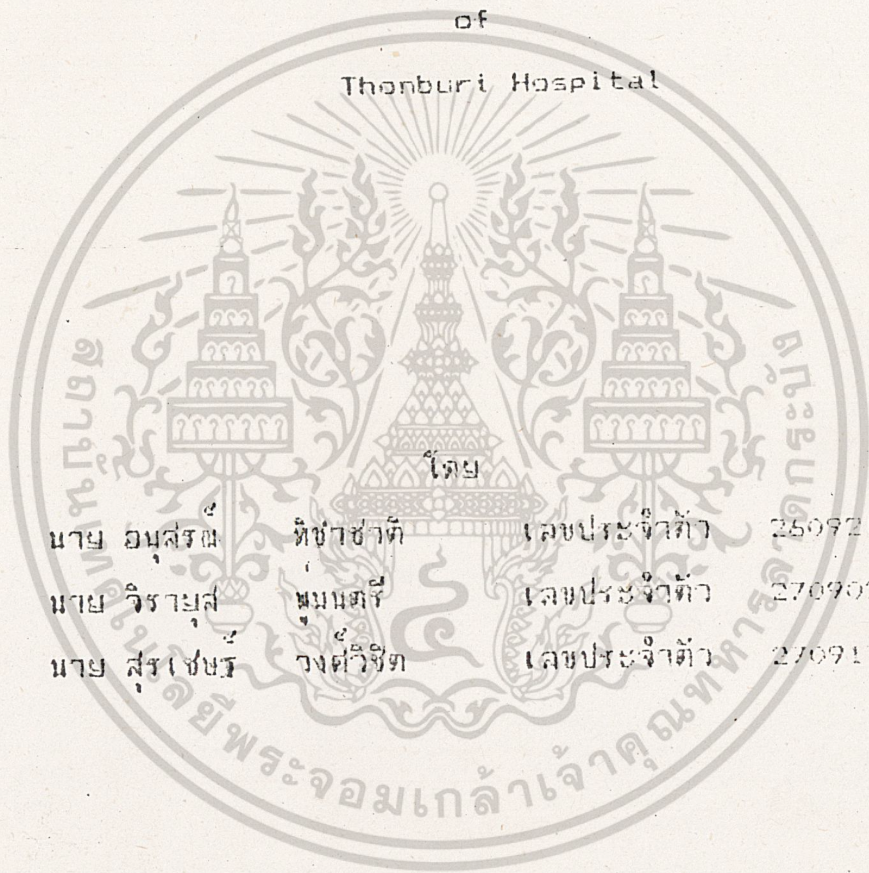


ปัญหาพิเศษ  
เรื่อง

การจำลองปัญหาจำนวนบุคคลากรแผนกประชาสัมพันธ์ของโรงพยาบาลธนบุรี  
The Simulation of the Public Relations Personnel Number

of

Thonburi Hospital



นาย อนุสรณ์	ทิชาชาติ	เลขประจำตัว	250921
นาย วิราษฎร์	พนมตจี	เลขประจำตัว	270902
นาย สรุ เชษฐ	วงศ์วิจิต	เลขประจำตัว	270917

ปัญหาพิเศษนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาลัยสาส์ตรบัณฑิต  
สาขาวิชา สถิติประยุกต์ ภาควิชา สถิติประยุกต์  
คณะศาสตรอุคส่วนกรรมและวิทยาลัยสาส์ตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ปีการศึกษา 2530

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เนื้อความย่อปัญหาพิเศษ

นาย อนุสรณ์      ทิชาชาติ  
 นาย จิรายุส      มุมนตรี  
 นาย สรุเชษฐ์      วงศ์วิชิต

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (สถิติประยุกต์)  
 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (สถิติประยุกต์)  
 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (สถิติประยุกต์)

ภาควิชา    สถิติประยุกต์

ชื่อเรื่อง    การจำลองปัญหาจำนวนบุคลากรแผนกประชาสัมพันธ์ของโรงพยาบาลสมบุรี

การวิจัยดำเนินงาน (operation research) ซึ่งนับว่าเป็นทศวรรษมาของการบริหารงานในกิจกรรมและอุตสาหกรรม เนื่องจากการทำงานนั้นงานธุรกิจนั้นค่อนข้างยุ่งยากและแนวทางตามตลาดด้วยจึงจำเป็นต้องหาแนวทาง หรือวิธีการที่เหมาะสมประกอบการศึกษาที่ตัดสินใจเพื่อให้ได้รับประโยชน์ต่อธุรกิจมากที่สุด

เนื่องจากแผนกประชาสัมพันธ์ทำงานหลายด้าน แต่ในการวิจัยนี้จะสนใจเฉพาะงานที่เคาน์เตอร์ซึ่งมีพนักงานประจำอยู่ประมาณ 6 คน และมีโทรศัพท์อยู่ 3 เครื่อง ซึ่งงานหลักของเจ้าหน้าที่ประชาสัมพันธ์ที่เคาน์เตอร์นี้ด้วยกัน 2 งาน คือ 1. ในบริการตามคำแนะนำแก่ประชาสัมพันธ์ตลอด 2. ในบริการตามโทรศัพท์ โดยการทำงานของพนักงานจะทำงานเป็นกะ ๆ ละ 9 ชม. โดยกะ ๆ หนึ่งจะมีพนักงานทำงานประมาณ 1-3 คน ซึ่งช่วงเวลาต่าง ๆ จะประกอบด้วยจำนวนพนักงานดังต่อไปนี้

ช่วงเวลา	จำนวนพนักงาน
8.00 - 9.00	8
9.00 - 10.00	9
10.00 - 11.00	8
11.00 - 12.00	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับ 12.00-13.00 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13.00 - 14.00

7

14.00 - 15.00

10

15.00 - 16.00

10

จากข้อมูลข้างต้นจำนวนพนักงานที่เกินกว่า 6 คน ก็จะไปทำงานทางด้านอื่น ๆ เช่น งานด้านเวชระเบียน (งานที่เกี่ยวกับทะเบียนคนไข) เป็นต้น ขอบเขตของงานวิจัยนี้จะอยู่ในช่วงเวลา 8.00 - 12.00 น. เนื่องจากเป็นช่วงที่นี้ประชาชนเข้ามาติดต่อหนาแน่นมากที่สุด ซึ่งได้จากการจมนับตั้งแต่ 7.30 - 16.00 น.

เนื่องจากสภาพงานต่างๆที่เขามายังแผนกประชาสัมพันธ์อัตราการเข้ามาที่ไม่แน่นอน และเป็นการยุ่งยากมาก ถ้าใช้รูปแบบการจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นจึงใช้วิธีการจำลองตายคอมพิวเตอร์ โดยใช้วิธีการจำลองแบบ Probabilistic Simulation และถือหลักว่าผู้ที่ขอเข้ารับบริการก่อนก็จะได้รับการบริการก่อน โดยงานวิจัยนี้ใช้วิธีทางสถิติในเรื่องแถวคอยกรณี 1 ช่องทางแทนหลายหน่วยบริการ สำหรับงานด้านบริการในค้ำแนะนำ แต่ในส่วนงานด้านบริการโทรศัพท์ จะยึดหลักว่าพนักงานผู้ใดวางก็จะต้องทำหน้าที่รับโทรศัพท์ แต่กรณีที่ไม่มีความถี่ที่ใกล้เคียงที่สุดก็ต้องทำหน้าที่รับโทรศัพท์ตาย และในกรณีที่พนักงานประชาสัมพันธ์กำลังให้บริการทางโทรศัพท์อยู่ ถ้ามีประชาชนเข้ามาติดต่อก็ต้องให้บริการแก่ประชาชนที่เข้ามาติดต่อ

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลใช้วิธีการนับจุดซึ่งเป็นข้อมูลขั้นปฐมภูมิ โดยในการบันทึกจะแบ่งการบันทึกข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ

### 1. งานด้านบริการประชาชน

จะบันทึกข้อมูล 3 ข้อมูลด้วยกันคือ เวลาที่เข้าสู่โรงพยาบาล, เวลาที่เริ่มใช้บริการ และ เวลาที่ออกจากระบบ โดยการบันทึกมิใช่จะบันทึกทุก ๆ คนที่เข้าสู่ระบบแต่จะบันทึกในรูปของกลุ่ม กล่าวคือ ถ้ามีประชาชนมากกว่า 1 คนมาเข้ารับบริการ โดยประชาชนกลุ่มนั้นมีความสัมพันธ์กัน อาทิเช่น มาด้วยกันจะถือว่าประชาชนเพียงคนเดียวที่มาเข้ารับบริการ ตัวอย่างข้อมูลที่ทำการบันทึก

เวลาที่เข้าสู่ รพ.      เวลาที่เริ่มใช้บริการ      เวลาออกจากระบบ

9:00:23

9:01:56

9:10:17

9:02:17

9:02:28

9:09:19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวเราสามารถคำนวณหาค่าต่าง ๆ ที่สำคัญได้ดังนี้

- เวลาสะสมในการคอย
- เวลาสะสมในการใช้บริการ
- จำนวนรวมผู้ที่คอย
- จำนวนรวมผู้ที่ได้รับบริการ
- เวลาเฉลี่ยในการคอย
- เวลาเฉลี่ยในการใช้บริการ

## 2. งานด้านบริการโทรศัพท์

ในการบันทึกข้อมูลนั้นได้ใช้ ไมโครคอมพิวเตอร์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยทำเป็นโปรแกรมโดยจะบันทึกข้อมูล 3 ข้อมูลด้วยกันคือ หมายเลขโทรศัพท์ที่ลูกค้าเรียก, เวลาที่โทรเข้ามา และ เวลาที่ใช้โทรเสร็จ ดังตัวอย่าง

หมายเลข	เวลาที่เข้ามา	เวลาที่เสร็จ
1	9:05:23	9:07:50
3	9:05:25	9:06:31

ซึ่งจากข้อมูลเราสามารถหาค่าที่สำคัญ คือ

- จำนวนโทรศัพท์ที่ลูกค้าเรียกเขา ของแต่ละเครื่อง

แต่เนื่องจากการจัดบันทึกข้อมูลได้รวมเวลาบางส่วนของการให้บริการทางโทรศัพท์เข้ากับเวลาที่ใช้ในการให้บริการประจำชั้น เพราะเนื่องจากเวลาจัดบันทึกข้อมูลไม่สามารถกระทำได้ในบริเวณเคาน์เตอร์ แต่กระทำการสังเกตบริเวณรอบ ๆ เคาน์เตอร์ ซึ่งเวลาที่มีประจำชั้นมาใช้บริการ ทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถทราบได้ว่าขณะนั้นเจ้าหน้าที่ประจำชั้นหันหลังให้บริการทางควานโทรศัพท์หยุดคุยหรือไม่ ดังนั้นข้อมูลที่ทำการบันทึกในส่วนของงานด้านให้บริการทางโทรศัพท์จึงมีความสำคัญในแง่ช่วยลดเวลาที่สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ (เวลาที่พนักงานว่างงาน) หรือ TDT

ซึ่งจากข้อมูลที่ทำการบันทึกจะได้ตัวแปรที่นำมาใช้ในแบบจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ คือ

1. ปริมาณเฉลี่ยประจำชั้นที่เข้ามาติดต่อทุก ๆ 5 นาที

(แจกแจงแบบ Poisson)

2. เวลาเฉลี่ยที่ให้บริการประจำชั้นที่เข้ามาติดต่อแต่ละราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่ควรนำเอาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

(แจกแจงแบบ Exponential)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปริมาณเฉลี่ยโทรศัพท์ที่เข้ามาติดต่อทุก ๆ 5 นาที

(แจกแจงแบบ Poisson)

4. เวลาเฉลี่ยที่ให้บริการโทรศัพท์ที่เข้ามาติดต่อแต่ละครั้ง

(แจกแจงแบบ Exponential)



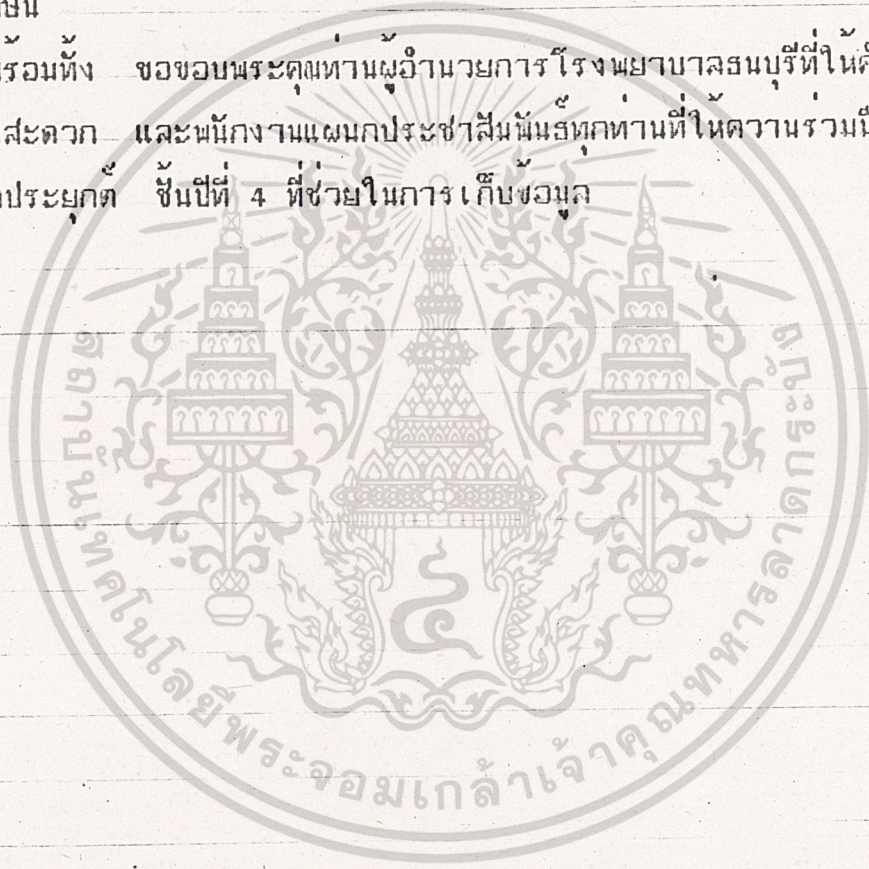
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลงได้ก็ด้วยความอนุเคราะห์จาก ท่านอาจารย์ ผู้อำนวยการโรงพยาบาลธนบุรี และพนักงานแผนกประชาสัมพันธ์

ขอขอบคุณอาจารย์สมศรี บัณฑิตวิไล อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งท่านได้สละเวลาให้คำปรึกษาแนะนำ เอื้อเฟื้อหนังสือค้นคว้าและช่วยแนะนำการดำเนินงานเป็นอย่างดีในการทำปัญหาพิเศษนี้

พร้อมทั้ง ขอขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการโรงพยาบาลธนบุรีที่ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวก และพนักงานแผนกประชาสัมพันธ์ที่ท่านให้ความร่วมมือ และนักศึกษาภาควิชาสถิติประยุกต์ ชั้นปีที่ 4 ที่ช่วยในการเก็บข้อมูล



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่	3.1	อัตราการเข้ารับบริการในช่วงเวลา 8.00 - 12.00 น. ...	40
ตารางที่	3.2	แสดงการแจกแจงความถี่ของคนที่เข้ารับบริการ.....	42
ตารางที่	3.3	แสดงการทดสอบการแจกแจงแบบ poisson ของ อัตราการเข้ามาของผู้ที่มาติดต่อประชาสัมพันธ์.....	43
ตารางที่	3.4	แสดงการให้บริการผู้ที่มาติดต่อประชาสัมพันธ์.....	47
ตารางที่	3.5	แสดงการทดสอบการแจกแจงแบบ exponential ของ เวลาการให้บริการของเจ้าหน้าที่ประชาสัมพันธ์.....	48
ตารางที่	3.6	แสดงการทดสอบการแจกแจงการเข้ามาของโทรศัพท์ เป็นแบบส่น.....	49
ตารางที่	3.7	แสดงการหาค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งของโทรศัพท์ที่เข้ามา ทุก 5 นาที.....	50
ตารางที่	3.8	แสดงการทดสอบการแจกแจงแบบ poisson ของ การเข้ามาของโทรศัพท์.....	52
ตารางที่	3.9	แสดงการแจกแจงระยะเวลาที่ให้บริการทางโทรศัพท์.....	53
ตารางที่	3.10	แสดงเวลาให้บริการทางโทรศัพท์.....	56
ตารางที่	3.11	แสดงการแจกแจงแบบ exponential ของ เวลาให้บริการทางโทรศัพท์.....	57

## สารบัญกราฟ

		หน้า
กราฟ	CUMULATIVE PROBABILITY ARRIVAL TIME OF CUSTOMER.....	41
กราฟ	PROBABILITY DISTRIBUTION OF SERVICE TIME OF INFORMATION.....	46
กราฟ	FREQUENCY DISTRIBUTION OF SERVICE TIME OF INFORMATION.....	47
กราฟ	CUMULATIVE PROBABILITY ARRIVAL TIME OF TELEPHONE.....	51
กราฟ	PROBABILITY DISTRIBUTION OF SERVICE TIME OF TELEPHONE.	54
กราฟ	FREQUENCY DISTRIBUTION OF SERVICE TIME OF TELEPHONE...	55
กราฟ	TOTAL WAITING TIME OF EACH SERVER NUMBER.....	66
กราฟ	TOTAL WAITING LENGTH OF EACH SERVER NUMBER.....	67
กราฟ	TOTAL COMPLETE-SERVED UNIT OF EACH SERVER NUMBER.....	68
กราฟ	TOTAL ARRIVAL-COME UNIT OF EACH SERVER NUMBER.....	69
กราฟ	TOTAL TELEPHONE-COME OF EACH SERVER NUMBER.....	70
กราฟ	TOTAL IDLE TIME OF EACH SERVER NUMBER.....	71

# สารบัญ

หน้า

เนื้อความย่อปัญหาพิเศษ

กิตติกรรมประกาศ

สารบัญตาราง

สารบัญกราฟ

บทที่

1

บทนำ

1.1	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2	วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3	ขอบเขตของปัญหาพิเศษ.....	2
1.4	ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	3
1.5	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3

2

ทฤษฎีการจำลองและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1	ความหมายของ simulation.....	5
2.2	กระบวนการจำลองแบบปัญหา.....	5
2.3	การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์.....	7
2.4	Computer Simulation.....	7
2.5	ขั้นตอนที่สำคัญของการทำ Computer Simulation.....	8
2.6	ประโยชน์ของ Computer Simulation.....	9
2.7	การผลิตตัวเลขสุ่ม.....	9
2.8	การผลิตเลขสุ่มแจกแจงสม่ำเสมอโดยการโปรแกรม.....	10
2.9	การทดสอบความเป็นสุ่ม.....	11
2.10	การผลิตเลขสุ่มที่ไม่ใช่การแจกแจงแบบสม่ำเสมอ.....	12

2.11	ขบวนการตัดสินใจ.....	17
2.12	ประเภทตัวแบบจำลอง.....	21
2.13	ประเภทของตัวแบบจำลองในการจำลองแบบปัญหา.....	23
2.14	การทดสอบความเชื่อถือได้ของแบบปัญหา.....	24
2.15	ผลดีผลเสียของการจำลองแบบปัญหา.....	25
2.16	ทฤษฎีแถวคอย (Queueing System).....	27
2.17	ขั้นตอนในการดำเนินงาน.....	28
2.18	ระบบแถวคอย.....	28
2.19	ลักษณะการจัดเข้ารับบริการ.....	31
2.20	ลักษณะขีดความสามารถของระบบแถวคอย.....	31
2.21	ลักษณะแหล่งของหน่วยเข้ารับบริการ.....	31
2.22	การวิเคราะห์ปัญหา.....	31
3	การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล	
3.1	การทำงานของเจ้าหน้าที่ประชาสัมพันธ์.....	39
3.2	การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	39
3.3	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	40
3.3.1	การเข้ารับบริการของผู้ที่มาติดต่อเจ้าหน้าที่.....	40
3.3.2	การให้บริการผู้ที่มาติดต่อประชาสัมพันธ์.....	44
3.3.3	การเข้ามาของโทรศัพท์ที่หน่วยประชาสัมพันธ์.....	49
3.3.4	การให้บริการทางโทรศัพท์ที่หน่วยประชาสัมพันธ์.....	53
4	ผลการจำลองแบบ	
4.1	ความเชื่อถือได้ของแบบจำลอง.....	58
4.2	การวิเคราะห์งานและการใช้ประโยชน์จกแบบจำลอง.....	59
5	การนำอุปกรณ์ไปทดสอบและทดลองใช้	
5.1	การใช้โปรแกรม Simulation ในการจำลองแบบปัญหา.....	72
5.2	การใช้โปรแกรมเก็บข้อมูลโทรศัพท์.....	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- ภาคผนวก ก    ผังงานโปรแกรมการจำลองปัญหา
- ภาคผนวก ข    โปรแกรมการจำลองแบบปัญหา
- ภาคผนวก ค    โปรแกรมการเก็บข้อมูลโทรศัพท์



## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันนี้ดูเหมือนว่าคอมพิวเตอร์ กับ งานด้านสถิติ มีความสัมพันธ์กันจนแยกไม่ออก เนื่องจากงานทางด้านสถิติมักจะนำคอมพิวเตอร์ไปใช้ในการคำนวณ , แก้ไขปัญหาต่าง ๆ ด้วยการใช้เครื่องทางสถิติ ฯลฯ ซึ่งในการจำลองปัญหาทางสถิติวิธีหนึ่งที่มีขนานนอกเหนือจากการจำลองโดยอาศัยรูปแบบทางคณิตศาสตร์ คือการจำลองโดยคอมพิวเตอร์ เพราะนอกจากสามารถนำไปแก้ไขปัญหที่ซับซ้อน ยุ่งยาก และยังมีผลที่ถูกต้องแม่นยำ ซึ่งในปัจจุบันการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์นี้ ถูกนำไปใช้แก้ปัญหาต่าง ๆ มากมาย อาทิเช่น การแก้ปัญหาการจราจร , การหาจำนวนตู้ ATM ฯลฯ

โรงพยาบาลธนบุรีเป็นโรงพยาบาลเอกชนแห่งหนึ่งที่ทำให้ การบริการด้านการแพทย์ ซึ่งในวันหนึ่ง ๆ จะมีประชาชนเข้ามาติดต่อในลักษณะที่เป็น คนไข้ ชาติ ภูมามาเยี่ยม ฯลฯ รวมพันคน โดยในการนี้แผนกประชาสัมพันธ์จัด ได้ว่าเป็นหน่วยงานแรกของโรงพยาบาลที่ให้ บริการแก่ประชาชนผู้ที่ต้องการทราบข้อมูลหรือติดต่อกับโรงพยาบาล ( ซึ่งพนักงานทั้งหมดในแผนกนี้เป็นผู้หญิงล้วน ) จะเห็นได้ว่างานของแผนกประชาสัมพันธ์นี้มีความสำคัญมาก เพราะ ดูเสมือนว่าจะต้องทำงานตลอดเวลา นอกเหนือจากงานที่กล่าวมาแล้วนี้ยังมีงานด้านอื่น ๆ ที่สำคัญอีกมากมาย แต่ที่สำคัญอีก 2 ด้านคือ

1. งานด้านเว็กระเบียง

2. งานด้านการรับโทรศัพท์

เนื่องจากจำนวนประชากรในกรุงเทพมหานคร โดยเฉพาะฝั่งธนบุรี มีอัตราการเพิ่มของประชากรสูงขึ้น ซึ่งมีผลทำให้ความต้องการทางการแพทย์สูงขึ้น ดังนั้นสถานที่และอาณาเขตของโรงพยาบาลธนบุรีดูเหมือนจะคับแคบลง ดังนั้นกลุ่มผู้บริหารของโรงพยาบาล จึงมีนโยบายที่จะขยายโรงพยาบาล เพื่อรองรับความต้องการของประชาชนโดยเฉพาะในย่านฝั่งธนบุรี โดยจะสร้างอาคารเพิ่มขึ้นอีก 1 หลัง โดยอาคารใหม่นี้จะประกอบด้วยแผนกประชาสัมพันธ์ และ แผนกอื่น ๆ ซึ่งในการรับพนักงานเพิ่มขึ้นนี้จะมีผลทำให้ค่าใช้จ่าย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรงพยาบาลสูงขึ้น ดังนั้นเพื่อให้ค่าใช้จ่ายของโรงพยาบาลนี้ต่ำที่สุด ทางคณะผู้บริหารของโรงพยาบาลจึงต้องการทราบจำนวนพนักงานที่สอดคล้องกับความต้องการ ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาวิจัยเรื่อง "การจำลองปัญหาจำนวนบุคคลกรตามประชาสัมพันธ์ของโรงพยาบาลธนบุรี" โดยหวังว่าผลการวิจัยที่ได้จะนำไปใช้เป็นแนวทางในการศึกษาด้าน Simulation ต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

สำหรับปัญหาพิเศษนี้ จะพิจารณาถึงการให้บริการและปัญหาเกี่ยวกับการรอคอยของลูกค้าตามเกินไป เพื่อจัดจำนวนหน่วยรับบริการแผนกประชาสัมพันธ์ให้เหมาะสมกับปริมาณงานในแต่ละวันและการบริการแก่ประชาสัมพันธ์ พร้อมทั้งศึกษาถึงขั้นตอนของระบบการให้บริการของแผนกประชาสัมพันธ์ และลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของอาคารรอคอยของการให้บริการแก่ประชาสัมพันธ์ แล้วทำการสร้างแบบจำลอง (Model) ขึ้น และเก็บรวบรวมข้อมูลจากระบบบริการที่ดำเนินอยู่ในปัจจุบัน โดยนำเอาวิธีการจำลองแบบ (Simulation) และวิธีการเชิงสถิติมาศึกษาลักษณะการให้บริการนี้ แล้วจึงจัดสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจำลองแบบระบบขึ้น และพิจารณาผลการจำลองแบบโดยเลือกหาวิธีการปฏิบัติงานที่เหมาะสม เพื่อให้ผู้บริหารสามารถตัดสินใจจัดหาจำนวนหน่วยให้บริการด้านประชาสัมพันธ์ให้มีความเหมาะสม ซึ่งจะช่วยให้การปฏิบัติงานเป็นไปด้วยความคล่องตัวมากขึ้น และปรับปรุงการบริการให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

## 1.3 ขอบเขตของปัญหาพิเศษ

ในขอบเขตของการทำปัญหาพิเศษเรื่องนี้ จะศึกษาเฉพาะการปฏิบัติงานในส่วน of เจ้าหน้าที่ประชาสัมพันธ์เฉพาะงานในส่วนเคาน์เตอร์เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากวิธีการและขั้นตอนการปฏิบัติงานนี้รายละเอียดปลีกย่อยแตกต่างกันมาก โดยหน้าที่ในการปฏิบัติงานมีดังต่อไปนี้คือ

1. การให้บริการข้อมูลแก่ประชาสัมพันธ์
2. การให้บริการด้านโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็น การเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับปัญหาพิเศษนี้เป็นข้อมูลปฐมภูมิ ( Primary Data )

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่แบ่งตามลักษณะแบบระบบจริงด้วยการจับเวลาในการปฏิบัติงานด้านต่าง ๆ และได้บันทึกจำนวนผู้ที่เข้ารับบริการ และจำนวนครั้งที่โทรศัพท์ตั้งขึ้น อีึ่งระยะเวลาที่จะศึกษาที่จะมุ่งศึกษาเฉพาะช่วงเวลา วันหยุดราชการตามปกติ ( เสาร์ และ อาทิตย์ ) เท่านั้น เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวนี้นักเข้ารับบริการเป็นจำนวนมาก และการให้บริการจำเป็นต้องเพียงพอ กับจำนวนผู้เข้ารับบริการ สำหรับการจำลองแบบนี้ได้ทำการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษา Turbo BASIC กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 16 บิต และอยู่ภายใต้ทอเกมพีในการให้บริการแบบ "ผู้มาก่อนจะได้รับบริการก่อน"

#### 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ซึ่งพอสรุปเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

1. กำหนดขอบเขตและข้อจำกัด
2. สร้างแบบจำลองของระบบงานประชาสัมพันธ์ โดยอธิบายถึงพฤติกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบ
3. ทำการวิเคราะห์หาข้อมูลที่จำเป็นต่อการใช้ในการจำลอง และจัดเตรียมการรวบรวมข้อมูลที่ต้องการและแปรให้อยู่ในรูปที่จะนำไปใช้
4. แปลงรูปแบบจำลองให้อยู่ในรูปแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์
5. ทำการ Validation
6. ออกแบบและวางแผนการทดลองกับระบบจำลอง
7. ทำการทดลองและติดตาม
8. เลือกแผนการทดลองที่สามารถแก้ปัญหาได้ดีที่สุด

#### 1.5 ความสำคัญหรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ช่วยให้สามารถทราบได้ว่าจำนวนพนักงานในปัจจุบันเหมาะสมกับปริมาณงานที่เข้ามา หรือไม่
2. แสดงให้เห็นถึงวิธีการแก้ปัญหาที่ไม่สามารถหรือยากที่จะใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหของระบบจริงได้

3. เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายและความสูญเสียถ้านำมาแบบจำลองไปใช้ทดสอบกับนโยบายต่าง ๆ ก่อนที่จะนำไปทดสอบกับระบบจริง
4. เพื่อเป็นแนวทางแก่ผู้ที่ทำการศึกษาวิธีการจำลองแบบ ว่ามีประโยชน์หรือข้อเสียอย่างไรบ้างในการนำไปใช้แก้ปัญหานั้น ๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ทฤษฎีการจำลองแบบและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ความหมายของ Simulation

ในชีวิตประจำวัน เราต้องมีการแก้ปัญหาอยู่ตลอดเวลา ซึ่งในการแก้ปัญหานั้น ก็มีวิธีการต่าง ๆ มากมาย ทั้งโดยทางตรงและทางอ้อม มีวิธีแก้ปัญห่อีกแบบหนึ่งที่แก้ปัญห โดยใช้การสร้าง scenario (ภาพเหตุการณ์ในอนาคต) อย่างนี้หลักการหรือทฤษฎีที่ถูกต้อง และ เป็นที่ยอมรับกันแล้ว การสร้าง scenario นี้เรียกกันว่า การจำลองแบบ หรือ Simulation

การจำลองแบบนั้น คือ การพยายามคาดการณ์ว่า ระบบ (System) หนึ่ง ๆ จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ถ้าหากสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเปลี่ยนแปลงไป การพยายาม คาดการณ์นั้น ปกติจะต้องอาศัยสิ่งที่เรียกว่า แบบจำลอง หรือ Model ของระบบที่ทำการศึกษา แบบจำลองเหล่านี้จะจำลองของจริงมาให้ผู้ศึกษาได้เห็นว่าส่วนต่างๆที่อยู่ในระบบ นั้นคืออะไรบ้าง และ มีความสัมพันธ์กันอย่างไร และ จะเกิดอะไรขึ้นกับระบบ เมื่อ สิ่งแวดล้อมที่มา กระทบต่อระบบเปลี่ยนแปลงไปโดยที่เราสามารถควบคุมตัวแปรในสิ่งแวดล้อม ได้ ทำให้เราสามารถศึกษาถึงอิทธิพลของแต่ละตัวแปรที่มีต่อระบบได้

### 2.2 กระบวนการจำลองแบบปัญหา

แม้ว่าการจำลองแบบปัญหา (Simulation Process) ไม่จำเป็นต้องอาศัย คอมพิวเตอร์ในการแก้ปัญหาเสมอไป แต่การใช้การจำลองแบบปัญหาในปัจจุบันมักใช้กับปัญหา ที่มีความยุ่งยากซับซ้อน จึงต้องอาศัยคอมพิวเตอร์สำหรับช่วยคำนวณหาข้อมูลต่างๆที่ต้องการ สำหรับการวิเคราะห์เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหา ขั้นตอนต่างๆต่อไปนี้ เป็นข้อเสนอแนะสำหรับการ ดำเนินการจำลองแบบปัญหาที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณ

1. การตั้งปัญหาและการให้คำจำกัดความของระบบงาน (Problem Formulation and System Definition) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการจำลองแบบ ปัญหา ขั้นตอนนี้เป็นกำหนัดวัตถุประสงค์ของการศึกษาระบบ การกำหนดขอบเขต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อจำกัดต่างๆและวิธีการวัดผลของระบบงาน

2. การสร้างแบบจำลอง (Model Formulation) จากลักษณะของระบบงานที่จะต้องทำการศึกษาเขียนแบบจำลองที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบงานตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา
3. การจัดเตรียมข้อมูล (Data Preparation) วิเคราะห์หาข้อมูลต่างๆที่จำเป็นสำหรับแบบจำลองและจัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่จะนำไปใช้งานกับแบบจำลองได้
4. การแปลงรูปแบบจำลอง (Model Translation) คือการแปลงแบบจำลองไปอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์
5. การทดสอบความถูกต้อง (Validation) เป็นการวิเคราะห์เพื่อช่วยให้ผู้เขียนและผู้ใช้แบบจำลองมั่นใจว่าแบบจำลองที่ได้นั้นสามารถใช้แทนระบบงานจริงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาได้
6. การออกแบบการทดลอง (Strategic Planning) เป็นการออกแบบการทดลองที่ทำให้แบบจำลองสามารถให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ
7. การวางแผนการใช้งานแบบจำลอง (Tactical Planning) เป็นการวางแผนว่าจะใช้งานแบบจำลองในการทดลองอย่างไร จึงจะได้ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ผลเพียงพอ (ด้วยระดับความเชื่อมั่นในผลการวิเคราะห์ที่เหมาะสม) ความแตกต่างระหว่างขั้นตอนนี้กับขั้นตอนการออกแบบมีอยู่ว่า ในการออกแบบการทดลองเป็นแต่เพียงการบอกเงื่อนไขของการทดลอง ส่วนในขั้นตอนนี้เป็น การบอกว่าจะต้องดำเนินการทดลองตามเงื่อนไขดังกล่าวก็ครั้งจึงจะได้จำนวนข้อมูลที่เหมาะสม กล่าวคือได้ความนี้้นยสำคัญทางสถิติที่ยอมรับได้
8. การดำเนินการทดลอง (Experimentation) เป็นการคำนวณหาข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการและความไวของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากแบบจำลอง
9. การตีความผลการทดลอง (Interpretation) คือจากผลการทดลองตีความว่าระบบงานจริงมีปัญหาอย่างไร และการแก้ปัญหาจะได้ผลอย่างไร
10. การนำไปใช้งาน (Implementation) จากผลการทดลอง เลือกรูปวิธีที่จะแก้ปัญหาที่ดีที่สุดไปใช้กับระบบงานจริง
11. การจัดทำเอกสารการใช้งาน (Documentation) เป็นการบันทึกกิจกรรมเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำแบบจำลอง โครงสร้างแบบจำลอง วิธีการใช้งานและผลที่ได้จากการใช้งาน เพื่อประโยชน์สำหรับผู้ที่จะนำแบบจำลองไปใช้งาน และ ปรับปรุงตัดแปลงแบบจำลองแปลง แบบจำลองเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงระบบ

### 2.3 การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์

การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นการศึกษาปัญหาของระบบงานด้วย แบบจำลองซึ่งอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป็นการศึกษาค้นคว้าปัญหาของระบบงานด้วย แบบจำลองก่อนที่จะนำอยู่ในรูปของ โปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้อาจอยู่ในรูปของแบบจำลองประเภทหนึ่งประเภทใดซึ่ง ได้กล่าวนำ แล้ว โดยที่การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์นี้เป็นที่นิยมใช้ที่สุด เพราะสามารถใช้ ได้กับปัญหาของระบบงานได้มากมายหลายประเภท ปัจจุบันเป็นเทคนิคที่ได้รับการนำไป ใช้อย่างกว้างขวางที่สุด และเมื่อผู้กล่าวถึงการจำลองแบบปัญหาทุกคนก็น่าจะนึกถึง การ จำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์เสมอ ดังนั้นหลักการและวิธีการต่างๆที่ใช้กับการจำลอง แบบปัญหาทางคอมพิวเตอร์ จะเป็นหลักการแบบเดียวกันที่ใช้กับการจำลองแบบปัญหาอื่น ๆ ความจำเป็นที่จะสร้างเป็นแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ขึ้นอยู่กับความยุ่งยากในการคำนวณ ของปัญหานั้นๆ

โดยที่การจำลองแบบปัญหาทางคอมพิวเตอร์จะต้องมีการคำนวณ มีข้อมูลทั้งที่เป็น ข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์จากแบบจำลอง และโดยปกติข้อมูลต่างๆในระบบงานจะเป็นข้อมูล ซึ่งมีความผันแปรไม่แน่นอนและมีการแปรเปลี่ยนตามเวลา ดังนั้นการจัดเตรียมและการ วิเคราะห์ข้อมูลต่างๆรวมทั้งขั้นตอนต่างๆที่ใช้กับการจำลองแบบปัญหานี้ จึงต้องอาศัยวิธีการ ต่างๆทางสถิติเข้าช่วย

ในวิธีการทางสถิติต่างๆที่ใช้กับการจำลองแบบปัญหานั้นมีวิธีการหนึ่งซึ่งเป็นที่นิยม ใช้มากและเกือบจะมีความจำเป็นในทุกๆการจำลองแบบปัญหาก็คือ การสุ่มตัวอย่างด้วย เทคนิคมอนติคาร์โล (Monte Carlo Sampling Technique) และเพื่อที่จะเน้นถึง ความจำเป็นในการใช้เทคนิคดังกล่าว การจำลองแบบปัญหาจึงถูกเรียกว่า การจำลอง แบบปัญหาด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation)

### 2.4 Computer Simulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำ computer มาใช้ในการ simulation นั้น มักจะใช้งานที่ต้องมีการคำนวณมาก ๆ และมีขนาดของ System ค่อนข้างใหญ่ การทำ Computer - simulation นั้น อาจแบ่งได้ 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

- 1) การจำลองแบบชนิดต่อเนื่อง (Continuous Simulation) เป็นการจำลองพฤติกรรมของ Model ที่มีกฎเกณฑ์แน่นอนตายตัว ตัวอย่าง เช่น การเคลื่อนที่ของลูกปืนใหญ่ เป็นต้น
- 2) การจำลองแบบชนิดที่ใช้ความน่าจะเป็น (Probabilistic หรือ Discrete Simulation) เป็นการจำลองแบบ โดยใช้ความน่าจะเป็นมาเกี่ยวข้องกับสิ่งจะได้จาก สถิติของรูปแบบในระบบนั้นๆ

## 2.5 ขั้นตอนที่สำคัญของการทำ Computer Simulation

- 1) การสร้าง Model  
เราต้องเริ่มพิจารณาว่า ระบบของเราเป็นแบบที่เหมาะสมกับการ Simulation แบบ continuous หรือ probabilistic จากนั้น จึงพิจารณาว่ามีตัวแปรอะไรที่เข้ามาเกี่ยวข้องบ้าง โดยดูว่าตัวแปรนั้นมีผลต่อพฤติกรรมของ Model อย่างไร จากนั้นก็เป็นการกำหนด input และ output และหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆใน Model
- 2) การรวบรวมข้อมูล  
เป็นการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลบางอย่างจะได้จากการบันทึกการทำงานของเดิม แต่ ถ้าไม่มีก็ต้องสำรวจจริง ๆ จากนั้นนำข้อมูลมาทำตามกรรมวิธีทางสถิติต่างๆ
- 3) การจัดทำโปรแกรม  
จากรายละเอียดที่ได้นั้นก็นำมาพิจารณาเขียนโปรแกรม ซึ่งในปัจจุบันมีภาษาให้เลือกมากมาย มีบางภาษาสร้างขึ้นมาโดยเฉพาะสำหรับการทำ Simulation เช่น GASP (General Activity Simulation Program)
- 4) การพิสูจน์ความถูกต้องของ Model  
เป็นการตรวจสอบว่าโปรแกรมและ Model ซึ่งสร้างขึ้นนั้น ทำงานได้ถูกต้อง ซึ่งอาจทดสอบโดยใช้ข้อมูลที่มืออยู่แล้วเป็น input แล้วดูผลว่าตรงกับความจริงหรือไม่ หรือ อีกวิธีหนึ่ง คือให้ผู้เชี่ยวชาญอ่านรายละเอียดของ Model และพิจารณาความเป็นไปได้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และความถูกต้องของ Model และโปรแกรม

## 2.6 ประโยชน์ของ Computer Simulation

- 1) ช่วยให้เกิดจินตนาการและเห็นภาพพจน์ของปัญหาได้ชัดเจนขึ้น
- 2) ในปัญหาที่ในการทำการทดลองจริง ๆ จะเป็นอันตราย หรือ สิ้นเปลืองมาก สามารถใช้ Simulation มาช่วยได้เช่น Flight Simulation , แบบจำลองของรังสีในเตาปฏิกรณ์ เป็นต้น
- 3) ใช้เป็น Computer ช่วยการสอน (CAI) ได้

## 2.7 การผลิตตัวเลขสุ่ม

เป็นที่ทราบกันดีว่าความสำเร็จของการจำลองขึ้นอยู่กับคุณภาพของตัวเลขสุ่ม และ อัลกอริทึม (algorithm) ที่ใช้เป็นส่วนใหญ่ การผลิตตัวเลขสุ่มจึงมีความสำคัญมากในการจำลองในภาษาจำลอง เช่น GPSS, DYNAMO, SIMSCRIPT เป็นต้น การผลิตตัวเลขสุ่มเป็นคำสั่งมาตรฐานจึงกระทำได้โดยง่าย แต่หากการจำลองกระทำในภาษาอื่น เช่น FORTRAN, COBOL เป็นต้นผู้วิเคราะห์อาจจะต้องเขียนคำสั่งการผลิตตัวเลขสุ่มเอง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเข้าใจถึงทฤษฎีและวิธีการผลิตตัวเลขสุ่ม

ในบทนี้ ทฤษฎีและวิธีการผลิตจะเน้นหนักเฉพาะการผลิตเลขสุ่มแจกแจงสม่ำเสมอ (uniformly distributed random number) เนื่องจากเลขสุ่มที่มีการแจกแจงในลักษณะอื่นสามารถผลิตได้จากเลขสุ่มแจกแจงสม่ำเสมอ อย่างกว้างๆ อาจจะกล่าวได้ว่าการผลิตเลขสุ่มแจกแจงสม่ำเสมออาจกระทำได้ 2 วิธี คือ

1. การผลิตเลขสุ่มโดยการโปรแกรม
2. การผลิตเลขสุ่มโดย RND (random number device)

วิธีที่หนึ่งเป็นการผลิตเลขสุ่มจากความสัมพันธ์ที่ซ้ำซาก (recurrence relation) กล่าวคือ เลขตัวถัดไปเกิดจากการดำเนินการทางเลขคณิตและตรรกศาสตร์ด้วยเลขตัวปัจจุบันหรือกลุ่มของตัวเลขในอดีต อนุกรมของเลขซึ่งผลิตในลักษณะนี้จึงเป็นอนุกรมของเลขสุ่มในความหมายที่แท้จริงไม่ได้ อนุกรมของเลขซึ่งผลิตในลักษณะนี้ย่อมมีคาบ แต่อย่างไรก็ตามเลขที่ผลิตออกมาเหล่านี้อาจผ่านการทดสอบความเป็นสุ่มเชิงสถิติหลายอย่าง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงเรียกเลขเหล่านี้ว่าเลขคล้ายสุ่ม (pseudo-random number) อนึ่งเพื่อความสะดวกในกรณีทั่ว ๆ ไป เราจะใช้คำว่า "เลขสุ่ม" แทนคำ "เลขคล้ายสุ่ม" หากในกรณีที่มีความประสงค์จะชี้ให้เห็นความแตกต่างระหว่าง เลขสุ่มและเลขคล้ายสุ่มเท่านั้น จึงจะใช้คำเลขคล้ายสุ่ม

การผลิตเลขสุ่มโดยโปรแกรมมีข้อดีหลายประการ ที่สำคัญคือ วิธีนี้สามารถผลิตอนุกรมเลขสุ่มชุดใดออกมาได้ ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในกรณีที่ทดสอบแบบจำลองและมีความประสงค์ที่จะหาคำถาม โปรแกรมสำหรับผลิตเลขสุ่มมีความง่ายและสั้นมาก ข้อบกพร่องของวิธีการผลิตนี้ก็คือ อนุกรมของเลขสุ่มที่ผลิตออกมาเป็นอนุกรมที่มีคาบหั้งสั้น และการอนุกรมคุณสมบัติเชิงสถิติของ เลขสุ่ม เหล่านี้ทางทฤษฎีกระทำโดยยาก

ส่วนวิธีที่สอง คือ การผลิตเลขสุ่มโดย RND เป็นการแปลงผลที่ได้จากกระบวนการกายภาคที่เป็นสุ่ม (random physical process) เช่น จำนวน particle ที่หลุดจากสารกัมมันตภาพรังสี ณ ขณะใดขณะหนึ่ง เป็นต้น มาเป็นอนุกรมของเลขสุ่มการผลิตเลขสุ่มด้วยวิธีนี้จะต้องบำรุงรักษา RND เป็นประจำ เพื่อให้ทำงานถูกต้องและอย่างมีประสิทธิภาพ เลขสุ่มที่ได้จากการผลิตด้วย RND จะเป็นเลขสุ่มในความหมายที่แท้จริงจึงมีโอกาสผลิตอนุกรมของเลขสุ่มที่ซ้ำกันได้ความเข้าใจถึงการผลิตเลขสุ่มโดย RND จะต้องอาศัยความรู้ทางฟิสิกส์ จึงไม่ขอกล่าว

## 2.8 การผลิตเลขสุ่มแจกแจงสม่ำเสมอโดยการโปรแกรม

โปรแกรมที่ใช้ผลิตเลขสุ่มควรมีคุณสมบัติขั้นพื้นฐานดังต่อไปนี้

1. เลขที่ผลิตด้วยการโปรแกรมจะต้องมีสัณฐานที่แน่นอนระหว่างกัน
2. การแจกแจงของเลขที่ผลิตจากโปรแกรมจะต้องใกล้เคียงกับการแจกแจงสม่ำเสมอมากที่สุดเท่าที่จะทำได้
3. โปรแกรมที่ใช้ผลิตเลขสุ่มจะต้องมีประสิทธิภาพ กล่าวคือ การแจกแจงของเลขจะต้องไม่เปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนตัวเลขที่ผลิตออกมา

เทคนิคการผลิตเลขสุ่มโดยการโปรแกรมได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็ว หลังจาก Von Neumann และ Metropolis [1] ได้เสนอวิธีตัวกลางกำลังสอง (mid-square method) ในปี ค.ศ. 1946 Forsythe [2] ได้ปรับปรุงวิธีตัวกลางกำลังสองและต่อมา

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lehmer [3] ได้เสนอวิธีผลิตเลขสุ่มด้วยการใช้เศษจากการหารของผลคูณ (multiplicative congruential method) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในคอมพิวเตอร์ในยุคปัจจุบัน ต่อมา Rotenberg [4] ได้ปรับปรุงวิธีการผลิตของ Lehmer เป็นการใส่เศษของผลบวกของผลคูณกับค่าคงตัวจากการหาร (mixed congruential - method)

## 2.9 การทดสอบความเป็นสุ่ม

เลขที่ผลิตออกมาไม่ว่าจะด้วยวิธีใดของเทคนิคการโปรแกรมจะต้องนำมา ทดสอบความเป็นสุ่มเชิงสถิติ เพื่อให้เกิดความแน่ใจว่าเลขที่ผลิตออกมามีความเป็นสุ่มเพียงพอที่จะนำไปเป็นเลขสุ่มได้ แต่การผ่านการทดสอบเชิงสถิติด้วยวิธีหนึ่งวิธีใดมิได้เป็นการรับรองว่าเลขเหล่านั้นเป็นเลขสุ่มอย่างสมบูรณ์ ผู้ที่จะนำเลขสุ่มไปใช้จะต้องกำหนดความเป็นสุ่มที่ต้องการขึ้นและเลขที่จะนำไปใช้จะต้องผ่านการทดสอบความเป็นสุ่มที่กำหนดขึ้นไว้ เลขที่ผลิตออกมาอาจนำไปทดสอบความเป็นสุ่ม โดยเอาเลขทั้งจำนวนเป็นข้อมูลหนึ่งหรือโดยเอาเลขแต่ละหลักในการผลิตออกมาเป็นข้อมูลหนึ่ง การทดสอบในลักษณะต่างๆ ดังกล่าวมีความแตกต่างกัน การที่เอาเลขที่ผลิตออกมาซึ่งมีเลข  $n$  หลักเป็นข้อมูลหนึ่ง เป็นการเน้นความสำคัญให้แก่ตัวเลขในหลักแรกๆ ของข้อมูล ส่วนตัวเลขในหลักท้ายๆ ของข้อมูลแทบจะไม่มี ความหมายในการทดสอบ ทั้งนี้เป็นผลสืบเนื่องจากที่ต้องจัดกลุ่มของข้อมูลเมื่อกระทำการทดสอบเชิงสถิติ ดังนั้นเลขที่ผ่านการทดสอบลักษณะนี้อาจมีตัวเลขในหลักท้ายๆ ซึ่งไม่มีความเป็นสุ่มเลยก็ได้ ส่วนการทดสอบโดยเอาตัวเลขในแต่ละหลักในเลขที่ผลิตออกมาเป็นข้อมูลนั้น ให้ความสำคัญแก่ตัวเลขแต่ละหลักเท่ากันหมด การที่จะทดสอบในลักษณะใดขึ้นอยู่กับลักษณะที่จะนำเลขที่ผลิตออกมาไปใช้และความสำคัญอยู่ที่ตัวเลขในหลักแรกๆ หรือ ทุกหลัก

คุณสมบัติความเป็นสุ่มมีอยู่หลายประการ Kendal และ Babington-Smith [9,10] ได้แนะนำในกระทำการทดสอบความเป็นสุ่ม 4 ประการคือ การทดสอบความถี่ (frequency test) การทดสอบอนุกรม (serial test) การทดสอบโป๊กเกอร์ (Poker test) และการทดสอบช่องว่าง (gap test) การทดสอบความถี่จะนับว่าเลขตัวหนึ่งๆ เกิดขึ้นบ่อยแค่ไหนในอนุกรม การทดสอบอนุกรมจะนับความถี่ที่เลขตัวหนึ่งติดตามด้วยตัวเลขอีกตัวหนึ่งทีละ เช่น ความถี่ของเลข 25 ติดตามด้วยเลข 38 เป็นต้น การทดสอบ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปก็ถือว่าน่าพอใจในลักษณะทั่วไปก็ถือว่าเกิดขึ้นบ่อยแค่ไหน และการทดสอบช่องว่างจะนับจำนวนตัวเลขที่อยู่ระหว่างเลขที่เหมือนกัน ความที่ดังกล่าวเปรียบเทียบกับค่าคาดหวัง โดยการทดสอบเชิงสถิติ เช่น การทดสอบไคสแควร์กำลังสอง (chi-square test) เป็นต้น แต่ Von Neumann 11 เห็นว่า การทดสอบมากมายเกี่ยวกับคุณสมบัติความเชิงสุ่ม เป็นสิ่งที่น่าอิจฉาได้ เนื่องจากต้องใช้เวลามากมายจึงเห็นว่าการทดสอบความถี่ และการทดสอบอนุกรมเป็นการเพียงพอสำหรับปัญหาส่วนใหญ่

## 2.10 การผลิตเลขสุ่มที่ไม่ใช้ลักษณะการแจกแจงแบบสม่ำเสมอ

การจำลองแบบปัญหาส่วนใหญ่ต้องใช้เลขสุ่มที่มีการแจกแจงเป็นแบบอื่นที่ไม่ใช่การแจกแจงแบบสม่ำเสมอ เช่น การแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล, การแจกแจงปกติ, การแจกแจงแบบแกมมา, การแจกแจงแบบไคสแควร์ เป็นต้น ซึ่งเลขสุ่มที่มีการแจกแจงดังกล่าวอาจหาได้โดยตรงจากเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอในช่วง (0-1) มีวิธีการหลายแบบที่จะทำการเปลี่ยนเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอ เป็นเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบอื่นแต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการแจกแจงที่ใช้ในปัญหาพิเศษนี้

### 2.10.1 The Inverse Transformation Method

วิธีการนี้จะใช้ Cumulative distribution function,  $F(x)$  ของการแจกแจงที่ต้องการมาผลิตเลขสุ่มขึ้น ซึ่ง  $F(x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx$  เมื่อ  $F(x)$  นี้ค่าอยู่ในช่วง (0,1) เราสามารถจะผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอ (RN) เลขสุ่มนี้จะค่าอยู่ในช่วง (0,1) จากนั้นให้  $F(x) = RN$  และค่า  $x$  จะหาได้เพียงค่าจาก  $F(x) = RN$  และ  $x = F^{-1}(RN)$  จะเป็นตัวแปรที่ได้จากการแจกแจงที่ต้องการ ความยากของวิธีการนี้จึงขึ้นอยู่กับ การหา Inverse  $f$  คือ  $F^{-1}(RN) = x$  นั่นเอง ถ้า Inverse  $f$  นี้สามารถหาได้ก็ผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอ แล้วจึงเปลี่ยนให้เป็น Inverse  $f$  เพื่อที่จะหาเลขสุ่มจากการแจกแจงที่ต้องการได้ เช่น ให้นำเลขสุ่มจากฟังก์ชันนี้โดยใช้วิธี Inverse transformation เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f(x) = \begin{cases} 4x^3 & ; 0 < x < 1 \\ 0 & ; \text{elsewhere} \end{cases}$$

ดังนั้นจะได้ Cumulative distribution function ของ  $f(x)$  คือ

$$F(x) = \int_0^x 4t^3 dt = x^4$$

และสามารถหา Inverse transformation ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} RN &= x \\ x &= F^{-1}(RN) \\ &= RN^{1/4} \end{aligned}$$

นั่นคือ เมื่อต้องการสุ่มจาก pdf,  $f(x) = 4x^3$  จะหาตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอก่อนที่เรียกว่า RN แล้วหาตัวแปรสุ่มที่ต้องการก็คือ  $x = (RN)^{1/4}$

อย่างไรก็ตาม ถ้าไม่สามารถหา Inverse  $f$ ,  $F^{-1}(RN)$  ได้หรือหาได้แต่ยุ่งยากมากซึ่งไม่เหมาะในทางปฏิบัติก็จำเป็นต้องใช้วิธีอื่นแทน

### 2.10.2 การแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution)

pdf และ Cumulative distribution function ของการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล มีดังนี้

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x} \quad \text{เมื่อ } x > 0$$

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x} \quad \text{เมื่อ } x \geq 0$$

การหาตัวแปรสุ่มของการแจกแจงแบบนี้ก็ใช้วิธี Inverse transformation โดย  $F(x) = 1 - e^{-\lambda x}$  และเมื่อได้เลขสุ่มจากการแจกแจงแบบสม่ำเสมอแล้ว จะได้

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

โดยวิธี Inverse transformation ก็จะได้

$$1 - RN = e^{-\lambda x}$$

ซึ่งค่า  $(1 - RN)$  ก็ยังเป็นเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอ ที่มีขอบเขตจำกัดคือ

ช่วง  $(0,1)$  ดังนั้น จึงอาจแทนค่า  $(1 - RN)$  ด้วยค่า  $RN$  และสมการข้างต้นจะเป็น

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

$$F^{-1}(RN) = -\frac{\ln(RN)}{\lambda} = x$$

ดังนั้น

$$x = -\mu \ln(RN) \quad \text{เมื่อ } \mu \text{ เป็นค่าเฉลี่ย} = 1/\lambda$$

สมมติว่าต้องการให้  $x$  มากกว่าหรือเท่ากับค่าบวกที่กำหนดไว้  $x$  นั่นคือ  $0 < x_0 < x < \infty$   
จากสมการดังกล่าว อาจเปลี่ยนเป็น

$$x = x_0 - \mu \ln(RN)$$

ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่าง  $\mu$  และ  $\lambda$  จะเป็น

$$= 1 / ( - )$$

เพราะฉะนั้น วิธีการหาเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล จึงต้องหาเลขสุ่ม  
ที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอ (RN) ก่อนแล้วจึงหาเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล  
(X) ดังตัวอย่าง Sobroutine ที่ผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ด้วยภาษา

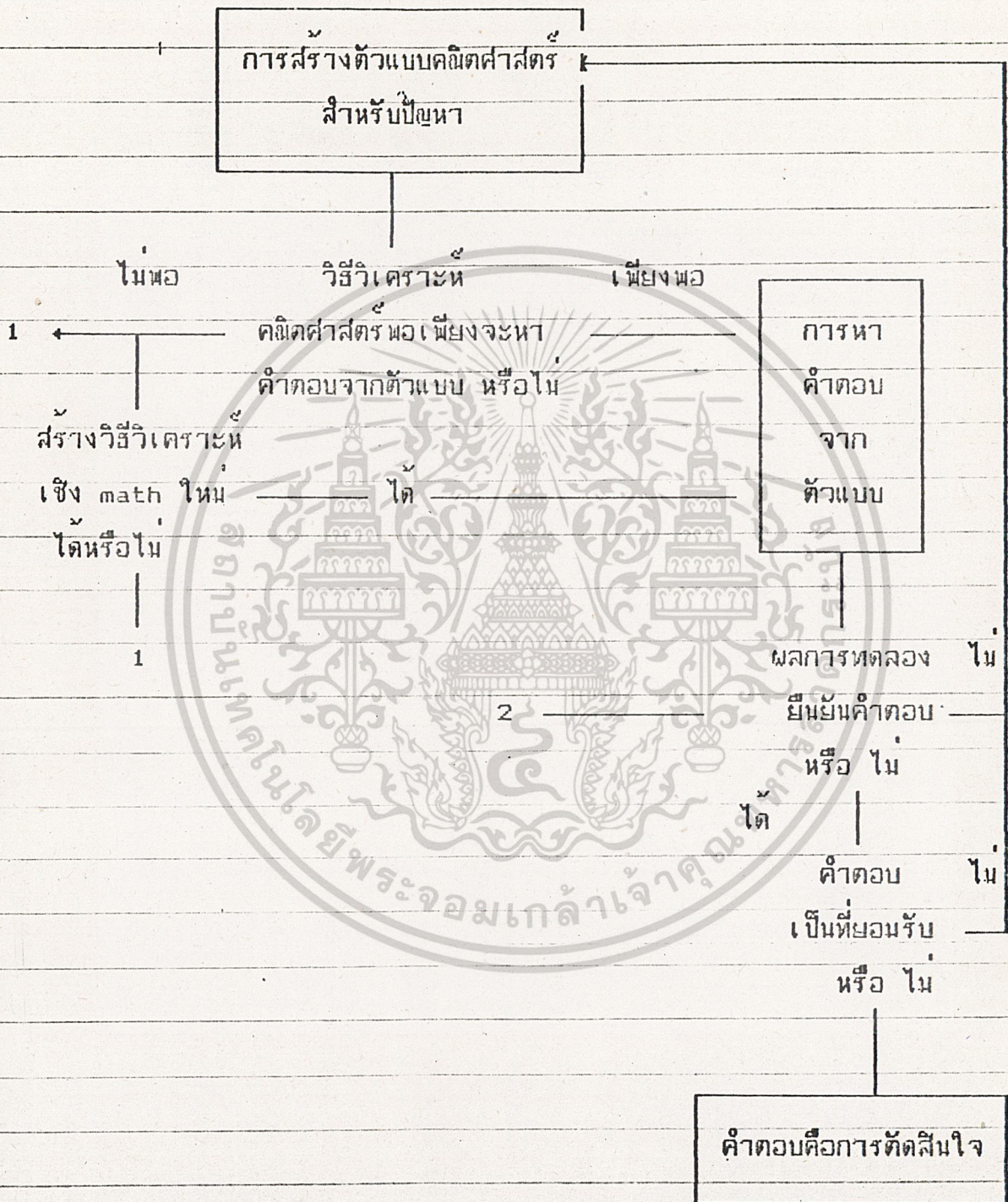
Turbo BASIC

```

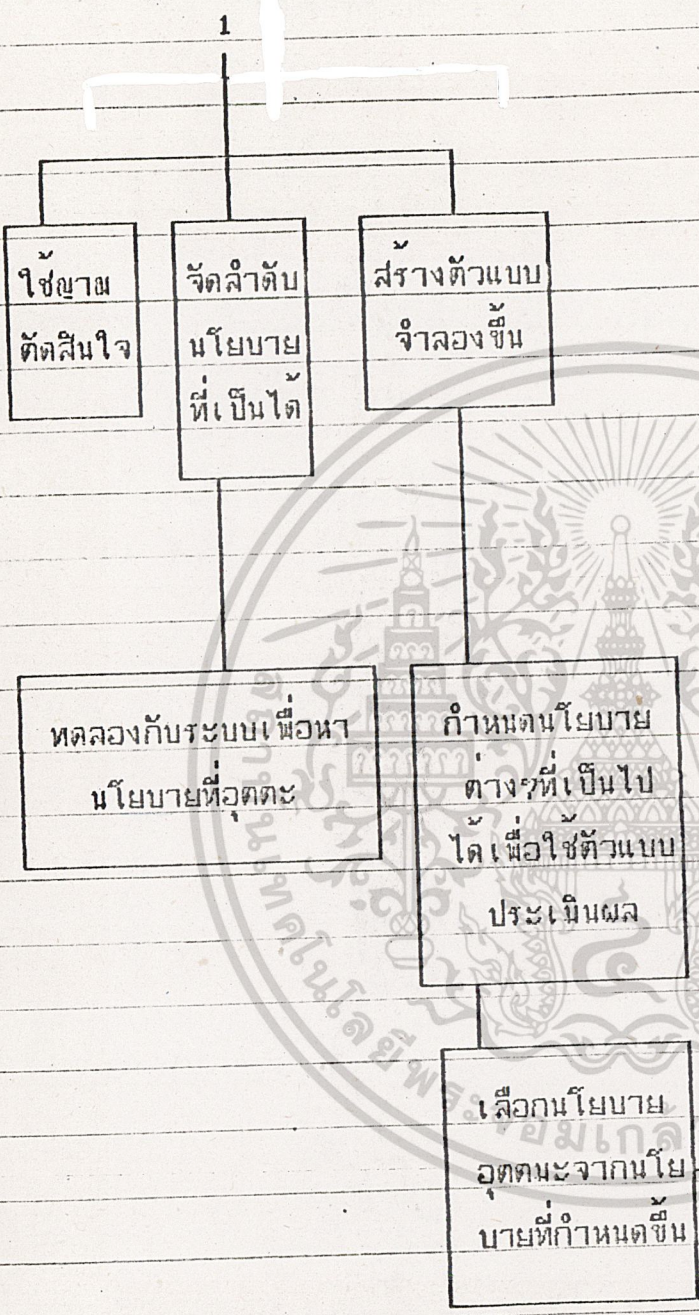
SUB GENERATE.ST
  shared ST
  rnd.st = RND
  ST = -THETA*LOG(rnd.st)
  ST = int(ST)
end sub

```

รูปที่ 2.1 ขบวนการตัดสินใจ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.11 ขบวนการตัดสินใจ

เมื่อมีปัญหาเกิดขึ้น ผู้รับผิดชอบจะต้องแสวงหาคำตอบต่อปัญหานั้นให้ได้ด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง การแสวงหาคำตอบต่อปัญหาอาจกระทำได้ใน 4 ลักษณะคือ

1. สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาขึ้นเพื่อใช้ในการวิเคราะห์
2. สร้างตัวแบบจำลองขึ้นเพื่อใช้ทดลองประเมินผลของนโยบายที่ได้คัดเลือกไว้
3. นำเอานโยบายที่คัดเลือกแล้วไปประยุกต์กับระบบจริงเลย เพื่อประเมินผลนโยบาย
4. ใช้ซ้ำๆ ประกอบกับประสบการณ์หาคำตอบต่อปัญหา

การที่จะแสวงหาคำตอบในลักษณะใดนั้นขึ้นอยู่กับขีดความสามารถและความชอบลักษณะการหาคำตอบแบบใดแบบหนึ่งมากกว่าแบบอื่นของผู้วิเคราะห์ปัญหา ตลอดจนเวลาที่อาจใช้ในการแสวงหาคำตอบ ขั้นตอนการแสวงหาคำตอบในแต่ละลักษณะนี้ความแตกต่างกันมาก ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นจะต้องกำหนดมาตรการวัดผลที่จะใช้ในการตัดสินใจในการหาคำตอบต่อปัญหาที่กำลังประสบอยู่ ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ผู้วิเคราะห์จะต้องคนหาตัวแปรที่สามารถควบคุมได้ (controllable variable) ซึ่งหมายถึงตัวแปรที่ผู้ตัดสินใจสามารถกำหนดค่าได้ มีอะไรบ้าง และตัวแปรอะไรบ้างที่ไม่สามารถควบคุมได้ ขอบจำกัดของปัญหาที่ประสบอยู่นี้อะไรและเขียนเป็นรูปสมการหรืออสมการเชิงคณิตศาสตร์แล้วมีลักษณะอย่างไร เช่น มีลักษณะเชิงเส้นหรือไม่เชิงเส้น เป็นต้น เมื่อสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็มาถึงขั้นตอนการหาคำตอบ คำตอบที่มุ่งแสวงหานั้นจะเป็น คำตอบ optimum ตามมาตรการวัดผลที่กำหนดขึ้นความสามารถที่จะหาคำตอบ optimum จากตัวแบบจะขึ้นอยู่กับความรู้เกี่ยวกับวิธีวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์ของผู้วิเคราะห์ ในกรณีที่มีความรู้เกี่ยวกับวิธีวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์เพียงพอ การหาคำตอบต่อปัญหาก็จะกระทำได้ทันที คำตอบที่ได้นี้อาจจะต้องกระทำการทดลองเพื่อยืนยันผลการวิเคราะห์ หากผลการทดลองไม่ยืนยันผลการวิเคราะห์ ผู้วิเคราะห์อาจต้องแก้ไขปรับปรุงตัวแบบใหม่ให้ถูกต้องต่อปัญหาที่กำลังประสบอยู่ และเมื่อได้ผลเป็นที่พอใจแล้ว คำตอบต่อปัญหาจะถูกนำเสนอต่อผู้บริหารหากผู้บริหารยอมรับคำตอบนี้ คำตอบนี้ก็จะเป็นการตัดสินใจ เกี่ยวกับปัญหาที่กำลังประสบอยู่ แต่หากผู้บริหารไม่ยอมรับคำตอบนี้จะด้วยเหตุผลใดเหตุผลหนึ่ง ผู้วิเคราะห์จะต้องตัดแปลงหรือสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ใหม่ตามเหตุผลการไม่ยอมรับของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผู้บริหาร

ในกรณีที่มีความรู้เกี่ยวกับวิธีวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์ไม่เพียงพอ ผู้วิเคราะห์อาจแสวงหาความรู้เพิ่มเติมหรือสร้างวิธีวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์ใหม่ มิใช่เป็นสิ่งที่กระทำได้โดยง่าย จะต้องอาศัยสติปัญญาในระดับเป็นเลิศและเวลาด้วย บ่อยครั้งแม้ผู้วิเคราะห์จะมีสติปัญญาเป็นเลิศ แต่เวลาที่มัวอยู่ในการแก้ปัญหา ก็จะน้อยไปไม่เพียงพอสำหรับสร้างวิธีวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์ใหม่ โดยอย่างไรก็ตาม หากผู้วิเคราะห์สามารถสร้างวิธีวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์ใหม่ได้ ขั้นตอนการดำเนินการต่อไปจะเป็นไปตามที่ได้กล่าวมาข้างต้นทุกประการ

หากผู้วิเคราะห์ในอาจสร้างวิธีวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์ใหม่ได้จะด้วยเหตุผลใดเหตุผลหนึ่งก็ตาม ผู้วิเคราะห์อาจสร้างตัวแบบจำลองขึ้น เพื่อใช้ทดสอบกับนโยบายต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้แล้ว ผลการทดสอบของแต่ละนโยบายจะนำมาเปรียบเทียบกัน เพื่อเลือกนโยบายชุดหนึ่งในกลุ่มของนโยบายที่ได้กำหนดไว้ นโยบายชุดหนึ่งที่หาได้ในลักษณะนี้อาจจะไม่ใช่นโยบายชุดหนึ่งในความหมายที่แท้จริง แต่เป็นนโยบายชุดหนึ่งในกลุ่มของนโยบายที่กำหนดไว้เท่านั้น นโยบายนี้อาจจะต้องกระทำการทดลองกับระบบจริงก่อนที่จะเสนอต่อผู้บริหาร เช่นเดียวกับกรณีที่มีความรู้เกี่ยวกับวิธีวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์เพียงพอสำหรับหาคำตอบต่อปัญหาและขั้นตอนต่อไปก็จะเป็นไปตาม เดิมทุกประการ

ในกรณีที่ความรู้วิธีวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์มีไม่พอ เพียงหรือมีอาจหาคำตอบต่อปัญหาที่กำลังประสบอยู่ และผู้วิเคราะห์ในอาจพัฒนาวิธีวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์ขึ้นใหม่หรือไม่สร้างตัวแบบจำลองขึ้น ผู้วิเคราะห์อาจนำเอานโยบายต่างๆ ที่ผ่านการกลั่นกรองและจัดลำดับความเหมาะสมไปประยุกต์ใช้กับระบบจริงเลย เพื่อประเมินผลหานโยบายชุดหนึ่งในทางปฏิบัติ นโยบายต่างๆ ที่จะนำไปประยุกต์กับระบบจริง ย่อมจะได้รับความเห็นชอบจากผู้มีอำนาจเดิมที่อยู่แล้ว นโยบายที่ได้รับการคัดเลือกเป็นนโยบายชุดหนึ่งในลักษณะนี้ จึงไม่จำเป็นที่จะต้องผ่านการยอมรับของผู้มีอำนาจเดิมอีกแต่การกระทำในลักษณะนี้ เป็นการเสี่ยงอย่างยิ่ง เพราะการที่นำนโยบายที่ยังไม่ได้มีการวิเคราะห์อย่างถี่ถ้วน ไปประยุกต์กับระบบนั้น อาจก่อให้เกิดความเสียหายอย่างใหญ่หลวงได้จึงเป็นเรื่องที่สิ้นเปลืองมาก ยิ่งกว่านั้นยังมีระบบอยู่มากมายซึ่งมีอาจเสี่ยงต่อการทดลอง เช่นระบบที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของมนุษย์ การนำเอานโยบายที่ยังไม่ได้รับการวิเคราะห์อย่างถี่ถ้วนไปประยุกต์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้กับระบบในกรณีเช่นนี้จึงกระทำไม่ได้ อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าในกรณีใดๆ การนำเอา  
นโยบายที่ทดลองประยุกต์กับระบบจริง? โดยยังไม่ได้รับการวิเคราะห์นั้น เป็นสิ่งที่ควร  
หลีกเลี่ยงให้มากที่สุด อนึ่งความหมายสุดขณะที่หาได้ในลักษณะนี้จะเป็นการมองเดียวกับที่หา  
ได้ในตัวแบบจำลอง คือไม่ใช่จุดตะกั่วในความหมายที่แท้จริง

วิธีสุดท้ายซึ่งอาจใช้หาคำตอบต่อปัญหาที่กำลังประสบอยู่ คือ ใช้ข้ามประกอบ  
กับประสบการณ์หาคำตอบต่อปัญหาที่กำลังประสบอยู่ การตัดสินใจในลักษณะนี้อาจจะถือ  
เป็นวิธีเชิงศาสตร์ (scientific method) ได้ เพราะคำตอบที่ได้มาขึ้นอยู่กับตัวบุคคล  
ผู้ซึ่งใช้ข้ามและประสบการณ์ของตนเองมากกว่าอย่างอื่น คล้ายในการตัดสินใจจริงไหมนี้ แต่  
ในทางปฏิบัติผู้มีอำนาจมักจะนิยมใช้การตัดสินใจเนื่องจากสามารถกระทำได้อย่างรวดเร็ว  
และค่าใช้จ่ายที่เข้าไปเพื่อได้มาซึ่งนโยบายก็แทบจะไม่มี จึงดูเหมือนเป็นวิธีการที่มีประสิทธิ  
ภาพสูง แต่ตามความเป็นจริงแล้วการกระทำในลักษณะนี้มีความเสี่ยงต่อความเสียหายค่อนข้าง  
สูง ถ้าใช้คนที่ผู้มีอำนาจมีข้ามและประสบการณ์ที่ดี ทำให้การวินิจฉัยของเขาถูกต้องความ  
เสียหายที่เกิดขึ้นในระบบก็ไม่มี แต่ถ้าใช้การวินิจฉัยของเขาผิดพลาด ความเสียหาย  
ที่เกิดขึ้นในระบบอาจจะมากมายจนกระทบต่อความนี้เสถียรภาพของระบบได้ อนึ่งในปัญหาที่  
มีความซับซ้อนมาก ออกจะเป็นการยากที่จะหาผู้ที่มีข้ามและประสบการณ์อย่างดีเยี่ยมที่จะมอง  
ปฏิกริยาต่อกัน (interaction) ระหว่างหน่วยย่อย (sub system) ต่างๆใน  
ระบบออกเพื่อวินิจฉัยปัญหา และกำหนดนโยบายที่เหมาะสม อีกประการหนึ่งออกจะ  
ยุติธรรมต่อระบบที่ให้ใครคนหนึ่งให้ทดลองนโยบายซึ่งกำหนดขึ้นจากข้าม และประสบการณ์  
ของเขา วิธีการตัดสินใจในลักษณะนี้จึงไม่ควรที่นักวิชาการจะนำไปใช้อย่างยิ่ง แต่ในทาง  
ปฏิบัติผู้มีอำนาจมักจะนิยมใช้การตัดสินใจแบบนี้ เนื่องจากสามารถกระทำได้รวดเร็ว และ  
ค่าใช้จ่ายที่เข้าไปเพื่อได้มาซึ่งนโยบายก็แทบจะไม่มี จึงดูเหมือนผู้มีอำนาจเป็นนักบริหารที่  
ประสิทธิภาพสูงแต่การกระทำในลักษณะ นี้มีความเสี่ยงไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าการนำเอานโยบาย  
มาคลั่งกรองแล้วจัดลำดับตามความเหมาะสมของนโยบาย เพื่อนำไปประยุกต์กับระบบจริง  
ความเสี่ยงอยู่ที่ ใช้ระบบจริงทดลองกับนโยบายที่มิได้ผ่านการวิเคราะห์อย่างถี่ถ้วนส่วน  
องศาความเสี่ยงของวิธีใดจะมากกว่ากันก็ขึ้นอยู่กับความวินิจฉัยของผู้มีอำนาจ

ระบบที่ถูกทดลองด้วยนโยบายที่ผิดพลาดจะต้องแบกรับความเสียหายไปเอง อนึ่ง  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่งานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานาน ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้าน  
ในปัญหาที่มีความซับซ้อนมากจะเป็นการยากมากที่จะหาผู้ที่มีข้าม และประสบการณ์อย่างดีเยี่ยม  
แม้ว่ากรณีต่างๆนั้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่จะมอง interaction ระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ ในระบบออกเพื่อที่จะสร้างนโยบายที่  
เหมาะสมได้โดยปราศจากการวิเคราะห์อย่างละเอียด

ขบวนการเลือกวิธีการตัดสินใจดังกล่าวข้างต้น ได้สรุปเป็นแผนภูมิดังรูป 2.1

ดังนั้น จะเห็นว่ากระบวนการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์และการจำลองจึงมีความสำคัญใน  
การหาคำตอบต่อปัญหาที่จะต้องตัดสินใจ ในการหาคำตอบต่อปัญหาด้วยการวิเคราะห์เชิง  
คณิตศาสตร์ปัญหาที่กำลังประสบจะถูกสร้างขึ้นเป็นตัวแทนสัญลักษณ์ (symbolic model)  
เพื่อประยุกต์ด้วยเทคนิควิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์ ขั้นตอนแต่ละขั้นตอนจะเกี่ยวข้องกับ  
คณิตศาสตร์อยู่ไม่น้อย จึงทำให้การสื่อสารเกี่ยวกับขั้นตอนของการวิเคราะห์ ระหว่างผู้ที่  
ภูมิลักษณ์แตกต่างกัน เป็นไปด้วยความยากลำบาก ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์  
จะต่ำและเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายในสาขาวิชาการวิจัยการดำเนินงาน

ส่วนการหาคำตอบต่อปัญหาที่ต้องตัดสินใจโดยการจำลองนั้น ระบบที่กำลังประสบ  
ปัญหาอยู่จะถูกจำลองขึ้นซึ่งอาจจะเป็น

### 1. ตัวแบบกายภาค

ระบบจะถูกจำลองขึ้นเป็นตัวแทนกายภาคเพื่อใช้ทดสอบประเมินผล ของ  
ระบบต่อนโยบายต่าง ๆ ที่จะทำการประยุกต์ การสร้างตัวแทนกายภาคขึ้นนี้มักจะต้องเสีย  
ค่าใช้จ่ายสูงมาก เนื่องจากตัวแทนกายภาค จะแสดงอาการต่าง ๆ ให้เห็นก่อนนโยบายที่นำมา  
ประยุกต์ จึงทำให้การสื่อสารเกี่ยวกับขั้นตอนการหาคำตอบต่อปัญหาระหว่างผู้ที่ภูมิลักษณ์  
แตกต่างกันไปด้วยความสะดวก ความลำบากของการใช้ตัวแทนกายภาคนี้ก็จะเกี่ยวกับการ  
บันทึกการเปลี่ยนแปลงของสถานะของระบบในขณะที่ทำการทดลอง

### 2. ตัวแบบขั้นตอน (Procedural Model)

ขั้นตอนของระบบหนึ่งกำลังประสบปัญหาอยู่จะถูกจำลองขึ้น และนำมาจัดลำดับ  
ก่อนหลังตามสภาพของระบบประกอบกันเข้าเป็นตัวแทน ขั้นตอนซึ่งจะใช้ประเมินผลของ  
การทดสอบนโยบาย ขั้นตอนจะถูกจำลองเป็นสัญลักษณ์ทางตรรกวิทยาและเลขคณิต  
(Logical and Arithmetic Expression) นโยบายที่ได้ผ่านการคัดเลือกแล้วจะนำมา  
มาประยุกต์ในตัวแบบขั้นตอน เพื่อผลิตข้อมูลต่าง ๆ ออกมา ซึ่งจะใช้ประเมินผลเชิงสถิติ  
ของนโยบายนั้น ๆ การหาคำตอบต่อปัญหาจะมีลักษณะเป็นการวิเคราะห์เชิงสถิติของข้อมูล  
แทนที่จะเป็นการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์อย่างในตัวแทนสัญลักษณ์ การสื่อสารเกี่ยวกับ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการหาคำตอบระหว่างผู้ที่มีภูมิหลังแตกต่างกัน จึงเป็นไปได้ไม่ยากลำบากนัก ค่าใช้จ่ายนั้นจะอยู่ระหว่างค่าใช้จ่ายในตัวแทนกายภาคกับตัวแทนสัญลักษณ์ในการศึกษานี้ จะเป็นเฉพาะตัวแทนขั้นตอน ซึ่งจะเรียกว่าตัวแทนจำลองต่อไป ซึ่ง computer จะเข้าไปเป็นบทบาทมาก

## 2.12 ประเภทตัวแทนจำลอง

ตัวแทนจำลองอาจแบ่งออกเป็นสองประเภทตามลักษณะการเคลื่อนไปของเวลาการจำลอง

### 1. การเคลื่อนไปตามเวลา

การเคลื่อนไปของเวลาการจำลองในแต่ละครั้งเป็นหน่วยเวลาที่เท่าๆกัน ซึ่งเรียกว่าตัวแทนจำลองประเภทเคลื่อนที่ไปเป็นหน่วยเวลา (unit-time advance) คือเอาเวลาการจำลองทั้งหมดมาแบ่งออกเป็น  $N$  หน่วย เวลาเล็ก ๆ ที่เท่ากัน,  $\Delta t$  การจำลองจะบันทึกสถานะของระบบ ณ จุดเวลา  $n\Delta t$ ,  $n = 0, 1, 2, \dots, N$  สำหรับบางส่วนย่อยส่งหายไปแน่ เช่นในระบบรอคอยการจำลองประเภทนี้ มีอาจทราบเวลาที่แน่นอนที่ผู้รับบริการเข้าสู่ระบบและเวลาที่แน่นอนที่ผู้รับบริการออกจากระบบ เพราะเหตุการณ์เหล่านี้มีอาจเกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลาการบันทึกก็ได้ ความคลาดเคลื่อนจึงมีอยู่เสมอ โดยเฉพาะเมื่อ  $\Delta t$  มีค่าโตเกินไป แต่ถ้ากำหนด  $\Delta t$  เล็กเกินไป อาจพบว่าสถานะของระบบ ณ จุดเวลา  $nt$  และ  $(n+1)t$  ในที่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆเลย กล่าวคือ ในที่เหตุการณ์เกิดขึ้นเลยระหว่างเวลา  $nt$  ถึง  $(n+1)t$  จึงเป็นการสิ้นเปลืองโดยไม่ได้ประโยชน์ตั้งแต่ประการใด ดังนั้น การกำหนดขนาด  $\Delta t$  จึงมีความสำคัญ

### 2. การเคลื่อนไปตามเหตุการณ์

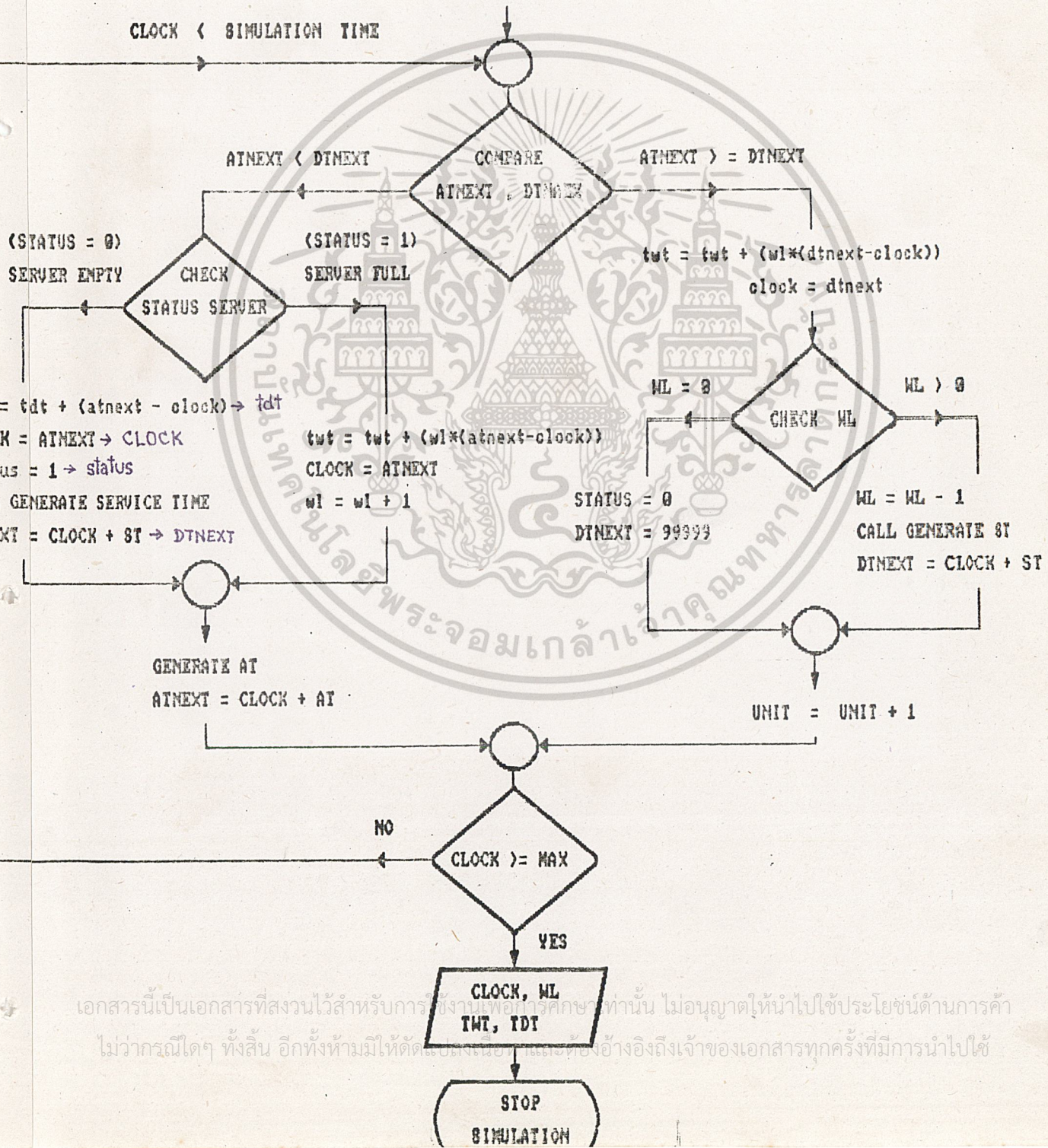
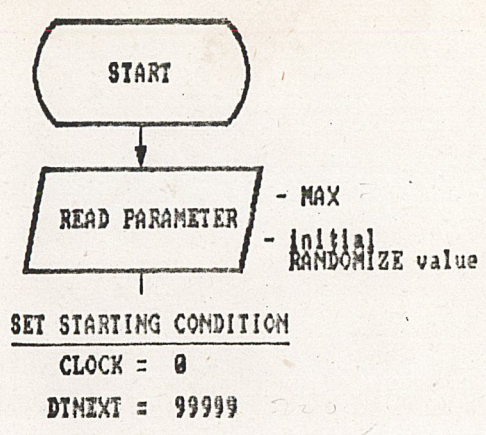
ตัวแทนจำลองประเภทนี้เรียกว่าตัวแทนจำลองประเภทเคลื่อนไปแบบเหตุการณ์ต่อเหตุการณ์ (event-to-event advance) ช่วงเวลาการจำลองจึงเคลื่อนไปแต่ละครั้งไม่จำเป็นจะต้องเท่ากันและจะเท่ากับช่วงเวลาระหว่างเหตุการณ์ 2 เหตุการณ์ ดังนั้นการจำลองจึงบันทึกการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดของสถานะของระบบ รวมทั้งเวลาที่แน่นอนระหว่างเหตุการณ์ด้วย เช่นในระบบรอคอยอย่างง่าย ๆ สถานะของระบบอาจเป็นจำนวนผู้รับบริการที่อยู่ในระบบก็ได้ เหตุการณ์ซึ่งจะเปลี่ยนสถานะเป็นระบบในกรณีนี้จะมี 2 อย่างคือ

#### 1) มีผู้รับบริการเข้าสู่ระบบ (Arrival)

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของสำนักพิมพ์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**EVENT-TO-EVENT TIME ADVANCE SIMPLE QUEUING MODEL**

- AT = ARRIVAL TIME
- ST = SERVICE TIME
- WL = WAITING LENGTH
- TWT = TOTAL WAITING TIME
- TDI = TOTAL IDLE TIME
- CLOCK = TIME OF EVENT
- MAX = TOTAL SIMULATION TIME



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2) มีผู้รับบริการออกจากระบบ

การบันทึกสภาวะของระบบจะกระทำทุกครั้งที่มีเหตุการณ์หนึ่ง ในสอง เหตุการณ์ที่กล่าวมาแล้วเกิดขึ้น ดังนั้น จะเห็นว่าในตัวแบบจำลองประเภทนี้จะไม่มี การบันทึกสภาวะของระบบหาก ไม่มีเหตุการณ์เกิดขึ้น ซึ่งเป็นข้อแตกต่างที่สำคัญระหว่างตัวแบบจำลองทั้ง 2 ประเภทนี้ โดยลักษณะของตัวแบบจำลองตามที่ได้อธิบายมาแล้ว จึงสรุปได้ว่า ผู้วิเคราะห์ควรจะใช้ตัวแบบจำลองประเภทเคลื่อนไปแบบเหตุการณ์ต่อเหตุการณ์ มากกว่าตัวแบบจำลองประเภทเคลื่อนไปตามหน่วยเวลา แต่หาเสียค่าใช้จ่ายที่ตัวแบบจำลองประเภทเคลื่อนไปแบบเหตุการณ์ต่อเหตุการณ์นี้อาจใช้ได้เสมอไปแต่ ตัวแบบจำลองประเภทเคลื่อนไปเป็นหน่วยเวลาสามารถใช้ได้ทุกโอกาส เช่น ในกรณีที่ระบบเป็นประเภทต่อเนื่องซึ่งสภาวะของระบบมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จึงมีอาจใช้ตัวแบบจำลองประเภทเหตุการณ์ต่อเหตุการณ์ได้ แต่อาจใช้ตัวแบบจำลองประเภทเคลื่อนไปเป็นหน่วยเวลาได้

### 2.13 ประเภทของแบบจำลองในการจำลองแบบปัญหา

ประเภทของแบบจำลองในการจำลองแบบปัญหา (Classification of Simulation Models) นอกจากจะสามารถจำแนกได้ตามประเภทของระบบงานที่มันเป็นเป็น ตัวหนอยอยู่แล้ว ยังมีลักษณะพิเศษเฉพาะตัวของแบบจำลองซึ่งทำให้มันสามารถจำแนกประเภท ออกไปตาม คุณสมบัติพิเศษดังนี้

#### 1. แบบจำลองทางกายภาพ (Physical or Iconic Models)

เป็นแบบจำลองที่มีรูปร่างหน้าตาเหมือนระบบงานจริง อาจมีขนาดเท่ากับของจริงหรือมีขนาดเล็กหรือใหญ่กว่า (Scaled Models) อาจเป็นแบบจำลองของระบบงานจริงในมิติใดมิติหนึ่ง (Dimension) หรือทั้งสามมิติ ตัวอย่างของแบบจำลองประเภทนี้ได้แก่ เครื่องยนต์ต้นแบบ (Prototype) ซึ่งสร้างขึ้นเพื่อทดสอบสมรรถนะก่อนการผลิตจริง แบบจำลองของส่วนควบคุมการบินของเครื่องบิน เครื่องบินขนาดจำลองในอุโมงลม ฯลฯ

#### 2. แบบจำลองอะนาล็อก (Analog Models)

เป็นแบบจำลองที่มีพฤติกรรมเหมือนระบบงานจริง ตัวอย่างของแบบจำลองประเภทนี้ได้แก่ อะนาล็อกคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมการผลิตในอุตสาหกรรม ซึ่งใช้การอิเล็กทรอนิกส์เป็นเอกสารที่ส่งผ่านไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าซึ่งแสดงบนแผงควบคุมบอกให้รู้ถึงการเคลื่อนที่ของวัตถุในระบบงานจริง การใช้กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆที่วัดค่าได้ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการผลิตกับจำนวนสินค้าที่ผลิต ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้ขนาดความยาวของเส้นกราฟแสดงค่าของเงินหรือจำนวนสินค้า ฯลฯ

### 3. เกมการบริหาร (Management Games)

เป็นแบบจำลองการตัดสินใจ (Decision Models) ในกิจการต่างๆ เช่น ธุรกิจ สังคราม การลงทุน ฯลฯ เป็นแบบจำลองที่ใช้แสดงผลจากการตัดสินใจแบบต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการตัดสินใจ

### 4. แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Models)

เป็นแบบจำลองที่อยู่ในรูปของคอมพิวเตอร์โปรแกรม ซึ่งก่อนที่จะมาเป็นคอมพิวเตอร์โปรแกรม แบบจำลองอาจอยู่ในรูปของแบบจำลองประเภทหนึ่งประเภทใดที่กล่าวนามาแล้ว

### 5. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models)

เป็นแบบจำลองที่ใช้สัญลักษณ์และฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์แทนองค์ประกอบในระบบงานจริง เช่น  $X$  แทนค่าใช้จ่ายในการผลิต  $Y$  แทนจำนวนสินค้าที่ผลิต

ในระบบงานจริงที่มีความยุ่งยากซับซ้อน แบบจำลองของระบบงานอาจใช้แบบจำลองหลายประเภทรวมกันดังที่กล่าวมาข้างต้น

## 2.14 การทดสอบความเชื่อถือได้ของแบบปัญหา

การทดสอบความเชื่อถือได้ของการใช้การจำลองแบบปัญหาก็คือ ความนี้เหตุผลที่จะเชื่อว่ารูปแบบปัญหาถูกต้อง (VALIDATION) ไม่ว่าจะด้านทฤษฎีหรือปฏิบัติเราไม่มีทางที่จะทราบได้ว่ารูปแบบที่สร้างขึ้นนั้น เป็นรูปแบบที่ใช้แทนระบบงานจริงได้ ดังนั้นการทดสอบความนี้เหตุผลก็คือการทดสอบว่าผลลัพธ์นั้นถูกต้องหรือไม่ วิธีที่ใช้ในการทดสอบอาจจำแนกได้หลายชนิดดังนี้

1. การทดสอบภายใน (internal validation) คือการทดสอบโดยใช้วิธีทำการทดสอบรูปแบบปัญหาซ้ำหลายๆ ครั้งภายใต้เงื่อนไขอันเดียวกัน คือ ใช้ข้อมูลที่ใส่ให้รูปแบบปัญหาเหมือนกันทุกครั้ง แล้วใช้ค่าความเบี่ยงเบน (variance) ระหว่างการเอกสารเป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกหนึ่งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองเหล่านี้เป็นเครื่องวัดความเชื่อถือได้ของรูปแบบปัญหา เพราะโดยแท้จริงแล้ว ค่าความเบี่ยงเบนนี้ไม่ควรจะเกิดขึ้น ดังนั้นถ้าค่าความเบี่ยงเบนสูงแล้วรูปแบบนั้นก็ไม่น่าจะเป็นรูปแบบปัญหาที่ถูกต้อง

2. การทดสอบเฉพาะหน้า (face validation) คือการทดสอบโดยอาศัย วิจารณ์ของผู้ออกแบบและสร้างรูปแบบปัญหาว่า รูปแบบปัญหาที่ได้นั้นน่าจะเป็นรูปแบบที่ถูกต้องหรือไม่ หรือทดสอบโดยขอความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในระบบงานจริง

3. การทดสอบตัวแปรและพารามิเตอร์ (variable\_parameter validation) เป็นการทดสอบตัวแปรและพารามิเตอร์ของรูปแบบปัญหาโดยเทียบกับค่าของระบบงานจริงซึ่งกระทำได้โดยการทดสอบความไว (sensitivity testing) เมื่อเปลี่ยนค่าตัวแปร หรือพารามิเตอร์ไปจะได้ผลลัพธ์จากรูปแบบปัญหาเหมือนหรือต่างกับผลลัพธ์จากระบบงานจริงที่ใช้ค่าตัวแปรหรือพารามิเตอร์ตัวเดียวกันอย่างไร ถ้าต่างกันภายในช่วงที่ยอมรับได้รูปแบบนั้นก็น่าจะเป็นรูปแบบปัญหาที่ถูกต้อง

4. การทดสอบเหตุการณ์ (event validation) คือการทดสอบผลลัพธ์ที่ได้จากรูปแบบปัญหากับผลลัพธ์ที่ได้จากเหตุการณ์จริง? (ในอดีตหรือที่กำลังจะเกิด) ถ้าได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับความจริงภายในช่วงที่ยอมรับได้ รูปแบบปัญหานั้นก็น่าจะเป็นรูปแบบที่ถูกต้อง

5. การทดสอบสมมติฐาน (hypothesis validation) คือการทดสอบว่า ความสัมพันธ์ของส่วนประกอบ (components) ตัวแปรและพารามิเตอร์ภายในรูปแบบปัญหา เป็นแบบเดียวกับความสัมพันธ์ในระบบงานจริงหรือไม่ ถ้าใช้รูปแบบปัญหานั้นก็น่าจะเป็นรูปแบบปัญหาที่ถูกต้อง

## 2.15 ผลดีและผลเสียอันอาจเกิดขึ้นจากการใช้การจำลองแบบปัญหา

(Advantage and disadvantages of simulation)

เนื่องจากรูปแบบปัญหาของการจำลองแบบปัญหาโดยแท้จริงนั้นเปรียบเสมือน เครื่องมือที่สามารถบอกเราถึงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับพฤติกรรมของระบบงาน ซึ่งจากข้อมูลที่ได้นี้เราจะสามารถนำไปวิเคราะห์หาผลลัพธ์ต่างๆ ตามที่ต้องการได้ ดังนั้นการจำลองแบบปัญหาจึงเพียงเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์ และวิจัยการดำเนินงานของระบบงานเท่านั้น จุดประสงค์อย่างหนึ่งของการใช้การจำลองแบบปัญหานั้นก็เพื่อที่เราจะสามารถทำการทดลองกับรูปแบบปัญหาซึ่งถูกออกแบบสร้างเลียนแบบระบบงานจริง เพื่อศึกษากิจกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูช่างานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่าง ๆ ของระบบงานจริง จากจุดประสงค์ดังกล่าวก็จะได้เห็นได้ว่า การนำเอาการจำลองแบบ ปัญหาเข้าไปใช้ประการหนึ่งนั้นเกิดขึ้น เนื่องจากอุปสรรคในการทำการทดลองโดยตรงกับ ระบบงานจริง อุปสรรคดังกล่าวอาจสรุปได้ดังนี้

1. การทดลองกับระบบงานจริงนั้นอาจก่อให้เกิดความขัดข้องในการดำเนินงานของหน่วยงาน ( บริษัท , โรงงาน , ฯลฯ )
2. การทดลองซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับความสามารถในการทำงานของคน เมื่อทำการทดลองกับระบบงานจริงนั้น อาจก่อให้เกิดความผิดพลาดเนื่องมาจากคนทำงานภายใต้การตรวจวัดความสามารถนั้นไม่ได้ทำงานด้วยความสามารถจริงที่ตนเคยทำอยู่ หรือจะทำต่อไปเพราะทราบว่าตนกำลังถูกทดสอบความสามารถทำไม่ได้ขอมูลตลาดเคลื่อน
3. การทดลองกับระบบงานจริงนั้นเป็นการยากที่จะควบคุมสภาวะแวดล้อมทุกอย่างของการทำงานในหนึ่งที, สนิ่เสนอ ซึ่งนี้ผลทำให้การวิเคราะห์ขอมูลไม่ได้ประสิทธิภาพตามที่ต้องการ เนื่องมาจากความผันแปรของสภาวะแวดล้อมทำในขอมูลที่ควรจะต้องมาจากกลุ่มประชากร ( population ) เดียวกัน ในการวิเคราะห์นั้นโดยจริงแล้วไม่ได้มาจากกลุ่มเดียวกัน เพราะได้มาจากการทดลองภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ต่างกัน
4. การทดลองกับระบบงานจริงนั้น อาจต้องใช้เวลานานและค่าใช้จ่ายจำนวนมาก ในการทำการทดลองและวิเคราะห์
5. การทดลองเพื่อเปรียบเทียบหาวิธีดำเนินงานที่ดีที่สุดนั้น เมื่อทำการทดลองกับระบบงานจริง โดยการนำเอาวิธีทวิวิธีที่เป็นไปได้มาทดลองใช้กับระบบงานจริงเพื่อหาขอมูลอาจเป็นไปได้

## 2.16 ทฤษฎีแถวคอย (Queueing Theory)

แถวคอยเป็นสภาวะที่เกิดขึ้นเนื่องจากการรอคอยเพื่อรับบริการ แถวคอยจึงประกอบด้วยหน่วยที่รอรับบริการและส่วนให้บริการ สภาวะการที่รอคอยที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปเรานั้นจะพิจารณาว่าเกิดจากความตองการรับบริการมีอัตราสูงกว่าความสามารถในการให้บริการ หรืออัตราการเข้ารับบริการสูงกว่าอัตราให้บริการ ความจริงแล้วสภาวะการเกิดแถวคอยมีสาเหตุมาจากความไม่แน่นอนของการเข้ารับบริการและการให้บริการ เช่น การเข้ารับบริการนั้นหน่วยแต่ละหน่วยที่เข้ารับบริการจะเข้ามาขอรับบริการในช่วงเวลาต่างกัน และ เวลาที่ใช้ในการให้บริการก็ไม่เท่ากันสำหรับหน่วยขอรับบริการหนึ่งๆ การเกิดแถวคอยจึงมีขึ้นได้โดยที่หน่วยรอรับบริการรอคอยในจำนวนไม่เท่ากันตามสภาวะหรือในเวลาต่างๆกัน ซึ่งนี้ทั้งการเข้ารับบริการและการให้บริการ

โดยทั่วไปแล้วปัญหาแถวคอยจะประกอบด้วยส่วนที่เข้ารับบริการ ซึ่งอัตราการเข้าสู่ระบบแถวคอย (arrival rate) จะมีรูปฟังก์ชันการแจกแจงในรูปแบบ poisson เป็นส่วนใหญ่นและมีส่วนที่ให้บริการในรูปแบบการแจกแจงลักษณะ exponential หน่วยเข้ารับบริการเมื่อเข้าสู่ระบบแถวคอยจะเข้ารอรับบริการในลักษณะต่างๆกัน เช่น อาจจะเข้ารับบริการก่อนหลังของการเข้ามาในระบบแถวคอย หรืออื่น ๆ ดังนั้น เวลาทั้งหมดแต่ละหน่วยรอรับบริการจะต้องเสียเวลาเพื่อรับบริการ (เวลาที่รอร่วมกับเวลาที่ให้บริการ) อาจจะเท่ากันทุกหน่วยหรือไม่ก็ได้แล้วแต่กฎการรับบริการที่ส่วนให้บริการกำหนดไว้

ทฤษฎีแถวคอย เป็นทฤษฎีที่พัฒนาด้วยรูปแบบปัญหาทางคณิตศาสตร์ใช้แทนปัญหาทางแถวคอย เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สภาวะของแถวคอย โดยการกำหนดศึกษาลักษณะรูปแบบทางทฤษฎีความเป็นไปได้ของหน่วยเข้ารับบริการ และการให้บริการแล้วหาผลลัพธ์เป็นค่าต่างๆ แสดงสภาวะของแถวคอย ผลลัพธ์ดังกล่าวจะช่วยในการตัดสินใจดำเนินการให้บริการที่ดีขึ้นและเหมาะสม

เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเกิดแถวคอยเป็นจุดหมายหลักในการดำเนินงาน หอจะสรุปค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการดำเนินงานดังนี้

1) ค่าใช้จ่ายเนื่องจากความเสียหายเป็นค่าเสียเวลารอคอยในแถวคอย ที่เกิดจากคว้มนบกพร่องทางการให้บริการานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ค่าใช้จ่ายเพื่อการปรับปรุงให้มีการบริการที่มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น เมื่อนำผลของค่าใช้จ่ายทั้งสองมาคิดรวมกันจะเกิดค่าใช้จ่ายรวมเป็นโค้งซึ่ง จะแสดงส่วนที่เสียค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดตรงกับจุดแสดงระดับบริการที่เหมาะสม

ทฤษฎีแถวคอย จะช่วยให้สามารถกำหนดระดับการให้บริการที่เหมาะสมนี้ได้ เมื่อเราสามารถวิเคราะห์เปรียบเทียบเวลาที่แต่ละหน่วยรอรับบริการในแถวคอยต่องรอคอย เมื่อนี้หน่วยให้บริการหรืออัตราการให้บริการที่ต่าง ๆ กัน

นอกจากนี้จากผลการวิเคราะห์ตามทฤษฎีแถวคอย จะช่วยให้สามารถกำหนดนโยบายการให้บริการที่เหมาะสมแล้ว ยังสามารถนำไปศึกษาปัญหาต่าง ๆ ที่มีลักษณะรูปแบบของปัญหาลายกันเพื่อประโยชน์

## 2.17 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

ทฤษฎีแถวคอยไม่ใช่เทคนิคเพื่อการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดแต่เป็นวิธีการที่ใช้การวิเคราะห์ระบบของปัญหาเพื่อให้ได้ความรู้ความเข้าใจสภาพของปัญหา

2.17.1 กำหนดตัวแปรต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์ในปัญหาหรือระบบที่จะศึกษา เช่น อัตราการเข้ารับบริการและอัตราการให้บริการ

2.17.2 เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องเป็นตัวแปรต่าง ๆ แล้วกำหนดรูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability Distribution) ของตัวแปร ทำการทดสอบรูปแบบนั้นด้วยวิธีการทางสถิติ เช่น เมื่อกำหนดข้อมูลของการเข้ารับบริการเป็นการแจกแจง poisson แล้วทดสอบสมมติฐานที่ตั้งขึ้นด้วย ไคสแควร์ เทส

2.17.3 ใช้ผลที่ได้จากขั้นที่ตอนที่สองมาจัดรูปแบบตามระบบปัญหา คือ ปรับความสัมพันธ์ระหว่างการเข้ารับบริการและการให้บริการ แล้ววิเคราะห์ระบบของปัญหาเพื่อหาสภาวะของปัญหาที่เกิดขึ้น

2.17.4 ผลจากการวิเคราะห์จะนำมาใช้ปรับปรุงการดำเนินงานของระบบให้ดีขึ้นโดยโคคาต่าง ๆ ของตัวแปร เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ

## 2.18 ระบบแถวคอย (Queueing System)

### 1) หน่วยที่เข้ารับบริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2) หน่วยให้บริการ

## 3) แกวคอย

หน่วยเข้าสู่ระบบ (input) คือ หน่วยเข้ารับบริการ และหน่วยออกจากระบบ (output) คือหน่วยที่ได้รับบริการแล้ว ระบบแกวคอย (queueing system) เป็นสภาวะของแกวคอยในขณะใด ๆ ซึ่งสามารถแยกลักษณะของปัญหาในระบบแกวคอยได้ 6 ลักษณะดังนี้

- (1) ลักษณะรูปแบบการเข้ารับบริการ (Arrival Pattern)
- (2) ลักษณะรูปแบบการบริการ (Departure Pattern)
- (3) ลักษณะการจัดหน่วยให้บริการ (Service Pattern)
- (4) ลักษณะการจัดหน่วยที่เข้ารับบริการ (Service Discipline)
- (5) ลักษณะขีดความสามารถของระบบแกวคอย (Queueing System Capacity)
- (6) ลักษณะแหล่งของหน่วยเข้ารับบริการ (Calling Source)

ลักษณะของปัญหาในระบบแกวคอยดังกล่าวจะสามารถอธิบายปัญหาแกวคอยได้สั้นๆ หรือน่าสนใจรายละเอียดต่อไปนี้

- (1) ลักษณะรูปแบบการเข้ารับบริการ (Arrival Pattern)

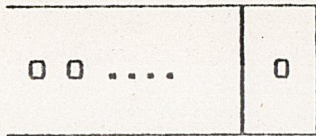
หน่วยเข้ารับบริการจะเข้าสู่ระบบแกวคอยตามรูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นทางทฤษฎีใดต่าง ๆ กัน การหารูปแบบดังกล่าวมีได้ 2 วิธี คือหาอัตราการเข้ารับบริการ (arrival rate) ซึ่งจะมีหน่วยเป็นจำนวนที่เข้ารับบริการต่อหน่วยเวลา และอีกวิธีที่นิยมกันก็คือ หาการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาช่วงระหว่างหน่วยต่อเนื่องที่เข้ามาในระบบแกวคอย (Interarrival Time) แล้วหาอัตราการเข้าสู่ระบบช่วงเวลาหน่วยเข้าต่อหน่วยเข้า อาจเป็นเวลาเท่า ๆ กัน เป็นช่วงที่แน่นอนหรือช่วงเวลาเชิงสุ่ม (Random) บางครั้งช่วงเวลาดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับ สภาวะเชิงแปรตามแกวคอย (State Dependent of system) เช่น ถ้าแกวคอยมีหน่วยรอรับบริการอยู่น้อยอัตราการเข้ามาสู่ระบบจะสูง ในทางตรงข้ามถ้ามีหน่วยรอคอยอยู่มากอัตราจะลดลง

- (2) ลักษณะรูปแบบการบริการ (Departure Pattern)

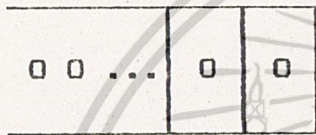
อัตราการให้บริการหาได้โดยวิธีจัดเวลาที่ใช้สำหรับการให้บริการตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จ (Service Time) เวลาในการให้บริการดังกล่าวจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณงานที่ต้องทำและความชำนาญของหน่วยให้บริการ โดยทั่วไปถ้าเป็นหน่วยให้บริการ เป็นบุคคลหรือเกี่ยวข้องกับบุคคลจะใช้เวลาบริการไม่แน่นอน ซึ่งอาจหารูปแบบการแจกแจง ความน่าจะเป็นที่เป็นไปได้ในแบบใดแบบหนึ่ง เช่น การแจกแจงแบบ Exponential

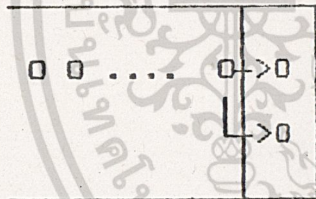
(3) ลักษณะการจัดหน่วยให้บริการ (Service Pattern)



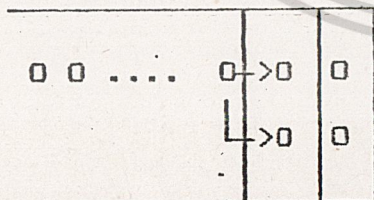
รูปที่ ก ระบบแถวคอยนี้หน่วยบริการ



รูปที่ ข ระบบแถวคอยนี้หน่วยบริการหลายหน่วยแบบอนุกรม



รูปที่ ค ระบบแถวคอยนี้หน่วยบริการหลายหน่วยแบบขนาน



รูปที่ ง ระบบแถวคอยนี้หน่วยบริการหลายหน่วยแบบขนานและอนุกรม

หน่วยให้บริการอาจเป็นเพียงหน่วยเดียว หรือหลาย ๆ หน่วยในกรณีที่เป็นหลายหน่วยจะสามารถจัดให้เป็นแบบอนุกรมหรือขนานก็ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการให้บริการและ การไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกา้นำไปใช้

ออกแบบการให้บริการ เช่น การตัดผมที่มีช่างหลายคน และทุกคนต้องทำการตัดผม สระผม และอื่น ๆ จนเสร็จ ซึ่งจะมีลักษณะแบบขนาน

### 2.19 ลักษณะการจัดเข้ารับบริการ (Service Discipline)

การนำหน่วยที่รอคอยในระบบแถวคอยเข้ารับบริการ จะจัดโดยใช้หลักให้บริการตามลำดับก่อนหลัง (First Come First Serve) หรือ จัดแบบเข้าก่อนบริการทีหลัง (last Come first Serve) เช่นการเข้าออก ลิฟต์ หรือบางครั้งก็จัดโดยไม่มีหลักเกณฑ์ใด ๆ (Random)

### 2.20 ลักษณะขีดความสามารถของระบบแถวคอย (Queueing System Capacity)

แถวคอยมีขีดความสามารถเหมือนกัน เช่น แถวคอยของเครื่องจักรในโรงงาน ซึ่งมีเนื้อที่จำกัด หน่วยเข้ารับบริการจะรออนานแค่ไหน หรือในกรณีแถวคอยที่ไม่จำกัดก็พบเห็นได้ยาก เช่น แถวคอยของจดหมาย

### 2.21 ลักษณะแหล่งของหน่วยเข้ารับบริการ (Calling Source)

ส่วนที่จะเข้ารับบริการนี้ประกอบด้วยแหล่งของผู้เข้ารับบริการ (Input Source) ซึ่งอาจจะนับหน่วยที่จะขอเข้ารับบริการอยู่ในจำกัดจำนวน เช่น มอเตอร์ไซด์ที่จะกีดกันอยู่อย่างจำกัด

### 2.22 การวิเคราะห์ปัญหา

ระบบการคอยประกอบด้วยส่วนในข้อย่างน้อย 3 ส่วนด้วยกันคือ

- 1) ส่วนที่จะเข้ารับบริการ
- 2) ส่วนที่ออกจากระบบแถวคอย
- 3) สภาวะของแถวคอย

สัญลักษณ์ตัวแปรที่ใช้

$\lambda$  = อัตราการเข้ารอรับบริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับคนไข้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

(จำนวนหน่วยที่ได้รับบริการ/เวลา)

ไม่วารณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- $\mu$  = อัตราการให้บริการ  
(จำนวนหน่วยที่ได้รับบริการ/เวลา)
- $L$  = ความยาวของแถวคอยรับบริการในระบบ  
(จำนวนหน่วย)
- $Lq$  = ความยาวของแถวคอยรับบริการไม่รวมหน่วยที่กำลังรับบริการ  
(จำนวนหน่วย)
- $w$  = เวลาที่หน่วยรับบริการอยู่ในระบบ  
(เวลา/หน่วยในระบบ)
- $wq$  = เวลาเฉลี่ยที่หน่วยรับบริการอยู่ในแถวคอยจนกว่าจะได้รับบริการ  
(เวลา/หน่วยในระบบ)
- $P_n$  = ความเป็นไปได้ของระบบที่จะมี  $n$  หน่วยในระบบแถวคอย
- $Z(T)$  = จำนวนหน่วยที่เข้าระบบระหว่างเวลา 0 ถึง  $T$   
= อัตราการเข้าสู่ระบบ =  $Z(T)/T$
- $A(T)$  = เวลาทั้งหมดที่  $Z(T)$  ใช้รออยู่ในระบบ =  $\sum z_i t_i$
- $L(T)$  = จำนวนเฉลี่ยของแถวคอย =  $A(T)/T$
- $w(T)$  = เวลาเฉลี่ยในระบบต่อหน่วย =  $A(T)/Z(T)$
- $L(T)T = w(T)Z(T)$
- $L(T) = w(T)Z(T)/T = w(T)\lambda(T)$
- $L = \lambda w$
- $Lq = \lambda wq$

ในกรณีนี้หนึ่งหน่วยบริการให้บริการเป็น

$$w = wq + 1/\mu$$

$1/\mu$  คือ เวลาสำหรับการให้บริการหน่วยที่กำลังรับบริการอยู่

$$L = \lambda w$$

$$= \lambda wq + \lambda / \mu$$

$$= Lq + \lambda / \mu$$

ถ้า  $\lambda > \mu$  จะเกิดแถวคอยเพิ่มขึ้นอย่างไม่จำกัดด้วยเหตุผลที่ว่า Demand  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงกว่า Supply การแก้ปัญหาแถวคอยคือพยายามเพิ่มอัตราให้บริการจนกระทั่งแถวคอยลดลง ฉะนั้นถ้า  $\lambda < \mu$  ก็ไม่ว่าจะเกิดแถวคอยได้ แต่สภาพเป็นจริงแล้วจะยังเกิดแถวคอยอยู่ ทั้งนี้เพราะการเข้ารับบริการและการให้บริการมีความผันแปรตามรูปแบบการกระจายในทางทฤษฎีความเป็นไปได้ต่างๆ

เมื่ออยู่ในสภาวะคงตัว (Steady State)  $P_n(t)$  จะคงที่ซึ่งไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาคือ  $\lim_{t \rightarrow \infty} P_n(t) = p$  และ เมื่ออัตราการเข้ารับบริการคงที่จะได้  $\lambda_n = \lambda$  และ  $\mu_n = \mu$

ปัญหาแถวคอยที่มีอยู่ มีหลายรูปแบบ โดยสามารถแบ่งตามลักษณะของปัญหาแถวคอยได้ ยกตัวอย่างเช่น

- เมื่อแบ่งตามรูปแบบปัญหาจำนวนหน่วยที่ให้บริการจะได้
  - 1) ปัญหาแถวคอยสำหรับหนึ่งหน่วยให้บริการ (Single Server Model)
  - 2) ปัญหาแถวคอยสำหรับหลายหน่วยให้บริการ (Multiple Server Model)
- แบ่งตามขีดความสามารถของระบบแถวคอย และ ลักษณะของแหล่งเข้ารับบริการ
  - 1) รูปแบบปัญหาแถวคอยสำหรับระบบที่มีแถวคอยจำกัดที่ (finite Queueing Model)
  - 2) รูปแบบปัญหาแถวคอยสำหรับหน่วยเข้ารับบริการที่มีจำกัด (Limited Source Model)
- ปัญหาแถวคอยตามลักษณะรูปแบบการเข้ารับบริการและการให้บริการ
  - 1) รูปแบบการเข้ารับบริการและการให้บริการซึ่งเปลี่ยนแปลงตามสภาวะของแถวคอย (States Dependent Model)
  - ก) กรณีหน่วยเข้ารับบริการเท่านั้นที่เปลี่ยนแปลงตามสภาวะของแถวคอย (Arrival States Dependent)
  - ข) กรณีการให้บริการเท่านั้นที่เปลี่ยนแปลงตามสภาวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารของกองส่งเสริมการวิจัยและศึกษาระบบการขนส่งและจราจรของกรมการขนส่งทางบก

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค) กรณีหน่วยเข้ารับบริการและการให้บริการเปลี่ยนแปลงตามสภาวะของแถวคอย (Systems States Dependent )
- 2) รูปแบบการเข้ารับบริการและการให้บริการเฉพาะแบบ (Arrival/Departure Patterns Model)
- ก) รูปแบบการเข้ารับบริการและการให้บริการแบบใดๆ (Arbitrary Input Arbitrary Service Time )
- ข) รูปแบบการเข้ารับบริการเป็น Poisson และ ให้บริการแบบใดๆ (Poisson Input Arbitrary Service Time )
- ค) รูปแบบการเข้ารับบริการเป็น Poisson และ ให้บริการแบบ Exponential (Poisson Input, Exponential Service Time )
- ง) รูปแบบการเข้ารับบริการเป็น Poisson และ ให้บริการแบบเวลาดังที่ (Poisson Input, Constant Service Time )
- จ) รูปแบบการเข้ารับบริการเป็น Poisson และ ให้บริการแบบ Erlange (Poisson Input, Erlange Service Time )

เนื่องจากรูปแบบของปัญหาพิเศษนี้มีลักษณะเป็นแบบระบบแถวคอย หลายหน่วยบริการ ดังนั้นจะแสดงเฉพาะเรื่องแถวคอยที่มีหลายหน่วยบริการ

### 2.22.1 ปัญหาแถวคอยที่มีหลายหน่วยบริการ (Multiple Server Models)

สำหรับปัญหาแถวคอยที่มีหลายหน่วยบริการ (Multiple Server Model) แต่ละหน่วยสามารถให้บริการแบบเดียวกัน ซึ่งหน่วยรอรับบริการสามารถใช้บริการหน่วยใดหน่วยหนึ่งซึ่งว่างอยู่ โดยในรูปแบบที่จะกล่าวถึงนี้มีรูปแบบขนานกันซึ่งพอจะวิเคราะห์ได้ดังนี้

#### 2.22.1.1 รูปแบบการเข้ารับบริการที่มีการแจกแจง Poisson การให้บริการแบบ Exponential

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

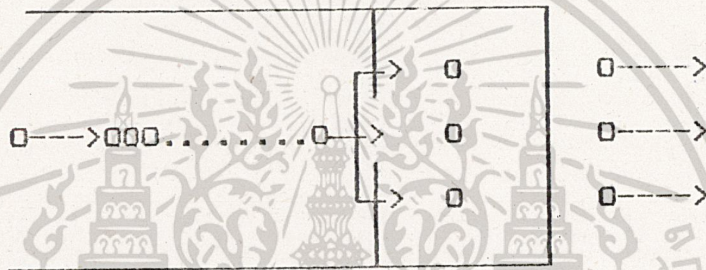
$$\lambda_n = \lambda$$

$$\mu_n = \begin{cases} n\mu & , 0 \leq n \leq s \\ s\mu & , n \geq s \end{cases}$$

$s$  = จำนวนหน่วยให้บริการซึ่งขนานกัน

$n = n$  เมื่อ  $n \leq s$

อัตราการให้บริการจะเท่ากับจำนวนหน่วยที่เข้าสู่การบริการโดยมีหน่วยบริการมากกว่า



รูปที่ 6 ระบบแถวคอยนี้หลายหน่วยให้บริการ

$n = s$  เมื่อ  $n \geq s$

ในกรณีที่ผู้เข้ารับบริการอยู่ในระบบมากกว่าจำนวนหน่วยให้บริการ อัตราสูงสุดจึงเท่ากับ  $s\mu$  ถ้า  $\lambda < s\mu$

ความน่าจะเป็นที่จะมีหน่วยรอรับบริการอยู่ในระบบแถวคอย  $n$  คน

$$P_n = \begin{cases} \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^n}{n!} P_0 & , 0 \leq n \leq s \\ \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^n}{s!s^{(n-s)}} P_0 & , n \geq s \end{cases}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนการสอน การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_n = \begin{cases} \frac{(\rho s)^n}{n!} P_0, & 0 \leq n \leq s \\ \frac{(\rho s)^n}{s! s^{n-s}} P_0 = \frac{s^s \rho^n}{s!} P_0, & n \geq s \end{cases}$$

$$\text{จาก } \sum_{n=0}^{\infty} P_n = 1$$

$$\text{ได้ } P_0 = 1 / \left[ \sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\rho s)^n}{n!} + \frac{(\rho s)^s}{s!(1-\rho)} \right]$$

$$L_q = \sum_{n=s}^{\infty} (n-s) P_n = \frac{\rho s}{s!} \frac{\rho}{(1-\rho)^2} P_0$$

เวลาที่หน่วยรับบริการใช้เวลาอยู่ในแถวคอย

$$W_q = L_q / \lambda$$

เวลาที่หน่วยรับบริการใช้เวลาอยู่ในระบบ

$$W = W_q + 1/\lambda$$

ความยาวของแถวคอยรวมหน่วยที่กำลังรับบริการทั้งระบบ

$$L = \lambda (W_q + 1/\lambda)$$

2.22.1.2 รูปแบบแถวคอยนี้หลายหน่วยบริการและนี้แถวคอยจำกัด

ในกรณีนี้แถวคอยจะมีแถวคอยที่มีขนาดจำกัดที่มีจำนวน

ได้ไม่เกิน  $M$  หน่วยเท่านั้น

$$\lambda_n = \begin{cases} \lambda & 0 \leq n < M \\ 0 & n \geq M \end{cases}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\mu_n = \begin{cases} n\mu & 0 \leq n \leq s \\ s\mu & n \geq s \end{cases}$$

ความน่าจะเป็นที่จะมีหน่วยรอรับบริการอยู่ในระบบแถวคอย n คน

$$P_n = \begin{cases} \frac{(\rho s)^n}{n!} P_0 & n \leq \text{Min}(s, M) \\ \frac{(\rho s)^n}{s! s^{(n-s)}} P_0 & s \leq n \leq M \\ 0 & n > M \end{cases}$$

ความน่าจะเป็นที่จะมีหน่วยรอรับบริการอยู่ในระบบแถวคอย

$$P_0 = 1 / \sum_{n=0}^{\text{Min}(s, M)} \left[ \frac{(\rho s)^n}{n!} + \frac{(\rho s)^s}{s!} + \sum_{n=s+1}^{M-s} (\rho)^{n-s} \right]$$

- ✓ ถ้า  $M \leq s$  จะพบว่า  $L_q = 0$  เพราะว่าทุกหน่วยในระบบกำลังรับบริการอยู่
- ✓ ถ้า  $M > s$  จาก

$$L_q = \sum_{n=s}^M (n-s) P_n = P_0 \frac{s}{s!(1-\rho)^2} \left[ 1 - \rho^{M-s} - (M-s)\rho^{M-s}(1-\rho) \right]$$

ความยาวของแถวคอยที่รวมหน่วยที่กำลังรับบริการทั้งระบบ

$$L = \sum_{n=0}^{s-1} n P_n + L_q + s \left( 1 - \sum_{n=0}^{s-1} P_n \right)$$

2.22.1.3 รูปแบบแถวคอยที่มีหลายหน่วยบริการและหน่วยขอรับบริการ

$$\lambda_n = \begin{cases} (M-n)\lambda & n < M \\ 0 & n \geq M \end{cases}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\mu_n = \begin{cases} n\mu & 0 \leq n \leq s \\ s\mu & n > s \end{cases}$$

ความน่าจะเป็นที่จะมีหน่วยรอรับบริการอยู่ในระบบแถวคอย  $n$  คน

$$P_n = \begin{cases} \frac{M!}{(M-n)!n!} (\rho s)^n P_0 & 0 \leq n \leq s \\ \frac{M!}{(M-n)!s!s^{n-s}} (\rho s)^n P_0 & s < n \leq M \\ 0 & n > M \end{cases}$$

ความน่าจะเป็นที่จะไม่มีหน่วยรอรับบริการอยู่ในระบบแถวคอย

$$P_0 = 1 / \left[ \sum_{n=0}^{s-1} \frac{M!}{(M-n)!n!} (\rho s)^n + \sum_{n=s}^M \frac{M!}{(M-n)!s!s^{n-s}} (\rho s)^n \right]$$

ความยาวของแถวคอยเฉพาะในแถวคอย

$$L_q = \sum_{n=s}^M (n-s) P_n$$

ความยาวของแถวคอยที่รวมหน่วยที่กำลังรับบริการทั้งระบบ

$$L = n P_n + L_q + s(1 - P_n)$$

ปัญหาแถวคอยในรูปแบบต่างๆสามารถนำมาวิเคราะห์สภาวะและหาข้อมูลต่างๆที่จะเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจ แก้ปัญหาเกี่ยวกับแถวคอยได้โดยแทนสูตรโดยตรงกับรูปแบบที่มีลักษณะเหมือนกัน แต่ในปัญหาพิเศษนี้หรือ ปัญหาแถวคอยที่พ้นทั่วไปนี้จะมีรูปแบบที่ไม่สามารถแทนด้วยรูปแบบของสูตรดังกล่าวได้ เนื่องจากเพราะปัญหามีความซับซ้อนมาก และ เป็นการยากที่จะหาหรือสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ขึ้นมาใหม่ แต่ก็วิธีที่จะสามารถแก้ปัญหาที่ยุ้งยากเหล่านี้ได้ นั่นก็คือการจำลองปัญหา (Simulation technique) ซึ่งใช้วิธีสร้างเลขสุ่มขึ้นมาทดสอบแบบจำลองปัญหานั้นกว่าจะได้ข้อมูลเป็นที่พอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

#### 3.1 การทำงานของเจ้าหน้าที่ประชาสัมพันธ์

เนื่องจากงานวิจัยนี้ เป็นการวิเคราะห์เฉพาะส่วนการทำงานของเจ้าหน้าที่ประชาสัมพันธ์ในส่วนงานที่เคาน์เตอร์ ทั้งนี้ เพราะเป็นจุดที่มีปัญหาและเสียเวลานานที่สุด

การเริ่มงานจะเริ่มงานเป็นกะ โดยในวันหนึ่งจะต้องทำงานวันละประมาณ 9 ชั่วโมง โดยที่บริเวณเคาน์เตอร์จะมีพนักงานประจำประมาณ 6 คน ส่วนคนที่เหลือก็จะปฏิบัติงานด้านอื่น ซึ่งพอจะแบ่งหน้าที่ สำคัญ ๆ ได้ 2 ประการ คือ

1. งานตามบริการประชาสัมพันธ์
2. งานตามรับโทรศัพท์

การให้บริการจะใช้หลักมาก่อนจะได้รับบริการก่อน ส่วนงานตามบริการประชาสัมพันธ์ กับ งานตามรับโทรศัพท์ และถือว่างานตามรับโทรศัพท์สำคัญกว่า ส่วนการที่เจ้าหน้าที่จะปฏิบัติงานใดนั้นขึ้นอยู่กับช่วงนั้นว่างหรือไม่ แต่บางที่เจ้าหน้าที่ประชาสัมพันธ์ก็ทำงานทั้ง 2 ด้านเกือบ พร้อม ๆ กัน ในช่วงเวลานั้นในนี้เจ้าหน้าที่คนใดว่าง

#### 3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เนื่องจาก การทำงานของเจ้าหน้าที่ประชาสัมพันธ์ไม่เคยมีการ เก็บข้อมูลทางสถิติมาก่อน ผู้วิจัยจึงต้องทำการเก็บข้อมูลเอง

การเก็บข้อมูลทำโดยวิธีจับเวลาในการปฏิบัติงานจริง ซึ่งได้รับความช่วยเหลือจากเจ้าหน้าที่ประชาสัมพันธ์ ข้อมูลที่เก็บมามี 2 ส่วน ได้แก่

1. งานตามบริการประชาสัมพันธ์ ประกอบด้วยข้อมูล 3 กลุ่ม คือ
  - เวลาที่เข้าโรงพยาบาล
  - เวลาที่เริ่มเข้ารับบริการ
  - เวลาออกจากระบบ
2. งานตามรับโทรศัพท์ ประกอบด้วยข้อมูล 3 กลุ่ม คือ
  - หมายเลขเครื่องโทรศัพท์
  - เวลาที่เริ่มรับโทรศัพท์
  - เวลาให้บริการเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

จากข้อมูลที่ได้ นำมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาการแจกแจงข้อมูลดังต่อไปนี้

#### 3.3.1 การเข้ารับบริการของผู้ที่มาติดต่อเจ้าหน้าที่ประชาสัมพันธ์

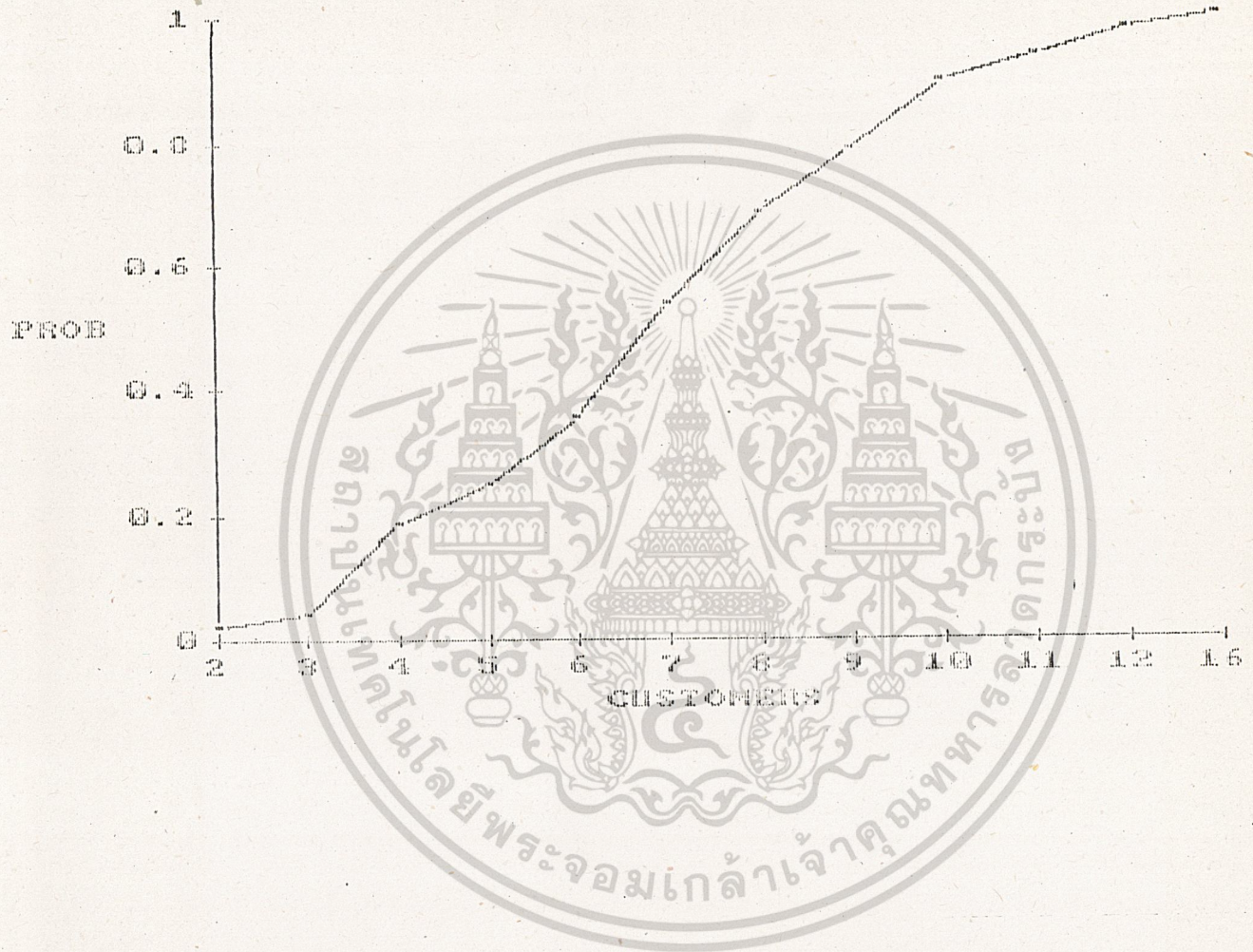
ทุกวันนี้จะมีผู้มาติดต่อที่หน่วยประชาสัมพันธ์เป็นจำนวนมากโดยเฉพาะในวันหยุดช่วงระยะเวลา 8.00 - 12.00 น. จะมีผู้มาติดต่อมากกว่าในวันธรรมดา การเก็บข้อมูลจึงได้มีการเก็บนับตั้งแต่เริ่มผู้เข้ามาติดต่อ โดยเก็บในรูปตารางการแจกแจงความถี่ของผู้ที่เข้ามาติดต่อ

ตารางที่ 3.1 อัตราการเข้ารับบริการในช่วงเวลา 8.00 - 12.00

ช่วงทุก 5 นาที	เวลาที่มีคนมาติดต่อ ทุกๆ 1 ชั่วโมง				
	8.00-9.00	9.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	
1	8	9	8	3	
2	9	11	7	10	
3	8	8	8	2	
4	7	7	10	5	
5	9	8	4	6	
6	10	4	7	9	
7	10	11	8	7	
8	12	4	12	6	
9	7	4	7	6	
10	7	6	16	5	
11	4	9	6	4	
12	10	5	4	7	
รวม	101	86	97	70	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ARRIVAL TIME OF CUSTOMER



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนคนที่เข้ารับบริการ

จำนวนคนรับบริการ (5 นาที)	ความถี่	ความถี่ สะสม	ความน่า จะเป็น	ความน่าจะเป็น สะสม
2	1	1	0.0208	0.0208
3	1	2	0.0208	0.0417
4	7	9	0.1458	0.1875
5	3	12	0.0625	0.25
6	5	17	0.1042	0.3542
7	9	26	0.1875	0.5417
8	7	33	0.1458	0.6875
9	5	38	0.1042	0.7917
10	5	43	0.1042	0.8959
11	2	45	0.0417	0.9375
12	2	47	0.0417	0.9792
16	1	48	0.0208	1.0

$$\text{ค่าเฉลี่ย} = 354/48 = 7.375 \text{ คน / 5 นาที}$$

$$\text{หรือ} = 0.677966 \text{ นาที / คน}$$

$$= 40.67796 \text{ วินาที / คน}$$

### 3.3.1.1 ทดสอบการแจกแจงอัตราเข้าของผู้นำติดต่อก

จากกราฟการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของจำนวนคนที่เข้ารับบริการ พบว่าควรจะมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Poisson จึงทำการทดสอบด้วย

วิธีทดสอบ chi-square มีสมมติฐานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนสำหรับบริการเชิงวิชาการเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$H_0$  : การแจกแจงของความน่าจะเป็นของอัตราผู้ที่มาติดต่อประชาสัมพันธ์  
มีการแจกแจงแบบ Poisson

$H_1$  : การแจกแจงของความน่าจะเป็นของอัตราผู้ที่มาติดต่อประชาสัมพันธ์  
ไม่มีการแจกแจงแบบ Poisson

ตารางที่ 3.3 แสดงการทดสอบการแจกแจงแบบ poisson ของอัตราการ  
เข้ามาของผู้ที่มาติดต่อประชาสัมพันธ์

จำนวน คน รับ บริการ	ก่อนปรับปรุง			หลังปรับปรุงค่า $E_i < 5$			
	$O_i$	prob	$E_i$	$O_i$	prob	$E_i$	$(E_i - O_i)^2 / E_i$
2	1	0.01704	0.8179				
3	1	0.04190	2.0112				
4	7	0.07725	3.708	9	0.13619	6.5371	0.9279
5	3			3	0.11395	5.4696	1.1151
6	5			5	0.14006	6.7229	0.4415
7	9			9	0.14756	7.0829	0.5189
8	7			7	0.13604	6.5299	0.0338
9	5			5	0.11147	5.3506	0.0230
10	5	0.08221	3.9461	10	0.17350	8.328	0.3357
11	2	0.05512	2.6458				
12	2	0.03388	1.6262				
16	1	0.00229	1.1099				
รวม	48						3.3959

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการคำนวณ

$$\text{chi-square} = 3.3959$$

จากตาราง

$$\text{chi-square df} = 7-1-1 = 5$$

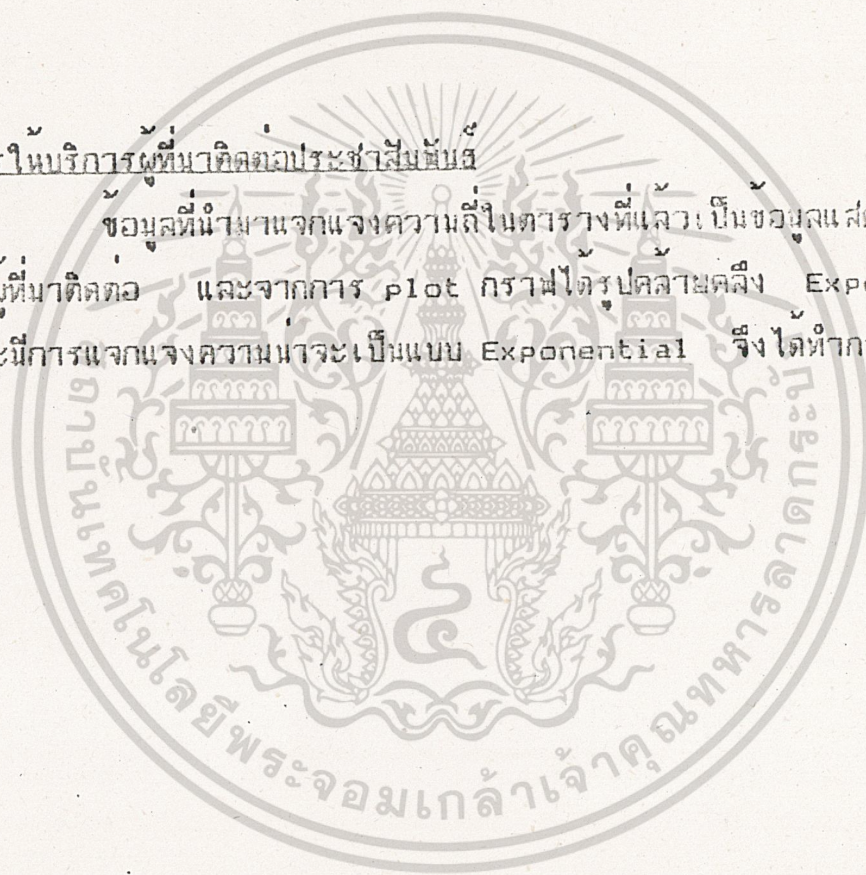
ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

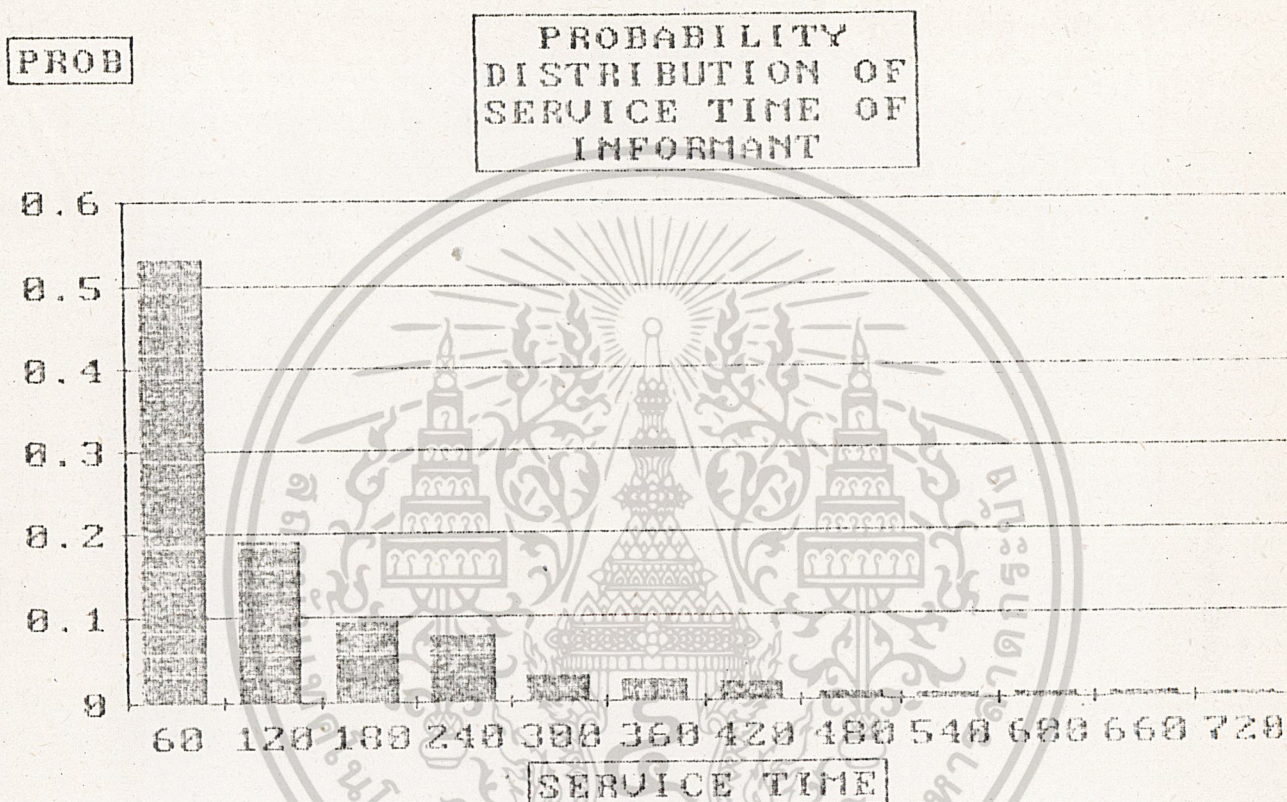
ได้เท่ากับ 11.07

จะเห็นว่า ค่า chi-square จากการคำนวณ น้อยกว่า chi-square จากตาราง  
ดังนั้น ยอมรับว่า อัตราการเข้ารับบริการมีการแจกแจงแบบ Poisson

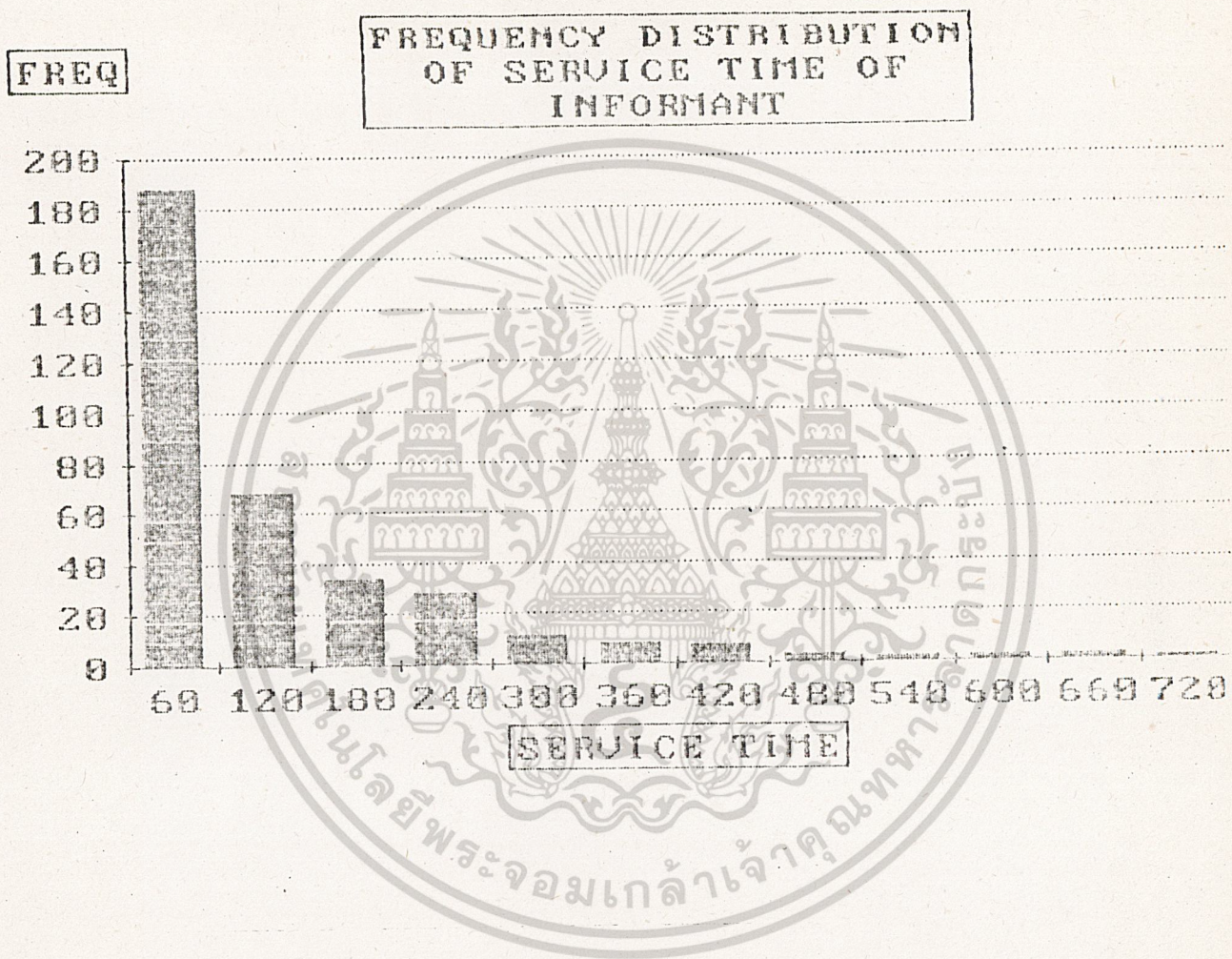
### 3.3.2 การให้บริการผู้ที่มาติดต่อประชาสัมพันธ์

ข้อมูลที่น่ามาแจกแจงความถี่ในตารางที่แนบ เป็นข้อมูลแสดงเวลาที่ใช้  
บริการของผู้ที่ติดต่อ และจากการ plot กราฟได้รูปคล้ายคลึง Exponential  
จึงคาดว่าจะมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Exponential จึงได้ทำการทดสอบ





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 แสดงการให้บริการผู้ที่มาติดต่อประชาสัมพันธ์

เวลาให้บริการ (วินาที)	ความถี่	ความถี่ สะสม	ค่า กลาง	Pi	ความน่าจะเป็น สะสม
31 - 90	188	188	60	0.5310	0.5310
91 - 150	68	256	120	0.1920	0.7231
151 - 210	34	290	180	0.0961	0.8192
211 - 270	28	318	240	0.0791	0.8983
271 - 330	11	329	300	0.0310	0.9293
331 - 390	8	337	360	0.0226	0.9519
391 - 450	7	344	420	0.0198	0.9717
451 - 510	3	347	480	0.0085	0.9802
511 - 570	2	349	540	0.0056	0.9858
571 - 630	2	351	600	0.0057	0.9915
631 - 690	2	353	660	0.0056	0.9971
691 - 750	1	354	720	0.0029	1.0000

$$\text{ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่หน่วยบริการใช้} = 47160/354$$

$$= 133.2204 \text{ วินาที / คน}$$

$$\text{หรือ } 1/133.22 = 0.007506 \text{ คน / วินาที}$$

3.3.2.1 การทดสอบการแจกแจงการให้บริการผู้ที่มาติดต่อประชาสัมพันธ์

จากข้อมูลข้างต้นนำมาทดสอบการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ค่าความน่าจะเป็น

การแจกแจงของข้อมูลแบบ Exponential ดังนั้นสมมติฐานจึงเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการวิชาการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$H_0$  : การแจกแจงความน่าจะเป็นของอัตราระยะเวลาการให้บริการผู้ที่มาติดต่อเป็นการแจกแจงแบบ Exponential

$H_1$  : การแจกแจงความน่าจะเป็นของอัตราระยะเวลาการให้บริการผู้ที่มาติดต่อไม่เป็นการแจกแจงแบบ Exponential

ตารางที่ 3.5 แสดงการทดสอบการแจกแจงแบบ Exponential ของระยะเวลาการให้บริการของเจ้าหน้าที่ประชาสัมพันธ์

$O_i$	$e^{-\mu t}$	$1 - e^{-\mu t}$	ความน่าจะเป็น	$E_i$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
188	0.5091	0.4908	0.4908	173.76	1.166
68	0.3246	0.6753	0.1845	65.33	0.109
34	0.2068	0.7932	0.1178	41.74	1.433
28	0.1318	0.8681	0.0749	26.52	0.082
11	0.0840	0.9159	0.0478	16.95	2.093
8	0.0535	0.9464	0.0305	10.81	0.730
7	0.0341	0.9658	0.0194	6.86	0.003
3	0.0219	0.9780	0.0122	4.33	0.407
2	0.0138	0.9861	0.0081	2.87	6.51
2	0.0088	0.9911	0.0050	1.77	
2	0.0056	0.9943	0.0032	1.13	
1	0.0035	0.9964	0.0021	0.74	
					6.123

เปิดตาราง ที่นัยสำคัญ 0.05  $df = 9 - 1 - 1 = 7$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \text{ค่า chi-square จากตารางได้} &= 14.067 \\ \text{ค่า chi-square จากการคำนวณ} &= 6.123 \end{aligned}$$

จากค่า chi-square จะเห็นว่า chi-square จากตารางมากกว่า ที่คำนวณ ดังนั้น เราจะยอมรับ  $H_0$ : การแจกแจงของความน่าจะเป็นอัตราของระยะเวลาให้บริการผู้ที่มา ติดต่อกับเป็นการแจกแจงแบบ Exponential

### 3.3.3 การเข้ามาของโทรศัพท์ที่หมายประจำสัปดาห์

ตาราง 3.6 แสดงการทดสอบการแจกแจงการเข้ามาของโทรศัพท์แบบสุ่ม

โทรศัพท์เครื่องที่	ความถี่	ความน่าจะเป็น	ค่าเฉลี่ย	$(E_i - O_i)^2 / E_i$
1	30	1/3	31	0.032
2	35	1/3	31	0.516
3	28	1/3	31	0.29
รวม	93	1	31	0.828

$H_0$  : การแจกแจงการเข้ามาของโทรศัพท์เป็นแบบสุ่ม

$H_1$  : การแจกแจงการเข้ามาของโทรศัพท์ไม่เป็นแบบสุ่ม

$$\text{ค่า chi-square จากคำนวณ} = 0.828$$

$$\text{ค่า chi-square จากตาราง} = 5.99$$

ที่  $df = 2$  ระดับนัยสำคัญ 0.05

- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นยอมรับสมมติฐานที่ว่า โทรศัพททั้ง 3 เครื่องมีการแจกแจงแบบสุ่ม  
และ ปฏิเสธสมมติฐานที่ว่า โทรศัพททั้ง 3 เครื่องไม่มีการแจกแจงแบบสุ่ม

ข้อมูลที่เก็บมาเป็นเวลาที่โทรศัพททั้ง 3 เครื่องเรียกเข้ามาที่เวลาต่าง ๆ กัน ซึ่ง  
มีการแจกแจงความถี่ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7    ค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งของโทรศัพทที่เข้ามาทุก ๕ นาที

จำนวนครั้งของโทรศัพท/ทุก ๕ นาที $X_i$	ความถี่ ( $O_i$ )	$X_i * O_i$
0	9	0
1	13	13
2	10	20
3	8	24
4	6	24
6	2	12
รวม	48	93

$$\begin{aligned} \text{ค่าเฉลี่ยของจำนวนโทรศัพทที่เรียกเข้ามา} &= 93/48 \\ &= 1.9375 \text{ เครื่อง} / 5 \text{ นาที} \end{aligned}$$

### 3.3.3.1 ทดสอบการแจกแจงของอัตราการเข้ามาของโทรศัพท

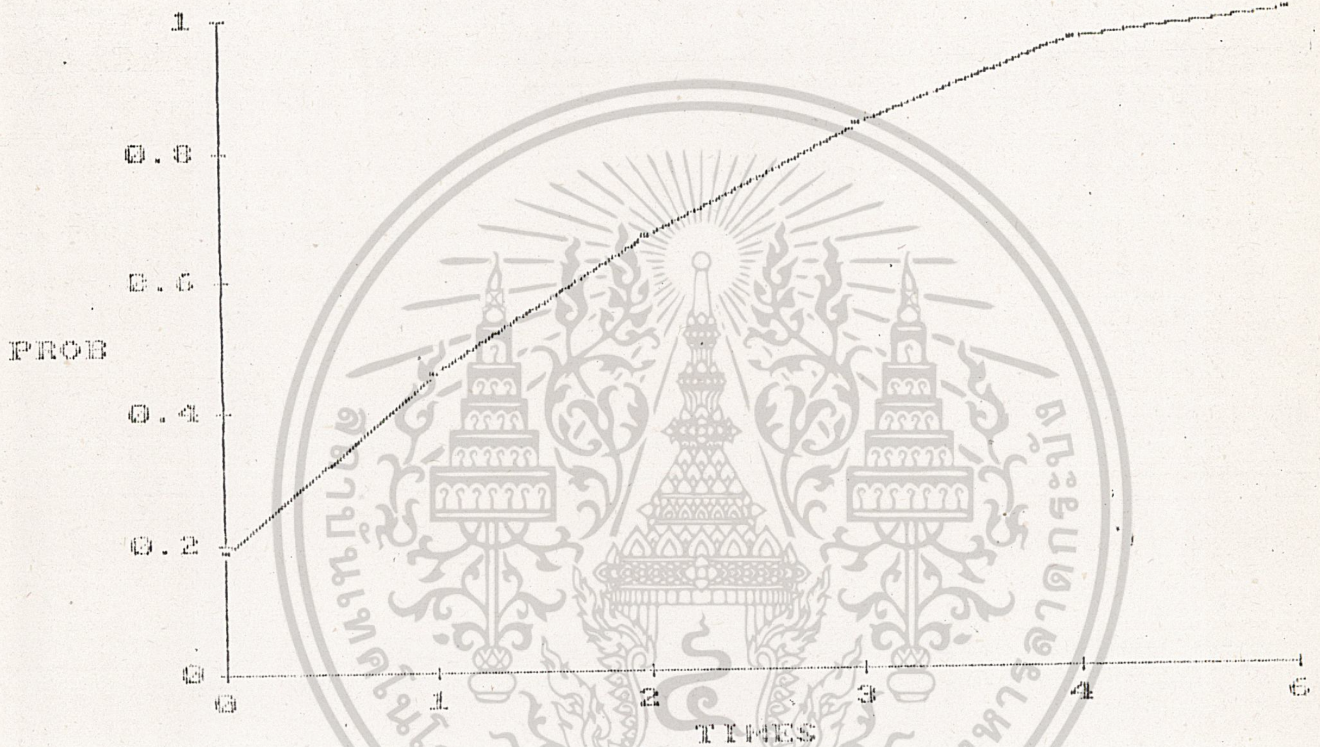
จากลักษณะกราฟของอัตราการเข้ามาของโทรศัพทน่าจะมีการแจกแจงของ

ขอมูล เป็นแบบ Poisson ดังนั้นจึงตั้งสมมติฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ARRIVAL TIME OF TELEPHONE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$H_0$  : อัตราการเข้ามาของโทรศัพท์ที่มีการแจกแจงแบบ Poisson

$H_1$  : อัตราการเข้ามาของโทรศัพท์ไม่มีการแจกแจงแบบ Poisson

ตารางที่ 3.8 แสดงการทดสอบการแจกแจง poisson ของการเข้ามาของโทรศัพท์

จำนวน ครั้งโทรศัพท์ ทุก ๕ นาที $x_i$	$P_i$	$E_i$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
0	0.1441	6.9168	0.6274
1	0.2791	13.3968	0.0117
2	0.2704	12.9792	0.6838
3	0.1746	8.3808	12.9504
4	0.0846	4.0608	
6	0.0106	0.5088	
		รวม	2.041

จากตาราง ค่า chi-square  $df = 4 - 1 - 1 = 2$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05  
= 5.991

จากการคำนวณได้  $2.041 < 5.991$  จากตาราง

ดังนั้นเราจึงยอมรับ

$H_0$  : อัตราการเข้ามาของโทรศัพท์ที่มีการแจกแจงแบบ Poisson

และปฏิเสธ

$H_1$  : อัตราการเข้ามาของโทรศัพท์ไม่มีการแจกแจงแบบ Poisson

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.4 การให้บริการทางโทรศัพท์ที่หน่วยประชาสัมพันธ์

จากกราฟของระยะเวลาที่ให้บริการโทรศัพท์ที่เขานำมาจะนี้การแจกแจงแบบ Exponential คล้ายกับการแจกแจงเวลาให้บริการตามทฤษฎีแถวคอย ดังนั้นจึงทำการทดสอบการแจกแจง

ตารางที่ 3.9 การแจกแจง ระยะเวลาให้บริการทางโทรศัพท์

เวลาให้บริการ (วินาที)	ความถี่	ความถี่สะสม	ค่ากลาง	$F_i$	ความน่าจะเป็นสะสม
1 - 60	58	58	30	0.6237	0.6237
61 - 120	22	80	90	0.2366	0.8602
121 - 180	6	86	150	0.0645	0.9247
181 - 240	3	89	210	0.0323	0.9570
241 - 300	4	93	270	0.0430	1.0000

ค่าเฉลี่ยของเวลาการให้บริการทางโทรศัพท์ต่อเครื่อง

$$= \sum f_i \cdot x_i / N$$

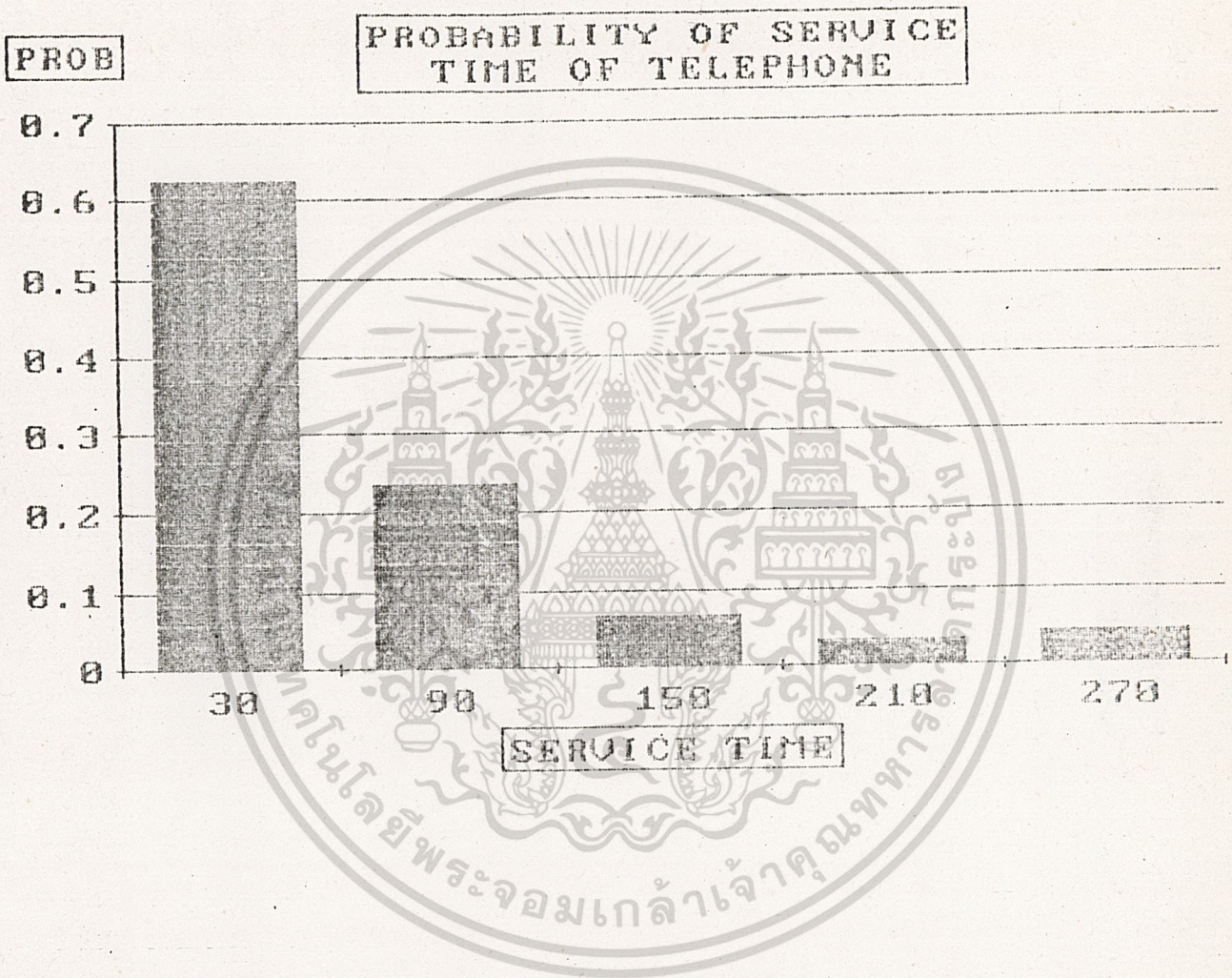
$$= 6330 / 93$$

$$\bar{x} = 68.0645 \text{ วินาที/เครื่อง}$$

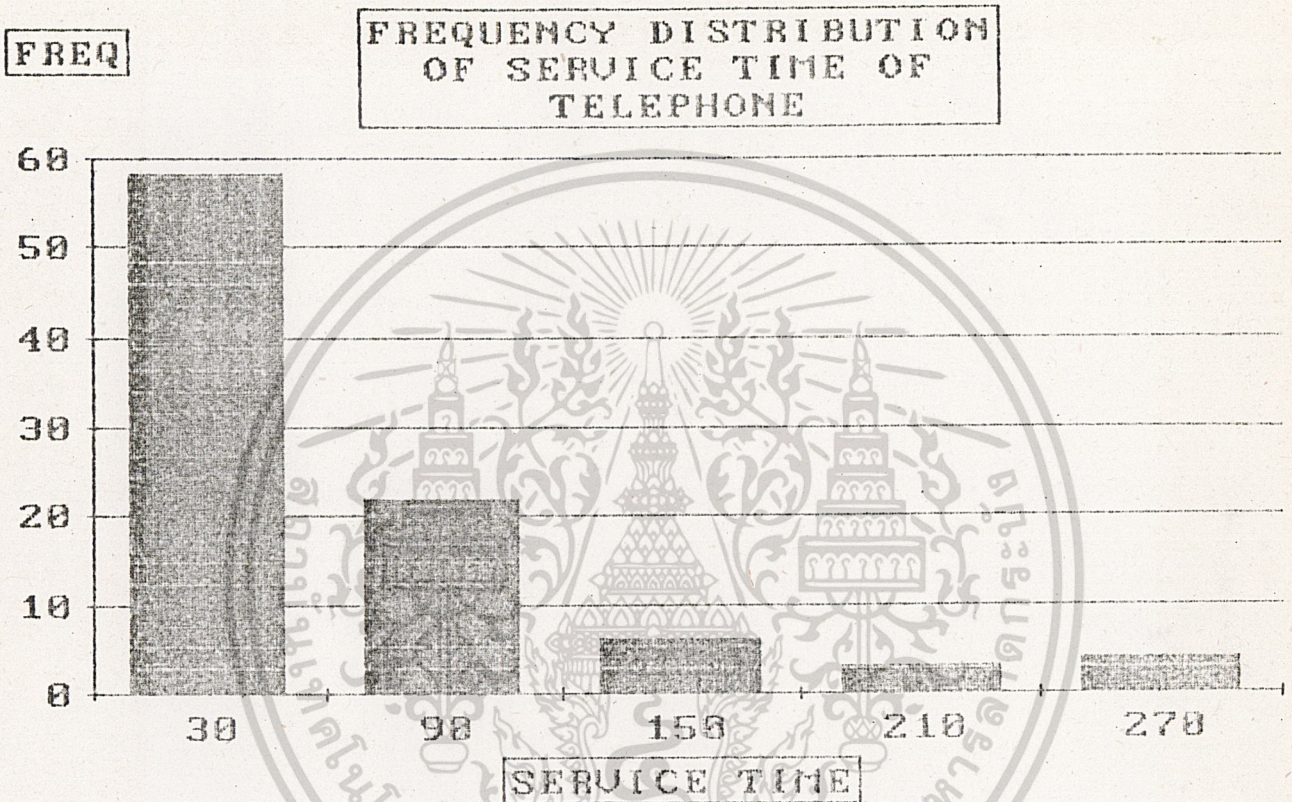
ค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งให้บริการทางโทรศัพท์ต่อหน่วยเวลา

$$= 1 / 68.0645$$

$$\mu = 0.0147 \text{ เครื่อง/วินาที}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.4.1 ทดสอบการแจกแจงของเวลาให้บริการทางโทรศัพท์

$H_0$  : การแจกแจงของระยะเวลาให้บริการทางโทรศัพท์มีการ

แจกแจงแบบ Exponential

$H_1$  : การแจกแจงของระยะเวลาให้บริการทางโทรศัพท์ไม่มีการ

แจกแจงแบบ Exponential

ตารางที่ 3.10 แสดงเวลาให้บริการทางโทรศัพท์

เวลาให้บริการ (วินาที)	ความถี่ ( $f_i$ )	$X_i$ ค่ากลาง	$X_i \cdot f_i$	$\mu t$	$e^{-\mu t}$	$1 - e^{-\mu t}$
1 - 60	58	30	1740	0.882	0.4140	0.586
61 - 120	22	90	1980	1.764	0.1714	0.8286
121 - 180	6	150	900	2.646	0.0709	0.9291
181 - 240	3	210	630	3.528	0.0294	0.9706
241 - 300	4	270	1080	4.410	0.0122	0.9879
รวม	93		6330			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.11 แสดงการแจกแจงของเวลาให้บริการทางโทรศัพท์  
ที่มีการแจกแจงแบบ Exponential

ความน่าจะเป็น	ค่าสังเกต $O_i$	ค่าคาดหวัง $E_i$	$(E_i - O_i)^2 / E_i$
0.5860	58	54.4980	0.2250
0.2426	22	22.5618	0.0139
0.1005	6	4.9941	0.0139
0.0415	3	3.8595	5.4684 → 0.4290
0.0173	4	1.6089	
รวม	93		0.8732

เปิดตาราง chi-square ที่ องศาความเป็นอิสระ  $df = 4 - 1 - 1 = 2$   
ระดับนัยสำคัญ 0.05  
ได้ = 5.991  
จากการคำนวณ chi-square ได้ = 0.8732 < 5.991

ฉะนั้น จึงได้ว่า เรายอมรับ  $H_0$  : การแจกแจงของเวลาให้บริการทางโทรศัพท์  
ที่มีการแจกแจงแบบ Exponential  
และปฏิเสธ  $H_1$  : การแจกแจงของเวลาให้บริการทางโทรศัพท์  
ไม่มีการแจกแจงแบบ Exponential

ผลการจำลองแบบ

4.1 ความเชื่อถือได้ของการจำลองแบบ

ความเชื่อถือได้ของการจำลองแบบโดยโปรแกรมที่สร้างขึ้นมานั้น ขึ้นอยู่กับความเชื่อถือได้ของแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาว่าถูกต้องเพียงใด แบบจำลองนี้ได้สร้างขึ้นตามข้อสมมติฐานและข้อกำหนดต่าง ๆ โดยอาศัยสภาพความเป็นจริง แต่เฉพาะงานในส่วนเคาน์เตอร์ประชาสัมพันธ์เท่านั้น การทดสอบความถูกต้องโดยเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีทางคณิตศาสตร์นั้น ไม่อาจกระทำได้เนื่องจากระบบแถวคอยของแบบจำลองนี้ไม่ตรงตัวแบบใดในทางทฤษฎี อย่างไรก็ตามเพื่อความถูกต้องของโปรแกรมนี้ ผู้วิจัยจึงใช้วิธีนำผลจากการจำลองแบบมาเปรียบเทียบกับผลที่เกิดจากการดำเนินงานจริง โดยความผลที่ได้แตกต่างกันเพียงใด โดยกำหนดช่วงเวลาที่ทำกรจำลองแบบกับช่วงเวลางานจริงในเท่ากัน ซึ่งจะได้ผลการเปรียบเทียบดังนี้

	การจำลอง	งานจริง	ความแตกต่าง %
เวลาสะสมในการคอย	2055.85	1963.00	+ 4.730
เวลาเฉลี่ยในการคอย	43.09	43.62	- 1.215
จำนวนรวมคนคอย	47.70	45.00	+ 6.000
จำนวนผู้ที่ได้รับบริการ	351.05	354.00	- 0.833
จำนวนผู้ที่เข้าระบบ	355.80	357.00	- 0.336
จำนวนโทรศัพท์ที่เข้ามา	82.60	93.00	- 11.182
โอกาสที่ลูกค้าจะคอย	13.40	12.71	+ 5.414

ผลจากการจำลองที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยของการประมวลผลโดยทำการจำลองจำนวนทั้งสิ้น 20 ครั้ง แต่ละครั้งจำลอง 8.00 น - 12.00 น และจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินงานจริงกับจากการจำลองแบบ จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างมีค่าไม่มากนัก ซึ่งการจะนำผลการจำลองไปทดลองใช้กับระบบงานจริง จะต้องคำนึงถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเหมาะสมทางด้านอื่นด้วย ซึ่งก็แล้วแต่ผู้บริหารจะตัดสินใจ

#### 4.2 การวิเคราะห์งานและการใช้ประโยชน์จากการจำลองแบบ

จากโปรแกรมการจำลองแบบนี้ เราสามารถจัดทำรายงานสรุปขึ้น เพื่อใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์หลาดต่าง ๆ ในการให้บริการ ดังต่อไปนี้

##### 1. ใช้พิจารณาจำนวนบุคคลากรแผนกประชาสัมพันธ์ที่เหมาะสม

ว่าควรมีนานกน้อยเพียงใด ถ้าหากเราจัดจำนวนบุคคลกรแผนกประชาสัมพันธ์น้อยเกินไปในห่อกับความตองการของลูกค้า ก็จะทำให้การให้บริการเกิดความล่าช้า แต่ถ้าจัดเจ้าหน้าที่มากเกินไป ก็จะเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรโดยเปล่าประโยชน์ จึงต้องหาจำนวนเจ้าหน้าที่ที่เหมาะสม โดยกระทำได้หลายวิธี เช่น

- กำหนดเวลาที่ลูกค้ารอคอย อย่างคร่าว ๆ ว่าเวลาไม่เกินเท่าไรที่ลูกค้าจะคอยได้โดยในรู้สึกเบื่อหน่ายจนเกินไป
- กำหนดค่าใช้จ่ายในการให้บริการ โดยกำหนดค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงานว่าโรงพยาบาลสามารถจ่ายได้สูงสุดเท่าใด

##### 2. ช่วยในการวางแผนการบริการ

เนื่องจากในอนาคต อัตราการเติบโตของจำนวนลูกค้าอาจทำให้การบริการเกิดความล่าช้าหรือคอยประสิทธิภาพลง โดยปกติแล้วการวางแผนการบริการก็มักจะต้องการให้บริการได้รวดเร็วที่สุด เพื่อให้ลูกค้าที่รับบริการเสียเวลาน้อยที่สุด แต่จะต้องคำนึงถึงรายจ่ายต่าง ๆ ที่จะต้องเสียไปด้วยว่าคุ้มค่างั้นเพียงใด การวางแผนการบริการอาจกระทำได้ด้วยการลด หรือ เพิ่ม หรือ เปลี่ยนแปลงขั้นตอนบางขั้นตอน ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับผลของการวิเคราะห์และลักษณะของงาน

Server = 4										
Rnd	Clock	Twt	Tdt	total -wl	unit	total -come	Ave -Tdt(%)	Ave -Twt	Ave -Twt(%)	tota -tel
====	=====	====	====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
9	14404	22235	5379	197	369	372	9.336	112.868	52.957	84
18	14402	24706	3382	224	367	372	5.871	110.295	60.215	92
26	14435	34497	2984	215	341	349	5.168	160.451	61.605	79
31	14464	36257	3601	226	336	351	6.224	160.429	64.387	80
40	14406	16384	5113	168	325	327	8.873	97.524	51.376	86
48	14433	18296	4688	169	348	352	8.120	108.260	48.011	87
50	14443	14364	7558	134	337	341	13.082	107.194	39.296	72
52	14416	24047	4589	169	339	350	7.958	142.290	48.286	74
56	14458	13265	3998	162	324	326	6.913	81.883	49.693	95
64	14410	78944	2835	280	365	376	4.918	281.943	74.468	76
69	14417	38614	3448	236	368	371	5.979	163.619	63.612	70
76	14402	13211	7624	163	333	338	13.234	81.049	48.225	72
84	14404	127198	2457	286	345	354	4.264	444.748	80.791	78
92	14414	23701	4123	200	356	367	7.151	118.505	54.496	84
96	14421	63008	5249	224	356	365	9.100	281.286	61.370	73
103	14414	18304	7702	171	326	328	13.359	107.041	52.134	93
105	14414	18613	6072	169	319	335	10.531	110.136	50.448	79
106	14454	56513	3060	286	375	379	5.293	197.598	75.462	82
113	14423	47255	4095	211	349	369	7.098	223.957	57.182	105
114	14410	66548	2673	273	352	373	4.637	243.766	73.190	84

Telephone = 3

Run = 20 times

	Simulation	Sim (6)	Different (%)
TWT (SEC)	= 37798.00	2055.85	+ 1738.558
AVE-TWT (PER SEC)	= 181.59	43.09	+ 321.420
TOTAL-WL (CUSTOMERS)	= 208.15	47.70	+ 336.373
UNIT (CUSTOMERS)	= 346.50	351.05	- 1.296
TOTAL-COME (CUSTOMERS)	= 354.75	355.80	- 0.295
TOTAL-TEL (CALLING)	= 82.25	82.60	- 0.424
TDT (SEC)	= 4531.50	23785.70	- 80.948
AVE-TDT % (PER CLOCK)	= 7.85	27.48	- 71.433

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Server = 5										
Rnd	Clock	Twt	Tdt	total -wl	unit	total -come	Ave -Tdt(%)	Ave -Twt	Ave -Twt(%)	total -tel
====	=====	====	====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
9	14477	4479	16939	77	350	352	23.401	58.169	21.875	88
18	14425	4549	13526	115	364	366	18.754	39.557	31.421	84
26	14416	8738	11045	125	341	344	15.323	69.904	36.337	88
31	14401	3749	13878	81	335	337	19.274	46.284	24.036	79
40	14404	2742	16111	55	306	317	22.370	49.855	17.350	83
48	14437	16150	12325	151	370	378	17.074	106.954	39.947	71
50	14472	7278	17073	78	338	350	23.595	93.308	22.286	78
52	14403	5439	11780	86	351	355	16.358	63.244	24.225	77
56	14409	7148	13350	109	335	337	18.530	65.578	32.344	83
64	14401	6671	12327	100	361	364	17.120	66.710	27.473	73
69	14423	5619	17694	85	330	336	24.536	66.106	25.298	88
76	14444	8884	11522	108	350	356	15.954	82.259	30.337	81
84	14404	14283	8884	135	352	354	12.335	105.800	38.136	75
92	14408	4642	15686	92	359	362	21.774	50.457	25.414	74
96	14403	3988	15001	80	337	340	20.830	49.850	23.529	85
103	14403	8294	16077	77	341	345	22.325	107.714	22.319	80
105	14405	10686	10056	146	360	364	13.962	73.192	40.110	75
106	14408	18673	11383	162	378	383	15.801	115.265	42.298	78
113	14400	3018	13754	64	356	357	19.103	47.156	17.927	92
114	14452	7874	11839	108	363	366	16.384	72.907	29.508	73

Telephone = 3

Run = 20 times

	Simulation	Sim (6)	Different (%)
TWT (SEC) =	7645.20	2055.85	+ 271.875
AVE-TWT (PER SEC) =	75.17	43.09	+ 74.448
TOTAL-WL (CUSTOMERS) =	101.70	47.70	+ 113.207
UNIT (CUSTOMERS) =	348.85	351.05	- 0.627
TOTAL-COME (CUSTOMERS) =	353.15	355.80	- 0.745
TOTAL-TEL (CALLING) =	80.25	82.60	- 2.845
TDT (SEC) =	13512.50	23785.70	- 43.191
AVE-TDT % (PER CLOCK) =	18.74	27.48	- 31.804
AVE-TWT % (WL/TOTAL-COME) =	28.79	13.40	+ 114.851

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Server = 6										
Rnd	Clock	Twt	Tdt	total -wl	unit	total -come	Ave -Tdt(%)	Ave -Twt	Ave -Twt(%)	tot -te
===	=====	===	===	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
9	14451	3052	24038	49	367	370	27.724	62.286	13.243	90
18	14450	2501	23118	64	371	377	26.664	39.078	16.976	89
26	14436	844	20744	25	330	333	23.949	33.760	7.508	98
31	14400	4033	21673	83	360	363	25.084	48.590	22.865	78
40	14451	1402	24037	39	328	330	27.722	35.949	11.818	88
48	14422	894	23936	40	361	367	27.661	22.350	10.899	74
50	14405	1463	25872	35	351	356	29.934	41.800	9.831	78
52	14410	1299	21871	46	352	360	25.296	28.239	12.778	70
56	14421	3499	21799	76	343	351	25.194	46.039	21.652	89
64	14404	777	19360	29	360	366	22.401	26.793	7.923	79
69	14434	585	28804	24	342	346	33.259	24.375	6.936	81
76	14413	1462	30530	28	327	333	35.304	52.214	8.408	72
84	14448	3216	20520	79	344	346	23.671	40.709	22.832	81
92	14437	2447	23884	51	360	362	27.573	47.980	14.088	86
96	14429	2684	24300	49	352	356	28.068	54.776	13.764	91
103	14404	712	26339	31	347	348	30.476	22.968	8.908	84
105	14419	782	22054	29	344	349	25.492	26.966	8.309	86
106	14411	4443	23685	64	370	380	27.392	69.422	16.842	74
113	14402	3622	24310	69	361	366	28.133	52.493	18.852	88
114	14436	1400	24840	44	351	357	28.678	31.818	12.325	76

Telephone = 3 Run = 20 times

		Simulation	Real-Data	Different (%)
TWT	(SEC)	= 2055.85	1963.00	+ 4.730
AVE-TWT	(PER SEC)	= 43.09	43.62	- 1.215
TOTAL-WL	(CUSTOMERS)	= 47.70	45.00	+ 6.000
UNIT	(CUSTOMERS)	= 351.05	354.00	- 0.833
TOTAL-COME	(CUSTOMERS)	= 355.80	357.00	- 0.336
TOTAL-TEL	(CALLING)	= 82.60	93.00	- 11.182
TDT	(SEC)	= 23785.70		
AVE-TDT %	(PER CLOCK)	= 27.48		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Server = 7										
Rnd	Clock	Twt	Tdt	total -wl	unit	total -come	Ave -Tdt(%)	Ave -Twt	Ave -Twt(%)	total -tel
9	14406	1246	37575	31	364	368	37.261	40.194	8.424	92
18	14406	406	32979	16	373	374	32.704	25.375	4.278	88
26	14521	195	34379	8	333	337	33.822	24.375	2.374	88
31	14401	313	40240	16	327	332	39.918	19.563	4.819	74
40	14404	0	40604	0	315	320	40.271	0.000	0.000	82
48	14420	170	35326	7	349	354	34.997	24.286	1.977	89
50	14406	74	39199	6	354	358	38.872	12.333	1.676	76
52	14400	723	30868	30	358	366	30.623	24.100	8.197	87
56	14404	178	37365	10	330	332	37.058	17.800	3.012	82
64	14401	2010	32608	35	369	376	32.347	57.429	9.309	83
69	14409	555	39676	21	345	348	39.337	26.429	6.034	87
76	14546	529	38571	25	339	342	37.881	21.160	7.310	83
84	14405	215	35432	15	323	329	35.139	14.333	4.559	83
92	14406	795	34993	20	373	380	34.701	39.750	5.263	76
96	14432	1038	34820	25	360	366	34.467	41.520	6.831	87
103	14415	181	39628	12	354	356	39.273	15.083	3.371	75
105	14407	835	31681	27	372	377	31.414	30.926	7.162	80
106	14420	1453	34261	43	382	384	33.942	33.791	11.198	72
113	14406	129	41696	8	341	344	41.348	16.125	2.326	87
114	14402	213	35574	15	358	365	35.287	14.200	4.110	74

Telephone = 3

Run = 20 times

	Simulation	Sim (6)	Different (%)
TWT (SEC)	= 562.90	2055.85	- 72.619
AVE-TWT (PER SEC)	= 30.42	43.09	- 29.403
TOTAL-WL (CUSTOMERS)	= 18.50	47.70	- 61.216
UNIT (CUSTOMERS)	= 350.95	351.05	- 0.028
TOTAL-COME (CUSTOMERS)	= 355.40	355.80	- 0.112
TOTAL-TEL (CALLING)	= 82.25	82.60	- 0.424
TDT (SEC)	= 36373.75	23785.70	+ 52.922
AVE-TDT % (PER CLOCK)	= 36.03	27.48	+ 31.114
AVE-TWT % (WL/TOTAL-COME)	= 5.20	13.40	- 61.194

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Server = 8										
Rnd	Clock	Twt	Tdt	total -wl	unit	total -come	Ave -Tdt(%)	Ave -Twt	Ave -Twt(%)	total -tel
====	=====	====	====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
9	14450	40	52346	4	372	376	45.282	10.000	1.064	79
18	14418	41	48282	3	371	377	41.859	13.667	0.796	87
26	14404	12	48920	2	342	346	42.453	6.000	0.578	79
31	14430	511	49534	15	346	349	42.909	34.067	4.298	77
40	14404	0	54737	0	315	320	47.502	0.000	0.000	82
48	14423	23	52158	3	348	352	45.204	7.667	0.852	83
50	14429	60	55114	6	340	344	47.746	10.000	1.744	79
52	14429	308	41607	13	379	384	36.045	23.692	3.385	75
56	14421	75	48689	5	341	344	42.203	15.000	1.453	81
64	14475	318	50622	14	363	366	43.715	22.714	3.825	72
69	14439	359	56939	13	340	344	49.293	27.615	3.779	74
76	14441	382	57627	9	320	333	49.881	42.444	2.703	70
84	14423	101	48825	5	329	336	42.315	20.200	1.488	79
92	14526	362	51457	10	361	363	44.280	36.200	2.755	85
96	14447	12	52743	2	340	342	45.635	6.000	0.585	83
103	14431	0	53190	0	357	359	46.073	0.000	0.000	75
105	14404	14	46916	2	359	364	40.714	7.000	0.549	79
106	14411	457	47238	12	375	382	40.974	38.083	3.141	76
113	14403	17	52812	1	341	348	45.834	17.000	0.287	99
114	14460	574	49841	16	353	359	43.085	35.875	4.457	80

Telephone = 3

Run = 20 times

	Simulation	Sim (6)	Different (%)
TWT (SEC)	= 183.30	2055.85	- 91.084
AVE-TWT (PER SEC)	= 27.15	43.09	- 36.992
TOTAL-WL (CUSTOMERS)	= 6.75	47.70	- 85.849
UNIT (CUSTOMERS)	= 349.60	351.05	- 0.413
TOTAL-COME (CUSTOMERS)	= 354.40	355.80	- 0.393
TOTAL-TEL (CALLING)	= 79.70	82.60	- 3.511
TDT (SEC)	= 50979.85	23785.70	+ 114.329
AVE-TDT % (PER CLOCK)	= 44.15	27.48	+ 60.662
AVE-TWT % (WL/TOTAL-COME)	= 1.90	13.40	- 85.821

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

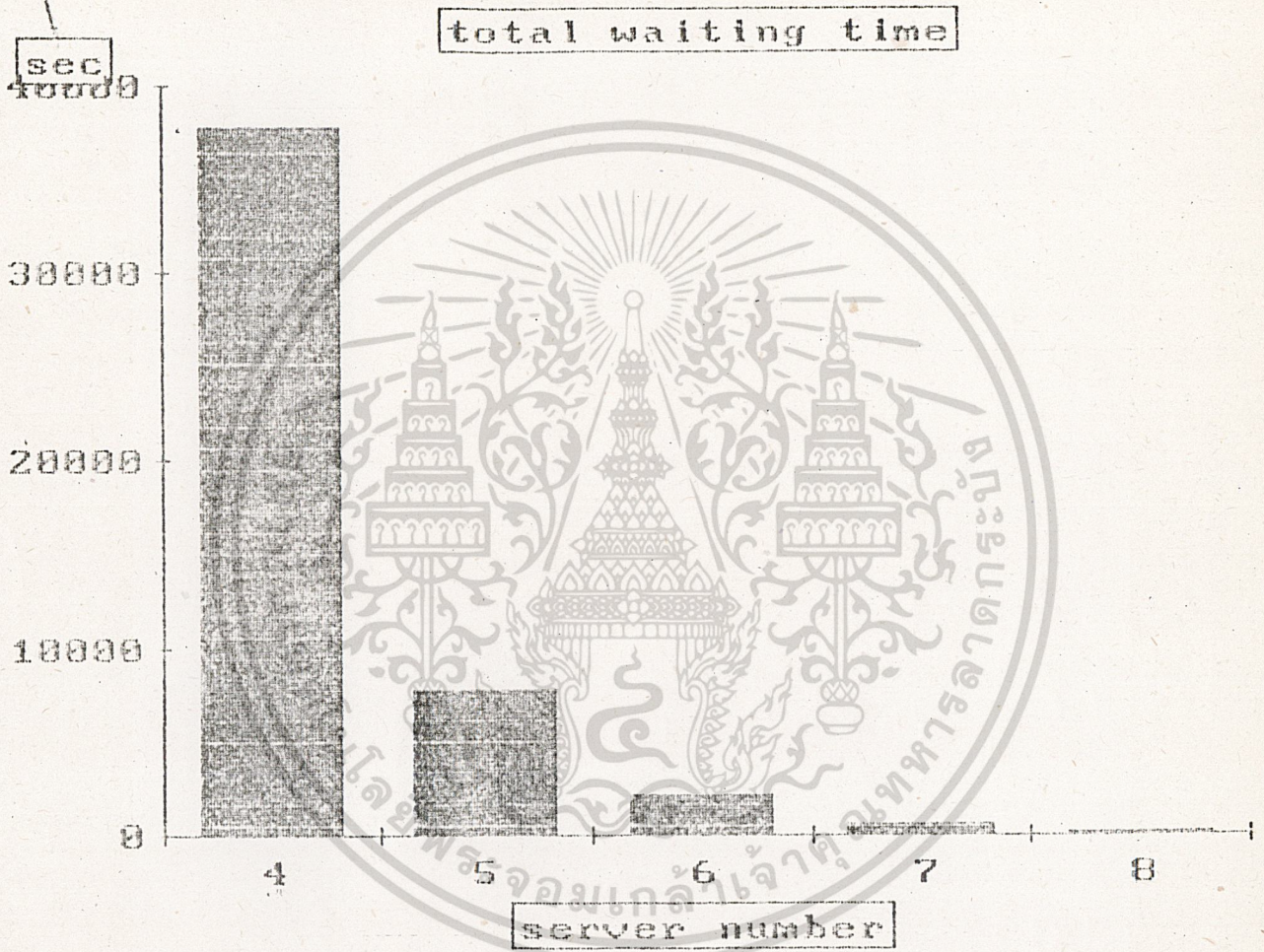
Summary of Result  
=====

	Sim (4)	Sim (5)	Sim (6)	Sim (7)	Sim (3)	Real-Data
TWT =	37798.00	7645.20	2055.85	562.90	183.30	1963.00
AVE-TWT =	181.59	75.17	43.09	30.42	27.15	43.62
TOTAL-WL =	208.15	101.70	47.70	18.50	6.75	45.00
UNIT =	348.50	348.85	351.05	350.95	349.80	354.00
TOTAL-COME =	354.75	353.15	355.80	355.40	354.40	357.00
TOTAL-TEL =	82.25	80.25	82.60	82.25	79.70	93.00
TDT =	4531.50	13512.50	23785.70	38373.75	50979.85	
AVE-TDT % =	7.85	18.74	27.48	36.03	44.15	
AVE-TWT % =	58.67	28.79	13.40	5.20	1.90	12.71

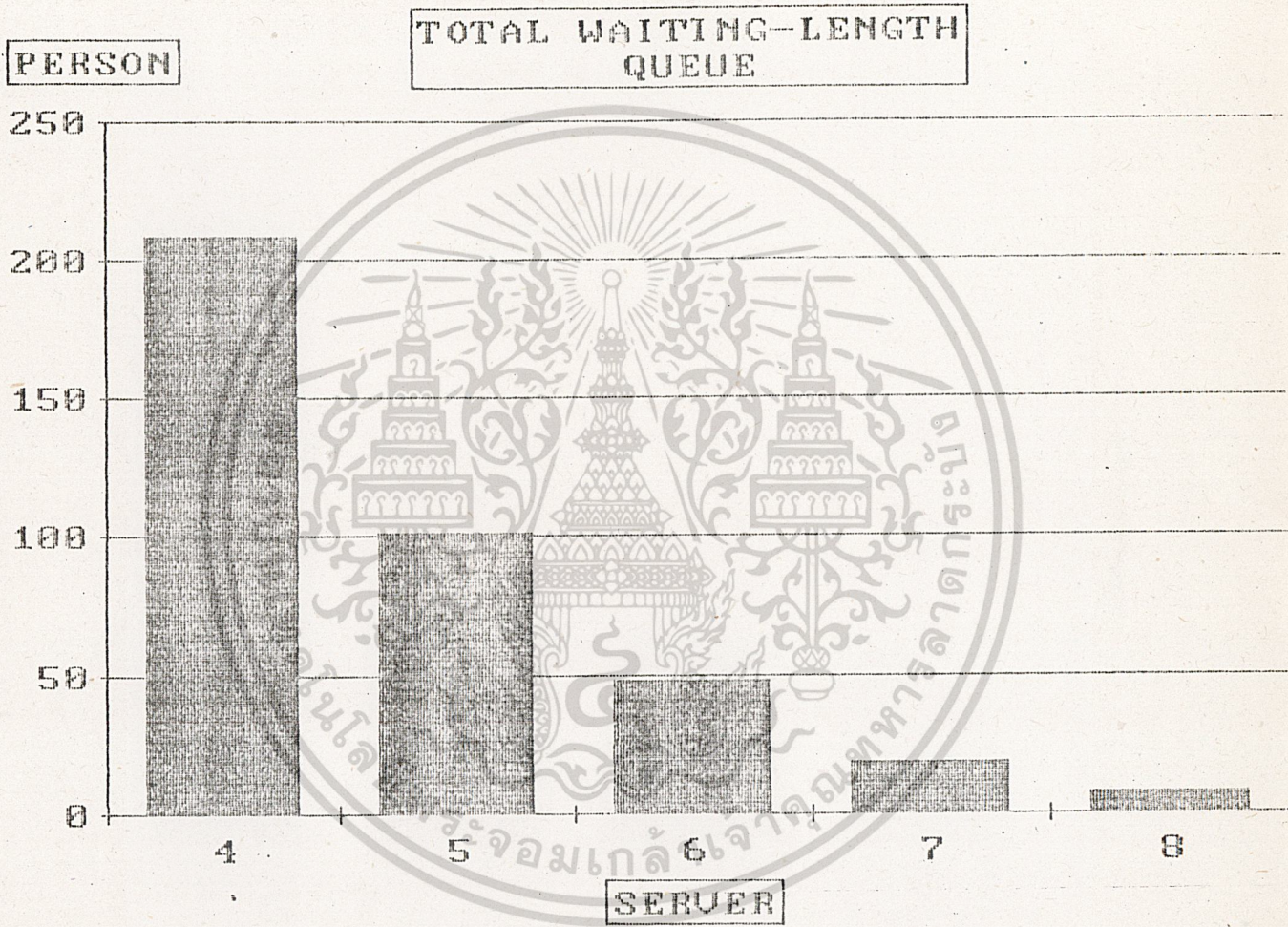
Summary of Different Sim(6) (%)  
=====

	Sim (4)	Sim (5)	Sim (7)	Sim (8)	Real-Data
TWT =	+ 1738.558	+ 271.875	- 72.619	- 21.084	+ 4.730
AVE-TWT =	+ 321.420	+ 74.448	- 29.400	- 38.992	- 1.215
TOTAL-WL =	+ 336.373	+ 113.207	- 61.216	- 85.849	+ 6.000
UNIT =	- 1.296	- 0.627	- 0.028	- 0.413	- 0.833
TOTAL-COME =	- 0.295	- 0.745	- 0.112	- 0.393	- 0.338
TOTAL-TEL =	- 0.424	- 2.845	- 0.424	- 3.511	- 11.182
TDT =	- 80.948	- 43.191	+ 52.922	+ 114.329	
AVE-TDT % =	- 71.433	- 31.804	+ 31.114	+ 60.862	
AVE-TWT % =	+ 337.835	+ 114.851	- 61.194	- 85.821	+ 5.414

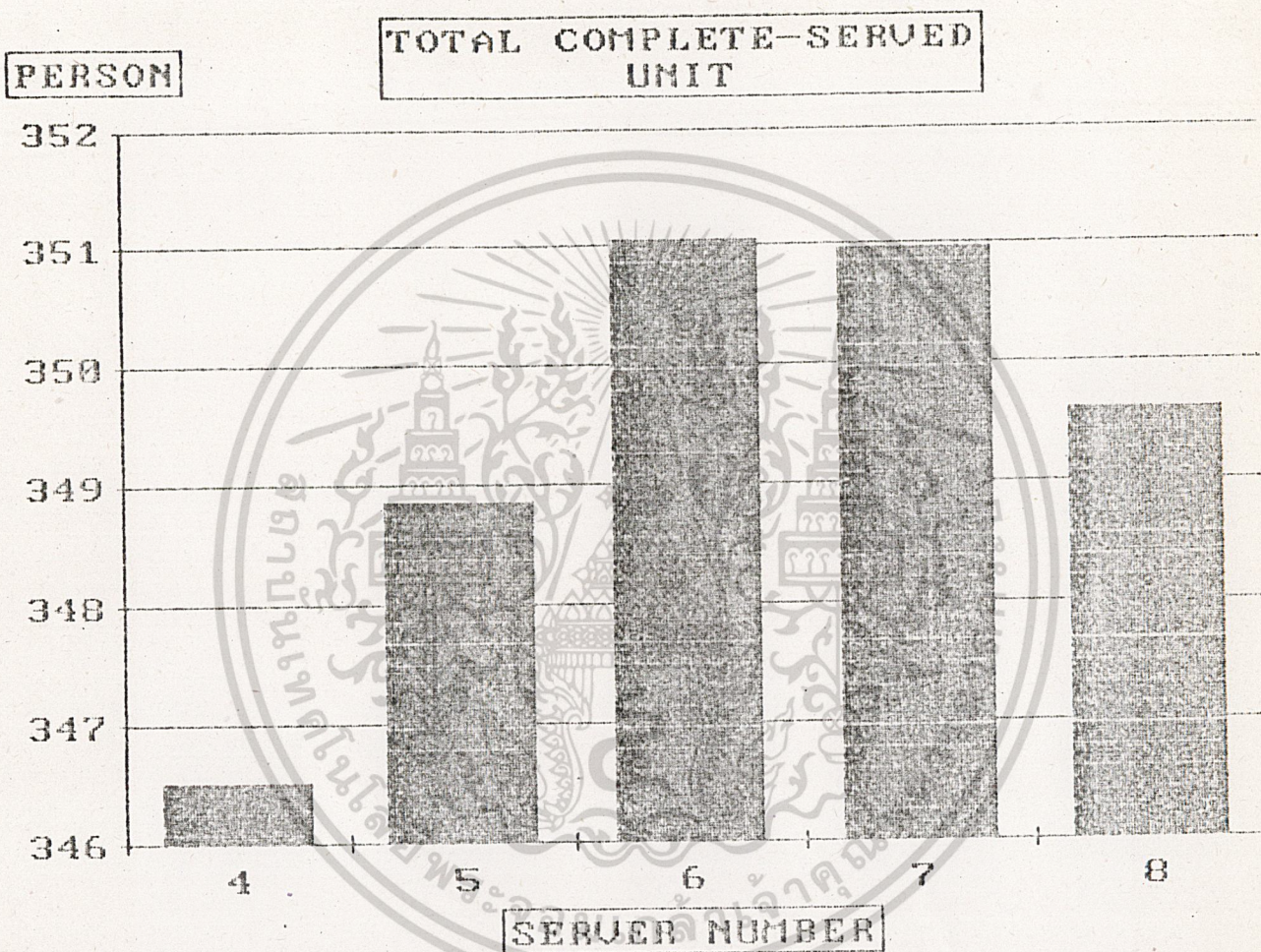
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



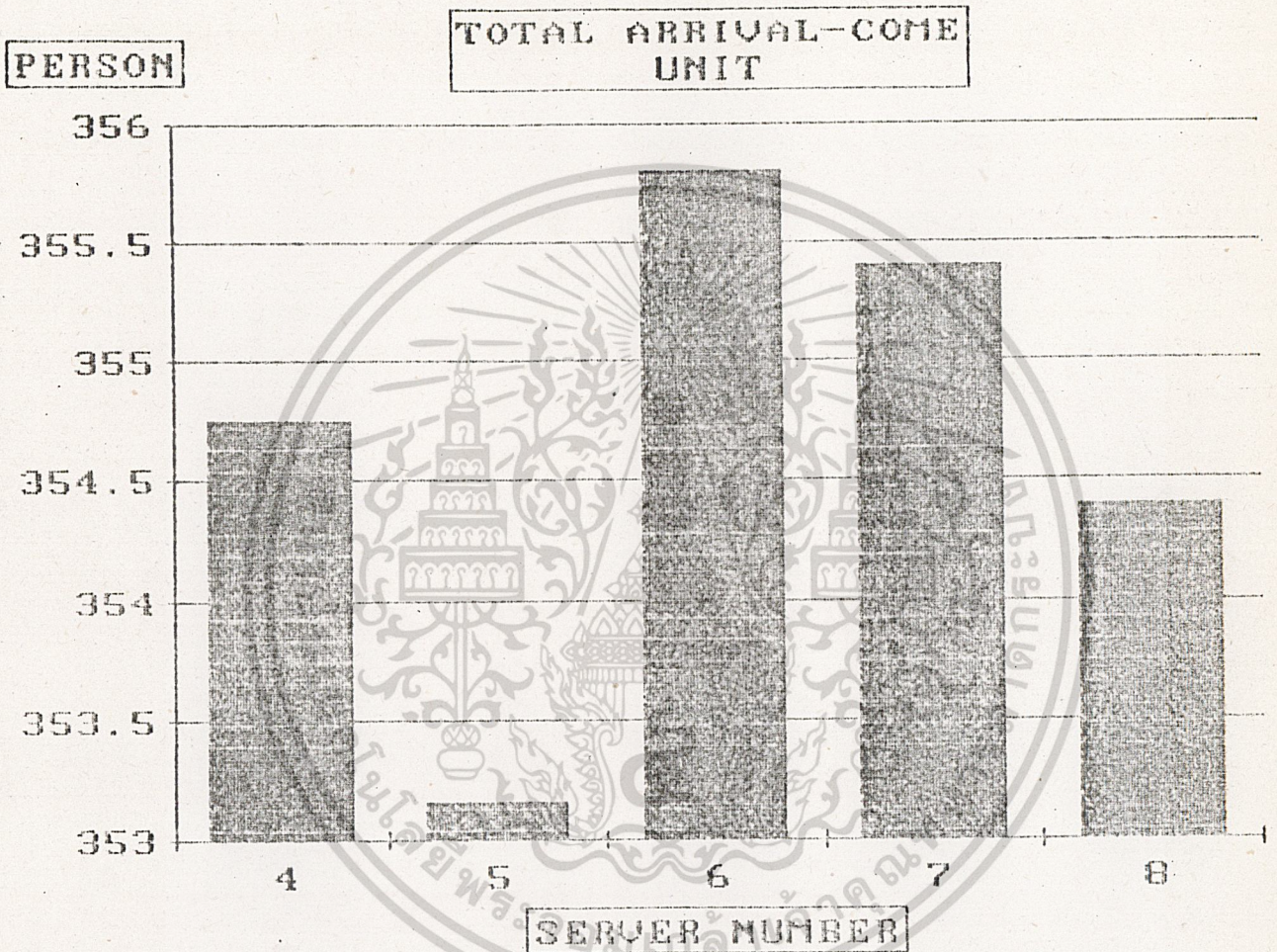
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



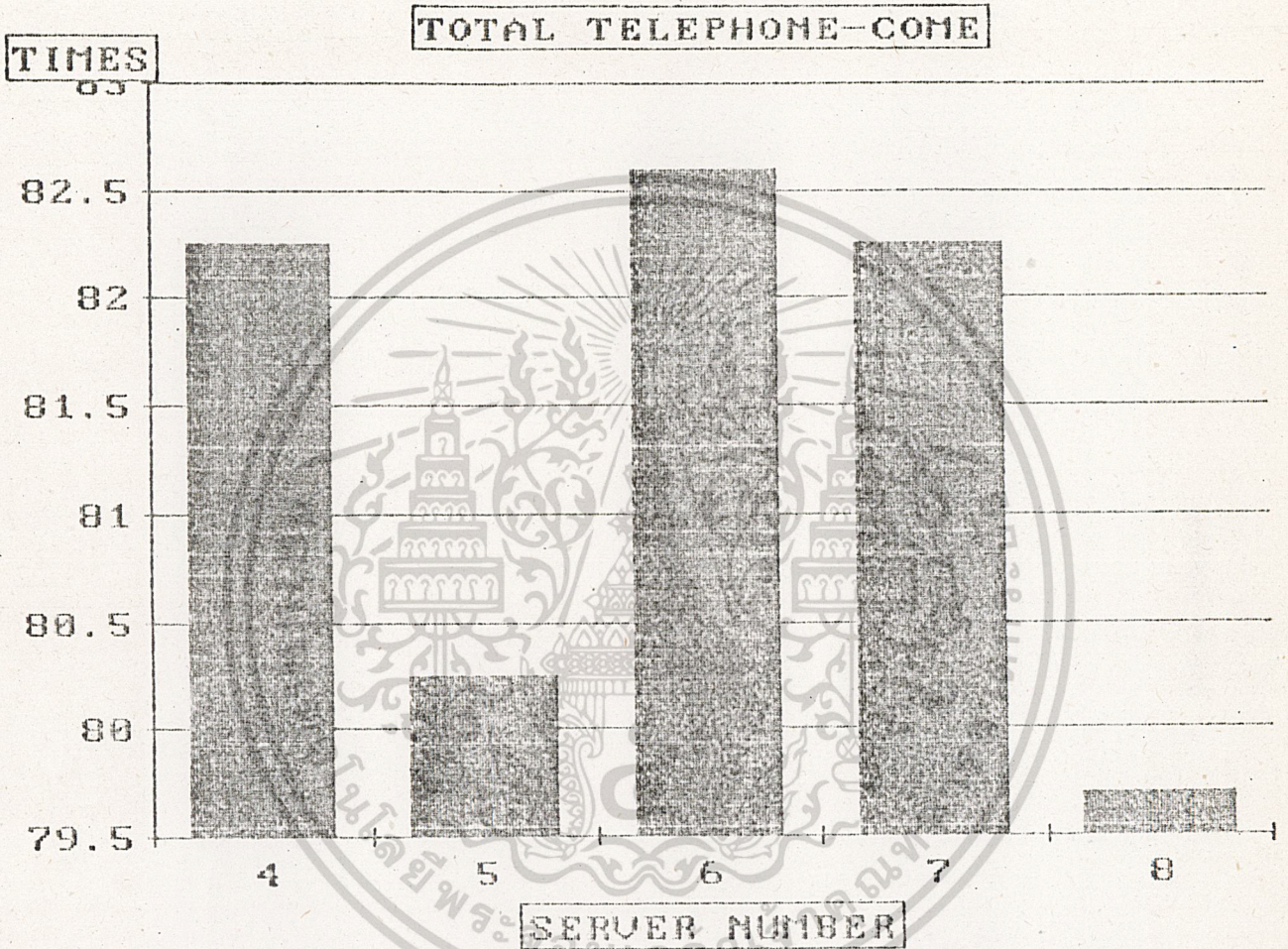
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



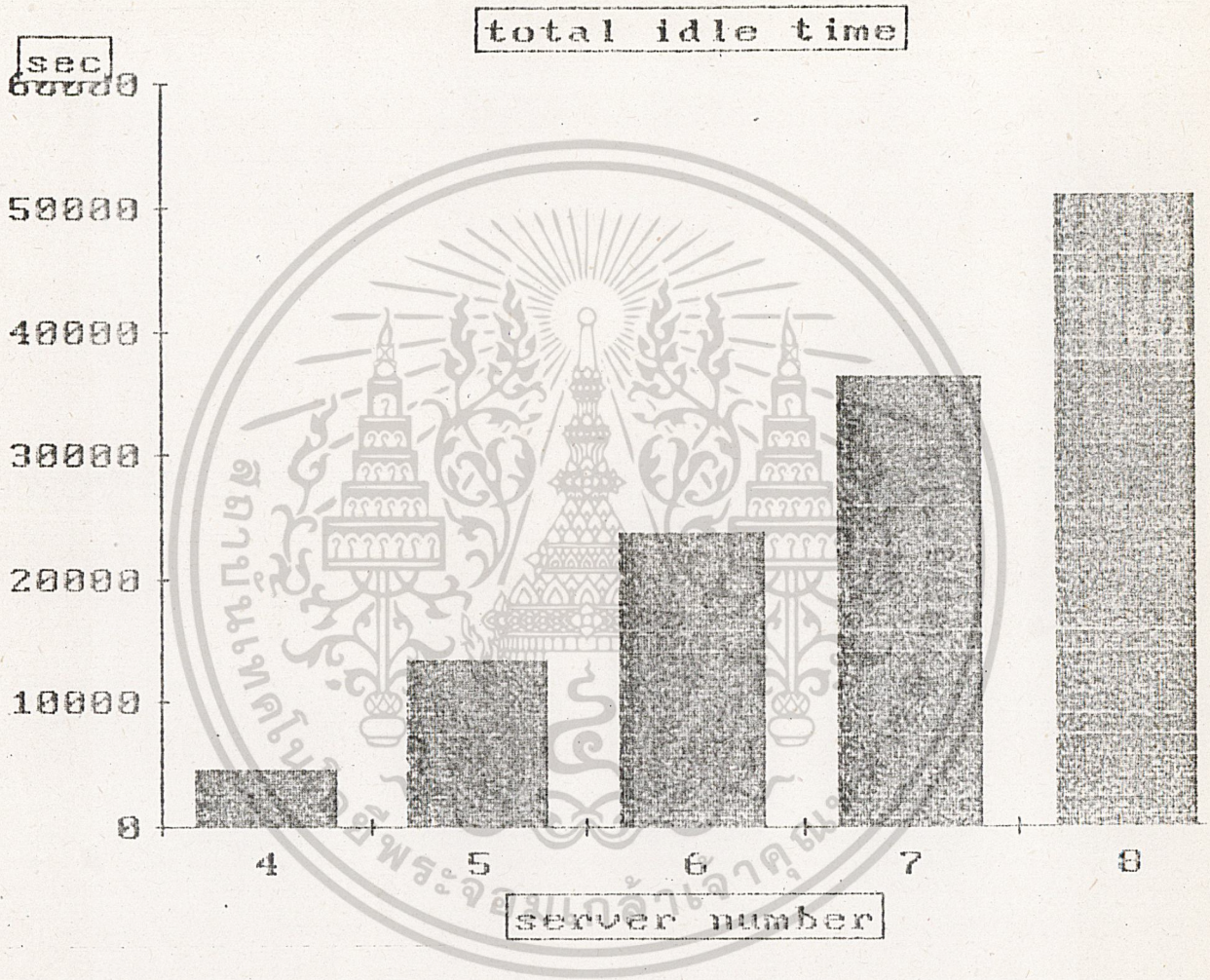
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5 การนำอุปกรณ์ไปทดสอบหรือทดลองใช้

ในการทำปฏินาพิเศษเรื่องนี้ผู้วิจัยได้จัดทำโปรแกรมเพื่อช่วยในการประมวลผลหลายโปรแกรมด้วยกัน อาทิ โปรแกรม simulation ที่ช่วยในงานการจำลองงานวิจัย, โปรแกรมเก็บข้อมูลโทรศัพท์, โปรแกรมวิเคราะห์การแจกแจง บัวช่อง และเอ็กซ์โปเนนเชียล โปรแกรมวิเคราะห์ทาง? จากระบบงานจริง ทั้งนี้เพื่อความถูกต้องของข้อมูลและความสะดวกในการทำปฏินาพิเศษ แต่เพื่อความเหมาะสมในรายงานฉบับนี้ก็ขอกล่าวเพียง 2 โปรแกรมคือ โปรแกรม simulation ที่ใช้ในการจำลองแบบปัญหา และโปรแกรมเก็บข้อมูลโทรศัพท์

### 5.1 การเรียกใช้โปรแกรม simulation ที่ใช้ในการจำลองปัญหา

โปรแกรมนี้เขียนด้วยภาษา turbo basic โดยจะคำนวณข้อมูลและแสดงผลในขณะเดียวกัน โดยผู้ใช้สามารถเรียกใช้โปรแกรมได้เลย เพราะเนื่องจากว่าได้ทำการ compile โปรแกรมเรียบร้อยแล้วให้อยู่ในรูป EXE

โดยข้อจำกัดของโปรแกรมนี้คือจะใช้ได้เฉพาะสำหรับงานปัญหาเรื่อง "การจำลองปัญหาจำนวนบุคคลากรที่แผนกประชาสัมพันธ์โรงพยาบาลธนบุรี" โดยใช้เวลาขณะจำลองจะคงอยู่ในช่วงเวลา 8.00-12.00 น.

สำหรับการทำงานของโปรแกรมจะมีลักษณะดังนี้

A>SIM

จากนั้นก็ใส่ข้อมูล 3 ข้อมูลด้วยกันคือ

1. จำนวนผู้ให้บริการ โดยจะมีค่าเป็นเลขจำนวนเต็มตั้งแต่ 1-8
2. ตัวเลขเริ่มต้นของการผลิตตัวแปรสุ่ม โดยจะมีค่าเป็นเลขจำนวนเต็ม
3. จำนวนเครื่องโทรศัพท์ที่มีในเคาน์เตอร์ ตั้งแต่ 1-5 เครื่อง

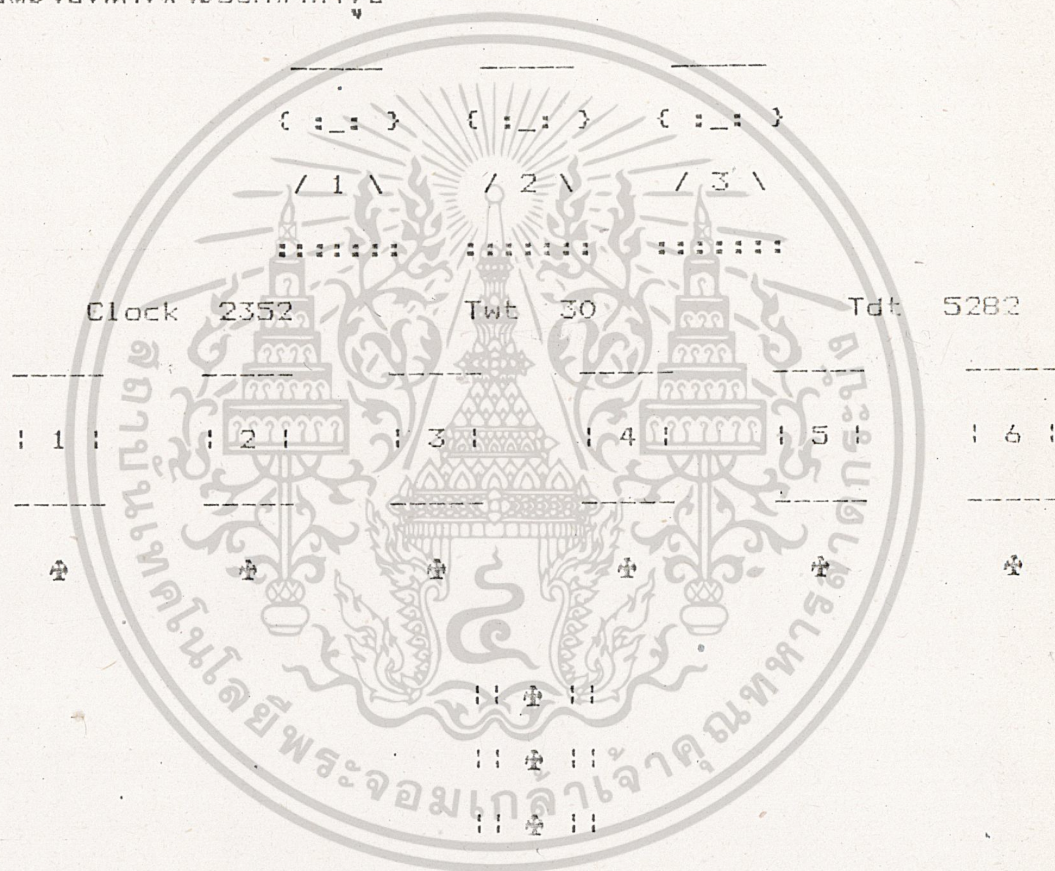
ตั้งตัวอย่าง

Amount of Server (1-8) = ? 6

Set Value of Randomize = ? 123

Amount of Telephone (1-5) = ? 3

ซึ่งจะลักษณะโปรแกรมจะออกมาดังรูป



Simulation T.B. Hospital

WL 4

TOTAL-WL 5

TOTAL-CALLING 9

Atnext

Dtnext.first

2382

Units 49

2364

8 : 37 : 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 การใช้โปรแกรมเก็บข้อมูลโทรศัพท์

โปรแกรมที่ผู้วิจัยได้นำไปใช้ในการเก็บข้อมูลทางโทรศัพท์ โดยกระทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 8.00 -12.00 น. โปรแกรมนี้เขียนด้วยภาษา Turbo Basic สำหรับการทำงานของโปรแกรมมีลักษณะดังนี้

A>TEL

หลังจากนั้นก็จะมีหน้าจอที่จะแสดงผลดังนี้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาควิชาสถิติประยุกต์

เวลาขณะนี้ 09:23:07

โทรศัพท์ที่เขามา/พูดเสร็จ

2

หมายเลขโทรศัพท์

1

2

3

เวลาที่เรียกมา

09:22:59

09:23:02

09:23:00

เวลาที่พูดเสร็จ

09:23:01

09:23:04

09:23:03

วิธีใช้ถ้ามีโทรศัพท์เขามา หรือ พูดเสร็จ ในกาดเลขหมายของโทรศัพท์เครื่องนั้น (ในงานวิจัยนี้โทรศัพท์ที่ด้วยกัน 3 เครื่อง ดังนั้นเลขหมายของเครื่องโทรศัพท์ตั้งแต่ 1 - 3 ) ที่หน้าจอขณะนั้นโทรศัพท์เครื่องนั้นกำลังใช้งานอยู่ หมายเลขโทรศัพท์ก็จะกระพริบ ส่วนเวลาที่โทรศัพท์ตั้ง หรือ เวลาที่ให้บริการเสร็จ โปรแกรมก็จะทำการบันทึก และ write เก็บเป็นแฟ้มข้อมูลให้ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

รายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้ เน้นให้เป็นแนวทางแก่ผู้บริหารในการตัดสินใจที่จะจัดจำนวนบุคลากรแผนกประชาสัมพันธ์เป็นไปด้วยความเหมาะสม เพื่อให้ระบบนี้มีความสามารถให้บริการอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยเจ้าหน้าที่ในด้านนี้ยังคงปฏิบัติงานในลักษณะเดิมอยู่ แต่จากสภาพการทำงานจริงของเจ้าหน้าที่ประชาสัมพันธ์นี้หน้าที่ที่ต้องกระทำต่างๆ หลายด้าน ดังนั้น ในส่วนของงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นเฉพาะหน้าที่ในส่วนงานที่บริเวณเคาน์เตอร์ซึ่งพนักงานประจำอยู่ประมาณ 6 คน

ผลจากปัญหาพิเศษนี้ผู้วิจัยได้ลองทำการทดลอง โดยการกำหนดจำนวนพนักงานตั้งแต่ 4 - 8 คน และนี้โทรศัพท์ อยู่ 3 เครื่อง เพื่อนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาจำนวนบุคลากรที่เหมาะสม ซึ่งผลจากการจำลองพอสรุปได้ดังนี้

- กำหนดให้จำนวนบุคลากร เท่ากับ 4 คน

เวลาสะสมในการคอย	10 ชม.	21 นาที	58 วินาที
เวลาเฉลี่ยในการคอย		3 นาที	2 วินาที
จำนวนรวมคนคอย	208.15004	คน	
จำนวนผู้ที่ได้รับบริการ	346.500	คน	
จำนวนผู้ที่เขาระบบ	354.750	คน	
จำนวนโทรศัพท์ที่เข้ามา	82.250	ครั้ง	
เวลาสะสมที่พนักงานว่าง	1 ชม.	15 นาที	31 วินาที
โอกาสที่พนักงานจะว่าง	7.850	เปอร์เซ็นต์	
โอกาสที่ลูกค้าจะคอย	58.670	เปอร์เซ็นต์	

## - กำหนดให้จำนวนบุคลากร เท่ากับ 5 คน

เวลาสะสมในการคอย	2 ชม.	7 นาที	25 วินาที
เวลาเฉลี่ยในการคอย		1 นาที	15 วินาที
จำนวนรวมคนคอย	101.700	คน	
จำนวนผู้ที่ได้รับบริการ	348.850	คน	
จำนวนผู้ที่เข้าระบบ	353.150	คน	
จำนวนโทรศัพท์ที่เข้ามา	80.250	ครั้ง	
เวลาสะสมที่พนักงานว่าง	3 ชม.	45 นาที	12 วินาที
โอกาสที่พนักงานจะว่าง	18.740	เปอร์เซ็นต์	
โอกาสที่ลูกค้าจะคอย	28.790	เปอร์เซ็นต์	

## - กำหนดให้จำนวนบุคลากร เท่ากับ 6 คน

เวลาสะสมในการคอย	34 นาที	15 วินาที	
เวลาเฉลี่ยในการคอย		43 วินาที	
จำนวนรวมคนคอย	47.700	คน	
จำนวนผู้ที่ได้รับบริการ	351.050	คน	
จำนวนผู้ที่เข้าระบบ	355.800	คน	
จำนวนโทรศัพท์ที่เข้ามา	82.600	ครั้ง	
เวลาสะสมที่พนักงานว่าง	6 ชม.	36 นาที	26 วินาที
โอกาสที่พนักงานจะว่าง	27.480	เปอร์เซ็นต์	
โอกาสที่ลูกค้าจะคอย	13.400	เปอร์เซ็นต์	

## - กำหนดให้จำนวนบุคลากร เท่ากับ 7 คน

เวลาสะสมในการคอย	9 นาที	23 วินาที	
เวลาเฉลี่ยในการคอย		30 วินาที	
จำนวนรวมคนคอย	18.500	คน	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนผู้ที่ได้รับบริการ	350.950	คน
จำนวนผู้ที่เข้าระบบ	355.400	คน
จำนวนโทรศัพท์ที่เข้ามา	82.250	ครั้ง
เวลาส่วนที่พนักงานว่าง	10 ชม. 6 นาที 14 วินาที	
โอกาสที่พนักงานจะว่าง	36.030	เปอร์เซ็นต์
โอกาสที่ลูกค้าจะคอย	5.200	เปอร์เซ็นต์

- กำหนดให้จำนวนบุคคลากร เท่ากับ 8 คน

เวลาส่วนในการคอย	3 นาที 3 วินาที	
เวลาเฉลี่ยในการคอย	27 วินาที	
จำนวนรวมคนคอย	6.750	คน
จำนวนผู้ที่ได้รับบริการ	349.600	คน
จำนวนผู้ที่เข้าระบบ	354.400	คน
จำนวนโทรศัพท์ที่เข้ามา	79.700	ครั้ง
เวลาส่วนที่พนักงานว่าง	14 ชม. 9 นาที 40 วินาที	
โอกาสที่พนักงานจะว่าง	44.150	เปอร์เซ็นต์
โอกาสที่ลูกค้าจะคอย	1.900	เปอร์เซ็นต์

จากผลการจำลองจำนวนบุคคลากรตั้งแต่ 4 - 8 คนนี้ ถ้าหากต้องการหาแนวทางในการกำหนดจำนวนบุคคลากรที่เหมาะสมนั้นกระทำได้หลายวิธี แต่ทั้งนี้ในการกำหนดจำนวนบุคคลากรนั้นจะขึ้นกับปัจจัยอื่น ๆ หลายประการ อาทิเช่น นโยบายของผู้บริหาร, สภาพเศรษฐกิจ ฯลฯ ซึ่งรายงานวิจัยฉบับนี้จะทำหน้าที่เพียงแคเป็นข้อมูลส่วนหนึ่งที่ช่วยผู้บริหาร

ไม่จำกัดใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัดสินใจในการกำหนดจำนวนบุคลากรที่เหมาะสมลงชนด้วยกนหลายวิธี แต่ในรายฉบับนี้ จะขอ  
กล่าวเสนอแนะเป็นแนวทางดังต่อไปนี้

- ถ้ากำหนดเวลาที่ลูกค้าจะต้องคอยไม่เกินคนละ 1 นาที และเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุดแล้ว จะได้ว่า จำนวนพนักงาน 6 คน จะเหมาะสมที่สุด
  - ถ้าต้องการให้บริการลูกค้าให้ได้นานโดยเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด แล้วจะได้ว่า จำนวนพนักงานเพียง 4 คน ดูจะเหมาะสมกว่า คือ ถึงแม้จำนวนพนักงานจะเพิ่มขึ้น แต่จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการก็ไม่ได้เพิ่มขึ้นตามไปด้วย
  - ถ้ากำหนดให้โอกาสที่ลูกค้าจะคอยไม่เกิน 10% และเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุดแล้ว จะได้ว่า จำนวนพนักงาน 7 คนจะเหมาะสมที่สุด
  - ถ้ากำหนดให้โอกาสที่พนักงานแต่ละคนว่างงานไม่เกิน 25% ของเวลางาน จะได้ว่าจำนวนพนักงาน 4 คนเหมาะสมที่สุด
- จากแนวทางต่าง ๆ ที่กำหนดขึ้นนั้นจะเห็นได้ว่าถ้าอู่เกณฑ์ที่ตั้งขึ้นต่างกัน ผลที่ได้ก็จะแตกต่างกัน เพราะฉะนั้นการตัดสินใจจึงขึ้นกับผู้บริหาร หรือผู้นำนานาจสูงสุด

ขอเสนอแนะ

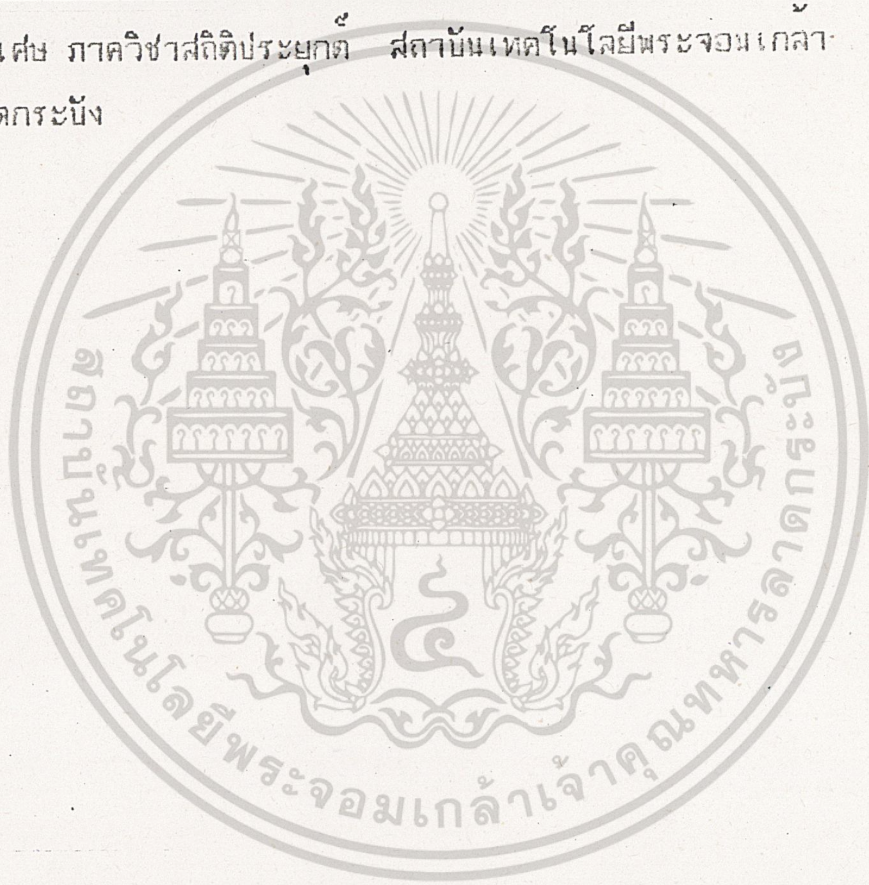
1. เนื่องจากที่กล่าวมาแล้วว่า งานแผนกประชาสัมพันธ์นี้หน้าทีมากมาย ประการด้วยกัน แต่งานวิจัยฉบับนี้ทำในส่วนงานที่เคาน์เตอร์เท่านั้น จึงยังขาดเกี่ยวกับรายละเอียดในงานส่วนอื่น ๆ เพื่อในงานวิจัยในเรื่องนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นจึงขอฝากในแก่ผู้สนใจต่อไปด้วยด้วย
2. ทั้งนี้เนื่องจากหลักการจำลองสามารถใช้ โปรแกรมในการประมวลผล ได้อย่างไรโปรแกรมซึ่งอยู่ในรูปโปรแกรมสำเร็จรูป อย่างเช่น Gpss หรือ Simscript เป็นต้น ซึ่งช่วยในการประมวลผลเร็วขึ้นแต่ทั้งนี้ควรคำนึงถึงค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ด้วย
3. ในการประเมินผลด้วยวิธีการจำลองนั้น ค่าตอบที่ได้ในลักษณะที่ควรจะเป็น เช่น ใค่นั้น มิใช่ค่าที่มีความเที่ยงตรงทีเดียวนัก และโปรแกรมจะมีความแม่นยำมากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่นำเข้มาต่าง ๆ ที่เก็บรวบรวมมาจากสภาพความเป็นจริง และความถูกต้อง เหมาะสมของแบบจำลองที่สร้างขึ้นแทนพฤติกรรมของระบบจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

## บรรณานุกรม

1. ดร.วิจิต หล่อจิระชุ่มกุล , ขบวนการตัดสินใจ , สถาบันพัฒนาบริหารศาสตร์
2. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ , การจำลองแบบปัญหา Simulation , ภาควิชา  
วิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. ประชัน ตริยะจามร และ ศุภชัย รัตนพวงษานนท์ , การใช้ simulation  
ศึกษาการให้บริการสินเชื่อประเภทหนึ่งของเจ้าหน้าที่อำนวยการสินเชื่อ ,  
รายงานปัญหาพิเศษ ภาควิชาสถิติประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

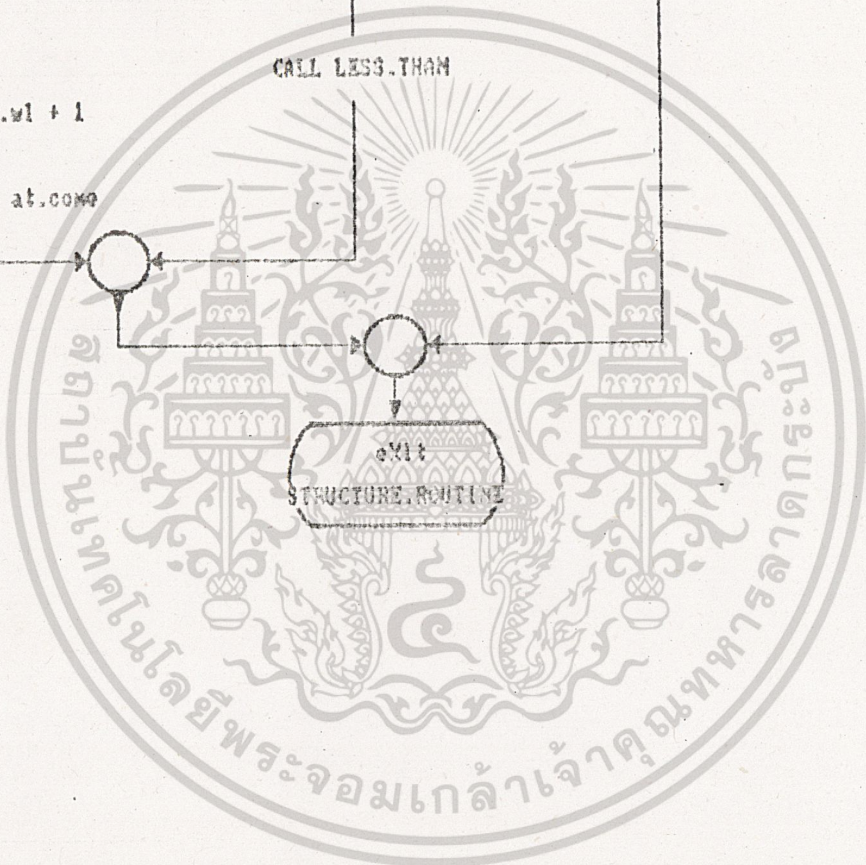
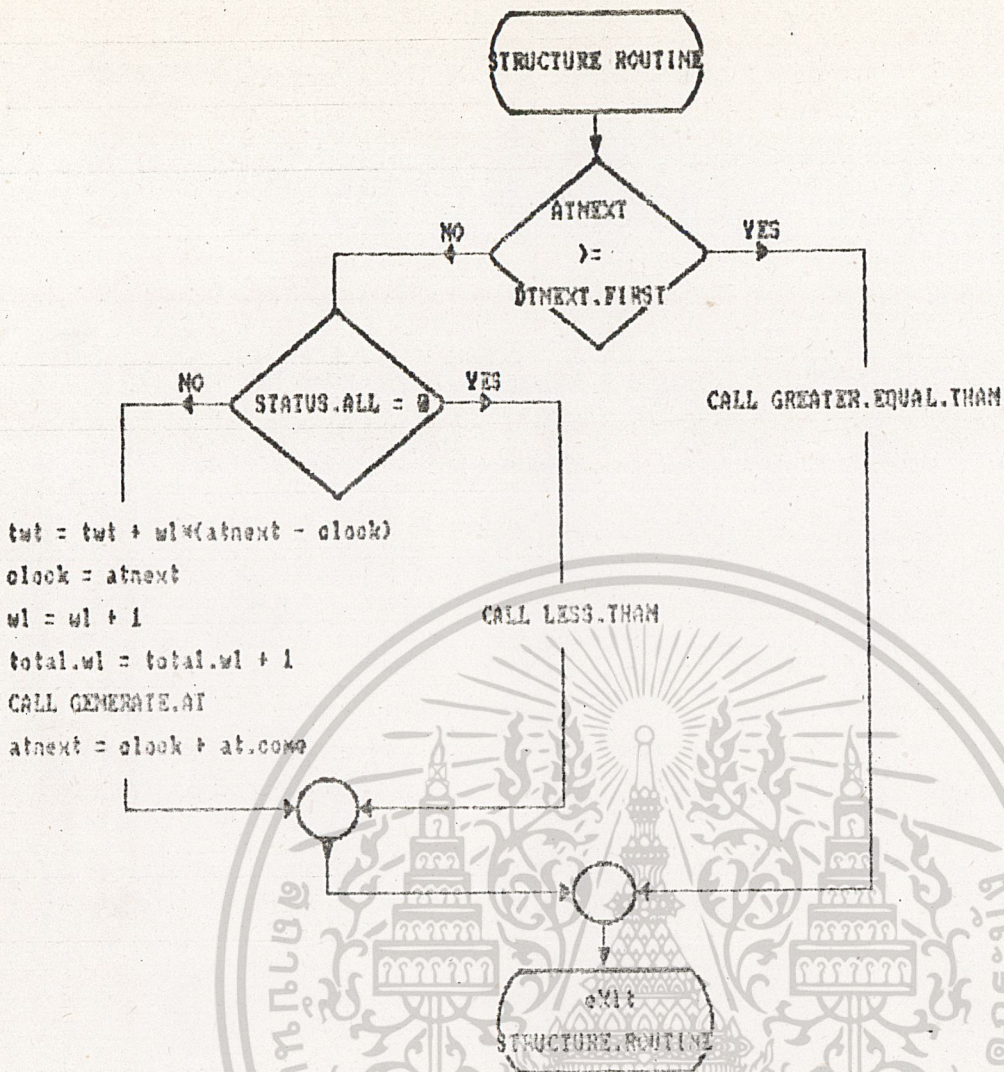


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก



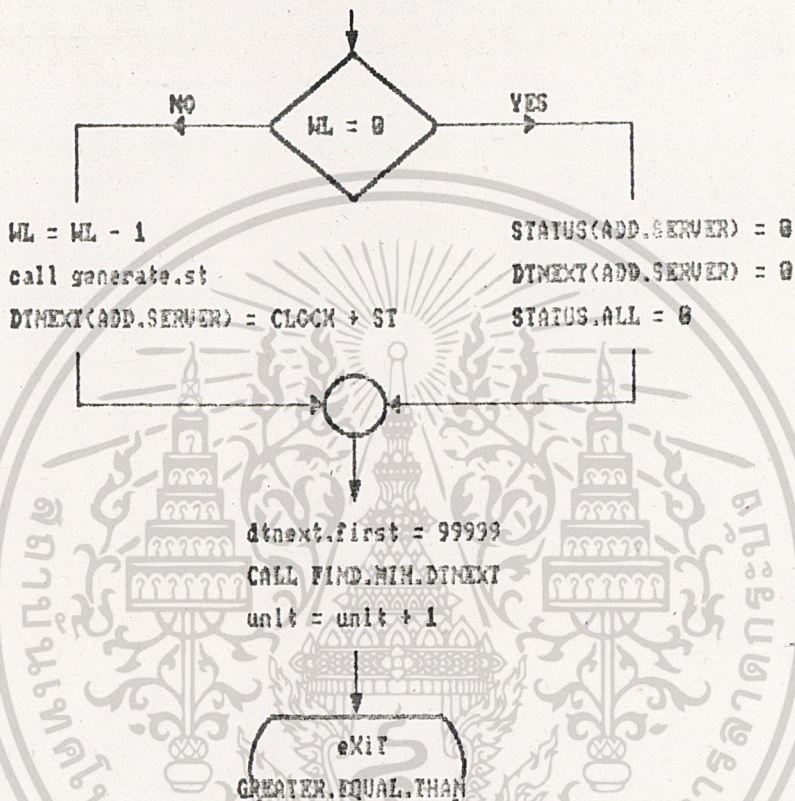
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



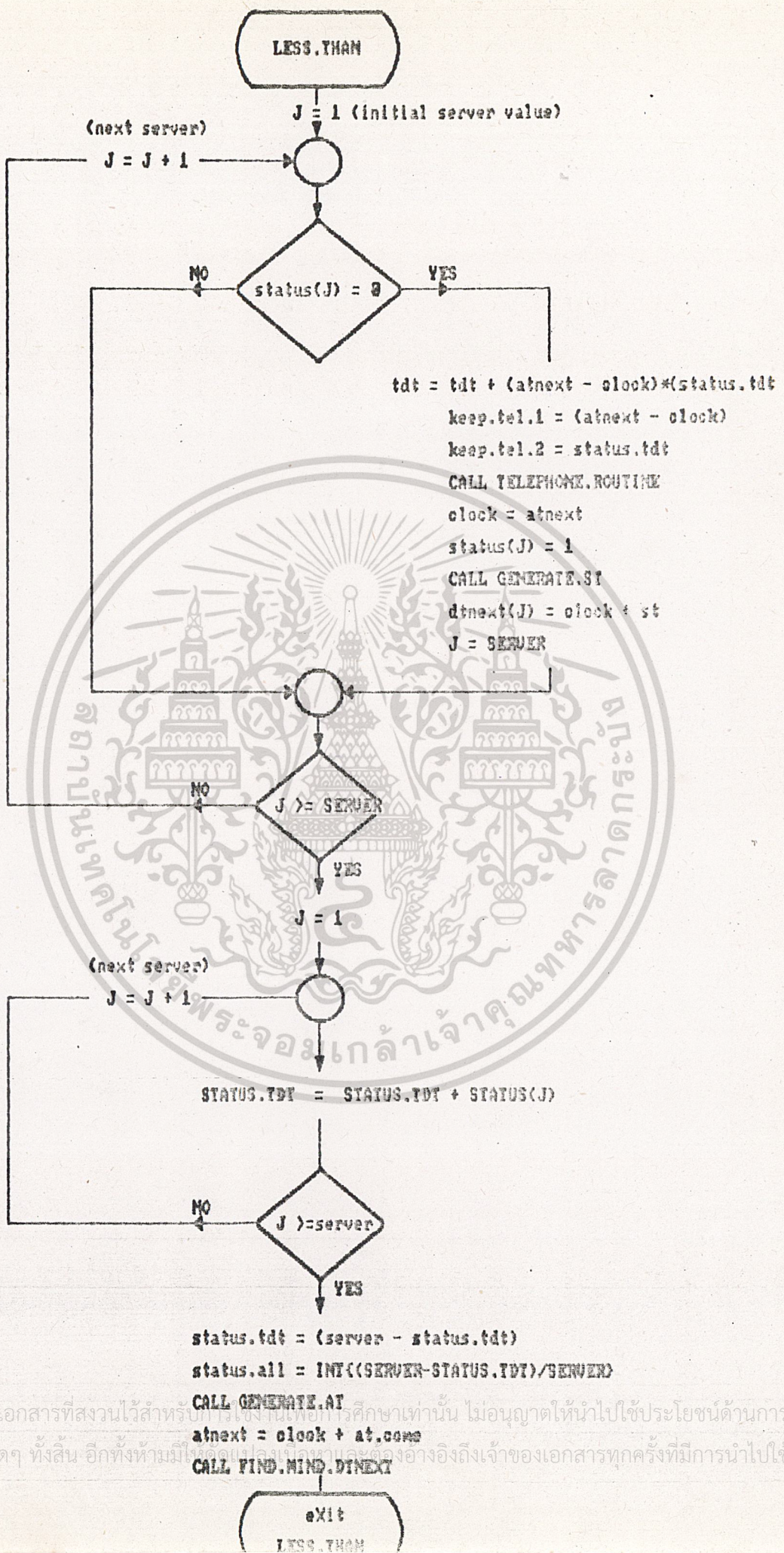
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GREATER.EQUAL.THAN

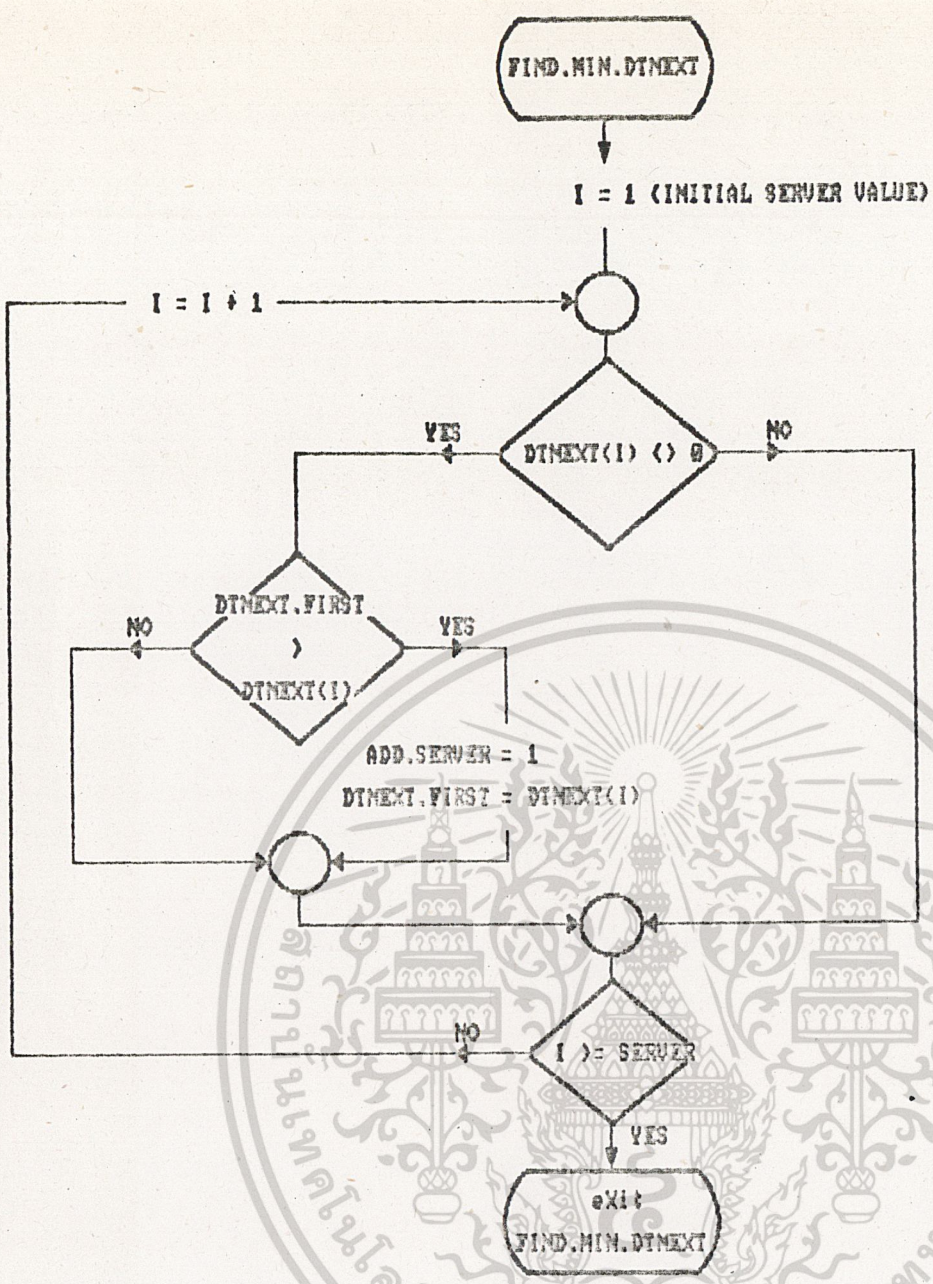
twt = twt + wl\*(dtnext.first - clock)  
tdt = tdt + (dtnext.first - clock)\*status.tdt  
keep.tel.1 = (dtnext.first - clock)  
keep.tel.2 = (status.tdt)  
CALL TELEPHONE.ROUTINE  
clock = dtnext.first



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



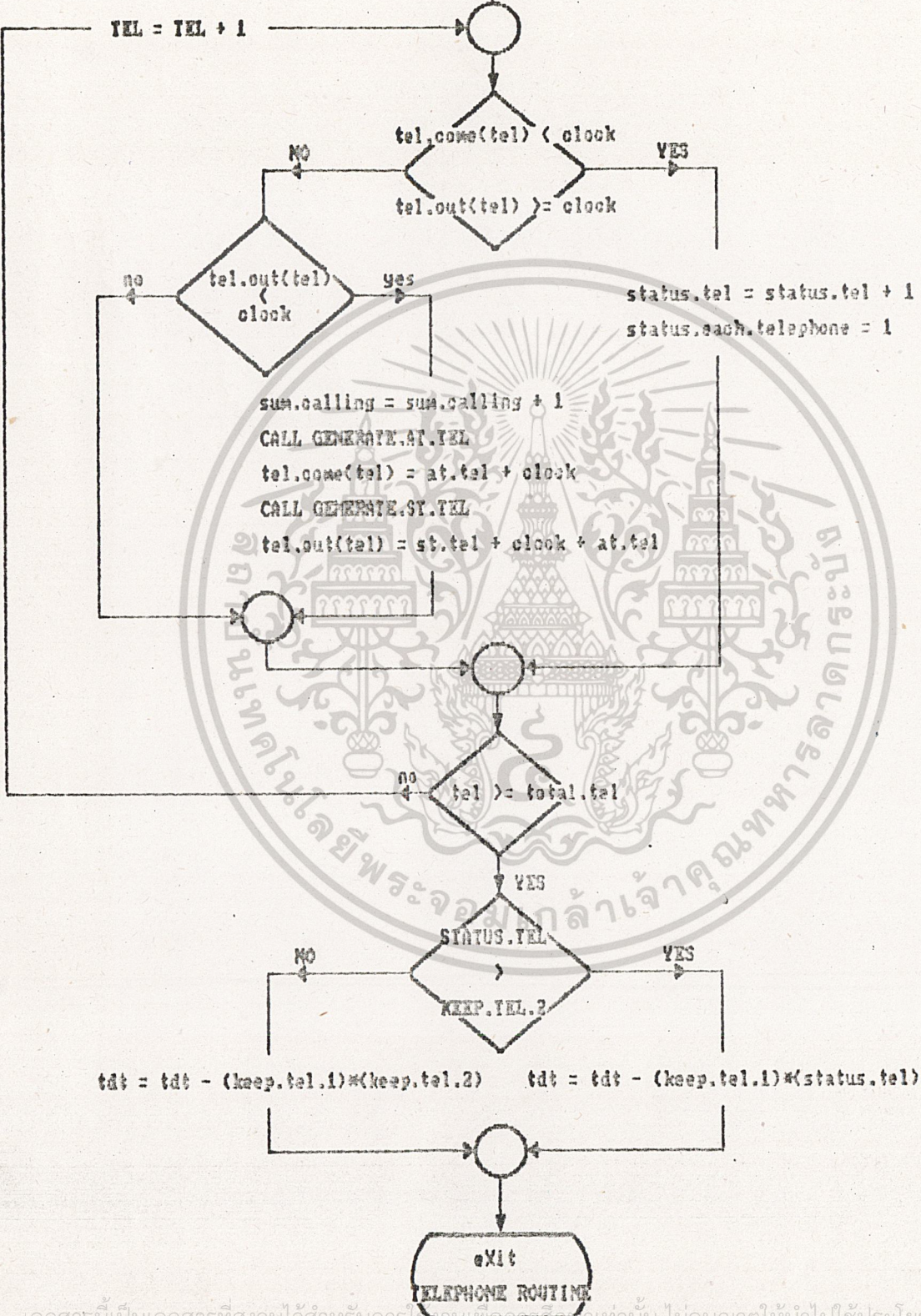
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกไปลงนิตยสารและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



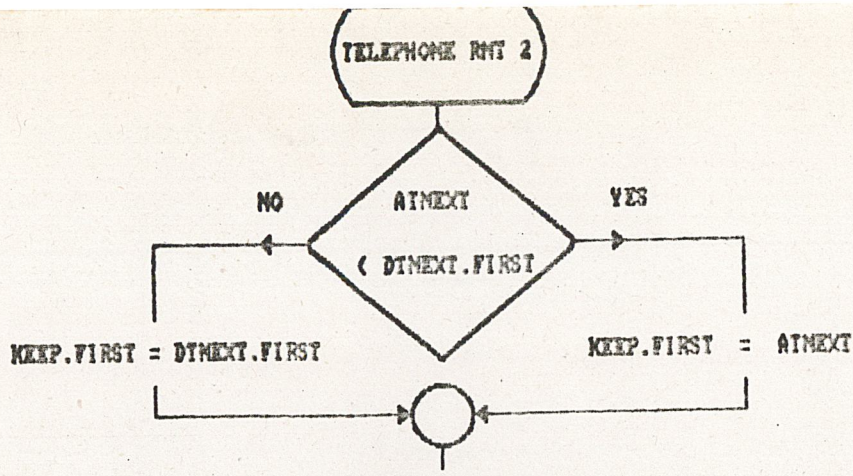
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TELEPHONE ROUTINE

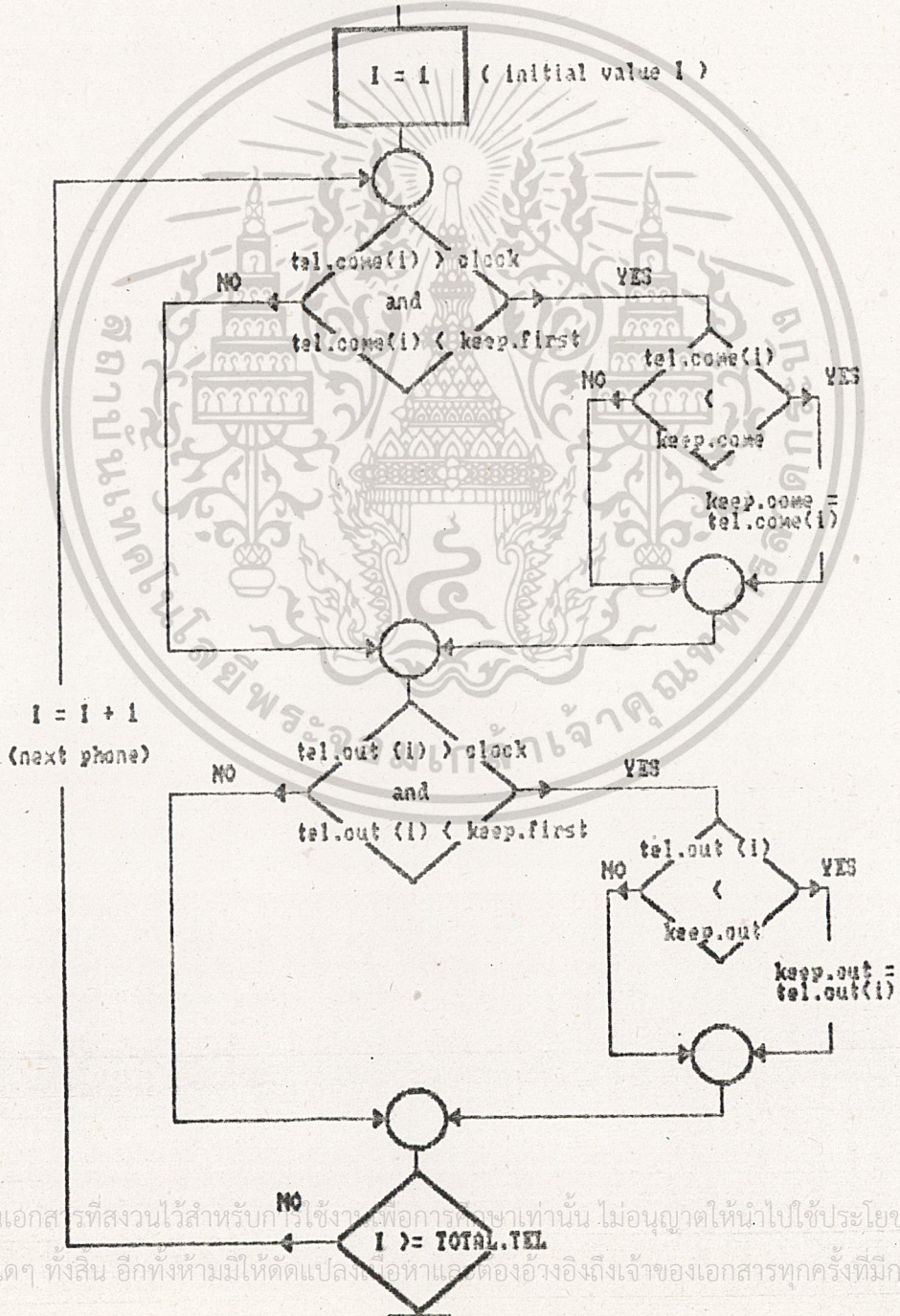
tel = 1 Initial value



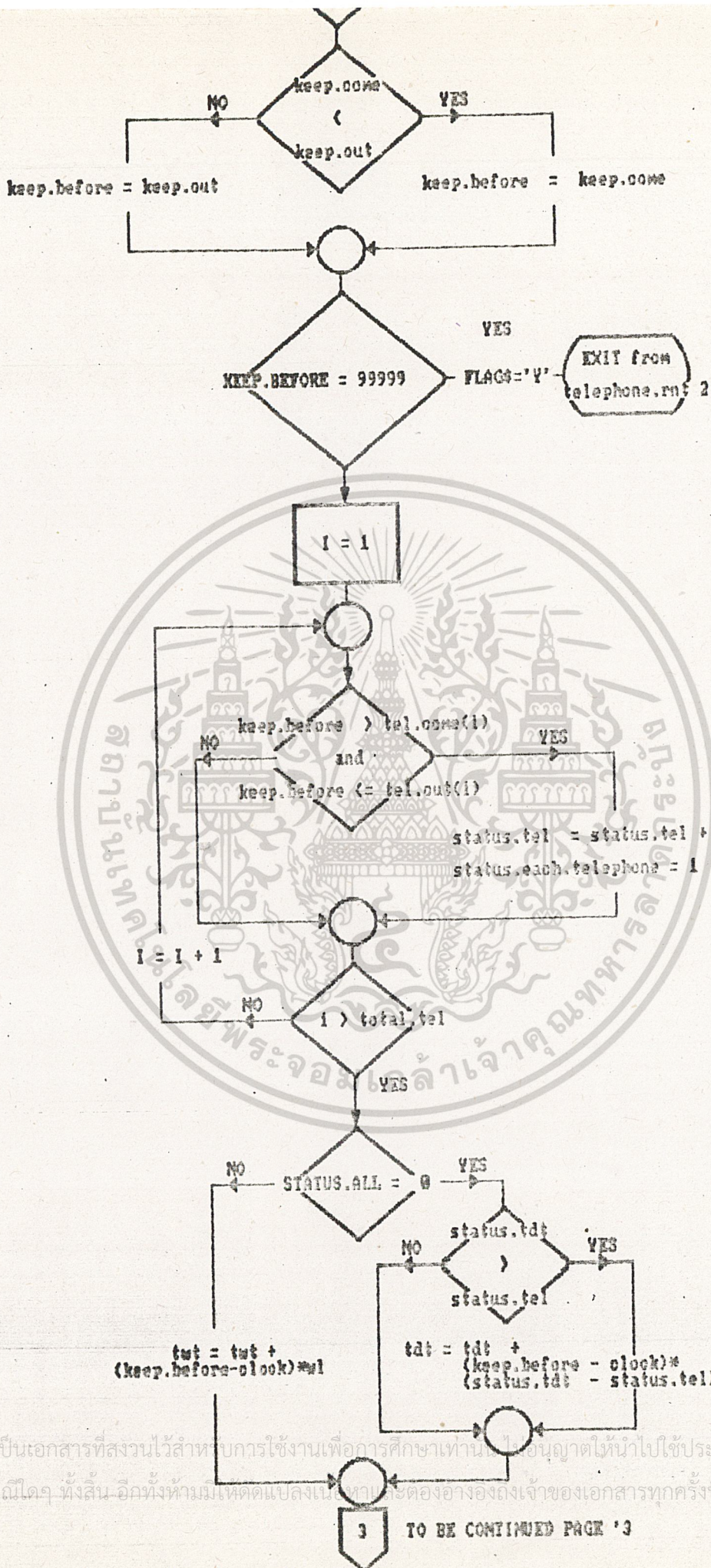
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



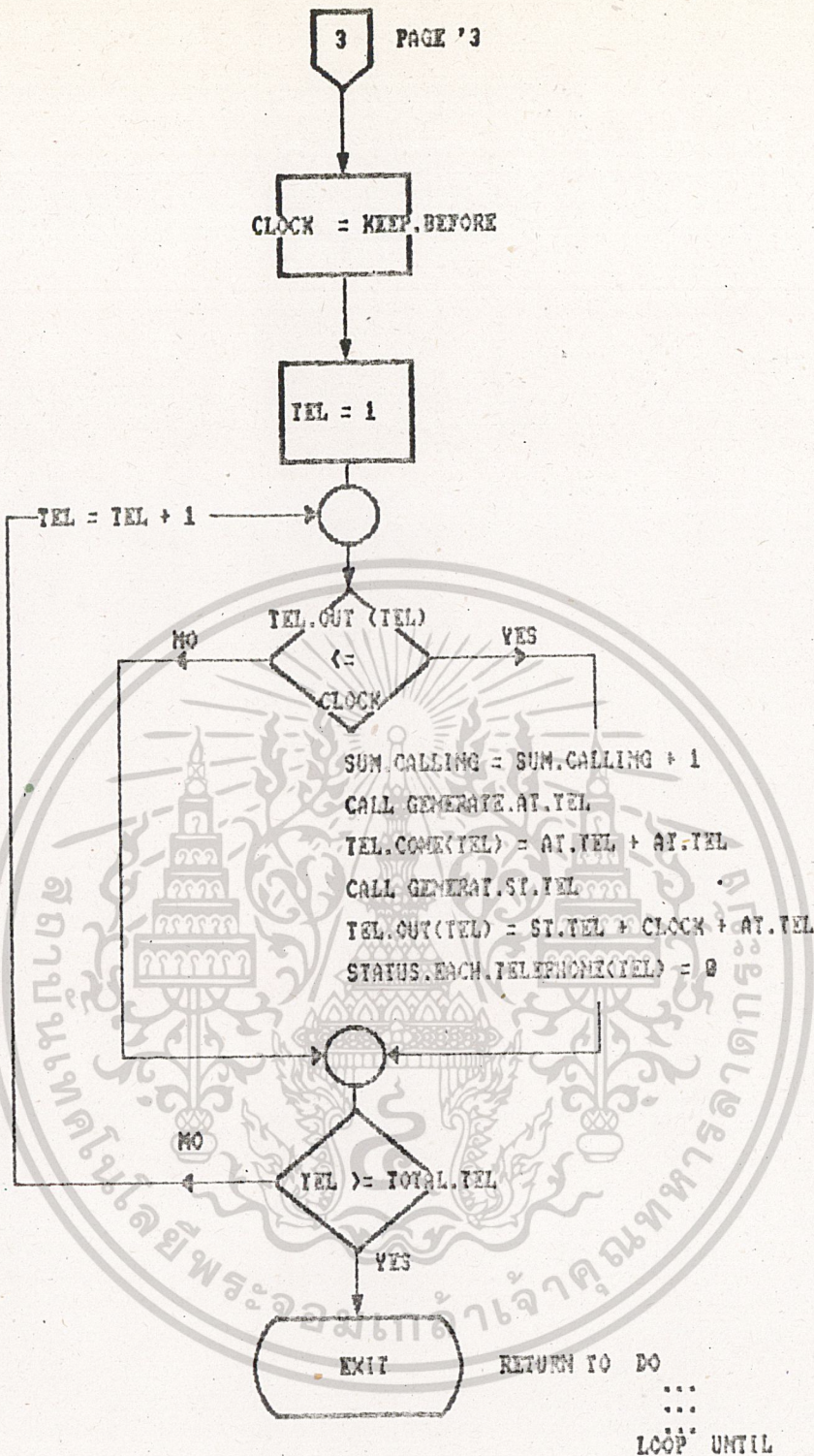
STATUS = 0  
 KEEP.COME = 99999  
 KEEP.OUT = 99999



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้ภายในเพื่อการรักษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อแหล่งอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม simulation ที่ใช้ในการจำลองงานวิจัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

*****
***** MAIN PROGRAM *****
*****
CLS
print
DIM DTNEXT(100),STATUS(100),tel.come(50),tel.out(50)
call read.parameters
call set.starting.conditions
    WHILE CLOCK < MAX

        FLAG$ = "N"
        DO
            GOSUB T2
        LOOP UNTIL FLAG$ = "Y"
        call structure.routine
        call print.result.to.monitor

    WEND
call print.result.to.printer
END
*****
***** READ PARAMETERS *****
*****
SUB READ.PARAMETERS
shared SERVER,MAX,SET.VALUE.RND,total.tel,a,b
locate 1,25:INPUT "Amount of Server(1-8) = ";SERVER
locate 2,5:INPUT "Set Value of Randomize = ";set.value.rnd
locate 2,40 : input "Amount of Telephone(1-5) = ";total.tel
CLS
RANDOMIZE set.value.rnd
MAX = 4 * 60 * 60
LOCATE 18:PRINT STRING$(27,CHR$(177));"Simulation T.B. Hospital";
PRINT STRING$(28,CHR$(177))
a = server / 2 - 3
b = total.tel / 2 - 3
for i = 1 to total.tel
locate 1,(i-b)*10+1 :?"_____"
locate 2,(i-b)*10 :?"{ :_ : }"
locate 3,(i-b)*10+1 :?" / \ "
locate 4,(i-b)*10 :?" : : : : : "
LOCATE 23,1:PRINT STRING$(78,CHR$(176))
LOCATE 23,33 :PRINT hh+8;": ";
next

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

*****
***** SET STARTING CONDITIONS *****
*****
sub set.starting.conditions
SHARED ATNEXT,DTNEXT.FIRST,DTNEXT(),STATUS.ALL,STATUS()
SHARED WL,CLOCK,UNIT
shared ST,MAX,AT.COME,TWT,TDT,STATUS.TDT,SERVER,ADD.SERVER
shared total.wl,total.tel,tel.come(),tel.out(),st.tel,at.tel
shared status.tel,sum.calling,keep.tel.1,keep.tel.2
ATNEXT      = 0      'arrange time next
DTNEXT.FIRST = 99999! 'delete time next (first)
'dtnext(1),...,dtnext(server)= 0 delete time next
STATUS.ALL   = 0      'status of all server
'status(1),...,status(server)=0 status of each server
WL           = 0      'length of queue
total.wl    = 0      'sum amount of queue
CLOCK       = 0      'time while simulation
UNIT        = 0      'amount of successful customer
ST          = 0      'randomize time for service
'MAX        = 4      'all time of simulation (hours)
AT.COME     = 0      'interval of arrival of time
TWT         = 0      'randomize arrival time of customer
TDT         = 0      'total idel time of server
STATUS.TDT  = SERVER 'amount of idel server
ADD.SERVER  = 0      'stack of position success customer
'SERVER     = ?      'amount of server
total.tel   = 3      'amount of telephone on counter
'tel.come(1),...,tel.come(total.tel)=0
'keep arrival time of each telephone
'tel.out(1),...,tel.out(total.tel) =0
'keep delete time of each telephone
st.tel      = 0      'randomize time of service telephone
at.tel      = 0      'randomize time of arrival telephone
status.tel  = 0      'amount of calling telephone (0-total.tel)
sum.calling = 0      'sumation of status.tel
keep.tel.1  = 0      'keep value (atnext - clock) in structure routine
keep.tel.2  = 0      'keep value (status.tdt) in structure routine

    for tel = 1 to total.tel
        CALL generate.at.tel
        tel.come(tel) = at.tel + clock
        CALL generate.st.tel
        tel.out(tel) = st.tel + clock + .at.tel

    next tel
CALL Generate.At
ATNEXT = CLOCK + AT.COME
END SUB

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

*****
***** TELEPHONE ROUTINE *****
*****

```

T2:

```

    if ATNEXT < DTNEXT.FIRST THEN keep.first = atnext
    else KEEP.FIRST = DTNEXT.FIRST
    end if
STATUS.TEL = 0 : KEEP.COME = 99999 : KEEP.OUT = 99999
FOR I = 1 TO TOTAL.TEL
    if TEL.COME(I) > CLOCK AND TEL.COME(I) < KEEP.FIRST then
        if TEL.COME(I) < KEEP.COME then
            KEEP.COME = TEL.COME(I)
        end if
    end if
    if TEL.OUT(I) > CLOCK AND TEL.OUT(I) < KEEP.FIRST then
        if TEL.OUT(I) < KEEP.OUT then
            KEEP.OUT = TEL.OUT(I)
        end if
    end if
NEXT
    if KEEP.COME < KEEP.OUT then
        KEEP.BEFORE = KEEP.COME
    else KEEP.BEFORE = KEEP.OUT
    end if
IF KEEP.BEFORE = 99999 THEN FLAG$ = "Y"
ELSE
    FOR I = 1 TO TOTAL.TEL
        if KEEP.BEFORE > TEL.COME(I) AND KEEP.BEFORE <= TEL.OUT(I)
            then STATUS.TEL = STATUS.TEL + 1
        end if
    NEXT
        if STATUS.ALL = 0 then
            if STATUS.TDT > STATUS.TEL then
                TDT = TDT +
                    (KEEP.BEFORE-CLOCK) * (STATUS.TDT - STATUS.TEL)
            end if
            else TWT = TWT + (KEEP.BEFORE-CLOCK) * WL
            end if
    CLOCK = KEEP.BEFORE
    FOR TEL = 1 TO TOTAL.TEL
        if TEL.OUT(TEL) <= CLOCK then
            sum.calling = sum.calling + 1
            call.generate.at.tel
            tel.come(TEL) = at.tel + clock
            call.generate.st.tel
            tel.out(TEL) = st.tel + clock + at.tel
        end if
    NEXT
END IF

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
*****  
***** S T R U C T U R E   R O U T I N E   *****  
*****
```

```
SUB STRUCTURE.ROUTINE  
SHARED ATNEXT,DTNEXT.FIRST,DTNEXT(),STATUS.ALL,STATUS()  
SHARED WL,CLOCK,UNIT,MAX,SERVER,TDT,TWT  
SHARED ST,AT.COME,STATUS.TDT,SERVER,ADD.SERVER,TOTAL.TEL  
SHARED total.wl,keep.tel.1,keep.tel.2,tel.out(),at.tel,st.tel  
SHARED TEL.COME(),SUM.CALLING
```

```
if ATNEXT >= DTNEXT.FIRST then CALL GREATER.EQUAL.THAN  
  elseif STATUS.ALL = 0 then CALL LESS.THAN  
  else
```

```
    TWT=TWT+WL*(ATNEXT-CLOCK)  
    CLOCK = ATNEXT  
    WL = WL + 1  
    TOTAL.WL = TOTAL.WL + 1  
    CALL Generate.At  
    ATNEXT = CLOCK + AT.COME
```

```
end if  
END SUB
```

```
*****  
***** A T N E X T > = D T N E X T . F I R S T *****  
*****
```

```
SUB greater.equal.than  
SHARED ATNEXT,DTNEXT.FIRST,DTNEXT(),STATUS.ALL,STATUS()  
SHARED WL,CLOCK,UNIT,MAX,SERVER  
SHARED ST,AT.COME,TWT,TDT,STATUS.TDT,ADD.SERVER  
SHARED KEEP.TEL.1,KEEP.TEL.2,STATUS.TEL
```

```
  TWT=TWT+WL*(DTNEXT.FIRST-CLOCK)  
  TDT=TDT+(DTNEXT.FIRST-CLOCK)*STATUS.TDT
```

```
  keep.tel.1 = Dtnext.FIRST-clock  
  keep.tel.2 = status.tdt  
  call telephone.routine
```

```
  CLOCK=DTNEXT.FIRST
```

```
  if WL = 0 then  
    STATUS(ADD.SERVER) = 0  
    DTNEXT(ADD.SERVER) = 0  
    STATUS.ALL = 0
```

```
  else
```

```
    WL =WL - 1  
    CALL GENERATE.ST  
    DTNEXT(ADD.SERVER) = CLOCK + ST
```

```
  end if
```

```
  DTNEXT.FIRST = 99999!  
  call Find.Min.Dtnext  
  UNIT = UNIT + 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

*****
***** ATNEXT < DTNEXT . FIRST *****
*****
SUB LESS.THAN
SHARED ATNEXT,DTNEXT.FIRST,DTNEXT(),STATUS.ALL,STATUS()
SHARED WL,CLOCK,UNIT,AMX,SERVER
SHAERD ST,AT.COME,TWT,TDT,STATUS.TDT,ADD.SERVER
SHARED keep.tel.1,keep.tel.2

```

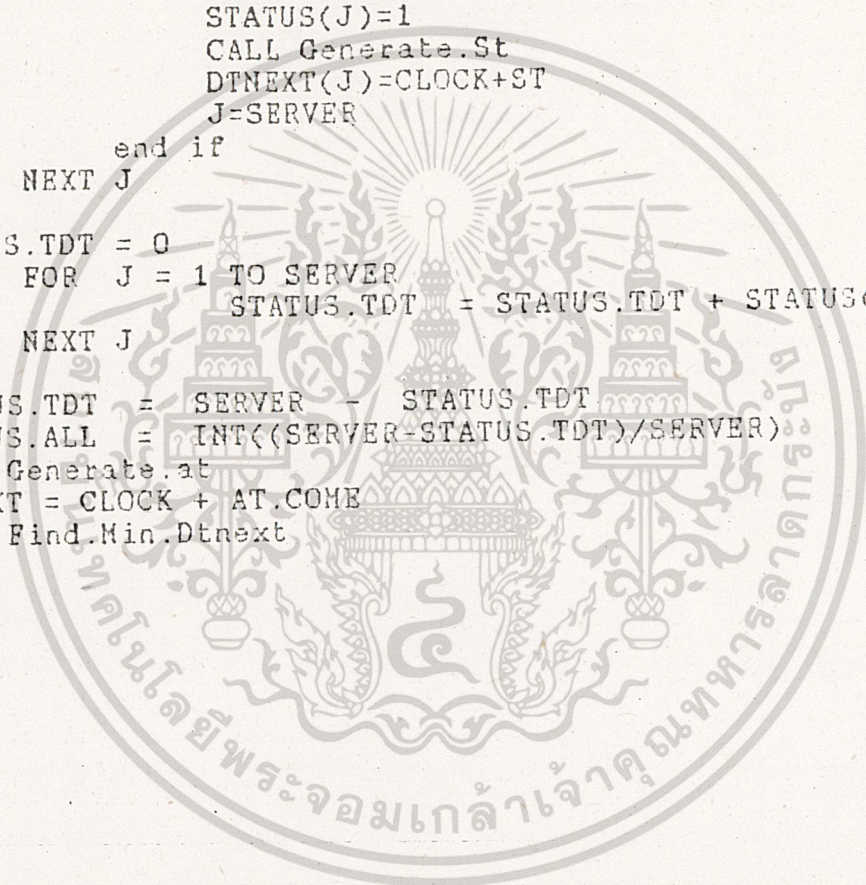
```

FOR J = 1 TO SERVER
  IF STATUS(J) = 0 THEN
    TDT=TDT+(ATNEXT-CLOCK)*STATUS.TDT
    keep.tel.1 = atnext-clock
    keep.tel.2 = status.tdt
    call telephone.routine
    CLOCK=ATNEXT
    STATUS(J)=1
    CALL Generate.St
    DTNEXT(J)=CLOCK+ST
    J=SERVER
  END IF
NEXT J

STATUS.TDT = 0
FOR J = 1 TO SERVER
  STATUS.TDT = STATUS.TDT + STATUS(J)
NEXT J

STATUS.TDT = SERVER - STATUS.TDT
STATUS.ALL = INT((SERVER-STATUS.TDT)/SERVER)
CALL Generate.at
ATNEXT = CLOCK + AT.COME
CALL Find.Min.Dtnext

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

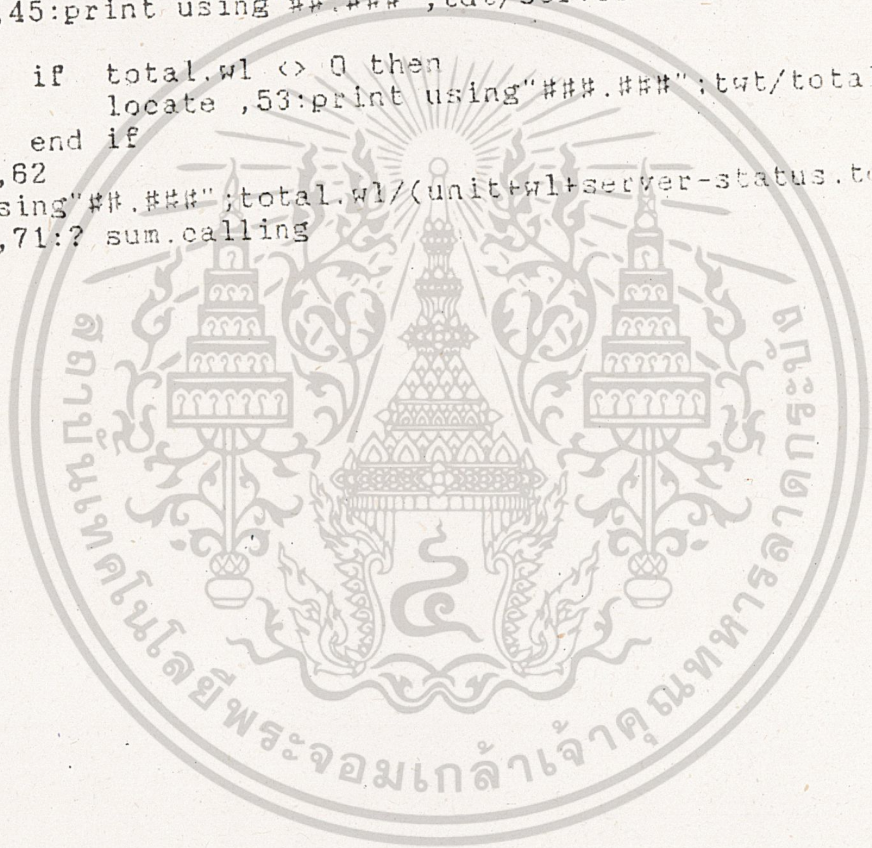
*****
***** PRINT RESULT TO PRINTER *****
*****
SUB print.result.to.printer
  SHARED ATNEXT,DTNEXT.FIRST,DTNEXT(),STATUS.ALL,STATUS()
  SHARED WL,CLOCK,UNIT,MAX,SERVER,TDT,TWT
  SHARED ST,AT.CONE,STATUS.TDT,ADD.SERVER
  SHARED total.wl,set.value.rnd,sum.calling

  LOCATE ,2
  BEEP :BEEP :BEEP
  print set.value.rnd;
  locate ,6:?clock;
  locate ,13:?twt;
  print tab(19)tdt;tab(26)total.wl;
  print tab(31)unit;tab(39) unit+wl+server-status.tdt;
  locate ,45:print using"##.###";tdt/server*100/clock;

      if total.wl <> 0 then
        locate ,53:print using"##.###";twt/total.wl;
      end if

  locate ,62
  print using"##.###";total.wl/(unit+wl+server-status.tdt)*100;
  locate ,71:? sum.calling
END SUB

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

*****
***** PRINT RESULT TO MONITOR *****
*****
SUB print.result.to.monitor
SHARED ATNEXT,DTNEXT.FIRST,DTNEXT(),STATUS.ALL,STATUS()
SHARED WL,CLOCK,UNIT,MAX,SERVER,TDT,TWT
SHARED ST,AT.COME,STATUS.TDT,ADD.SERVER,A,B
SHARED total.wl,sum.calling,TOTAL.TEL ,status.EACH.telephone()
LOCATE 5,15:PRINT"Clock ";;COLOR 0,7 :PRINT CLOCK : COLOR 7,0
LOCATE 5,35:PRINT"Twt ";;COLOR 0,7:PRINT TWT :COLOR 7,0
LOCATE 5,55:PRINT"Tdt ";;COLOR 0,7:PRINT TDT :COLOR 7,0
FOR I = 1 TO SERVER
  LOCATE 6,(I-a)*10+1:PRINT"-----"
  LOCATE 8,(I-a)*10+1:PRINT"-----"
  if STATUS(I) = 0 then
    LOCATE 7,(I-a)*10+1:PRINT"|";I;"|":LOCATE 9,(I-a)*10+3:PRINT" "
  else
    LOCATE 7,(I-a)*10+1:PRINT"|";:COLOR 31,0
    PRINT I;:COLOR 7,0:PRINT"|":LOCATE 9,(I-a)*10+3:PRINT CHR$(5)
  end if
NEXT I
LOCATE 21 :PRINT TAB(10)"Atnext";TAB(55)"Dtnext.first"
LOCATE 22,11:COLOR 0,7 :PRINT ATNEXT: COLOR 7,0
LOCATE 22,58:PRINT " "
LOCATE 22,58:COLOR 0,7 :PRINT DTNEXT.FIRST: COLOR 7,0
LOCATE 20,9 :PRINT"WL "":LOCATE 20,12:COLOR 0,7:PRINT WL
LOCATE 20,29:PRINT"TOTAL-WL":LOCATE 20,38:COLOR 0,7:PRINT total.WL
COLOR 7,0
LOCATE 20,51 :PRINT"TOTAL-CALLING":LOCATE 20,67:COLOR 0,7
PRINT sum.calling : COLOR 7,0
  FOR I = 1 TO TOTAL.TEL
    if status.EACH.telephone(I) = 1 THEN
      LOCATE 3,(I-b)*10+2:COLOR 31,0:? I: COLOR 7,0
    else LOCATE 3,(i-b)*10+2:? I
    end if
  NEXT
LOCATE 22,32 :PRINT"Units ";;COLOR 0,7:PRINT UNIT:COLOR 7,0
  if WL < 7 then WL.PRINT = WL
  end if
  FOR I = 1
    LOCATE 10 +I,35:PRINT"!! ";CHR$(5);" !!"
  NEXT
  FOR I = WL.PRINT+1 TO WL.PRINT.2
    LOCATE 10+I,35:PRINT"!! ";CHR$(32);" !!"
  NEXT
  WL.PRINT.2 = WL.PRINT
  hh = int(clock/3600)
  mm = int((clock-hh*3600)/60)
  ss = (clock-hh*3600-mm*60)
  if h+8 <> hh+8 then
    LOCATE 23,33 :PRINT hh+8 : beep:beep
  end if
  if m <> mm then
    locate 23,36 :print ":";mm
  end if
  locate 23,40 :print ":";ss
  h=hh : m=mm : s=ss
  ไม่ควรพิมพ์สีหรือพิมพ์งาที่เปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
END SUB

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

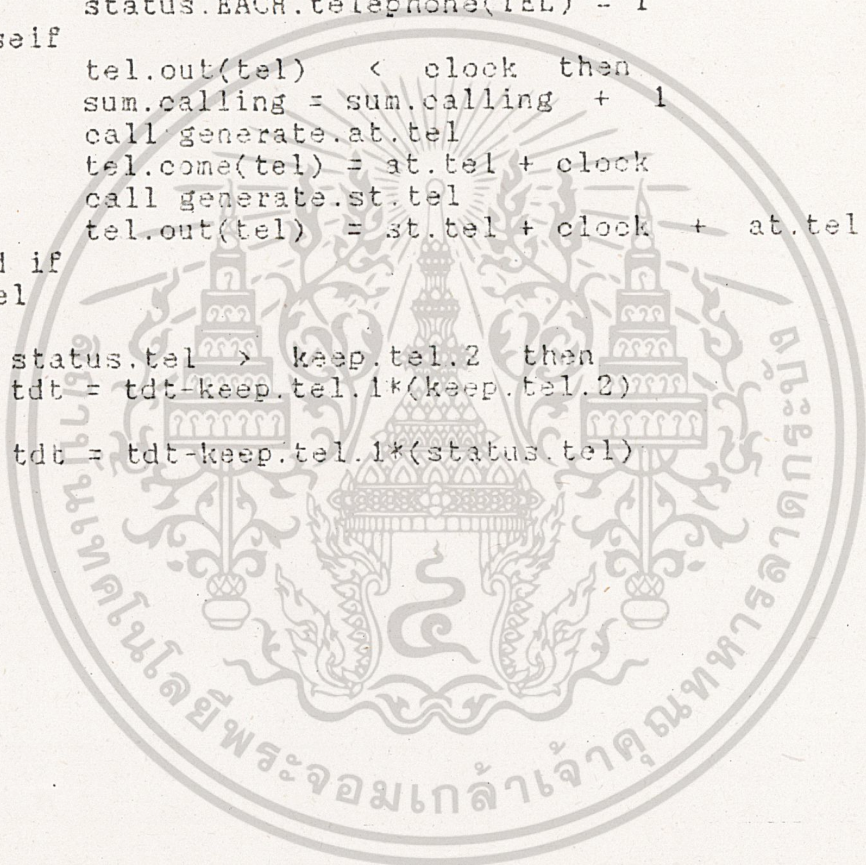
```

*****
***** TELEPHONE ROUTINE *****
*****
SUB telephone.routine
shared status.tel,total.tel,tel.come(),tel.out()
shared clock,sum.calling,at.tel,st.tel
shared keep.tel.1,keep.tel.2,tdt,status.EACH.telephone()

status.tel = 0
for tel = 1 to total.tel
  if tel.come(tel) < clock and tel.out(tel) >= clock then
    status.tel = status.tel + 1
    status.EACH.telephone(TEL) = 1
  elseif
    tel.out(tel) < clock then
      sum.calling = sum.calling + 1
      call generate.at.tel
      tel.come(tel) = at.tel + clock
      call generate.st.tel
      tel.out(tel) = st.tel + clock + at.tel
    end if
  next tel

  if status.tel > keep.tel.2 then
    tdt = tdt-keep.tel.1*(keep.tel.2)
  else
    tdt = tdt-keep.tel.1*(status.tel)
  end if
END SUB

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

*****
***** GENERATE SERVICE TIME *****
*****
SUB GENERATE.ST
  SHARED ST
  rnd.ST = RND
  st     = -133.2204*LOG(RND.ST)
  st     = INT(st)
END SUB

```

```

*****
***** GENERATE ARRIVAL TIME *****
*****
SUB GENERATE.AT
  SHARED AT.COME
  RND.AT = RND
  AT.COME = -300/7.375*LOG(RND.AT)
  AT.COME = INT(AT.COME)
END SUB

```

```

*****
* GENERATE SERVICE TIME TELEPHONE *
*****
SUB GENERATE.st.tel
  SHARED st.tel
  RND.st = RND
  st.tel = -68.0645*LOG(RND.st)
  st.tel = INT(st.tel)
END SUB

```

```

*****
* GENERATE ARRIVAL TIME TELEPHONE *
*****
SUB GENERATE.AT.tel
  SHARED AT.tel,total.tel
  RND.AT = RND
  AT.tel = -3*300/1.9375*LOG(RND.AT)
  AT.tel = INT(AT.tel)
END SUB

```

```

*****
***** FIND MINIMUM(DTNEXT) *****
*****
SUB FIND.MIN.DTNEXT
  SHARED SERVER,DTNEXT(),DTNEXT.FIRST,ADD.SERVER
  FOR I = 1 TO SERVER
    IF DTNEXT(I) <> 0 THEN
      IF DTNEXT.FIRST > DTNEXT(I) THEN
        DTNEXT.FIRST = DTNEXT(I)
        ADD.SERVER = I
      END IF
    END IF
  END IF
NEXT
END SUB

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

----- M A I N P R O G R A M -----

```

DIM status(3),time.a(3),time.d(3),a$(15),p$(15)
input "output file (telephone) and drive ";phone$
open"o",#1,"PHONE$"
cls : gosub display.screen
locate 8,45 :COLOR 0,7 :?TIME$:COLOR 7,0
locate 13,39 :? "-----"
locate 15,39 :? "-----"

```

do

```

tt$ = left$(time$,2)
call CHECK.TELEPHONE.NUMBER
LOCATE 11,49 :?dat$
locate 11,55 :? "

```

```

if dat$<"1" or dat$ >"3" then
beep:beep

```

```

locate 11,55 : color 31,0:? "Press 1 or 2 or 3":color 7,0
elseif dat$ ="1" and status(1) = 0 then

```

```

status(1) = 1

```

```

time.a$(1) = time$

```

```

locate 14,40 :color 31,0:? "1":color 7,0

```

```

locate 17,37:?time.a$(1)

```

```

locate 20,37:? "

```

```

elseif dat$="1" then

```

```

status(1) = 0

```

```

time.d$(1) = time$

```

```

locate 14,40:? "1"

```

```

print#1,time.a$(1),time.d$(1),1

```

```

locate 20,37:?time.d$(1)

```

```

elseif dat$ ="2" and status(2) = 0 then

```

```

status(2) = 2

```

```

time.a$(2) = time$

```

```

locate 14,50 :color 31,0:? "2":color 7,0

```

```

locate 17,47:?time.a$(2)

```

```

locate 20,47:? "

```

```

elseif dat$="2" then

```

```

status(2) = 0

```

```

time.d$(2) = time$

```

```

locate 14,50:? "2"

```

```

print#1,time.a$(2),time.d$(2),2

```

```

locate 20,47:?time.d$(2)

```

```

elseif dat$ ="3" and status(3) = 0 then

```

```

status(3) = 3

```

```

time.a$(3) = time$

```

```

locate 14,60 :color 31,0:? "3":color 7,0

```

```

locate 17,57:?time.a$(3)

```

```

locate 20,57:? "

```

```

elseif dat$="3" then

```

```

status(3) = 0

```

```

time.d$(3) = time$

```

```

locate 14,60:? "3"

```

```

print#1,time.a$(3),time.d$(3),3

```

```

locate 20,57:?time.d$(3)

```

```

end if

```

```

loop until tt$ = "13"

```

```

CLOSE#1

```

```

call THANK.YOU

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ .

```

----- CHECK TELEPHONE NUMBER -----
sub CHECK.TELEPHONE.NUMBER
shared dat$
do
    dat$ = inkey$
    LOCATE 8,45 :COLOR 0,7 :?TIME$:COLOR 7,0
loop until dat$ <> ""
end sub

```

```

----- DISPLAY SCREEN -----
SUB DISPLAY.SCREEN
NOUN$="สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง"
ln=0:clmn=20:call thai.3.line
noun$="ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์"
ln=1:clmn=32:call thai.3.line
noun$="เวลาขณะนั้น"
ln=2:clmn=30:call thai.3.line
noun$="โทรศัพท์ โทร. เขษณา/พวคเสรมจ"
ln=3:clmn=23:call thai.3.line
noun$="หมายเลขโทรศัพท์"
ln=4:clmn=18:call thai.3.line
noun$="เวลาท. เร.ษณณา"
ln=5:clmn=18:call thai.3.line
noun$="เวลาท. พวคเสรมจ"
ln=6:clmn=18:call thai.3.line
RETURN

```

```

----- THAI 3 LINES -----
sub thai.3.line
shared noun$,ln,clmn
O1=LEN(NOUN$) :FOR O = 1 TO O1
FLAG$=MID$(NOUN$,O,1)
IF FLAG$ <= CHR$(214) THEN
    I=I+1:C1$=FLAG$:KEEP=I:HELP=0
ELSEIF FLAG$ =CHR$(215) OR FLAG$=CHR$(216) THEN
    D1$ =FLAG$
ELSEIF FLAG$>=CHR$(217) AND HELP=0 THEN
    B1$=FLAG$:HELP=1:B2$=B1$
END IF
IF FLAG$>=CHR$(224) AND FLAG$<=CHR$(228) AND
HELP <> 0 AND B1$ <> FLAG$ THEN HELP=0:Z1=ASC(FLAG$)
IF B2$=CHR$(217) THEN Z1=Z1+14
ELSEIF B2$=CHR$(221) THEN Z1=Z1+10
ELSEIF B2$>=CHR$(218) AND B2$<=CHR$(220) THEN
    Z1=Z1+19+4*(ASC(B2$)-218)
END IF
B1$=CHR$(Z1)
END IF
LOCATE 1+3*LN,KEEP+CLMN:PRINT B1$
LOCATE 2+3*LN,KEEP+CLMN:PRINT C1$
LOCATE 3+3*LN,KEEP+CLMN:PRINT D1$ : B1$="" :C1$="" :D1$=""
NEXT : I=0
end sub

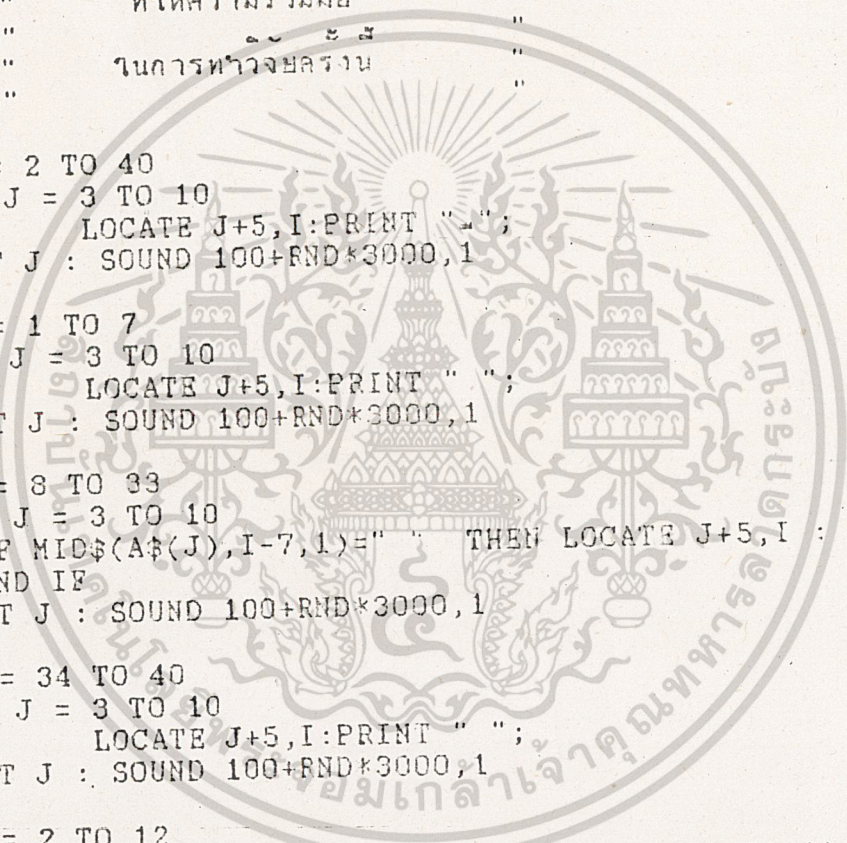
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

----- THANK YOU FOR MY PROJECT -----
SUB THANK.YOU
WIDTH 40
shared a$( ),p$( )
SCREEN 0,1:COLOR 15,1,1:LOCATE , ,0
II=2
SP$=""
GREEN=2:BLUE=1:CYAN=3:YELLOW=6:GREEN=7:BLUE=0:CYAN=7:YELLOW=7
A$(13)=SP$+" APPLIED STAT SOFTWARE (KMIT L)"
A$(1)=SPACE$(39):A$(2)=A$(1):A$(11)=A$(1):A$(12)=A$(1):A$(14)=A$(1)
A$(15)=A$(1)
A$(1)=SP$+ "          Thank You          "
A$(3)=SP$+ "          . . . . .          "
A$(4)=SP$+ "      ขอขอบคุณเจ้านายที่ทุกท่าน      "
A$(5)=SP$+ "          ' '          "
A$(6)=SP$+ "          . . . . .          "
A$(7)=SP$+ "          ที่ให้ความร่วมมือ          "
A$(8)=SP$+ "          . . . . .          "
A$(9)=SP$+ "          ในการทํางาน          "
A$(10)=SP$+"
CLS
FOR I = 2 TO 40
  FOR J = 3 TO 10
    LOCATE J+5,I:PRINT "-";
  NEXT J : SOUND 100+RND*3000,1
NEXT I
FOR I = 1 TO 7
  FOR J = 3 TO 10
    LOCATE J+5,I:PRINT " ";
  NEXT J : SOUND 100+RND*3000,1
NEXT I
FOR I = 8 TO 33
  FOR J = 3 TO 10
    IF MID$(A$(J),I-7,1)=" " THEN LOCATE J+5,I : PRINT " ";
  END IF
  NEXT J : SOUND 100+RND*3000,1
NEXT I
FOR I = 34 TO 40
  FOR J = 3 TO 10
    LOCATE J+5,I:PRINT " ";
  NEXT J : SOUND 100+RND*3000,1
NEXT I
FOR I = 2 TO 12
  COLOR 15,BLUE:LOCATE I+5,5: PRINT SPACE$(3)+A$(I)+SPACE$(3)
NEXT
COLOR 15,BLUE:LOCATE 1+5,6: PRINT SPACE$(3)+A$(1)+SPACE$(3)
SOUND 100+RND*3000,1
COLOR 15,BLUE:LOCATE 13+5,2: PRINT SPACE$(3)+A$(13)
SOUND 100+RND*3000,4
end sub

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้