : if Ran <= 0.25 then Twt[i] := Twt[i]+0.5
        else if  Ran <= 0.50  then Twt[i] := Twt[i]+1.5
        else if  Ran <= 0.72  then Twt[i] := Twt[i]+2.5
        else if  Ran <= 0.89  then Twt[i] := Twt[i]+3.5
        else if  Ran <= 0.94  then Twt[i] := Twt[i]+4.5
        else if  Ran <= 0.97  then Twt[i] := Twt[i]+6.5
        else  Twt[i] := Twt[i] + 13.5;
    end;
    case choice of
     2 :  if i = 4 then
             if Ran <= 0.5 then  Twt[i] := Twt[i]+0.5
             else  if Ran <= 0.75  then  Twt[i] := Twt[i]+1.5
             else  Twt[i] := Twt[i]+2.5;
     3 :  if i = 4 then
             if Ran <= 0.16 then Twt[i] := Twt[i]+0.5
             else if  Ran <= 0.52  then Twt[i] := Twt[i]+1.5
             else if  Ran <= 0.68  then Twt[i] := Twt[i]+2.5
             else if  Ran <= 0.80  then Twt[i] := Twt[i]+3.5
             else if  Ran <= 0.88  then Twt[i] := Twt[i]+6.5
             else if  Ran <= 0.96  then Twt[i] := Twt[i]+7.5
             else  Twt[i] := Twt[i] + 8.5;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
     4 :  begin
            if i = 4 then
             if Ran <= 0.5 then  Twt[i] := Twt[i]+0.5
             else  if Ran <= 0.75  then  Twt[i] := Twt[i]+1.5
             else  Twt[i] := Twt[i]+2.5;
            if i = 5 then
             if Ran <= 0.16 then Twt[i] := Twt[i]+0.5
             else if  Ran <= 0.52  then Twt[i] := Twt[i]+1.5
             else if  Ran <= 0.68  then Twt[i] := Twt[i]+2.5
             else if  Ran <= 0.80  then Twt[i] := Twt[i]+3.5
             else if  Ran <= 0.88  then Twt[i] := Twt[i]+6.5
             else if  Ran <= 0.96  then Twt[i] := Twt[i]+7.5
             else  Twt[i] := Twt[i] + 8.5;
           end;
      end;
    Clock := AtNext[i];
    ExitSys := True;
End;

{ คำนวณเวลาสะสมที่มีการรอคอยในระบบ เมื่อมีคนเข้าสู่ระบบแล้วหน่วยบริการนั้นไม่ว่าง
  พร้อมทั้ง เพิ่มคนรอในแถวคอย                                              }
Procedure  AddWL(var i : integer);
Begin
   Twt[i] := Twt[i] + WL[i]*(AtNext[i]-Clock);
   Clock := AtNext[i];
   inc(WL[i]);
   inc(TWL[i]);
End;

{ ตรวจสอบการย้ายแถวของคนที่เข้ามาสู่ระบบ          }
Procedure  CheckRemove(var i : integer);
Var   k : integer;
Begin
  Ran := Random;
  Case i Of
   1 : if Ran <= 0.05 then
         if ((WL[2] < WL[1]) or (not Status[2])) then
         begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Remove := True;
        i := 2;
        if (not Status[i]) then
        begin
           for k := 1 to Max_Servers do
              if (not Status[k]) then
                 Tdt[k] := Tdt[k] + (Atnext[i]-Clock);
           Status[i] := True;
           St := Generate(Mean_Of_St[i]);
           Dtnext[i] := Clock+St;
        end
        else   begin  inc(WL[i]);   inc(TWL[i]);
                      dec(WL[1]);
               end;
     end;
2 : begin  if Ran <= 0.03 then
         if ((WL[1] < WL[2]) or (not Status[1])) then
         begin
          Remove := True;
          i := 1;
          if (not Status[i]) then
          begin
          for k := 1 to Max_Servers do
             if (not Status[k]) then
                Tdt[k] := Tdt[k] + (Atnext[i]-Clock);
             Status[i] := True;
             St := Generate(Mean_Of_St[i]);
             Dtnext[i] := Clock+St;
          end
          else   begin  inc(WL[i]);    inc(TWL[i]);
                        dec(WL[2]);
                 end;
         end
        else if Ran <= 0.08 then
         if ((WL[3] < WL[2]) or (not Status[3])) then
         begin
           Remove := True;
           i := 3;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            if (not Status[i]) then
            begin
            for k := 1 to Max_Servers do
               if (not Status[k]) then
                  Tdt[k] := Tdt[k] + (Atnext[i]-Clock);
               Status[i] := True;
               St := Generate(Mean_Of_St[i]);
               Dtnext[i] := Clock+St;
            end
            else    begin    inc(WL[i]);    inc(TWL[i]);
                             dec(WL[2]);
                    end;
         end
      end;
   3 : if Ran <= 0.07 then
       if ((WL[2] < WL[3]) or (not Status[2])) then
       begin
         Remove := True;
         i := 2;
         if (not Status[i]) then
         begin
            for k := 1 to Max_Servers do
               if (not Status[k]) then
                  Tdt[k] := Tdt[k] + (Atnext[i]-Clock);
            Status[i] := True;
            St := Generate(Mean_Of_St[i]);
            Dtnext[i] := Clock+St;
         end
         else   begin   inc(WL[i]);    inc(TWL[i]);
                        dec(WL[3]);
                end;
       end
  End;
End;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Procedure  Check_Server(var i : integer);
Begin
   case choice of
       2 : if (i = 1) then
           begin
              Ran := Random;
              if (Ran > (1/2)) then
              begin
                Atnext[4] := Atnext[i];
                Atnext[i] := Atnext[4]+Generate(Mean_Of_At[i]);
              end;
           end;
       3 : if (i > 1) and (i < 4) then
           begin
              Ran := Random;
              if (Ran > (2/3)) then
              begin
                Atnext[4] := Atnext[i];
                Atnext[i] := Atnext[4]+Generate(Mean_Of_At[i]);
              end;
           end;
       4 : if (i = 1) then
           begin
              Ran := Random;
              if (Ran > (1/2)) then
              begin
                Atnext[4] := Atnext[i];
                Atnext[i] := Atnext[4]+Generate(Mean_Of_At[i]);
              end;
           end
           else if (i > 1) and (i < 4) then
           begin
              Ran := Random;
              if (Ran > (2/3)) then
              begin
                Atnext[5] := Atnext[i];
                Atnext[i] := Atnext[5]+Generate(Mean_Of_At[i]);
              end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            end;
    end;
End;

{ เป็นขบวนการหลักในการจำลองระบบ ซึ่งจะมีคนเข้าหรือออกจากระบบ
    - ถ้ามีคนเข้าสู่ระบบ จะมีการตรวจสอบว่าหน่วยบริการนั้นว่างหรือไม่
        * ถ้าหน่วยบริการว่าง (Status[i] = False) ก็จะคำนวณหาเวลาสะสมที่ว่างในระบบ
          และคำนวณหาเวลาที่คนเข้าใช้บริการจะออกจากหน่วยบริการ แล้วทำการหาคนที่จะเข้ามา
          สู่ระบบของคนต่อไป
        * ถ้าหน่วยบริการไม่ว่าง (Status[i] = True) ก็จะทำการหาโอกาสที่ผู้ที่เข้าสู่ระบบ
          จะตัดสินใจออกจากระบบ ถ้าไม่ก็ทำการเพิ่มคนในแถวคอย แล้วทำการหาคนที่จะเข้ามา
          สู่ระบบของคนต่อไป จากนั้นจึงทำการตรวจการตัดสินใจที่จะย้ายแถว
    - ถ้ามีคนออกจากระบบ ก็จะคำนวณเวลาสะสมที่มีการรอคอยในระบบ แล้วตรวจสอบว่ามีคนรอ
      ในหน่วยบริการนั้นหรือไม่
        * ถ้ามีคนรอ (WL > 0) ทำการลดจำนวนคนรอลง 1 แล้วคำนวณหาเวลาที่คนจะออกจาก
          หน่วยบริการของคนต่อไป
        * ถ้าไม่มีคนรอ (WL = 0) ทำการเปลี่ยนสถานะภาพให้หน่วยบริการนั้นว่าง
                                                                    }
Procedure  Process_Queue_System;
Var  k : integer;
Begin
   Repeat
     ExitSys := False;
     Remove := False;
     Find_Server(i);
     if (Atnext[i] < Dtnext[i]) then
       begin
         inc(Count_At[i]);
         if Status[i] then
           begin                  { หน่วยบริการ i ไม่ว่าง }
             Ran := Random;
             case choice of
              1 : Case i Of
                   1 : if Ran <= 0.04 then Exit_System(i)  else AddWL(i);
                   2 : if Ran <= 0.09 then Exit_System(i)  else AddWL(i);
                   3 : if Ran <= 0.11 then Exit_System(i)  else AddWL(i);
                  End;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        2 : Case i Of
             1,4 : if (WL[1] >= 2) and (WL[4] >= 2)
                    then Exit_System(i)  else AddWL(i);
             2 : if Ran <= 0.09 then Exit_System(i)  else AddWL(i);
             3 : if Ran <= 0.11 then Exit_System(i)  else AddWL(i);
            End;
        3 : Case i Of
             1   : if Ran <= 0.04 then Exit_System(i)  else AddWL(i);
             2,3,4 : if (WL[2] >= 2) and (WL[3] >= 2) and (WL[4] >= 2)
                      then Exit_System(i)  else AddWL(i);
            End;
        4 : Case i Of
             1,4   : if (WL[1] >= 2) and (WL[4] >= 2)
                      then Exit_System(i)  else AddWL(i);
             2,3,5 : if (WL[2] >= 2) and (WL[3] >= 2) and (WL[5] >= 2)
                      then Exit_System(i)  else AddWL(i);
            End;
       end;
       if i < 4 then
       begin
         At := Generate(Mean_Of_At[i]);
         AtNext[i] := Clock+At;
         Check_Server(i);
       end  else  Atnext[i] := 9E2;
       if (not ExitSys) then
          CheckRemove(i);
     end
   else begin   { มีหน่วยบริการว่าง }
          for k := 1 to Max_Servers do
             if (not Status[k]) then
                Tdt[k] := Tdt[k] + (Atnext[i]-Clock);
          Clock := Atnext[i];
          Status[i] := True;
          St := Generate(Mean_Of_St[i]);
          Dtnext[i] := Clock+St;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            if i < 4  then
            begin
              At := Generate(Mean_Of_At[i]);
              AtNext[i] := Clock+At;
              Check_Server(i);
case choice of
    2 : if (i = 1) then
        begin
           Ran := Random;
           if (Ran > (1/2)) then
           begin
             Atnext[4] := Atnext[i];
             Atnext[i] := Atnext[4]+Generate(Mean_Of_At[i]);
           end;
        end;
    3 : if (i > 1) and (i < 4) then
        begin
           Ran := Random;
           if (Ran > (2/3)) then
           begin
             Atnext[4] := Atnext[i];
             Atnext[i] := Atnext[4]+Generate(Mean_Of_At[i]);
           end;
        end;
    4 : if (i = 1) then
        begin
           Ran := Random;
           if (Ran > (1/2)) then
           begin
             Atnext[4] := Atnext[i];
             Atnext[i] := Atnext[4]+Generate(Mean_Of_At[i]);
           end;
        end
        else if (i > 1) and (i < 4) then
        begin
           Ran := Random;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            if (Ran > (2/3)) then
            begin
              Atnext[5] := Atnext[i];
              Atnext[i] := Atnext[5]+Generate(Mean_Of_At[i]);
            end;
          end;
end;
              end else Atnext[i] := 9E2;
            end;
    end
    else begin   { มีคนออกจากหน่วยบริการที่ i }
            Twt[i] := Twt[i] + WL[i]*(Dtnext[i]-Clock);
            Clock := Dtnext[i];
            if WL[i] > 0 then
              begin
               dec(WL[i]);
               St := Generate(Mean_Of_St[i]);
               Dtnext[i] := Clock+St;
              end
             else begin
                    Status[i] := False;
                    Dtnext[i] := 9E2;
                   end;
             inc(Units[i]);
        end;
Until (Clock >= Max);
  case choice of
   1 : begin
         Stdt[1] := Tdt[1];
         Stwt[1] := Twt[1];
         Scount[1] := Count_At[1];
         Sunit[1] := Units[1];
         STWL[1] := TWL[1];
         Stdt[2] := Tdt[2] + Tdt[3];
         Stwt[2] := Twt[2] + Twt[3];
         Scount[2] := Count_At[2] + Count_At[3];
         Sunit[2] := Units[2] + Units[3];
         STWL[2] := TWL[2] + TWL[3];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    end;
2 : begin
      Stdt[1] := Tdt[1] + Tdt[4];
      Stwt[1] := Twt[1] + Twt[4];
      Scount[1] := Count_At[1] + Count_At[4];
      Sunit[1] := Units[1] + Units[4];
      STWL[1] := TWL[1] + TWL[4];
      Stdt[2] := Tdt[2] + Tdt[3];
      Stwt[2] := Twt[2] + Twt[3];
      Scount[2] := Count_At[2] + Count_At[3];
      Sunit[2] := Units[2] + Units[3];
      STWL[2] := TWL[2] + TWL[3];
    end;
3 : begin
      Stdt[1] := Tdt[1];
      Stwt[1] := Twt[1];
      Scount[1] := Count_At[1];
      Sunit[1] := Units[1];
      STWL[1] := TWL[1];
      Stdt[2] := Tdt[2] + Tdt[3] + Tdt[4];
      Stwt[2] := Twt[2] + Twt[3] + Twt[4];
      Scount[2] := Count_At[2] + Count_At[3] + Count_At[4];
      Sunit[2] := Units[2] + Units[3] + Units[4];
      STWL[2] := TWL[2] + TWL[3] + TWL[4];
    end;
4 : begin
      Stdt[1] := Tdt[1] + Tdt[4];
      Stwt[1] := Twt[1] + Twt[4];
      Scount[1] := Count_At[1] + Count_At[4];
      Sunit[1] := Units[1] + Units[4];
      STWL[1] := TWL[1] + TWL[4];
      Stdt[2] := Tdt[2] + Tdt[3] + Tdt[5];
      Stwt[2] := Twt[2] + Twt[3] + Twt[5];
      Scount[2] := Count_At[2] + Count_At[3] + Count_At[5];
      Sunit[2] := Units[2] + Units[3] + Units[5];
      STWL[2] := TWL[2] + TWL[3] + TWL[5];
    end;
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Ttdt[1] := Ttdt[1] + Stdt[1];
            Ttwt[1] := Ttwt[1] + STwt[1];
            Tcount[1] := Tcount[1] + Scount[1];
            Tunit[1] := Tunit[1] + Sunit[1];
            TtWL[1] := TtWL[1] + STWL[1];
            Ttdt[2] := Ttdt[2] + Stdt[2];
            Ttwt[2] := Ttwt[2] + Stwt[2];
            Tcount[2] := Tcount[2] + Scount[2];
            Tunit[2] := Tunit[2] + Sunit[2];
            TtWL[2] := TtWL[2] + STWL[2];
      for i := 1 to 2 do
      begin
        MP[i]  := Stwt[i] / Clock;
        MT[i]  := Stwt[i] / STWL[i];
        PofW[i] :=  (1-(Stdt[i] / Clock)) * 100;
        Ptwt[i] :=  (STWL[i] / Scount[i]) * 100;
        TMP[i] := TMP[i] + MP[i];
        TMT[i] := TMT[i] + MT[i];
        TPofW[i] := TPofW[i] + PofW[i];
        TPtwt[i] := TPtwt[i] + Ptwt[i];
      end;
End;

function printok:boolean;
var reg:registers;
begin
  ok := 'y';
  with reg do
    repeat
      AH := 2;
      DX := 0;
      intr($17,REG);
      if ah<>$90 then
        GotoXY(10,23);
        write('เครื่องพิมพ์ไม่พร้อม ต้องการพิมพ์หรือไม่ (Y/N) ');
        readln(ok);
    until (ah=$90)or (upcase(ok)='N');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    if upcase(ok)<>'N' then
      printok:=true
    else  printok := false;
end;


Procedure  Print_Title;
Begin
   choice := 0;
   GotoXY(7,5); write('╔════════════════════════════════════════════════════════════════╗');
   GotoXY(7,6); write('║    โปรแกรมจำลองระบบการใช้โทรศัพท์สาธารณะหน้าโรงภาพยนตร์ลิโด         ║');
   GotoXY(7,7); write('╚════════════════════════════════════════════════════════════════╝');
   GotoXY(10,10); write('┌──────────────────────────────────────────────────────────┐');
   GotoXY(10,11); write('│                                                          │');
   GotoXY(10,12); write('│ 1. จำลองระบบเพื่อเปรียบเทียบกับระบบงานจริง                       │');
   GotoXY(10,13); write('│ 2. จำลองระบบโดยการเพิ่มตู้โทรศัพท์การ์ดโฟน 1 ตู้                   │');
   GotoXY(10,14); write('│ 3. จำลองระบบโดยการเพิ่มตู้โทรศัพท์หยอดเหรียญ 1 ตู้                 │');
   GotoXY(10,15); write('│ 4. จำลองระบบโดยการเพิ่มตู้โทรศัพท์หยอดเหรียญ 1 ตู้ และการ์ดโฟน 1 ตู้│');
   GotoXY(10,16); write('│                                                          │');
   GotoXY(10,17); write('└──────────────────────────────────────────────────────────┘');
   GotoXY(18,20); write('กรุณากดหมายเลขที่ต้องการจำลองแบบ => ');
   readln(choice);
   while (choice < 1) or (choice > 4) do
   begin
     GotoXY(18,20); write('กรุณากดหมายเลขที่ต้องการจำลองแบบ =>      ');
     GotoXY(54,20); read(choice);
   end;
   GotoXY(10,12); write('│                                                          │');
   GotoXY(10,13); write('│ 1. จำลองระบบโดยดูผลทีละรอบและผลที่เฉลี่ยแล้ว 20 รอบ              │');
   GotoXY(10,14); write('│ 2. จำลองระบบโดยดูผลที่เฉลี่ยจำนวน 20 รอบ                         │');
   GotoXY(10,15); clreol; write('│                                                          │');
   GotoXY(18,20); clreol; write('กรุณากดหมายเลขที่ต้องการดูผล => ');
   readln(checkstep);
   while (checkstep < 1) or (checkstep > 2) do
   begin
     GotoXY(18,20); clreol; write('กรุณากดหมายเลขที่ต้องการดูผล => ');
     GotoXY(54,20); read(checkstep);
   end;
End;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Procedure  Print_Report;
Var  j : array[1..2] of integer;
Begin
   clrscr;
   j[1] := 1;      j[2] := 2;
   case choice of
     2 : j[1] := 2;
     3 : j[2] := 3;
     4 : begin j[1] := 2;  j[2] := 3;   end;
   end;
   inc(times);
   Writeln('');    Writeln('');
   Writeln('','┌──────────────────────────────────────┬──────────────┬──────────────┐');
   Writeln('','│                                      │              │              │');
   Writeln('','│    ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบ        │   Cardphone  │   หยอดเหรียญ │');
   Writeln('','│    แกวคอยโทรศัพท์ๆ    รอบที่ ',k:3,'/',loop,'          │      ',j[1],' เครื่อง     │'
            ,'      ',j[2],' เครื่อง     │');
   Writeln('','├──────────────────────────────────────┼──────────────┼──────────────┤');
   Writeln('','│ 1. เวลาสะสมที่มีการรอคอยในระบบ (นาที)  │',Stwt[1]:12:3,'  │'
            ,Stwt[2]:12:3,'  │');
   Writeln('','│ 2. เวลาสะสมที่ว่างในระบบ (นาที)        │',Stdt[1]:12:3,'  │'
            ,Stdt[2]:12:3,'  │');
   Writeln('','│ 3. จำนวนคนที่เข้ามาในระบบ (คน)         │',Scount[1]:12,'  │'
            ,Scount[2]:12,'  │');
   Writeln('','│ 4. จำนวนคนโดยเฉลี่ยในแกวคอย (คน)       │',MP[1]:12:3,'  │'
            ,MP[2]:12:3,'  │');
   Writeln('','│ 5. เวลาโดยเฉลี่ยในแกวคอย (นาที)        │',MT[1]:12:3,'  │'
            ,MT[2]:12:3,'  │');
   Writeln('','│ 6. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่หน่วย      │',PofW[1]:12:3,'  │'
            ,PofW[2]:12:3,'  │');
   Writeln('','│    ให้บริการปฏิบัติงาน (%)              │              │              │');
   Writeln('','│ 7. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยคนที่เข้ามา    │',Ptwt[1]:12:3,'  │'
            ,Ptwt[2]:12:3,'  │');
   Writeln('','│    ในระบบจะคอย (%)                      │              │              │');
   Writeln('','└──────────────────────────────────────┴──────────────┴──────────────┘');
   if times = 3 then begin  Write('',#12);  times := 0;  end;
   gotoxy(15,18);  write('กรุณากดคีย์ใด ๆ ... ');
   ch := Readkey;
End;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Procedure  Print_End;
Var  j : array[1..2] of integer;
Begin
   clrscr;
   j[1] := 1;      j[2] := 2;
   case choice of
     2 : j[1] := 2;
     3 : j[2] := 3;
     4 : begin j[1] := 2;  j[2] := 3;   end;
   end;
   Writeln('');    Writeln('');
   Writeln('','┌──────────────────────────────────────────────────────────────────────────┐');
   Writeln('','│                                                                          │');
   Writeln('','│    ผลการวิเคราะห์แบบจำลองระบบ          Cardphone        หยอดเหรียญ      │');
   Writeln('','│    แถวคอยโทรศัพท์ฯ    เฉลี่ย ',loop,' รอบ          ',j[1],' เครื่อง      │
            ,j[2],' เครื่อง    │');
   Writeln('','├──────────────────────────────────────────────────────────────────────────┤');
   Writeln('','│ 1. เวลาสะสมที่มีการรอคอยในระบบ (นาที)      ',Mtwt[1]:12:3,'     │
            ,Mtwt[2]:12:3,'    │');
   Writeln('','│ 2. เวลาสะสมที่ว่างในระบบ (นาที)            ',Mtdt[1]:12:3,'     │
            ,Mtdt[2]:12:3,'    │');
   Writeln('','│ 3. จำนวนคนที่เข้ามาในระบบ (คน)             ',round(Mcount[1]):12,'     │
            ,round(Mcount[2]):12,'    │');
   Writeln('','│ 4. จำนวนคนโดยเฉลี่ยในแถวคอย (คน)           ',MTMP[1]:12:3,'     │
            ,MTMP[2]:12:3,'    │');
   Writeln('','│ 5. เวลาโดยเฉลี่ยในแถวคอย (นาที)            ',MTMT[1]:12:3,'     │
            ,MTMT[2]:12:3,'    │');
   Writeln('','│ 6. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยที่หน่วย          ',MTPofW[1]:12:3,'     │
            ,MTPofW[2]:12:3,'    │');
   Writeln('','│    ให้บริการปฏิบัติงาน (%)                                               │');
   Writeln('','│ 7. ร้อยละของเวลาโดยเฉลี่ยคนที่เข้ามา        ',MTPtwt[1]:12:3,'     │
            ,MTPtwt[2]:12:3,'    │');
   Writeln('','│    ในระบบจะคอย (%)                                                       │');
   Writeln('','└──────────────────────────────────────────────────────────────────────────┘');
   gotoxy(15,18);  write('กรุณากดคีย์ใด ๆ ... ');
   ch := Readkey;
End;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Begin          { ***  Main Program  *** }
   Randomize;
   times := 0;
   Repeat
     Clrscr;
     Print_Title;
     case choice of
        1 : Max_Servers := 3;
     2,3 : Max_Servers := 4;
        4 : Max_Servers := 5;
     end;
     for k := 1 to 2 do
     begin
         Tcount[k] := 0;
         Tunit[k] := 0;
         Ttdt[k] := 0;
         Ttwt[k] := 0;
         TMP[k] := 0;
         TMT[k] := 0;
         TPofW[k] := 0;
         TPtwt[k] := 0;
     end;
     for k := 1 to loop do
     begin
       Initial;
       Process_Queue_System;
       if checkstep = 1 then Print_Report;
     end;
     for k := 1 to 2 do
     begin
        Mtwt[k] := Ttwt[k] / loop;
        Mtdt[k] := Ttdt[k] / loop;
        Mcount[k] := Tcount[k] / loop;
        Munit[k] := Tunit[k] / loop;
        MTMP[k] := TMP[k] / loop;
        MTMT[k] := TMT[k] / loop;
        MTPofW[k] := TPofW[k] / loop;
        MTPtwt[k] := TPtwt[k] / loop;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      end;
      Print_End;
      GotoXY(10,23);
      write('ต้องการดูผลการจจำลองระบบอีกหรือไม่ (Y/N) ');
      OK := readkey;
   until upcase(OK) = 'N';
   clrscr;
End.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กฤษฎา บุศรา, วนาลัย คทาวัชรกุล, วีระ ธนาเลิศกุล. "การจำลองแบบปัญหาระบบแถวคอยของรถยนต์ที่ใช้บริการบนทางด่วนพิเศษสายดาวคะนอง-ท่าเรือ ณ ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ สุขสวัสดิ์". ปัญหาพิเศษ ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2532.

กัลยา วานิชย์บัญชา. การวิจัยขั้นดำเนินงานและการประยุกต์. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คณาจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ความน่าจะเป็นและสถิติ. ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2533.

ชะเอม สายทอง. ความน่าจะเป็นและสถิติ. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2531.

วิจิตร ตัณฑสุทธิ์ วันชัย ริจิรวนิช ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. การวิจัยดำเนินงาน. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524.

วิภาวรรณ สิงห์พริ้ง. การวิจัยการดำเนินงาน. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2529.

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. การจำลองแบบปัญหา. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.

สุรินทร์ ขนาบศักดิ์. สถิติพื้นฐาน. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2524.

อุมาพร มาระวิชัย. "การวิเคราะห์ระบบบริการจองตั๋วโดยสารรถไฟส่วงหน้าที่สถานีรถไฟกรุงเทพฯ". วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติคณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษ

- นางสาว ชนิกานต์ พุทธิภิญโญ

  เกิดวันที่ 7 เมษายน 2515

  สถานที่เกิด กรุงเทพมหานคร

  สำเร็จมัธยมต้นจาก โรงเรียนสตรีวิทยา กรุงเทพมหานคร

  สำเร็จมัธยมปลายจาก โรงเรียนสตรีวิทยา กรุงเทพมหานคร

- นาย ณรงค์ชัย แซ่อึ้ง

  เกิดวันที่ 24 มีนาคม 2513

  สถานที่เกิด กรุงเทพมหานคร

  สำเร็จมัธยมต้นจาก โรงเรียนวัดสุทธิวราราม กรุงเทพมหานคร

  สำเร็จมัธยมปลายจาก โรงเรียนวัดสุทธิวราราม กรุงเทพมหานคร

- นางสาว มณีรัตน์ องค์วัฒนะเดช

  เกิดวันที่ 12 ตุลาคม 2514

  สถานที่เกิด กรุงเทพมหานคร

  สำเร็จมัธยมต้นจาก โรงเรียนช่างตาครู้สุศึกษา กรุงเทพมหานคร

  สำเร็จมัธยมปลายจาก โรงเรียนช่างตาครู้สุคอนแวนท์ กรุงเทพมหานคร

- นาย สมหวัง แซ่ตั้ง

  เกิดวันที่ 17 พฤษภาคม 2514

  สถานที่เกิด อุทัยธานี

  สำเร็จมัธยมต้นจาก โรงเรียนอุทัยวิทยาคม อุทัยธานี

  สำเร็จมัธยมปลายจาก โรงเรียนอวานวยศิลป์ กรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้