

วันที่ 23 กันยายน พ.ศ. 2548  
 ถึง ดร. จุฑา พิชิตคำเค็ญ  
 จาก นาย วฐา มินเสน รหัสประจำตัว 48850226 และ  
 นาย กวินธร สัยเจริญ รหัสประจำตัว 48850333  
 เรื่อง การจำลองระบบแถวคอยในการซื้อตั๋วชมภาพยนตร์ (กรณีศึกษา: โรงภาพยนตร์ SF CINEMA เดอะมอลล์ งามวงศ์วาน)

### วัตถุประสงค์

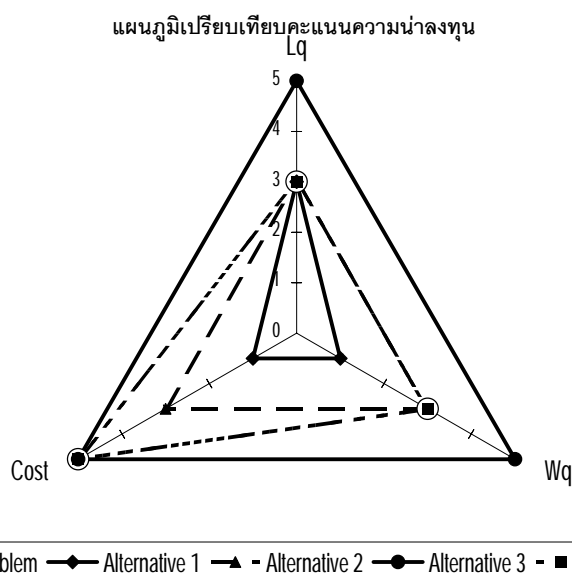
1. เพื่อปรับปรุงการให้บริการการจำหน่ายตั๋วชมภาพยนตร์ที่โรง SF CINEMA
2. เพื่อความพึงพอใจของลูกค้าที่มาใช้บริการ

### บทสรุปการดำเนินการ

สิ่งสำคัญที่ลูกค้าจะมีความพึงพอใจในการรับบริการคือ การได้เข้ารับบริการที่สะดวก รวดเร็ว ไม่เสียเวลารอ และการเข้าแถวคอยที่ยาวก็อาจทำให้ลูกค้าเสียกำลังใจในการรับบริการหรือเสียโอกาสที่จะให้บริการลูกค้าเนื่องจากการตัดสินใจไม่เข้าแถวคอยเพื่อรับบริการ ดังนั้นการวัดประสิทธิภาพของระบบผู้ให้บริการเพื่อสร้างความพึงพอใจที่ดีแก่ลูกค้าที่สำคัญคือ จำนวนลูกค้าที่อยู่ในแถวคอย ( $L_q$ ) และเวลาที่ลูกค้าต้องคอยในแถว ( $W_q$ ) ส่วนวิธีการเปรียบเทียบเพื่อเลือกทางเลือกที่เหมาะสมได้ดีคือ ต้นทุน (Cost) ดังนั้นจึงมีการเปรียบเทียบต้นทุนด้วย คชนี้ชี้วัดต่างๆแสดงในรูปของคะแนนดังนี้

ตัวชี้วัดทั้ง 3 ตัวนั้นจะอยู่ในรูปของคะแนนความน่าลงทุน 1, 3, 5 (น้อย, ปานกลาง, มาก) ทั้ง 3 มุมมอง

| ทางเลือก         | $L_q$ | คะแนน | $W_q$ | คะแนน | Cost | คะแนน | คะแนนรวม |
|------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|----------|
| Original Problem | 19.54 | 3     | 6.51  | 3     | 70   | 5     | 45       |
| Alternative 1    | 28.21 | 3     | 22.92 | 1     | 2742 | 1     | 3        |
| Alternative 2    | 11.57 | 3     | 8.62  | 3     | 250  | 3     | 27       |
| Alternative 3    | 1.15  | 5     | 0.38  | 5     | 2    | 5     | 125      |
| Alternative 4    | 19.54 | 3     | 6.51  | 3     | 31   | 5     | 45       |



ดังนั้นจึงเสนอให้เลือกทางเลือกที่ 3 เนื่องจากจะได้รับความพึงพอใจมากที่สุดโดยใช้ต้นทุนต่ำที่สุด (ที่มาของการคำนวณอยู่ภาคผนวก 7)

ปัญหาที่ศึกษา

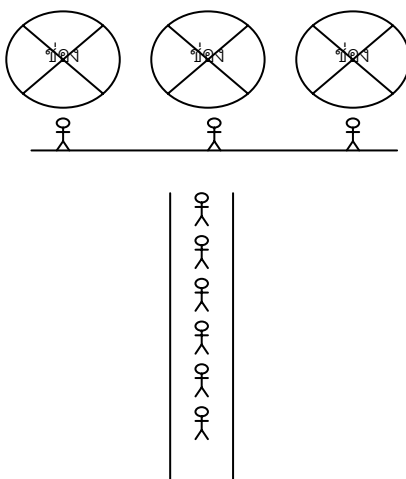
ห้างสรรพสินค้าชั้นนำต่างๆ ได้มีการแข่งขันเพื่อตอบสนองความต้องการของคนในพื้นที่ โดยพยายามเสริมการบริการให้มีความครอบคลุมมากที่สุด ไม่ว่าจะเป็นด้านสินค้าหรือความบันเทิง เช่น เกมส์เซ็นเตอร์ หรือ โรงภาพยนตร์ เป็นต้น

ในปัจจุบันระบบการขายตั๋วเพื่อเข้าชมภาพยนตร์ใน SF CINEMA เดอะมอลล์ งามวงศ์วาน ผู้เข้าชมภาพยนตร์รอคิวในการซื้อตั๋วเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะในช่วงเวลาวันหยุด วันเสาร์ และวันอาทิตย์ หรือ ในช่วงเวลาหนังฟอร์มใหญ่(หนังเข้าใหม่)เข้าฉาย ทั้งนี้เนื่องจากระบบการจัดการในโรงภาพยนตร์ SF CINEMA เดอะมอลล์ งามวงศ์วาน จัดการระบบผู้ขายตั๋วไม่สอดคล้องหรือสามารถปรับเปลี่ยนเป็นไปตามความต้องการซื้อตั๋วของผู้เข้าชมภาพยนตร์ได้

จากปัญหาดังกล่าว จึงได้ทำการเก็บข้อมูลการให้บริการที่ช่องขายตั๋ว(Box Office) พบว่าในช่วงที่มีลูกค้ามากๆ (วันศุกร์ ช่วงเย็น หนังเข้าใหม่เรื่อง War of the Worlds) มีลูกค้าเข้ามาต่อคิวซื้อตั๋วภาพยนตร์เฉลี่ย 20 วินาที/คน แบ่งเป็น ลูกค้า War of the Worlds เฉลี่ย 30.429 วินาที/คน และเป็นลูกค้าภาพยนตร์อื่น 58.3544 วินาที/คน(ผลต่างๆ ได้การเก็บข้อมูลเบื้องต้นแล้วนำมาคำนวณอยู่ในภาคผนวกที่ 5) อัตราการให้บริการนั้นพิจารณาจากลูกค้าที่เข้าถึง Box Office แล้วออก มีค่าเฉลี่ย 57.3099 วินาที/คน

การจำลองแบบ โดยใช้ระบบแถวคอย

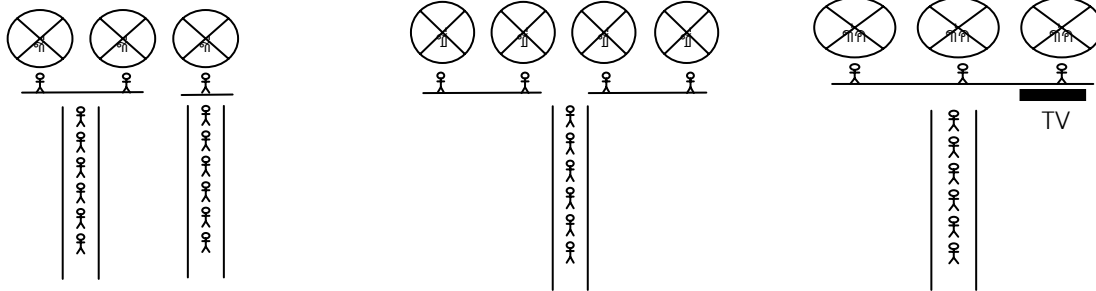
แบบจำลองเบื้องต้น



| รายการ             | Sample size(n) | Mean    | SD.     | Standard error | Distribution Type |
|--------------------|----------------|---------|---------|----------------|-------------------|
| Inter-arrival time | 213            | 18.8472 | 20.0283 | 1.3724         | Exponential       |
| Service time(S=3)  | 223            | 19.0091 | 21.1183 | 1.4142         | Exponential       |

1. เวลาในการให้บริการมีการแจกแจงแบบ Exponential ที่  $\mu = 57.3099$
2. เวลาในการเข้ามาระหว่างลูกค้า(Interarrival – time gaps)มีการแจกแจงแบบ Exponential ที่  $\lambda = 20$  วินาที/คน
3. มีผู้ให้บริการ 3 คน
4. มีแถวคอย 1 แถว
5. เป็นแถวคอย แบบ Birth-Death processes M/M/3 เนื่องจาก เวลาในการมา และ เวลาในการให้บริการมีการแจกแจงแบบ Exponential โดยมีผู้ให้บริการ 3คน และแถวคอยไม่จำกัด 1 แถว

แบบจำลองทางเลือก



ทางเลือกที่ 1 แบ่งเป็น 2 ระบบคือ **M/M/2** สำหรับ หนังสือใหม่ และ **M/M/1** สำหรับ หนังสืออื่นๆ

ทางเลือกที่ 3 เพิ่มจำนวนผู้ให้บริการอีก 1 คน model เป็น **M/M/4**

ทางเลือกที่ 4 เป็น **M/M/3** เหมือน Original Problem แต่เพิ่มโทรทัศน์จอ Plasma เพื่อความบันเทิงขณะรอคิวในการซื้อตัว ซึ่งเชื่อว่าควรจะได้รับคามพึงพอใจ สามารถรอได้นานประมาณ 5 นาที

ทางเลือกที่ 2 แบ่งเป็น 2 ระบบคือ **M/M/2** สำหรับ หนังสือใหม่ และ **M/M/1** สำหรับ หนังสืออื่นๆ และปรับปรุงการทำงานโดยหน้าจอกจะเปิดเฉพาะหนังสือเรื่องใหม่เท่านั้นทำให้ใช้เวลาในการให้บริการ **น้อยลง** 2 วินาที (รายละเอียดตามภาคผนวก 6)

การวัดสมรรถนะขอระบบ

| ทางเลือก         | L       | $L_q$   | W       | $W_q$   | $\pi_0$ | $\rho$ |
|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Original Problem | 22.4081 | 19.5425 | 7.4694  | 6.5142  | 0.0105  | 95.52% |
| Alternative 1    | 29.7865 | 28.2119 | 23.8771 | 22.9218 | 0.02584 | 95.56% |
| Alternative 2    | 13.0911 | 11.5716 | 9.537   | 8.6151  | 0.0493  | 92.22% |
| Alternative 3    | 4.0136  | 1.1480  | 1.3379  | 0.3827  | 0.0459  | 71.64% |
| Alternative 4    | 22.4081 | 19.5425 | 7.4694  | 6.5142  | 0.0105  | 95.52% |

คำอธิบายการวัดสมรรถนะระบบ

- เมื่อ L = จำนวนของลูกค้าโดยเฉลี่ยที่รอรับบริการในแถวคอย และลูกค้าที่กำลังรับบริการอยู่
- $L_q$  = จำนวนของลูกค้าโดยเฉลี่ยที่รอรับบริการในแถวคอย
- W = เวลาโดยเฉลี่ยที่ลูกค้าใช้ตั้งแต่เริ่มเข้าคิวจนกระทั่งเสร็จสิ้นการรับบริการ
- $W_q$  = เวลาโดยเฉลี่ยที่ลูกค้าใช้ในการรอรับบริการในแถวคอย
- $\pi_0$  = ความน่าจะเป็นที่จะไม่มีลูกค้าอยู่ในระบบเลย หรือ ความน่าจะเป็นที่มีลูกค้าในระบบเป็น 0
- $\rho$  = ปัจจัยที่แสดงถึงประสิทธิภาพของระบบ หรือ แสดงอัตราส่วนของ เวลาที่ผู้ให้บริการทั้งหมด (รายละเอียดในการคำนวณอยู่ในภาคผนวกที่ 4)

### ข้อจำกัดของตัวแบบ

1. ค่า CV ของ Inter-arrival time gaps และ CV ของ service time  $< 1$  แปลว่า ระบบจริงมีลูกค้าค้ำคั่งน้อยกว่าระบบที่ได้จำลอง
2. แบบจำลองนี้เป็นตัวแทนเฉพาะช่วงเวลาที่มิหนั่งใหม่ หรือช่วงวันหยุด เสาร์-อาทิตย์ เท่านั้น หรือกล่าวได้ว่า เป็นตัวแทนเฉพาะช่วงเวลานั้น ไม่มีคุณสมบัติ Time Stationary กับช่วงเวลาอื่นๆ
3. แบบจำลองนี้อยู่ภายใต้เงื่อนไขการเข้าชมภาพยนตร์ของลูกค้าแต่ละคนเป็นอิสระกัน
4. การตัดสินใจในแบบจำลองนี้อยู่บนพื้นฐานการให้คะแนนของผู้วิจัย ซึ่งอาจได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันเมื่อเกณฑ์การให้คะแนนแตกต่างกันออกไป โดยปกติแล้วการให้คะแนนนี้ควรปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ เช่นนักวิจัยตลาด ผู้บริหาร และเจ้าของกิจการ เพื่อได้ผลสรุปที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่แท้จริง
5. การคำนวณต้นทุนด้านความพึงพอใจนั้นใช้ค่าประมาณการจากผู้วิจัย เนื่องจากการเก็บต้นทุนด้านความพึงพอใจขึ้นกับนโยบายของผู้บริหาร และต้องใช้เวลาในการสำรวจข้อมูล และวิเคราะห์ค่าวัดเพื่อความน่าเชื่อถือ ในการวิจัยในชั้นเรียนครั้งนี้ จึงยังไม่สามารถจัดทำในส่วนนี้ได้
6. เวลาในการรอที่จะทำให้ลูกค้าไม่พอใจ กำหนดจากประสบการณ์ของผู้วิจัย และการสอบถามแบบกลุ่มย่อยจากบุคคลรอบข้าง  
 ในส่วนต้นทุนความพึงพอใจ และ เวลาในการรอที่จะทำให้ลูกค้าไม่พอใจนั้น ควรทำการสำรวจตัวอย่างจากกลุ่มประชากรที่ทำการศึกษาริจริง ๆ คือ กลุ่มลูกค้าที่โรงภาพยนตร์ SF CINEMA เดอะมอลล์ งามวงศ์วาน โดยการสร้างแบบสอบถามนั้น จำเป็นปรึกษานักวิจัยตลาดที่เชี่ยวชาญในการสร้างคำถาม และนักสถิติเพื่อหาความน่าเชื่อถือของคำถาม และการวิเคราะห์ผล โดยปกติการเก็บข้อมูลนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนข้อมูลตัวอย่าง การสำรวจข้อมูลโดยทั่วไปมีความน่าเชื่อถือมากถ้าเก็บข้อมูลตัวอย่างมากกว่า 400 ชุดขึ้นไป (จากสูตรการสุ่มตัวอย่างแบบอย่างง่ายที่ความคลาดเคลื่อนของค่าวัด 5% และระดับความเชื่อมั่น 95%)
7. ค่าแรงของพนักงานให้บริการใช้อัตราของค่าแรงขั้นต่ำในเขต กรุงเทพฯ และ ปริมณฑล ซึ่งไม่มีผลต่อการนำมาหาค่า SCORE
8. จอโทรทัศน์ในทางเลือกสุดท้ายนั้นเป็นจอ พลาสมาขนาด 42 นิ้ว ยี่ห้อ Sumsung ราคา ณ วันที่ 2 ส.ค. 2548

# ภาคผนวก

## ภาคผนวก 1. การทดสอบการแจกแจงของ Interarrival-time

### 1.1. การพิจารณา Coefficient of Variation

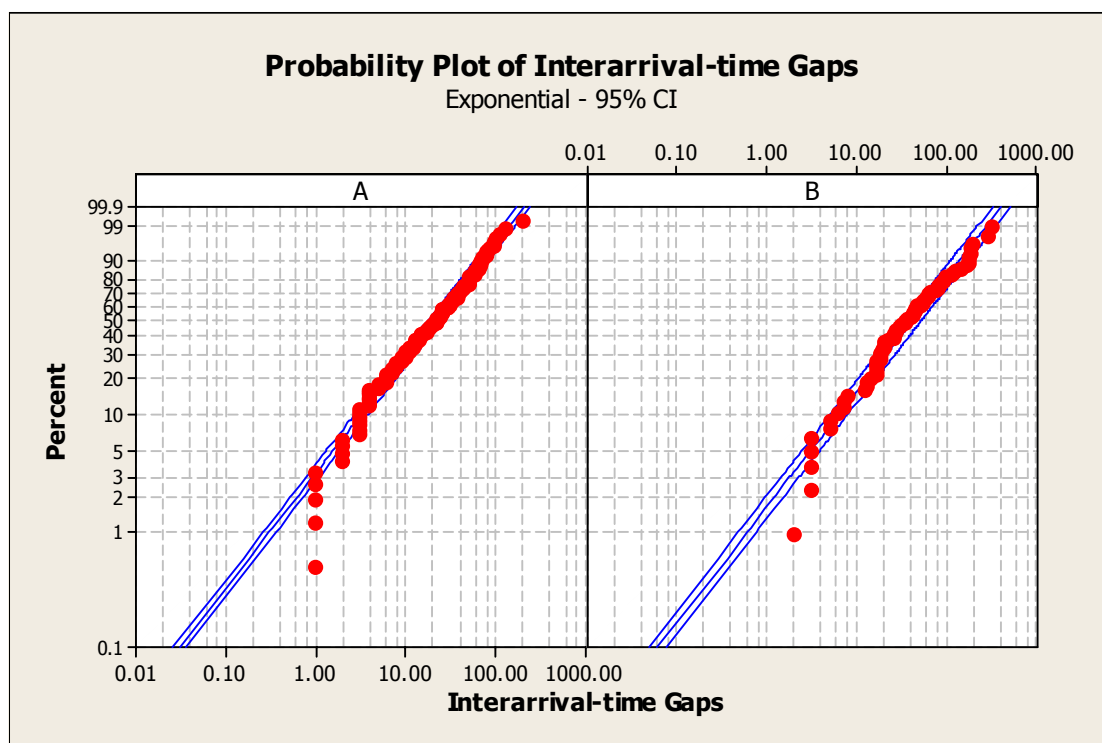
การพิจารณาการแจกแจงของข้อมูลด้วยการคำนวณค่า CV

A คือ ภาพยนตร์ที่เข้าใหม่

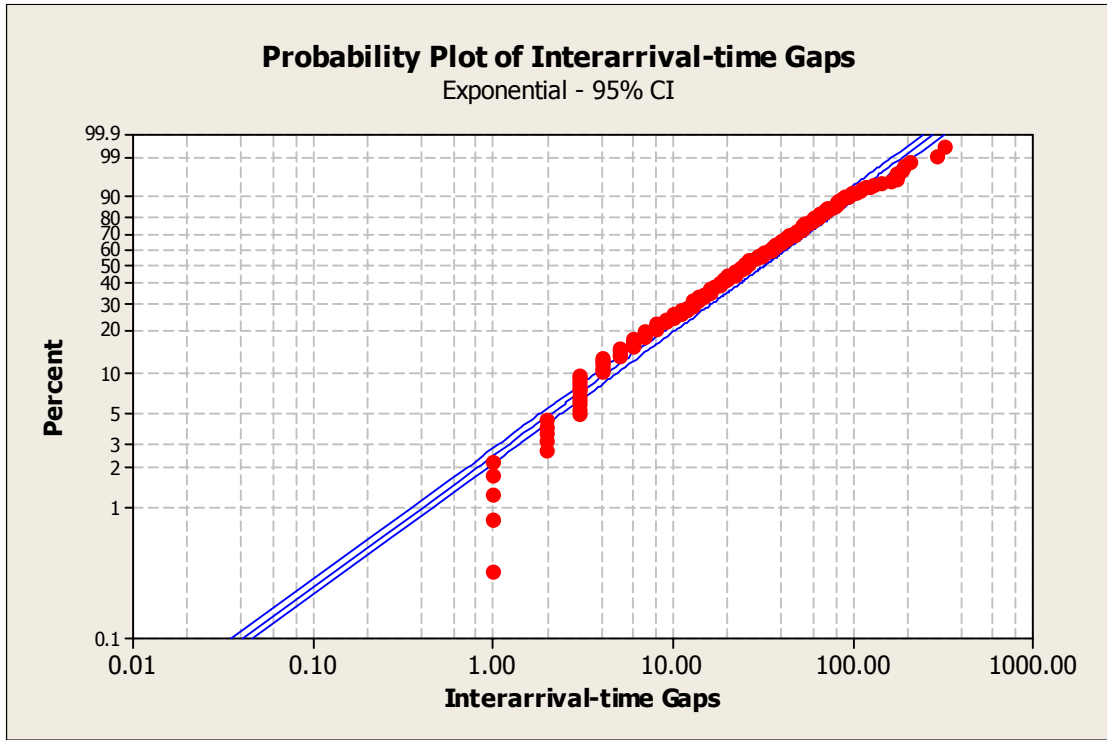
B คือ ภาพยนตร์ที่เข้าฉายนานแล้ว

ค่า  $CV_A = 0.9926$  ,  $CV_B = 0.8811$  และ  $CV_{รวม} = 0.9410$  มีค่าเมื่อเปรียบเทียบกับแจกแจง Exponential แล้ว ต่ำกว่า 1 แสดงว่า ข้อมูลระยะห่างระหว่างเวลาที่ผู้ใช้บริการแต่ละคนมาถึงเป็นตัวแปรสุ่มที่มีความผันแปรน้อยกว่าการใช้ตัวแบบการแจกแจง Exponential แต่การที่ค่า CV ต่ำกว่า 1 ไม่มากนัก ดังนั้นการกำหนดการแจกแจง Exponential มาเป็นตัวแบบยังสามารถใช้ได้ แต่ระบบจำลองนี้จะมีความคับคั่งของผู้ใช้บริการมากกว่าระบบจริง

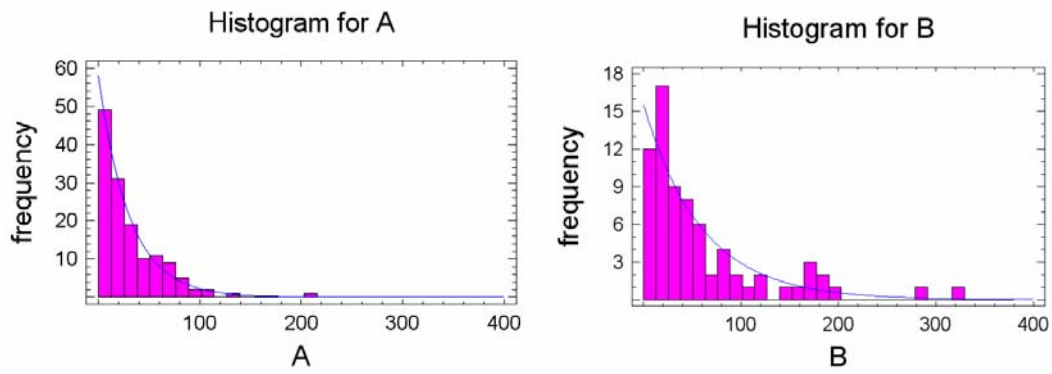
### 1.2. การพิจารณาด้วย Probability Plot , Histogram และการทดสอบสมมติฐาน



รูปที่ 1 Probability Plot of Interarrival-time gaps จำแนกตามกลุ่มของผู้ใช้บริการ

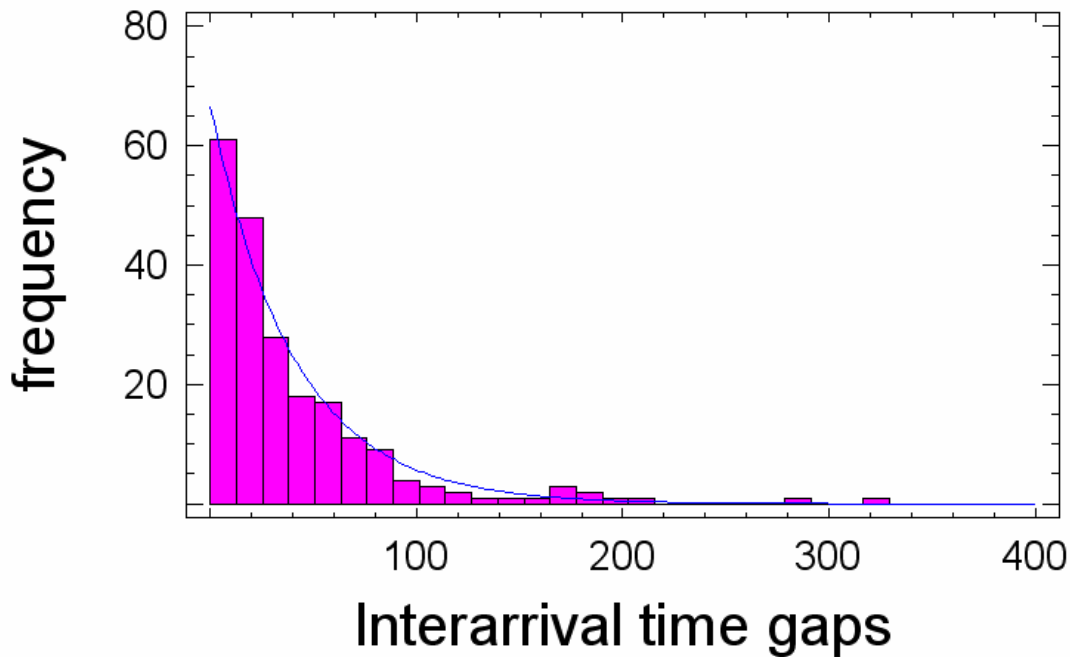


รูป 2 Probability Plot of Interarrival-time gaps รวมผู้ใช้บริการทั้งหมด



รูปที่ 3 Histogram of Interarrival-time gaps จำแนกตามกลุ่มของผู้ใช้บริการ

## Histogram for Interarrival time gaps



รูปที่ 4 Histogram of Interarrival-time gaps รวมผู้ใช้บริการทั้งหมด

### การตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบกลุ่ม A

$H_0$  : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบ Exponential Distribution

$H_1$  : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบอื่น

$$\alpha = 0.05$$

$$P\text{-Value} = 0.762$$

ดังนั้น ระหว่างระยะเวลาที่ผู้ใช้บริการแต่ละคนมาถึงเพื่อดูภาพยนตร์ใหม่ มีการแจกแจงแบบ Exponential Distribution

### การตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบกลุ่ม B

$H_0$  : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบ Exponential Distribution

$H_1$  : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบอื่น

$$\alpha = 0.05$$

$$P\text{-Value} = 0.263$$

ดังนั้น ระหว่างระยะเวลาที่ผู้ใช้บริการแต่ละคนมาถึงเพื่อดูภาพยนตร์ที่เข้าฉายนานแล้ว มีการแจกแจงแบบ Exponential Distribution

การตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบรวมผู้ใช้บริการทั้งหมด

$H_0$  : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบ Exponential Distribution

$H_1$  : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบอื่น

$$\alpha = 0.05$$

$$P\text{-Value} = 0.079$$

ดังนั้น ระยะห่างระหว่างเวลาที่ผู้ใช้บริการแต่ละคนมาถึงเพื่อดูภาพยนตร์ มีการแจกแจงแบบ Exponential Distribution

**สรุปว่า** Interarrival-time gaps มีการแจกแจงแบบ Exponential



## ภาคผนวก 2. การทดสอบการแจกแจงของ Service time

### 2.1. การพิจารณา Coefficient of Variation

การพิจารณาการแจกแจงของข้อมูลด้วยการคำนวณค่า CV

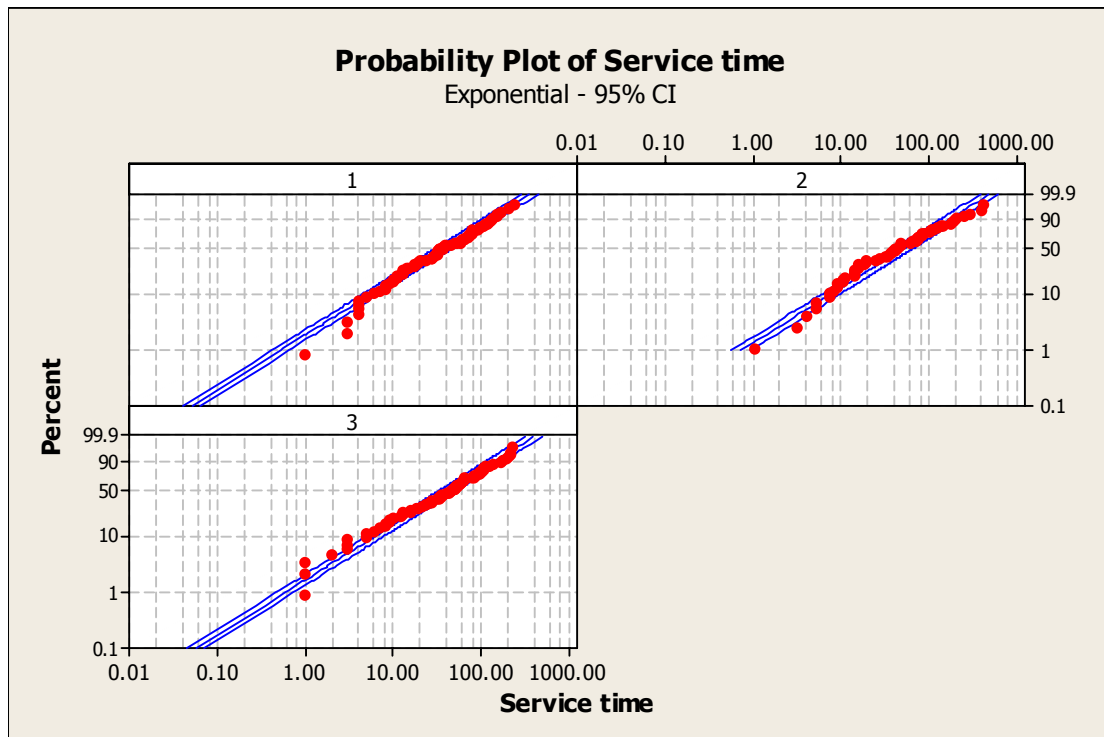
1 คือ Server 1

2 คือ Server 2

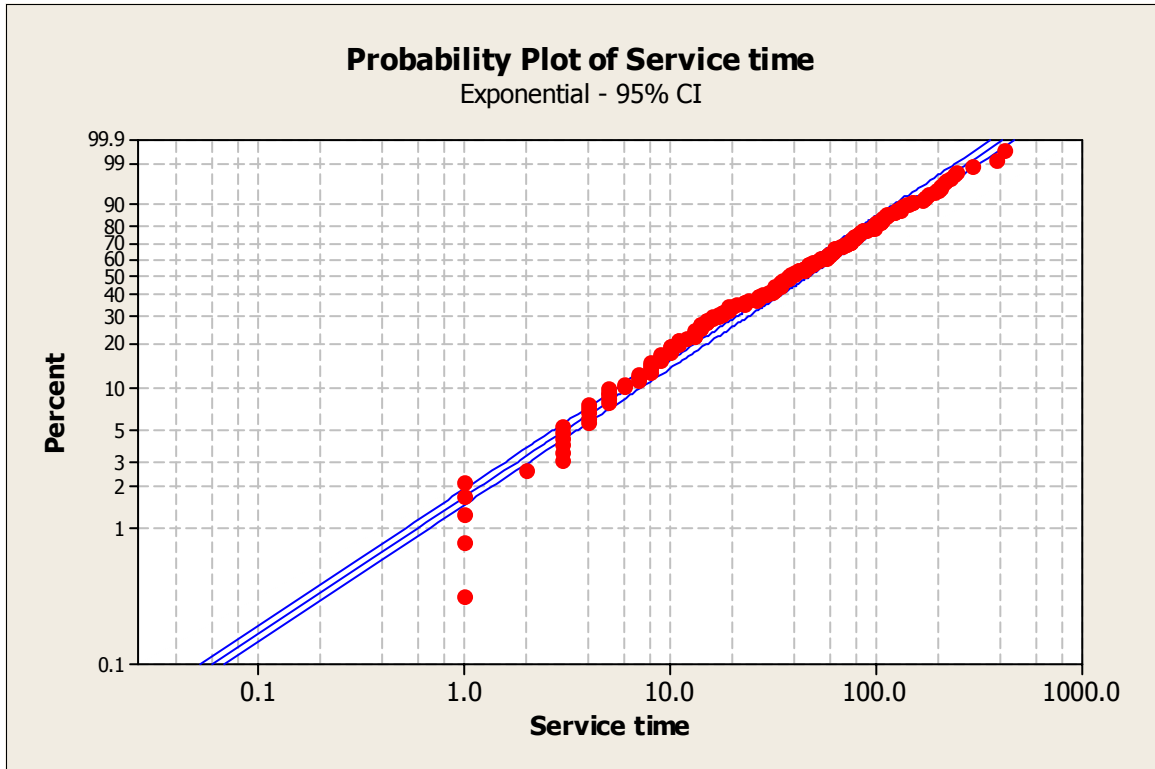
3 คือ Server 3

ค่า  $CV_1 = 0.9659$  ,  $CV_2 = 0.7770$  ,  $CV_3 = 0.9834$  และ  $CV_{รวม} = 0.9044$  มีค่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การแจกแจง Exponential แล้ว ต่ำกว่า 1 แสดงว่า ข้อมูลเวลาการให้บริการเป็นตัวแปรสุ่ม ที่มีความผันแปรน้อยกว่าการใช้ตัวแบบการแจกแจง Exponential แต่การที่ค่า CV ต่ำกว่า 1 ไม่มากนัก ดังนั้นการกำหนดการแจกแจง Exponential มาเป็นตัวแทนยังสามารถใช้ได้ แต่ระบบจำลองนี้จะมี ความคับคั่งของผู้ใช้บริการใน Server มากกว่าระบบจริง

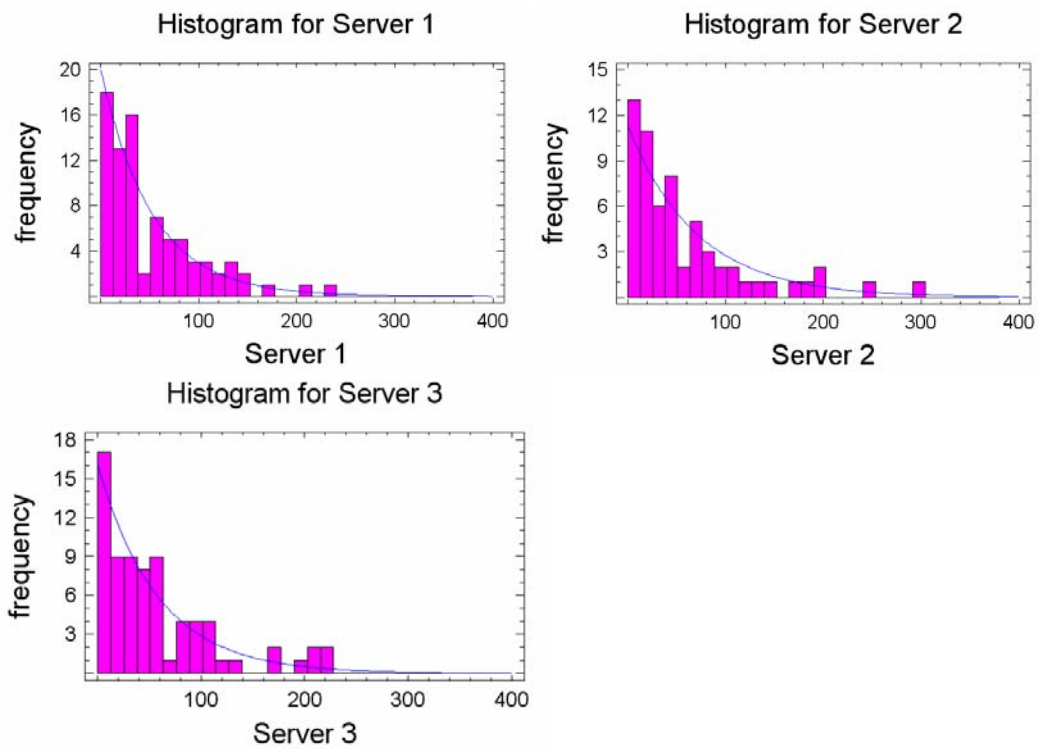
### 2.2. การพิจารณาด้วย Probability Plot , Histogram และ การทดสอบสมมติฐาน



รูปที่ 5 Probability Plot of Service time จำแนกตาม Server

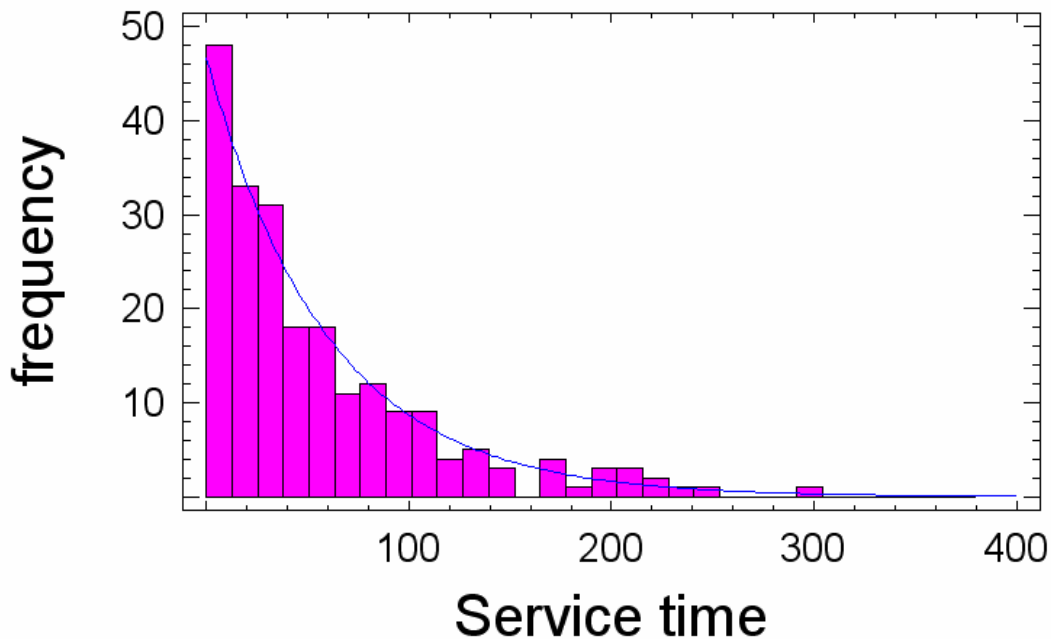


รูป 6 Probability Plot of Service time รวมทั้ง 3 Server



รูปที่ 7 Histogram of Service time ของแต่ละ Server

## Histogram for Service time



รูปที่ 8 Histogram of Service time รวมทั้ง 3 Server

### การตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบ Server 1

$H_0$  : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบ Exponential Distribution

$H_1$  : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบอื่น

$$\alpha = 0.05$$

$$P\text{-Value} = 0.794$$

ดังนั้น Server 1 เวลาในการให้บริการมีการแจกแจงแบบ Exponential Distribution

### การตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบ Server 2

$H_0$  : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบ Exponential Distribution

$H_1$  : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบอื่น

$$\alpha = 0.05$$

$$P\text{-Value} = 0.085$$

ดังนั้น Server 2 เวลาในการให้บริการมีการแจกแจงแบบ Exponential Distribution

การตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบ Server 3

$H_0$  : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบ Exponential Distribution

$H_1$  : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบอื่น

$$\alpha = 0.05$$

$$P\text{-Value} = 0.722$$

ดังนั้น Server 3 เวลาในการให้บริการมีการแจกแจงแบบ Exponential Distribution

การตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบรวมทั้ง 3 Servers

$H_0$  : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบ Exponential Distribution

$H_1$  : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบอื่น

$$\alpha = 0.05$$

$$P\text{-Value} = 0.198$$

ดังนั้น รวมทั้ง 3 Servers เวลาในการให้บริการมีการแจกแจงแบบ Exponential Distribution

สรุปว่า Service time มีการแจกแจงแบบ Exponential

### ภาคผนวก 3. การเปรียบเทียบหาดัชนีชี้วัดที่ได้จากแบบจำลอง กับค่าที่เกิดขึ้นจริง

ดัชนีที่ใช้ชี้วัดประสิทธิภาพของระบบคือ จำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่คอยอยู่ในแถวคอย( $L_q$ ) และ เวลาเฉลี่ยที่ลูกค้าใช้ในแถวคอย( $W_q$ )

|       | ค่าที่เกิดขึ้นจริง | ค่าที่ได้จากแบบจำลอง<br>(Exponential Distribution) |
|-------|--------------------|--|
| $L_q$ | 14.96              | 15.0268  |
| $W_q$ | 3.86               | 5  |

- จำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่คอยอยู่ในแถวคอย( $L_q$ ) จากค่าที่เกิดขึ้นจริงเท่ากับ 14.96 เวลา และ เวลาเฉลี่ยที่ลูกค้าใช้ในแถวคอย( $W_q$ ) เท่ากับ 3.86 นาที(รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก 5)
- จำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่คอยอยู่ในแถวคอย( $L_q$ ) จากค่าที่วัดได้จากตัวแบบเท่ากับ 15.0268 และ เวลาเฉลี่ยที่ลูกค้าใช้ในแถวคอย( $W_q$ ) เท่ากับ 5 นาที(รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก 4)

จากค่าชี้วัดที่ได้จะพบว่ามีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยค่าที่วัดได้จากแบบจำลองมีค่ามากกว่าเล็กน้อย แสดงว่าตัวแบบที่กำหนดนี้ใช้วิเคราะห์ได้ดี ใกล้เคียงกับความเป็นจริงทั้งนี้การพิจารณาจาก CV ที่ระบบเกิดขึ้นจริงน้อยกว่า 1 ก็จะพอที่จะทราบได้ว่ารูปแบบ M/M/3 ที่ใช้จะมีค่าจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่คอยอยู่ในแถวคอย ( $L_q$ ) มีความคับคั่งมากกว่าค่าจริง

## ภาคผนวก 4. การจำลองระบบด้วยแถวคอยแบบมาร์คอฟ

สูตรการคำนวณของระบบจำลอง

$\mu$  is Service Rate,  $\lambda$  is Arrival Rate,  $S$  is # Server

$$\text{Utilization} = \frac{\lambda}{s\mu}$$

$$P(0), \text{ probability that the system is empty} = \left( \sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^s}{s!} \left( \frac{s\mu}{s\mu - \lambda} \right) \right)^{-1}$$

$$W, \text{ expected total time in system} = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

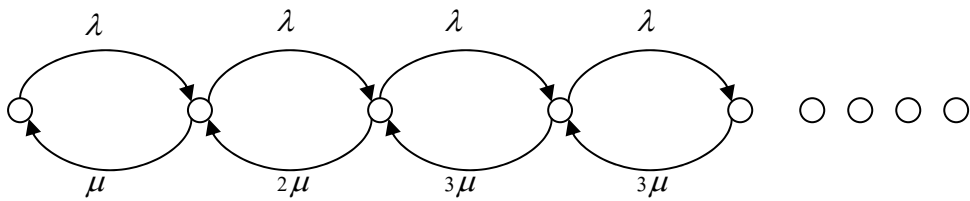
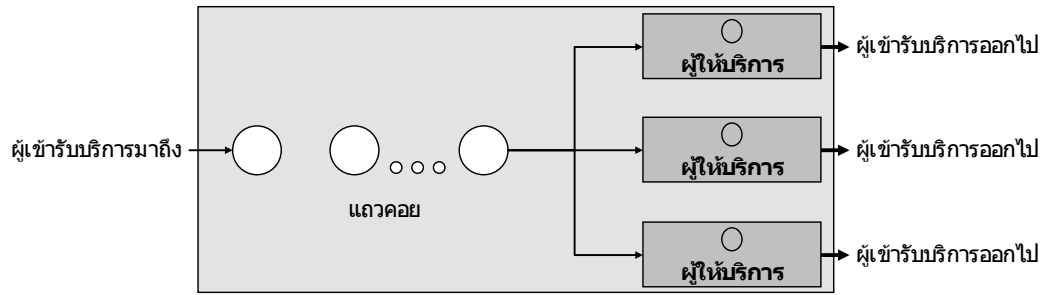
$$W_q, \text{ expected time in queue} = W - \frac{1}{\mu}$$

$$L, \text{ expected number in system} = \lambda W$$

$$L_q, \text{ expected queue length} = \lambda W_q$$

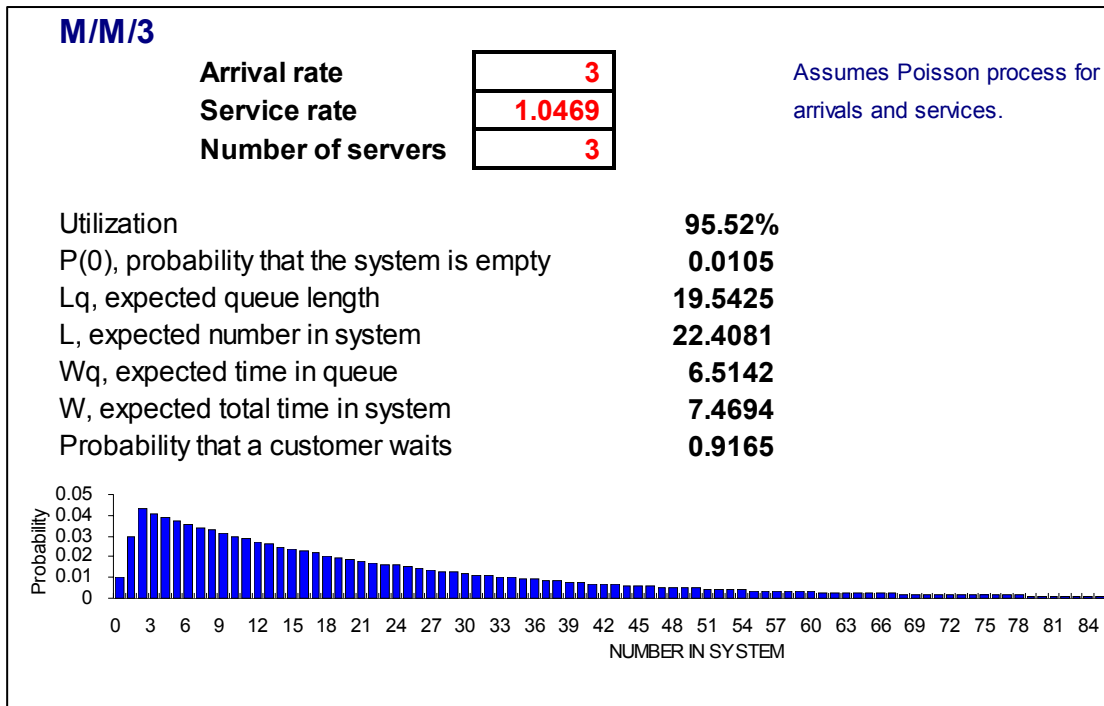
$$\text{Probability that a customer waits} = 1 - P(0)$$

#### 4.1. Markov Chain ของ Original Problem

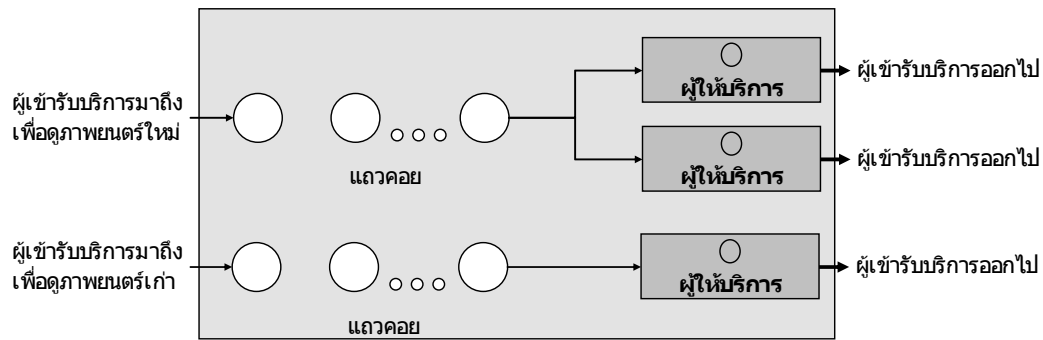


$\lambda = 20$  หรือ  $\lambda = 3/\text{นาที}$

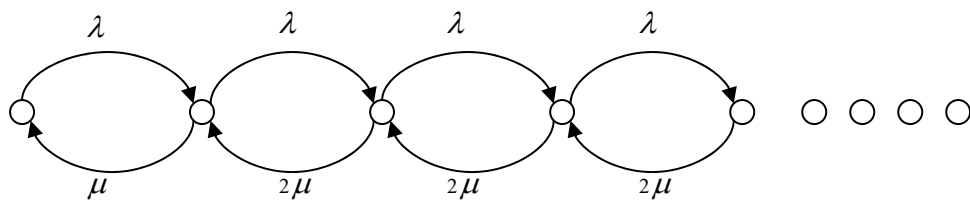
$\mu = 56.625$  หรือ  $\mu = 1.0596/\text{นาที}$



## 4.2. Markov Chain ของ Alternative 1



โดยคิดอัตราการให้บริการของผู้ให้บริการเท่าเดิม



$\lambda = 30.429$  หรือ  $\lambda = 1.9718/\text{นาที}$

$\mu = 56.625$  หรือ  $\mu = 1.0596/\text{นาที}$

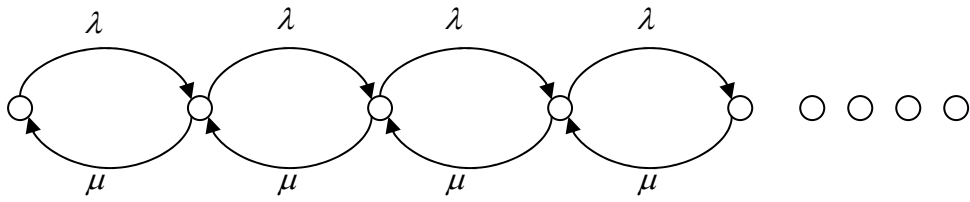
**M/M/2**

|                          |               |  |
|--------------------------|---------------|--|
| <b>Arrival rate</b>      | <b>1.9718</b> | Assumes Poisson process for arrivals and services. |
| <b>Service rate</b>      | <b>1.0469</b> |  |
| <b>Number of servers</b> | <b>2</b>      |  |

|  |                |
|--|----------------|
| Utilization                                | <b>94.17%</b>  |
| P(0), probability that the system is empty | <b>0.0300</b>  |
| Lq, expected queue length                  | <b>14.7638</b> |
| L, expected number in system               | <b>16.6473</b> |
| Wq, expected time in queue                 | <b>7.4875</b>  |
| W, expected total time in system           | <b>8.4427</b>  |
| Probability that a customer waits          | <b>0.9135</b>  |





$\lambda = 58.354$  หรือ  $\lambda = 1.0282/\text{นาที}$

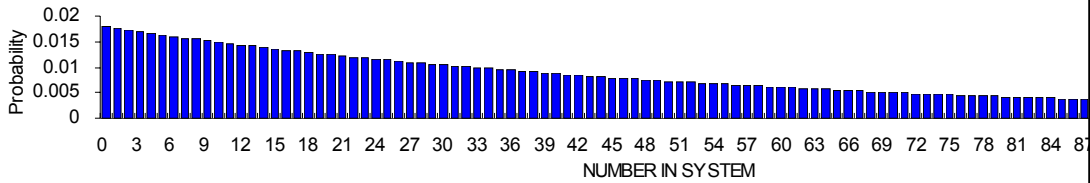
$\mu = 56.625$  หรือ  $\mu = 1.0596/\text{นาที}$

**M/M/1**

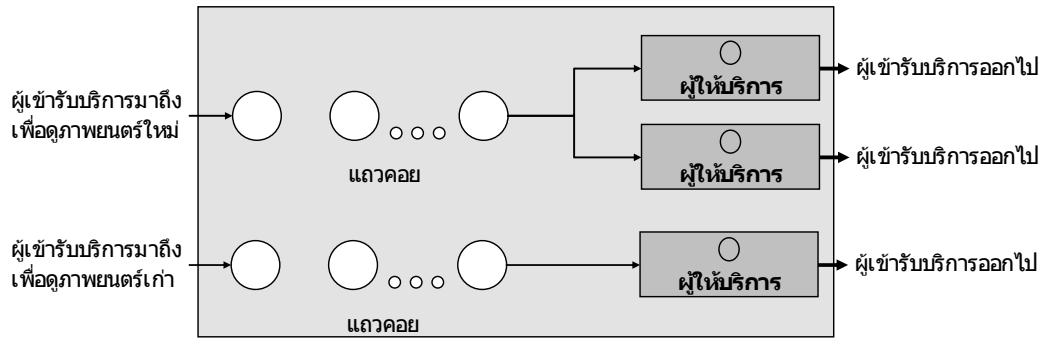
|                   |               |
|-------------------|---------------|
| Arrival rate      | <b>1.0282</b> |
| Service rate      | <b>1.0469</b> |
| Number of servers | <b>1</b>      |

Assumes Poisson process for arrivals and services.

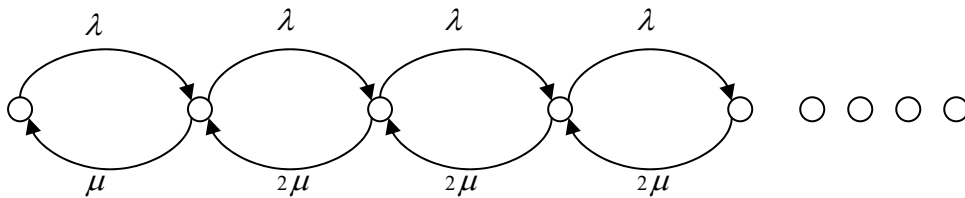
|  |                |
|--|----------------|
| Utilization                                | <b>98.21%</b>  |
| P(0), probability that the system is empty | <b>0.0179</b>  |
| Lq, expected queue length                  | <b>54.0018</b> |
| L, expected number in system               | <b>54.9840</b> |
| Wq, expected time in queue                 | <b>52.5207</b> |
| W, expected total time in system           | <b>53.4759</b> |
| Probability that a customer waits          | <b>0.9821</b>  |



### 4.3. Markov Chain ของ Alternative 2



โดยคิดอัตราการให้บริการของผู้ให้บริการเร็วขึ้น 2 วินาที เนื่องจากการเลือกภาพยนตร์ของลูกค้าในแต่ละผู้ให้บริการเป็นเฉพาะบางเรื่อง ทำให้ผู้ให้บริการลดขั้นตอนในการเลือกภาพยนตร์ที่ผู้ให้บริการต้องการชมได้ (รายละเอียดในภาคผนวก 6)



$\lambda = 30.429$  หรือ  $\lambda = 1.9718/\text{นาที}$

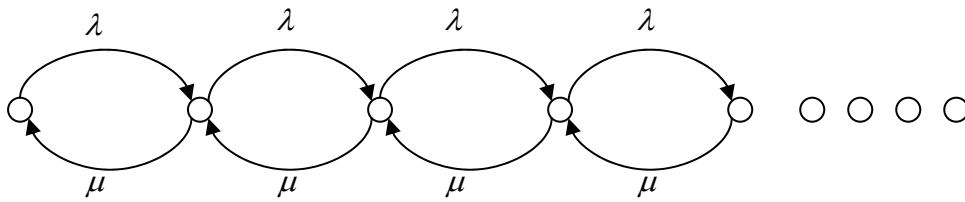
$\mu = 54.625$  หรือ  $\mu = 1.0983/\text{นาที}$

**M/M/2**

|                          |               |  |
|--------------------------|---------------|--|
| <b>Arrival rate</b>      | <b>1.9718</b> | Assumes Poisson process for arrivals and services. |
| <b>Service rate</b>      | <b>1.0848</b> |  |
| <b>Number of servers</b> | <b>2</b>      |  |

|  |                |
|--|----------------|
| Utilization                                | <b>90.88%</b>  |
| P(0), probability that the system is empty | <b>0.0478</b>  |
| Lq, expected queue length                  | <b>8.6271</b>  |
| L, expected number in system               | <b>10.4448</b> |
| Wq, expected time in queue                 | <b>4.3752</b>  |
| W, expected total time in system           | <b>5.2971</b>  |
| Probability that a customer waits          | <b>0.8654</b>  |



$\lambda = 58.354$  หรือ  $\lambda = 1.0282/\text{นาที}$

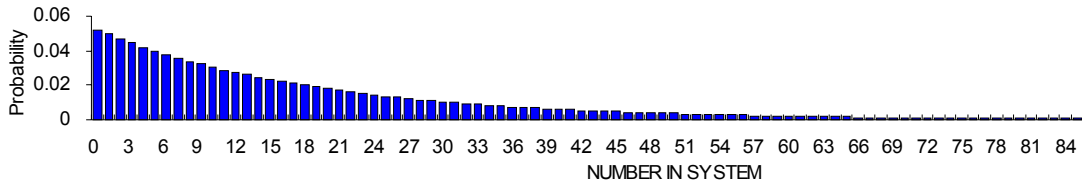
$\mu = 54.625$  หรือ  $\mu = 1.0983/\text{นาที}$

### M/M/1

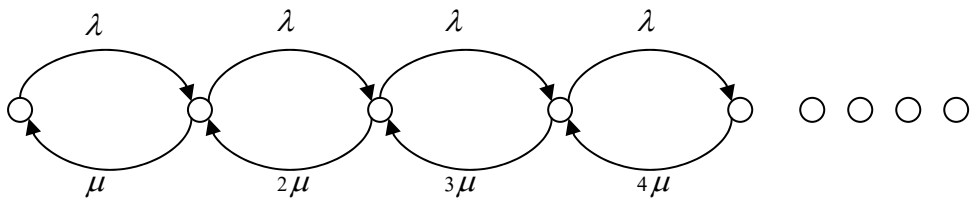
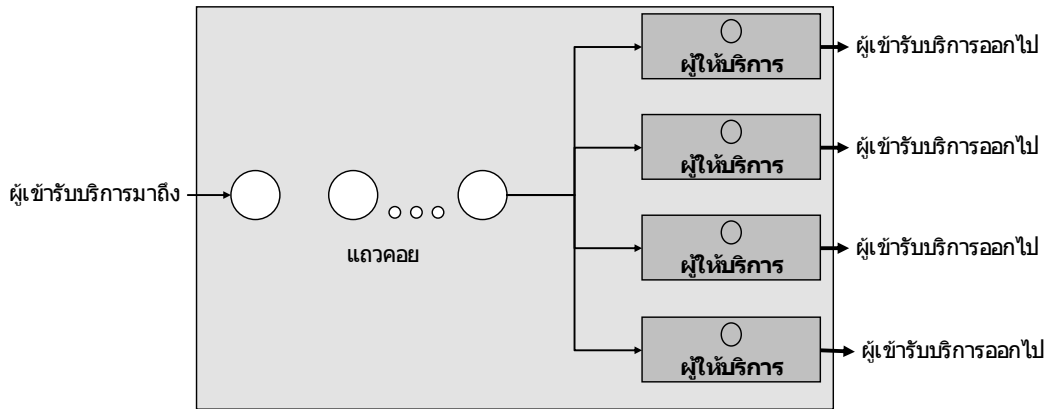
|                   |        |
|-------------------|--------|
| Arrival rate      | 1.0282 |
| Service rate      | 1.0848 |
| Number of servers | 1      |

Assumes Poisson process for arrivals and services.

|  |         |
|--|---------|
| Utilization                                | 94.78%  |
| P(0), probability that the system is empty | 0.0522  |
| Lq, expected queue length                  | 17.2183 |
| L, expected number in system               | 18.1661 |
| Wq, expected time in queue                 | 16.7460 |
| W, expected total time in system           | 17.6678 |
| Probability that a customer waits          | 0.9478  |



#### 4.4. Markov Chain ของ Alternative 3



$\lambda = 20$  หรือ  $\lambda = 3/\text{นาที}$

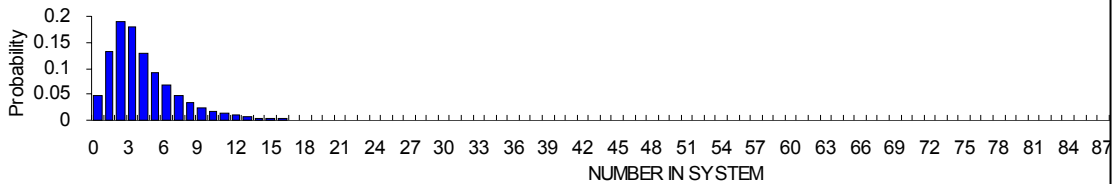
$\mu = 56.625$  หรือ  $\mu = 1.0596/\text{นาที}$

**M/M/4**

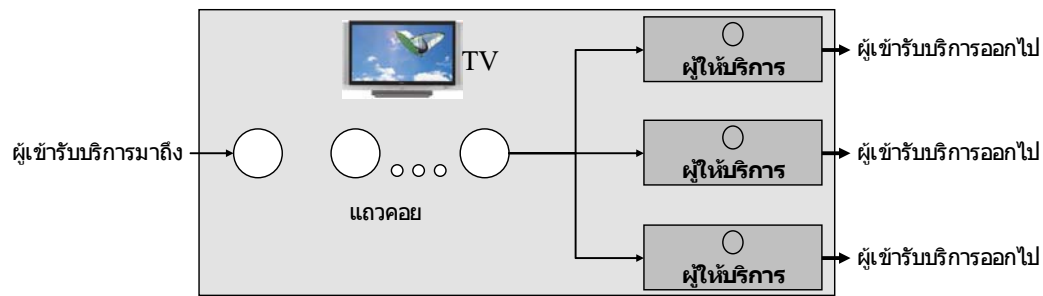
|                   |               |
|-------------------|---------------|
| Arrival rate      | <b>3</b>      |
| Service rate      | <b>1.0469</b> |
| Number of servers | <b>4</b>      |

Assumes Poisson process for arrivals and services.

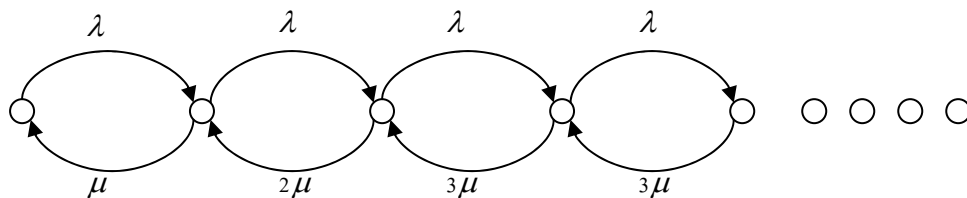
|  |               |
|--|---------------|
| Utilization                                | <b>71.64%</b> |
| P(0), probability that the system is empty | <b>0.0459</b> |
| Lq, expected queue length                  | <b>1.1480</b> |
| L, expected number in system               | <b>4.0136</b> |
| Wq, expected time in queue                 | <b>0.3827</b> |
| W, expected total time in system           | <b>1.3379</b> |
| Probability that a customer waits          | <b>0.4544</b> |



#### 4.5. Markov Chain ของ Alternative 4



เพิ่มเครื่องเล่นโทรทัศน์และเครื่องเล่น DVD เพื่อลดความเครียดแก่ผู้เข้ารับบริการในแถวคอย และเป็นการชมภาพยนตร์ตัวอย่างไปในตัว



$\lambda = 20$  หรือ  $\lambda = 3/\text{นาที}$

$\mu = 56.625$  หรือ  $\mu = 1.0596/\text{นาที}$

**M/M/3**

|                          |               |  |
|--------------------------|---------------|--|
| <b>Arrival rate</b>      | <b>3</b>      | Assumes Poisson process for arrivals and services. |
| <b>Service rate</b>      | <b>1.0596</b> |  |
| <b>Number of servers</b> | <b>3</b>      |  |

|  |                |
|--|----------------|
| Utilization                                | <b>94.38%</b>  |
| P(0), probability that the system is empty | <b>0.0133</b>  |
| Lq, expected queue length                  | <b>15.0268</b> |
| L, expected number in system               | <b>17.8581</b> |
| Wq, expected time in queue                 | <b>5.0089</b>  |
| W, expected total time in system           | <b>5.9527</b>  |
| Probability that a customer waits          | <b>0.8956</b>  |

**ภาคผนวก 5. Sample Path**

| Event Counter | Time     | System event | Queue | Customer's event    |                    |                   | $Y_{1,t}$                | $Y_{2,t}$             |
|---------------|----------|--------------|-------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|-----------------------|
| $n$           | $T_n$    | $l$          | $Q_n$ | Arrival             | Service            | Finish            | (Time customers Waiting) | Waiting time in queue |
| 1             | 18:00:00 | A            | 21    | Arrival Customer 1  |                    |                   |                          | 366                   |
| 2             | 18:00:04 | 1            | 20    |                     |                    |                   | 84                       |                       |
| 3             | 18:00:06 | A            | 21    | Arrival Customer 2  |                    |                   | 40                       | 477                   |
| 4             | 18:00:31 | 1            | 20    |                     |                    |                   | 525                      |                       |
| 5             | 18:00:39 | 1            | 19    |                     |                    |                   | 160                      |                       |
| 6             | 18:00:57 | 3            | 18    |                     |                    |                   | 342                      |                       |
| 7             | 18:00:57 | 3            | 17    |                     |                    |                   | 0                        |                       |
| 8             | 18:01:11 | A            | 18    | Arrival Customer 3  |                    |                   | 238                      | 425                   |
| 9             | 18:01:27 | A            | 19    | Arrival Customer 4  |                    |                   | 288                      | 437                   |
| 10            | 18:01:35 | A            | 20    | Arrival Customer 5  |                    |                   | 152                      | 456                   |
| 11            | 18:01:36 | A            | 21    | Arrival Customer 6  |                    |                   | 20                       | 463                   |
| 12            | 18:01:44 | 3            | 20    |                     |                    |                   | 168                      |                       |
| 13            | 18:01:47 | 2            | 19    |                     |                    |                   | 60                       |                       |
| 14            | 18:02:02 | 3            | 18    |                     |                    |                   | 285                      |                       |
| 15            | 18:02:11 | 2            | 17    |                     |                    |                   | 162                      |                       |
| 16            | 18:02:46 | A            | 18    | Arrival Customer 7  |                    |                   | 595                      | 399                   |
| 17            | 18:02:53 | B            | 19    | Arrival Customer 8  |                    |                   | 126                      | 408                   |
| 18            | 18:02:58 | 1            | 18    |                     |                    |                   | 95                       |                       |
| 19            | 18:03:02 | 3            | 17    |                     |                    |                   | 72                       |                       |
| 20            | 18:03:17 | 1            | 16    |                     |                    |                   | 255                      |                       |
| 21            | 18:04:05 | 3            | 15    |                     |                    |                   | 768                      |                       |
| 22            | 18:04:14 | B            | 16    | Arrival Customer 9  |                    |                   | 135                      | 340                   |
| 23            | 18:04:15 | 1            | 15    |                     |                    |                   | 16                       |                       |
| 24            | 18:05:01 | B            | 16    | Arrival Customer 10 |                    |                   | 690                      | 323                   |
| 25            | 18:05:16 | 1            | 15    |                     |                    |                   | 240                      |                       |
| 26            | 18:05:52 | 1            | 14    |                     |                    |                   | 540                      |                       |
| 27            | 18:05:57 | 3            | 13    |                     |                    |                   | 70                       |                       |
| 28            | 18:06:06 | 3            | 12    |                     | Service Customer 1 |                   | 117                      |                       |
| 29            | 18:06:12 | A            | 13    | Arrival Customer 11 |                    |                   | 72                       | 293                   |
| 30            | 18:06:24 | A            | 14    | Arrival Customer 12 |                    |                   | 156                      | 321                   |
| 31            | 18:07:24 | A            | 15    | Arrival Customer 13 |                    |                   | 0                        | 296                   |
| 32            | 18:07:33 | A            | 16    | Arrival Customer 14 |                    |                   | 135                      | 288                   |
| 33            | 18:07:58 | A            | 17    | Arrival Customer 15 |                    |                   | 400                      | 266                   |
| 34            | 18:08:03 | B            | 18    | Arrival Customer 16 |                    |                   | 85                       | 262                   |
| 35            | 18:08:03 | 1            | 17    |                     | Service Customer 2 |                   | 0                        |                       |
| 36            | 18:08:16 | 1            | 16    |                     | Service Customer 3 | Finish Customer 2 | 221                      |                       |
| 37            | 18:08:19 | B            | 17    | Arrival Customer 17 |                    |                   | 48                       | 250                   |
| 38            | 18:08:44 | 1            | 16    |                     | Service Customer 4 | Finish Customer 3 | 425                      |                       |
| 39            | 18:08:46 | B            | 17    | Arrival Customer 18 |                    |                   | 32                       | 287                   |
| 40            | 18:08:49 | A            | 18    | Arrival Customer 19 |                    |                   | 51                       | 291                   |
| 41            | 18:09:06 | B            | 19    | Arrival Customer 20 |                    |                   | 306                      | 330                   |
| 42            | 18:09:11 | 2            | 18    |                     | Service Customer 5 |                   | 95                       |                       |

|    |          |   |    |                     |                     |                    |     |     |
|----|----------|---|----|---------------------|---------------------|--------------------|-----|-----|
| 43 | 18:09:19 | 3 | 17 |                     | Service Customer 6  | Finish Customer 1  | 144 |     |
| 44 | 18:09:25 | 2 | 16 |                     | Service Customer 7  | Finish Customer 5  | 102 |     |
| 45 | 18:09:32 | A | 17 | Arrival Customer 21 |                     |                    | 112 | 343 |
| 46 | 18:09:40 | B | 18 | Arrival Customer 22 |                     |                    | 136 | 336 |
| 47 | 18:09:41 | 1 | 17 |                     | Service Customer 8  | Finish Customer 4  | 18  |     |
| 48 | 18:09:54 | 1 | 16 |                     | Service Customer 9  | Finish Customer 8  | 221 |     |
| 49 | 18:10:04 | A | 17 | Arrival Customer 23 |                     |                    | 160 | 315 |
| 50 | 18:10:24 | 2 | 16 |                     | Service Customer 10 | Finish Customer 7  | 340 |     |
| 51 | 18:11:05 | 3 | 15 |                     | Service Customer 11 | Finish Customer 6  | 656 |     |
| 52 | 18:11:25 | A | 16 | Arrival Customer 24 |                     |                    | 300 | 245 |
| 53 | 18:11:27 | A | 17 | Arrival Customer 25 |                     |                    | 32  | 243 |
| 54 | 18:11:45 | 3 | 16 |                     | Service Customer 12 | Finish Customer 11 | 306 |     |
| 55 | 18:12:04 | A | 17 | Arrival Customer 26 |                     |                    | 304 | 209 |
| 56 | 18:12:20 | 3 | 16 |                     | Service Customer 13 | Finish Customer 12 | 272 |     |
| 57 | 18:12:21 | 3 | 15 |                     | Service Customer 14 | Finish Customer 13 | 16  |     |
| 58 | 18:12:24 | 3 | 14 |                     | Service Customer 15 | Finish Customer 14 | 45  |     |
| 59 | 18:12:25 | 1 | 13 |                     | Service Customer 16 | Finish Customer 9  | 14  |     |
| 60 | 18:12:29 | 3 | 12 |                     | Service Customer 17 | Finish Customer 15 | 52  |     |
| 61 | 18:12:46 | B | 13 | Arrival Customer 27 |                     |                    | 204 | 170 |
| 62 | 18:12:52 | A | 14 | Arrival Customer 28 |                     |                    | 78  | 165 |
| 63 | 18:13:12 | B | 15 | Arrival Customer 29 |                     |                    | 280 | 168 |
| 64 | 18:13:30 | B | 16 | Arrival Customer 30 |                     |                    | 270 | 158 |
| 65 | 18:13:31 | B | 17 | Arrival Customer 31 |                     |                    | 16  | 176 |
| 66 | 18:13:32 | A | 18 | Arrival Customer 32 |                     |                    | 17  | 178 |
| 67 | 18:13:33 | B | 19 | Arrival Customer 33 |                     |                    | 18  | 275 |
| 68 | 18:13:33 | 3 | 18 |                     | Service Customer 18 | Finish Customer 17 | 0   |     |
| 69 | 18:13:36 | A | 19 | Arrival Customer 34 |                     |                    | 54  | 290 |
| 70 | 18:13:40 | 3 | 18 |                     | Service Customer 19 | Finish Customer 18 | 76  |     |
| 71 | 18:13:41 | B | 19 | Arrival Customer 35 |                     |                    | 18  | 293 |
| 72 | 18:13:44 | B | 20 | Arrival Customer 36 |                     |                    | 57  | 313 |
| 73 | 18:13:58 | A | 21 | Arrival Customer 37 |                     |                    | 280 | 310 |
| 74 | 18:14:00 | B | 22 | Arrival Customer 38 |                     |                    | 42  | 317 |
| 75 | 18:14:36 | 3 | 21 |                     | Service Customer 20 | Finish Customer 19 | 792 |     |
| 76 | 18:14:38 | A | 22 | Arrival Customer 39 |                     |                    | 42  | 384 |
| 77 | 18:14:57 | A | 23 | Arrival Customer 40 |                     |                    | 418 | 406 |
| 78 | 18:15:11 | A | 24 | Arrival Customer 41 |                     |                    | 322 | 393 |
| 79 | 18:15:15 | 1 | 23 |                     | Service Customer 21 | Finish Customer 16 | 96  |     |
| 80 | 18:15:16 | 1 | 22 |                     | Service Customer 22 | Finish Customer 21 | 23  |     |
| 81 | 18:15:17 | A | 23 | Arrival Customer 42 |                     |                    | 22  | 397 |
| 82 | 18:15:19 | 2 | 22 |                     | Service Customer 23 | Finish Customer 10 | 46  |     |
| 83 | 18:15:30 | 1 | 21 |                     | Service Customer 24 | Finish Customer 22 | 242 |     |
| 84 | 18:15:30 | 1 | 20 |                     | Service Customer 25 | Finish Customer 24 | 0   |     |
| 85 | 18:15:33 | 3 | 19 |                     | Service Customer 26 | Finish Customer 20 | 60  |     |
| 86 | 18:15:36 | 3 | 18 |                     | Service Customer 27 | Finish Customer 26 | 57  |     |
| 87 | 18:15:37 | 3 | 17 |                     | Service Customer 28 | Finish Customer 27 | 18  |     |

|     |          |   |    |                     |                     |                    |     |     |
|-----|----------|---|----|---------------------|---------------------|--------------------|-----|-----|
| 88  | 18:16:00 | 1 | 16 |                     | Service Customer 29 | Finish Customer 25 | 391 |     |
| 89  | 18:16:08 | 1 | 15 |                     | Service Customer 30 | Finish Customer 29 | 128 |     |
| 90  | 18:16:27 | 1 | 14 |                     | Service Customer 31 | Finish Customer 30 | 285 |     |
| 91  | 18:16:30 | 1 | 13 |                     | Service Customer 32 | Finish Customer 31 | 42  |     |
| 92  | 18:16:44 | A | 14 | Arrival Customer 43 |                     |                    | 182 | 337 |
| 93  | 18:17:12 | B | 15 | Arrival Customer 44 |                     |                    | 392 | 316 |
| 94  | 18:17:15 | B | 16 | Arrival Customer 45 |                     |                    | 45  | 314 |
| 95  | 18:17:28 | B | 17 | Arrival Customer 46 |                     |                    | 208 | 304 |
| 96  | 18:17:37 | A | 18 | Arrival Customer 47 |                     |                    | 153 | 305 |
| 97  | 18:17:59 | B | 19 | Arrival Customer 48 |                     |                    | 396 | 288 |
| 98  | 18:18:06 | B | 20 | Arrival Customer 49 |                     |                    | 133 | 281 |
| 99  | 18:18:08 | 1 | 19 |                     | Service Customer 33 | Finish Customer 32 | 40  |     |
| 100 | 18:18:19 | B | 20 | Arrival Customer 50 |                     |                    | 209 | 277 |
| 101 | 18:18:26 | 3 | 19 |                     | Service Customer 34 | Finish Customer 28 | 140 |     |
| 102 | 18:18:29 | A | 20 | Arrival Customer 51 |                     |                    | 57  | 271 |
| 103 | 18:18:34 | 3 | 19 |                     | Service Customer 35 | Finish Customer 34 | 100 |     |
| 104 | 18:18:55 | A | 20 | Arrival Customer 52 |                     |                    | 399 | 272 |
| 105 | 18:18:57 | 1 | 19 |                     | Service Customer 36 | Finish Customer 33 | 40  |     |
| 106 | 18:19:08 | 1 | 18 |                     | Service Customer 37 | Finish Customer 36 | 209 |     |
| 107 | 18:19:17 | 1 | 17 |                     | Service Customer 38 | Finish Customer 37 | 162 |     |
| 108 | 18:19:26 | A | 18 | Arrival Customer 53 |                     |                    | 153 | 249 |
| 109 | 18:19:35 | B | 19 | Arrival Customer 54 |                     |                    | 162 | 242 |
| 110 | 18:19:36 | A | 20 | Arrival Customer 55 |                     |                    | 19  | 268 |
| 111 | 18:20:15 | B | 21 | Arrival Customer 56 |                     |                    | 780 | 271 |
| 112 | 18:21:02 | 1 | 20 |                     | Service Customer 39 | Finish Customer 38 | 987 |     |
| 113 | 18:21:19 | A | 21 | Arrival Customer 57 |                     |                    | 340 | 237 |
| 114 | 18:21:43 | 2 | 20 |                     | Service Customer 40 | Finish Customer 23 | 504 |     |
| 115 | 18:21:44 | 2 | 19 |                     | Service Customer 41 | Finish Customer 40 | 20  |     |
| 116 | 18:21:54 | 1 | 18 |                     | Service Customer 42 | Finish Customer 39 | 190 |     |
| 117 | 18:22:21 | 3 | 17 |                     | Service Customer 43 | Finish Customer 35 | 486 |     |
| 118 | 18:22:28 | 1 | 16 |                     | Service Customer 44 | Finish Customer 42 | 119 |     |
| 119 | 18:22:29 | 2 | 15 |                     | Service Customer 45 | Finish Customer 41 | 16  |     |
| 120 | 18:22:32 | 1 | 14 |                     | Service Customer 46 | Finish Customer 44 | 45  |     |
| 121 | 18:22:38 | A | 15 | Arrival Customer 58 |                     |                    | 84  | 173 |
| 122 | 18:22:42 | 1 | 14 |                     | Service Customer 47 | Finish Customer 46 | 60  |     |
| 123 | 18:22:47 | 3 | 13 |                     | Service Customer 48 | Finish Customer 43 | 70  |     |
| 124 | 18:22:47 | 3 | 12 |                     | Service Customer 49 | Finish Customer 48 | 0   |     |
| 125 | 18:22:52 | A | 13 | Arrival Customer 59 |                     |                    | 60  | 173 |
| 126 | 18:22:56 | 2 | 12 |                     | Service Customer 50 | Finish Customer 45 | 52  |     |
| 127 | 18:23:00 | 1 | 11 |                     | Service Customer 51 | Finish Customer 47 | 48  |     |
| 128 | 18:23:05 | A | 12 | Arrival Customer 60 |                     |                    | 55  | 160 |
| 129 | 18:23:06 | A | 13 | Arrival Customer 61 |                     |                    | 12  | 193 |
| 130 | 18:23:10 | A | 14 | Arrival Customer 62 |                     |                    | 52  | 207 |
| 131 | 18:23:27 | 1 | 13 |                     | Service Customer 52 | Finish Customer 51 | 238 |     |
| 132 | 18:23:35 | 2 | 12 |                     | Service Customer 53 | Finish Customer 50 | 104 |     |



|     |          |   |    |                     |                     |                    |     |     |
|-----|----------|---|----|---------------------|---------------------|--------------------|-----|-----|
| 133 | 18:23:37 | 3 | 11 |                     | Service Customer 54 | Finish Customer 49 | 24  |     |
| 134 | 18:24:04 | 3 | 10 |                     | Service Customer 55 | Finish Customer 54 | 297 |     |
| 135 | 18:24:20 | A | 11 | Arrival Customer 63 |                     |                    | 160 | 142 |
| 136 | 18:24:21 | A | 12 | Arrival Customer 64 |                     |                    | 11  | 142 |
| 137 | 18:24:22 | A | 13 | Arrival Customer 65 |                     |                    | 12  | 178 |
| 138 | 18:24:37 | A | 14 | Arrival Customer 66 |                     |                    | 195 | 165 |
| 139 | 18:24:46 | 1 | 13 |                     | Service Customer 56 | Finish Customer 52 | 126 |     |
| 140 | 18:24:55 | A | 14 | Arrival Customer 67 |                     |                    | 117 | 154 |
| 141 | 18:25:16 | 2 | 13 |                     | Service Customer 57 | Finish Customer 53 | 294 |     |
| 142 | 18:25:26 | A | 14 | Arrival Customer 68 |                     |                    | 130 | 128 |
| 143 | 18:25:31 | 2 | 13 |                     | Service Customer 58 | Finish Customer 57 | 70  |     |
| 144 | 18:25:39 | B | 14 | Arrival Customer 69 |                     |                    | 104 | 148 |
| 145 | 18:25:41 | A | 15 | Arrival Customer 70 |                     |                    | 28  | 176 |
| 146 | 18:25:45 | 3 | 14 |                     | Service Customer 59 | Finish Customer 55 | 60  |     |
| 147 | 18:25:45 | 3 | 13 |                     | Service Customer 60 | Finish Customer 59 | 0   |     |
| 148 | 18:26:14 | A | 14 | Arrival Customer 71 |                     |                    | 377 | 175 |
| 149 | 18:26:16 | A | 15 | Arrival Customer 72 |                     |                    | 28  | 226 |
| 150 | 18:26:19 | 1 | 14 |                     | Service Customer 61 | Finish Customer 56 | 45  |     |
| 151 | 18:26:26 | A | 15 | Arrival Customer 73 |                     |                    | 98  | 239 |
| 152 | 18:26:33 | A | 16 | Arrival Customer 74 |                     |                    | 105 | 254 |
| 153 | 18:26:37 | 3 | 15 |                     | Service Customer 62 | Finish Customer 60 | 64  |     |
| 154 | 18:26:37 | B | 16 | Arrival Customer 75 |                     |                    | 0   | 282 |
| 155 | 18:26:42 | 2 | 15 |                     | Service Customer 63 | Finish Customer 58 | 80  |     |
| 156 | 18:26:43 | 2 | 14 |                     | Service Customer 64 | Finish Customer 63 | 15  |     |
| 157 | 18:26:57 | B | 15 | Arrival Customer 76 |                     |                    | 196 | 294 |
| 158 | 18:27:20 | 2 | 14 |                     | Service Customer 65 | Finish Customer 64 | 345 |     |
| 159 | 18:27:22 | 1 | 13 |                     | Service Customer 66 | Finish Customer 61 | 28  |     |
| 160 | 18:27:29 | 1 | 12 |                     | Service Customer 67 | Finish Customer 66 | 91  |     |
| 161 | 18:27:34 | 1 | 11 |                     | Service Customer 68 | Finish Customer 67 | 60  |     |
| 162 | 18:27:53 | B | 12 | Arrival Customer 77 |                     |                    | 209 | 250 |
| 163 | 18:28:07 | 2 | 11 |                     | Service Customer 69 | Finish Customer 65 | 168 |     |
| 164 | 18:28:37 | 1 | 10 |                     | Service Customer 70 | Finish Customer 68 | 330 |     |
| 165 | 18:28:42 | A | 11 | Arrival Customer 78 |                     |                    | 50  | 211 |
| 166 | 18:28:47 | A | 12 | Arrival Customer 79 |                     |                    | 55  | 212 |
| 167 | 18:29:06 | A | 13 | Arrival Customer 80 |                     |                    | 228 | 210 |
| 168 | 18:29:09 | 1 | 12 |                     | Service Customer 71 | Finish Customer 70 | 39  |     |
| 169 | 18:29:28 | A | 13 | Arrival Customer 81 |                     |                    | 228 | 198 |
| 170 | 18:30:02 | 3 | 12 |                     | Service Customer 72 | Finish Customer 62 | 442 |     |
| 171 | 18:30:15 | A | 13 | Arrival Customer 82 |                     |                    | 156 | 152 |
| 172 | 18:30:19 | A | 14 | Arrival Customer 83 |                     |                    | 52  | 154 |
| 173 | 18:30:25 | 3 | 13 |                     | Service Customer 73 | Finish Customer 72 | 84  |     |
| 174 | 18:30:47 | 1 | 12 |                     | Service Customer 74 | Finish Customer 71 | 286 |     |
| 175 | 18:30:49 | B | 13 | Arrival Customer 84 |                     |                    | 24  | 159 |
| 176 | 18:31:08 | B | 14 | Arrival Customer 85 |                     |                    | 247 | 140 |
| 177 | 18:31:18 | A | 15 | Arrival Customer 86 |                     |                    | 140 | 162 |

|     |          |   |    |                      |                     |                    |     |     |
|-----|----------|---|----|----------------------|---------------------|--------------------|-----|-----|
| 178 | 18:31:19 | 1 | 14 |                      | Service Customer 75 | Finish Customer 74 | 15  |     |
| 179 | 18:31:36 | A | 15 | Arrival Customer 87  |                     |                    | 238 | 149 |
| 180 | 18:31:43 | B | 16 | Arrival Customer 88  |                     |                    | 105 | 152 |
| 181 | 18:31:51 | 1 | 15 |                      | Service Customer 76 | Finish Customer 75 | 128 |     |
| 182 | 18:32:03 | 3 | 14 |                      | Service Customer 77 | Finish Customer 73 | 180 |     |
| 183 | 18:32:13 | 2 | 13 |                      | Service Customer 78 | Finish Customer 69 | 140 |     |
| 184 | 18:32:19 | 3 | 12 |                      | Service Customer 79 | Finish Customer 77 | 78  |     |
| 185 | 18:32:24 | B | 13 | Arrival Customer 89  |                     |                    | 60  | 160 |
| 186 | 18:32:36 | 1 | 12 |                      | Service Customer 80 | Finish Customer 76 | 156 |     |
| 187 | 18:32:36 | A | 13 | Arrival Customer 90  |                     |                    | 0   | 171 |
| 188 | 18:32:46 | 1 | 12 |                      | Service Customer 81 | Finish Customer 80 | 130 |     |
| 189 | 18:32:47 | 2 | 11 |                      | Service Customer 82 | Finish Customer 78 | 12  |     |
| 190 | 18:32:53 | 3 | 10 |                      | Service Customer 83 | Finish Customer 79 | 66  |     |
| 191 | 18:32:53 | B | 11 | Arrival Customer 91  |                     |                    | 0   | 242 |
| 192 | 18:33:07 | A | 12 | Arrival Customer 92  |                     |                    | 154 | 241 |
| 193 | 18:33:09 | B | 13 | Arrival Customer 93  |                     |                    | 24  | 243 |
| 194 | 18:33:28 | 3 | 12 |                      | Service Customer 84 | Finish Customer 83 | 247 |     |
| 195 | 18:33:28 | 2 | 11 |                      | Service Customer 85 | Finish Customer 82 | 0   |     |
| 196 | 18:33:32 | A | 12 | Arrival Customer 94  |                     |                    | 44  | 245 |
| 197 | 18:34:00 | 3 | 11 |                      | Service Customer 86 | Finish Customer 84 | 336 |     |
| 198 | 18:34:05 | 1 | 10 |                      | Service Customer 87 | Finish Customer 81 | 55  |     |
| 199 | 18:34:15 | 2 | 9  |                      | Service Customer 88 | Finish Customer 85 | 100 |     |
| 200 | 18:34:24 | A | 10 | Arrival Customer 95  |                     |                    | 81  | 195 |
| 201 | 18:34:25 | A | 11 | Arrival Customer 96  |                     |                    | 10  | 213 |
| 202 | 18:34:51 | A | 12 | Arrival Customer 97  |                     |                    | 286 | 198 |
| 203 | 18:34:53 | A | 13 | Arrival Customer 98  |                     |                    | 24  | 222 |
| 204 | 18:34:53 | A | 14 | Arrival Customer 99  |                     |                    | 0   | 245 |
| 205 | 18:34:55 | A | 15 | Arrival Customer 100 |                     |                    | 28  | 252 |
| 206 | 18:35:03 | A | 16 | Arrival Customer 101 |                     |                    | 120 | 280 |
| 207 | 18:35:04 | 1 | 15 |                      | Service Customer 89 | Finish Customer 87 | 16  |     |
| 208 | 18:35:26 | A | 16 | Arrival Customer 102 |                     |                    | 330 | 258 |
| 209 | 18:35:27 | 1 | 15 |                      | Service Customer 90 | Finish Customer 89 | 16  |     |
| 210 | 18:36:03 | B | 16 | Arrival Customer 103 |                     |                    | 540 | 226 |
| 211 | 18:36:08 | A | 17 | Arrival Customer 104 |                     |                    | 80  | 242 |
| 212 | 18:36:10 | A | 18 | Arrival Customer 105 |                     |                    | 34  | 246 |
| 213 | 18:36:15 | B | 19 | Arrival Customer 106 |                     |                    | 90  | 313 |
| 214 | 18:36:55 | 3 | 18 |                      | Service Customer 91 | Finish Customer 86 | 760 |     |
| 215 | 18:37:08 | 3 | 17 |                      | Service Customer 92 | Finish Customer 91 | 234 |     |
| 216 | 18:37:12 | 1 | 16 |                      | Service Customer 93 | Finish Customer 90 | 68  |     |
| 217 | 18:37:20 | B | 17 | Arrival Customer 107 |                     |                    | 128 | 259 |
| 218 | 18:37:20 | A | 18 | Arrival Customer 108 |                     |                    | 0   | 260 |
| 219 | 18:37:31 | A | 19 | Arrival Customer 109 |                     |                    | 198 | 270 |
| 220 | 18:37:36 | B | 20 | Arrival Customer 110 |                     |                    | 95  | 276 |
| 221 | 18:37:37 | 2 | 19 |                      | Service Customer 94 | Finish Customer 88 | 20  |     |
| 222 | 18:37:39 | 2 | 18 |                      | Service Customer 95 | Finish Customer 94 | 38  |     |

|     |          |   |    |                      |                      |                     |     |     |
|-----|----------|---|----|----------------------|----------------------|---------------------|-----|-----|
| 223 | 18:37:39 | A | 19 | Arrival Customer 111 |                      |                     | 0   | 275 |
| 224 | 18:37:58 | 2 | 18 |                      | Service Customer 96  | Finish Customer 95  | 361 |     |
| 225 | 18:38:09 | 3 | 17 |                      | Service Customer 97  | Finish Customer 92  | 198 |     |
| 226 | 18:38:35 | 2 | 16 |                      | Service Customer 98  | Finish Customer 96  | 442 |     |
| 227 | 18:38:58 | 3 | 15 |                      | Service Customer 99  | Finish Customer 97  | 368 |     |
| 228 | 18:39:07 | 1 | 14 |                      | Service Customer 100 | Finish Customer 93  | 135 |     |
| 229 | 18:39:29 | A | 15 | Arrival Customer 112 |                      |                     | 308 | 167 |
| 230 | 18:39:40 | B | 16 | Arrival Customer 113 |                      |                     | 165 | 164 |
| 231 | 18:39:43 | 3 | 15 |                      | Service Customer 101 | Finish Customer 99  | 48  |     |
| 232 | 18:39:44 | 1 | 14 |                      | Service Customer 102 | Finish Customer 100 | 15  |     |
| 233 | 18:39:49 | 2 | 13 |                      | Service Customer 103 | Finish Customer 98  | 70  |     |
| 234 | 18:40:10 | 3 | 12 |                      | Service Customer 104 | Finish Customer 101 | 273 |     |
| 235 | 18:40:16 | 1 | 11 |                      | Service Customer 105 | Finish Customer 102 | 72  |     |
| 236 | 18:40:24 | B | 12 | Arrival Customer 114 |                      |                     | 88  | 132 |
| 237 | 18:40:30 | B | 13 | Arrival Customer 115 |                      |                     | 72  | 133 |
| 238 | 18:40:40 | A | 14 | Arrival Customer 116 |                      |                     | 130 | 163 |
| 239 | 18:40:48 | A | 15 | Arrival Customer 117 |                      |                     | 112 | 204 |
| 240 | 18:41:01 | A | 16 | Arrival Customer 118 |                      |                     | 195 | 206 |
| 241 | 18:41:13 | B | 17 | Arrival Customer 119 |                      |                     | 192 | 200 |
| 242 | 18:41:18 | B | 18 | Arrival Customer 120 |                      |                     | 85  | 207 |
| 243 | 18:41:23 | A | 19 | Arrival Customer 121 |                      |                     | 90  | 207 |
| 244 | 18:41:28 | 1 | 18 |                      | Service Customer 106 | Finish Customer 105 | 95  |     |
| 245 | 18:41:39 | 1 | 17 |                      | Service Customer 107 | Finish Customer 106 | 198 |     |
| 246 | 18:41:40 | 3 | 16 |                      | Service Customer 108 | Finish Customer 104 | 17  |     |
| 247 | 18:41:40 | A | 17 | Arrival Customer 122 |                      |                     | 0   | 193 |
| 248 | 18:42:01 | 2 | 16 |                      | Service Customer 109 | Finish Customer 103 | 357 |     |
| 249 | 18:42:12 | 1 | 15 |                      | Service Customer 110 | Finish Customer 107 | 176 |     |
| 250 | 18:42:14 | 3 | 14 |                      | Service Customer 111 | Finish Customer 108 | 30  |     |
| 251 | 18:42:14 | A | 15 | Arrival Customer 123 |                      |                     | 0   | 196 |
| 252 | 18:42:15 | A | 16 | Arrival Customer 124 |                      |                     | 15  | 233 |
| 253 | 18:42:16 | 1 | 15 |                      | Service Customer 112 | Finish Customer 110 | 16  |     |
| 254 | 18:42:24 | 3 | 14 |                      | Service Customer 113 | Finish Customer 111 | 120 |     |
| 255 | 18:42:36 | 1 | 13 |                      | Service Customer 114 | Finish Customer 112 | 168 |     |
| 256 | 18:42:43 | 2 | 12 |                      | Service Customer 115 | Finish Customer 109 | 91  |     |
| 257 | 18:42:50 | A | 13 | Arrival Customer 125 |                      |                     | 84  | 237 |
| 258 | 18:43:09 | B | 14 | Arrival Customer 126 |                      |                     | 247 | 220 |
| 259 | 18:43:23 | 2 | 13 |                      | Service Customer 116 | Finish Customer 115 | 196 |     |
| 260 | 18:44:02 | B | 14 | Arrival Customer 127 |                      |                     | 507 | 225 |
| 261 | 18:44:12 | 3 | 13 |                      | Service Customer 117 | Finish Customer 113 | 140 |     |
| 262 | 18:44:27 | 1 | 12 |                      | Service Customer 118 | Finish Customer 114 | 195 |     |
| 263 | 18:44:28 | A | 13 | Arrival Customer 128 |                      |                     | 12  | 211 |
| 264 | 18:44:33 | 1 | 12 |                      | Service Customer 119 | Finish Customer 118 | 65  |     |
| 265 | 18:44:38 | B | 13 | Arrival Customer 129 |                      |                     | 60  | 206 |
| 266 | 18:44:41 | A | 14 | Arrival Customer 130 |                      |                     | 39  | 208 |
| 267 | 18:44:45 | 2 | 13 |                      | Service Customer 120 | Finish Customer 116 | 56  |     |

|     |          |   |    |                      |                      |                     |     |     |
|-----|----------|---|----|----------------------|----------------------|---------------------|-----|-----|
| 268 | 18:44:50 | 1 | 12 |                      | Service Customer 121 | Finish Customer 119 | 65  |     |
| 269 | 18:44:53 | 1 | 11 |                      | Service Customer 122 | Finish Customer 121 | 36  |     |
| 270 | 18:44:58 | A | 12 | Arrival Customer 131 |                      |                     | 55  | 192 |
| 271 | 18:45:07 | A | 13 | Arrival Customer 132 |                      |                     | 108 | 217 |
| 272 | 18:45:30 | 1 | 12 |                      | Service Customer 123 | Finish Customer 122 | 299 |     |
| 273 | 18:45:52 | A | 13 | Arrival Customer 133 |                      |                     | 264 | 247 |
| 274 | 18:45:59 | B | 14 | Arrival Customer 134 |                      |                     | 91  | 243 |
| 275 | 18:46:02 | A | 15 | Arrival Customer 135 |                      |                     | 42  | 242 |
| 276 | 18:46:08 | 1 | 14 |                      | Service Customer 124 | Finish Customer 123 | 90  |     |
| 277 | 18:46:26 | B | 15 | Arrival Customer 136 |                      |                     | 252 | 226 |
| 278 | 18:46:47 | 2 | 14 |                      | Service Customer 125 | Finish Customer 120 | 315 |     |
| 279 | 18:46:49 | 2 | 13 |                      | Service Customer 126 | Finish Customer 125 | 28  |     |
| 280 | 18:46:52 | B | 14 | Arrival Customer 137 |                      |                     | 39  | 221 |
| 281 | 18:47:37 | A | 15 | Arrival Customer 138 |                      |                     | 630 | 212 |
| 282 | 18:47:47 | 3 | 14 |                      | Service Customer 127 | Finish Customer 117 | 150 |     |
| 283 | 18:47:59 | 3 | 13 |                      | Service Customer 128 | Finish Customer 127 | 168 |     |
| 284 | 18:48:04 | 2 | 12 |                      | Service Customer 129 | Finish Customer 126 | 65  |     |
| 285 | 18:48:07 | A | 13 | Arrival Customer 139 |                      |                     | 36  | 193 |
| 286 | 18:48:09 | 2 | 12 |                      | Service Customer 130 | Finish Customer 129 | 26  |     |
| 287 | 18:48:10 | 1 | 11 |                      | Service Customer 131 | Finish Customer 124 | 12  |     |
| 288 | 18:48:22 | A | 12 | Arrival Customer 140 |                      |                     | 132 | 184 |
| 289 | 18:48:24 | A | 13 | Arrival Customer 141 |                      |                     | 24  | 185 |
| 290 | 18:48:44 | 1 | 12 |                      | Service Customer 132 | Finish Customer 131 | 260 |     |
| 291 | 18:48:49 | B | 13 | Arrival Customer 142 |                      |                     | 60  | 210 |
| 292 | 18:49:29 | A | 14 | Arrival Customer 143 |                      |                     | 520 | 171 |
| 293 | 18:49:40 | A | 15 | Arrival Customer 144 |                      |                     | 154 | 166 |
| 294 | 18:49:50 | B | 16 | Arrival Customer 145 |                      |                     | 150 | 164 |
| 295 | 18:49:59 | 2 | 15 |                      | Service Customer 133 | Finish Customer 130 | 144 |     |
| 296 | 18:50:02 | 1 | 14 |                      | Service Customer 134 | Finish Customer 132 | 45  |     |
| 297 | 18:50:02 | A | 15 | Arrival Customer 146 |                      |                     | 0   | 177 |
| 298 | 18:50:04 | 3 | 14 |                      | Service Customer 135 | Finish Customer 128 | 30  |     |
| 299 | 18:50:12 | 3 | 13 |                      | Service Customer 136 | Finish Customer 135 | 112 |     |
| 300 | 18:50:15 | A | 14 | Arrival Customer 147 |                      |                     | 39  | 168 |
| 301 | 18:50:33 | 3 | 13 |                      | Service Customer 137 | Finish Customer 136 | 252 |     |
| 302 | 18:50:35 | A | 14 | Arrival Customer 148 |                      |                     | 26  | 158 |
| 303 | 18:50:46 | A | 15 | Arrival Customer 149 |                      |                     | 154 | 185 |
| 304 | 18:51:09 | 1 | 14 |                      | Service Customer 138 | Finish Customer 134 | 345 |     |
| 305 | 18:51:20 | B | 15 | Arrival Customer 150 |                      |                     | 154 | 153 |
| 306 | 18:51:20 | 1 | 14 |                      | Service Customer 139 | Finish Customer 138 | 0   |     |
| 307 | 18:51:26 | 3 | 13 |                      | Service Customer 140 | Finish Customer 137 | 84  |     |
| 308 | 18:51:29 | 3 | 12 |                      | Service Customer 141 | Finish Customer 140 | 39  |     |
| 309 | 18:52:05 | A | 13 | Arrival Customer 151 |                      |                     | 432 | 138 |
| 310 | 18:52:08 | A | 14 | Arrival Customer 152 |                      |                     | 39  | 153 |
| 311 | 18:52:19 | 3 | 13 |                      | Service Customer 142 | Finish Customer 141 | 154 |     |
| 312 | 18:52:20 | 3 | 12 |                      | Service Customer 143 | Finish Customer 142 | 13  |     |

|     |          |   |    |                      |                      |                     |     |     |
|-----|----------|---|----|----------------------|----------------------|---------------------|-----|-----|
| 313 | 18:52:26 | 3 | 11 |                      | Service Customer 144 | Finish Customer 143 | 72  |     |
| 314 | 18:52:34 | 1 | 10 |                      | Service Customer 145 | Finish Customer 139 | 88  |     |
| 315 | 18:52:44 | B | 11 | Arrival Customer 153 |                      |                     | 100 | 126 |
| 316 | 18:52:59 | 2 | 10 |                      | Service Customer 146 | Finish Customer 133 | 165 |     |
| 317 | 18:52:59 | A | 11 | Arrival Customer 154 |                      |                     | 0   | 135 |
| 318 | 18:53:03 | 1 | 10 |                      | Service Customer 147 | Finish Customer 145 | 44  |     |
| 319 | 18:53:13 | 2 | 9  |                      | Service Customer 148 | Finish Customer 146 | 100 |     |
| 320 | 18:53:25 | A | 10 | Arrival Customer 155 |                      |                     | 108 | 112 |
| 321 | 18:53:29 | A | 11 | Arrival Customer 156 |                      |                     | 40  | 143 |
| 322 | 18:53:51 | 3 | 10 |                      | Service Customer 149 | Finish Customer 144 | 242 |     |
| 323 | 18:53:53 | 3 | 9  |                      | Service Customer 150 | Finish Customer 149 | 20  |     |
| 324 | 18:54:20 | B | 10 | Arrival Customer 157 |                      |                     | 243 | 102 |
| 325 | 18:54:23 | 2 | 9  |                      | Service Customer 151 | Finish Customer 148 | 30  |     |
| 326 | 18:54:29 | A | 10 | Arrival Customer 158 |                      |                     | 54  | 112 |
| 327 | 18:54:36 | B | 11 | Arrival Customer 159 |                      |                     | 70  | 107 |
| 328 | 18:54:41 | 2 | 10 |                      | Service Customer 152 | Finish Customer 151 | 55  |     |
| 329 | 18:54:43 | A | 11 | Arrival Customer 160 |                      |                     | 20  | 100 |
| 330 | 18:54:46 | A | 12 | Arrival Customer 161 |                      |                     | 33  | 116 |
| 331 | 18:54:50 | 2 | 11 |                      | Service Customer 153 | Finish Customer 152 | 48  |     |
| 332 | 18:55:06 | A | 12 | Arrival Customer 162 |                      |                     | 176 | 101 |
| 333 | 18:55:13 | A | 13 | Arrival Customer 163 |                      |                     | 84  | 177 |
| 334 | 18:55:14 | 1 | 12 |                      | Service Customer 154 | Finish Customer 147 | 13  |     |
| 335 | 18:55:17 | 3 | 11 |                      | Service Customer 155 | Finish Customer 150 | 36  |     |
| 336 | 18:55:37 | A | 12 | Arrival Customer 164 |                      |                     | 220 | 163 |
| 337 | 18:55:52 | 2 | 11 |                      | Service Customer 156 | Finish Customer 153 | 180 |     |
| 338 | 18:56:02 | 3 | 10 |                      | Service Customer 157 | Finish Customer 155 | 110 |     |
| 339 | 18:56:02 | A | 11 | Arrival Customer 165 |                      |                     | 0   | 154 |
| 340 | 18:56:21 | 3 | 10 |                      | Service Customer 158 | Finish Customer 157 | 209 |     |
| 341 | 18:56:23 | 2 | 9  |                      | Service Customer 159 | Finish Customer 156 | 20  |     |
| 342 | 18:56:23 | 1 | 8  |                      | Service Customer 160 | Finish Customer 154 | 0   |     |
| 343 | 18:56:40 | A | 9  | Arrival Customer 166 |                      |                     | 136 | 188 |
| 344 | 18:56:42 | 2 | 8  |                      | Service Customer 161 | Finish Customer 159 | 18  |     |
| 345 | 18:56:47 | 2 | 7  |                      | Service Customer 162 | Finish Customer 161 | 40  |     |
| 346 | 18:57:09 | A | 8  | Arrival Customer 167 |                      |                     | 154 | 236 |
| 347 | 18:58:10 | 2 | 7  |                      | Service Customer 163 | Finish Customer 162 | 8   |     |
| 348 | 18:58:14 | A | 8  | Arrival Customer 168 |                      |                     | 28  | 186 |
| 349 | 18:58:20 | 2 | 7  |                      | Service Customer 164 | Finish Customer 163 | 48  |     |
| 350 | 18:58:23 | A | 8  | Arrival Customer 169 |                      |                     | 21  | 192 |
| 351 | 18:58:36 | 3 | 7  |                      | Service Customer 165 | Finish Customer 158 | 104 |     |
| 352 | 18:59:00 | A | 8  | Arrival Customer 170 |                      |                     | 168 | 195 |
| 353 | 18:59:24 | A | 9  | Arrival Customer 171 |                      |                     | 192 | 178 |
| 354 | 18:59:26 | B | 10 | Arrival Customer 172 |                      |                     | 18  | 189 |
| 355 | 18:59:44 | B | 11 | Arrival Customer 173 |                      |                     | 180 | 172 |
| 356 | 18:59:48 | 1 | 10 |                      | Service Customer 166 | Finish Customer 160 | 44  |     |
| 357 | 19:00:04 | B | 11 | Arrival Customer 174 |                      |                     | 160 | 164 |

|     |          |   |    |                      |                      |                     |     |     |
|-----|----------|---|----|----------------------|----------------------|---------------------|-----|-----|
| 358 | 19:00:07 | B | 12 | Arrival Customer 175 |                      |                     | 33  | 208 |
| 359 | 19:00:29 | B | 13 | Arrival Customer 176 |                      |                     | 264 | 211 |
| 360 | 19:00:47 | A | 14 | Arrival Customer 177 |                      |                     | 234 | 267 |
| 361 | 19:01:05 | 1 | 13 |                      | Service Customer 167 | Finish Customer 166 | 252 |     |
| 362 | 19:01:19 | B | 14 | Arrival Customer 178 |                      |                     | 182 | 235 |
| 363 | 19:01:20 | 1 | 13 |                      | Service Customer 168 | Finish Customer 167 | 14  |     |
| 364 | 19:01:22 | A | 14 | Arrival Customer 179 |                      |                     | 26  | 236 |
| 365 | 19:01:28 | A | 15 | Arrival Customer 180 |                      |                     | 84  | 231 |
| 366 | 19:01:33 | B | 16 | Arrival Customer 181 |                      |                     | 75  | 257 |
| 367 | 19:01:33 | A | 17 | Arrival Customer 182 |                      |                     | 0   | 258 |
| 368 | 19:01:35 | 2 | 16 |                      | Service Customer 169 | Finish Customer 164 | 34  |     |
| 369 | 19:01:37 | A | 17 | Arrival Customer 183 |                      |                     | 32  | 255 |
| 370 | 19:01:51 | B | 18 | Arrival Customer 184 |                      |                     | 238 | 289 |
| 371 | 19:01:58 | B | 19 | Arrival Customer 185 |                      |                     | 126 | 290 |
| 372 | 19:02:01 | B | 20 | Arrival Customer 186 |                      |                     | 57  | 302 |
| 373 | 19:02:15 | 3 | 19 |                      | Service Customer 170 | Finish Customer 165 | 280 |     |
| 374 | 19:02:22 | 2 | 18 |                      | Service Customer 171 | Finish Customer 169 | 133 |     |
| 375 | 19:02:35 | 1 | 17 |                      | Service Customer 172 | Finish Customer 168 | 234 |     |
| 376 | 19:02:36 | 2 | 16 |                      | Service Customer 173 | Finish Customer 171 | 17  |     |
| 377 | 19:02:48 | 1 | 15 |                      | Service Customer 174 | Finish Customer 172 | 192 |     |
| 378 | 19:02:49 | A | 16 | Arrival Customer 187 |                      |                     | 15  | 317 |
| 379 | 19:02:52 | A | 17 | Arrival Customer 188 |                      |                     | 48  | 314 |
| 380 | 19:02:55 | B | 18 | Arrival Customer 189 |                      |                     | 51  | 320 |
| 381 | 19:03:33 | A | 19 | Arrival Customer 190 |                      |                     | 684 | 285 |
| 382 | 19:03:35 | 3 | 18 |                      | Service Customer 175 | Finish Customer 170 | 38  |     |
| 383 | 19:03:58 | B | 19 | Arrival Customer 191 |                      |                     | 414 | 265 |
| 384 | 19:04:00 | 2 | 18 |                      | Service Customer 176 | Finish Customer 173 | 38  |     |
| 385 | 19:04:10 | A | 19 | Arrival Customer 192 |                      |                     | 180 | 255 |
| 386 | 19:04:13 | A | 20 | Arrival Customer 193 |                      |                     | 57  | 262 |
| 387 | 19:04:23 | B | 21 | Arrival Customer 194 |                      |                     | 200 | 253 |
| 388 | 19:04:43 | A | 22 | Arrival Customer 195 |                      |                     | 420 | 240 |
| 389 | 19:05:05 | B | 23 | Arrival Customer 196 |                      |                     | 484 | 225 |
| 390 | 19:05:14 | 2 | 22 |                      | Service Customer 177 | Finish Customer 176 | 207 |     |
| 391 | 19:05:14 | 2 | 21 |                      | Service Customer 178 | Finish Customer 177 | 0   |     |
| 392 | 19:05:18 | 2 | 20 |                      | Service Customer 179 | Finish Customer 178 | 84  |     |
| 393 | 19:05:19 | 3 | 19 |                      | Service Customer 180 | Finish Customer 175 | 20  |     |
| 394 | 19:05:27 | A | 20 | Arrival Customer 197 |                      |                     | 152 | 212 |
| 395 | 19:05:50 | 2 | 19 |                      | Service Customer 181 | Finish Customer 179 | 460 |     |
| 396 | 19:05:51 | 2 | 18 |                      | Service Customer 182 | Finish Customer 181 | 19  |     |
| 397 | 19:05:52 | 2 | 17 |                      | Service Customer 183 | Finish Customer 182 | 18  |     |
| 398 | 19:06:19 | A | 18 | Arrival Customer 198 |                      |                     | 459 | 202 |
| 399 | 19:06:33 | B | 19 | Arrival Customer 199 |                      |                     | 252 | 235 |
| 400 | 19:06:40 | 3 | 18 |                      | Service Customer 184 | Finish Customer 180 | 133 |     |
| 401 | 19:06:41 | A | 19 | Arrival Customer 200 |                      |                     | 18  | 209 |
| 402 | 19:06:48 | 1 | 18 |                      | Service Customer 185 | Finish Customer 174 | 133 |     |

|     |          |   |    |                      |                      |                     |     |     |
|-----|----------|---|----|----------------------|----------------------|---------------------|-----|-----|
| 403 | 19:07:03 | 3 | 17 |                      | Service Customer 186 | Finish Customer 184 | 270 |     |
| 404 | 19:07:05 | A | 18 | Arrival Customer 201 |                      |                     | 34  | 195 |
| 405 | 19:07:15 | A | 19 | Arrival Customer 202 |                      |                     | 180 | 193 |
| 406 | 19:07:20 | B | 20 | Arrival Customer 203 |                      |                     | 95  | 200 |
| 407 | 19:07:27 | A | 21 | Arrival Customer 204 |                      |                     | 140 |     |
| 408 | 19:08:06 | 3 | 20 |                      | Service Customer 187 | Finish Customer 186 | 819 |     |
| 409 | 19:08:06 | 1 | 19 |                      | Service Customer 188 | Finish Customer 185 | 0   |     |
| 410 | 19:08:15 | 2 | 18 |                      | Service Customer 189 | Finish Customer 183 | 171 |     |
| 411 | 19:08:18 | 2 | 17 |                      | Service Customer 190 | Finish Customer 189 | 54  |     |
| 412 | 19:08:19 | A | 18 | Arrival Customer 205 |                      |                     | 17  |     |
| 413 | 19:08:23 | 1 | 17 |                      | Service Customer 191 | Finish Customer 188 | 72  |     |
| 414 | 19:08:25 | 2 | 16 |                      | Service Customer 192 | Finish Customer 190 | 34  |     |
| 415 | 19:08:35 | 2 | 15 |                      | Service Customer 193 | Finish Customer 192 | 160 |     |
| 416 | 19:08:36 | 1 | 14 |                      | Service Customer 194 | Finish Customer 191 | 15  |     |
| 417 | 19:08:43 | 3 | 13 |                      | Service Customer 195 | Finish Customer 187 | 98  |     |
| 418 | 19:08:50 | 2 | 12 |                      | Service Customer 196 | Finish Customer 193 | 91  |     |
| 419 | 19:08:56 | A | 13 | Arrival Customer 206 |                      |                     | 72  |     |
| 420 | 19:08:59 | 3 | 12 |                      | Service Customer 197 | Finish Customer 195 | 39  |     |
| 421 | 19:09:03 | A | 13 | Arrival Customer 207 |                      |                     | 48  |     |
| 422 | 19:09:03 | A | 14 | Arrival Customer 208 |                      |                     | 0   |     |
| 423 | 19:09:04 | A | 15 | Arrival Customer 209 |                      |                     | 14  |     |
| 424 | 19:09:41 | 3 | 14 |                      | Service Customer 198 | Finish Customer 197 | 555 |     |
| 425 | 19:09:42 | B | 15 | Arrival Customer 210 |                      |                     | 14  |     |
| 426 | 19:09:54 | A | 16 | Arrival Customer 211 |                      |                     | 180 |     |
| 427 | 19:10:00 | 2 | 14 |                      | Service Customer 199 | Finish Customer 196 | 96  |     |
| 428 | 19:10:10 | 1 | 13 |                      | Service Customer 200 | Finish Customer 194 | 140 |     |
| 429 | 19:10:20 | 3 | 12 |                      | Service Customer 201 | Finish Customer 198 | 130 |     |
| 430 | 19:10:28 | 2 | 11 |                      | Service Customer 202 | Finish Customer 199 | 544 |     |
| 431 | 19:10:40 | 1 | 10 |                      | Service Customer 203 | Finish Customer 200 |     |     |
| 432 | 19:10:59 | A | 11 | Arrival Customer 212 |                      |                     | 341 |     |

|                 |          |  |
|-----------------|----------|--|
| <b>คำอธิบาย</b> | <b>A</b> | is New Movie on Week (War of the Worlds)         |
|                 | <b>B</b> | is Old Movie on Week(Batman Begin ,Hell ,Others) |
|                 | <b>1</b> | is Counter service 1                             |
|                 | <b>2</b> | is Counter service 2                             |
|                 | <b>3</b> | is Counter service 3                             |

**วิเคราะห์เบื้องต้น**

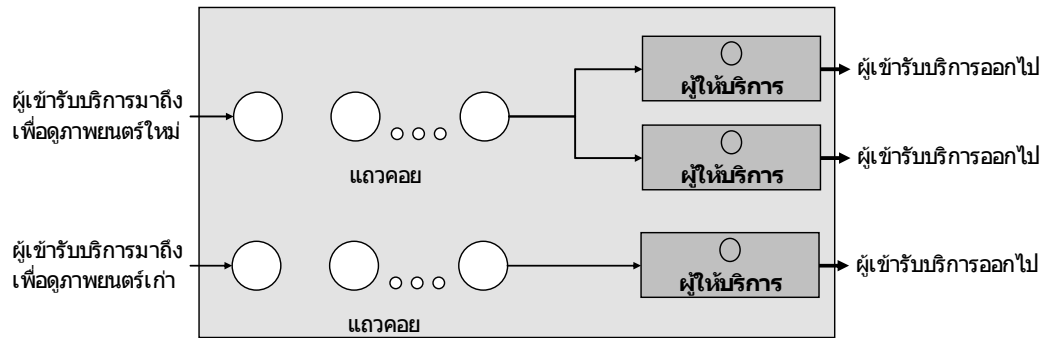
14.96 is Time-average number of customer service  
 หมายความว่าในแถวคอยจะมีลูกค้ารอคอยโดยเฉลี่ย 15 คน

100% is Utilization of Service( 1 ,2 ,3)  
 หมายความว่าระบบนี้ใช้หน่วยบริการเต็มประสิทธิภาพ นั่นคือไม่มีเวลาว่างงานเลย

3.86 is Waiting time in queue (Minutes)  
 หมายความว่าระบบนี้ลูกค้าต้องรอในคิวเฉลี่ยแล้วคนละ 3.88 นาที

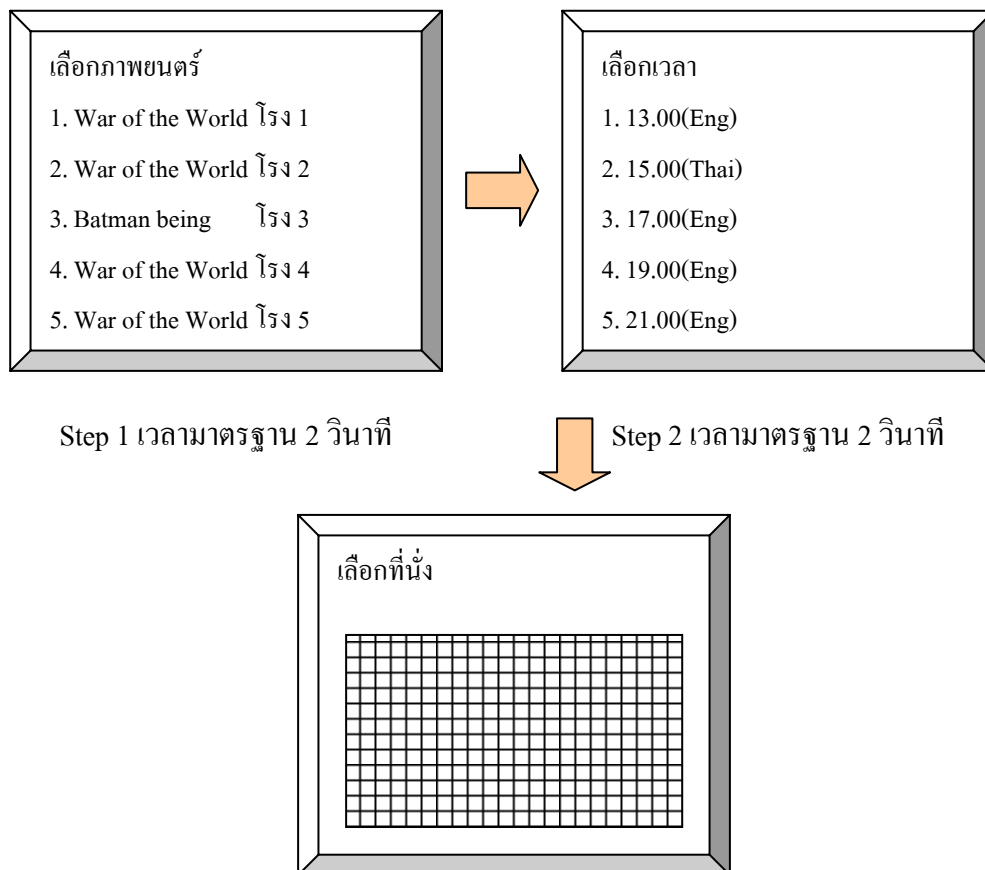
## ภาคผนวก 6. การวิเคราะห์การลดเวลาการให้บริการของ Server ใน

### Alternative 2



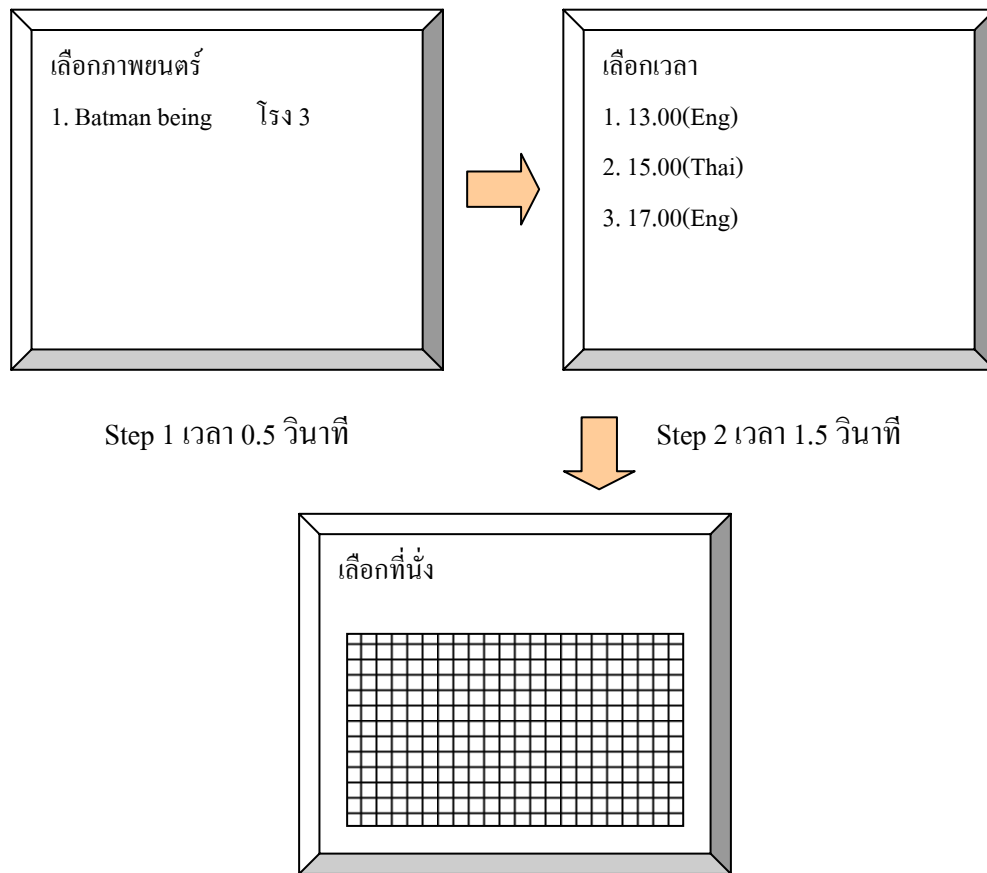
การพิจารณาการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการเลือกภาพยนตร์

รูปที่ 9 ภาพแสดงเวลามาตรฐานการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการเลือกภาพยนตร์





รูปที่ 9 ภาพแสดงเวลาใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการเลือกภาพยนตร์ Alternative 2

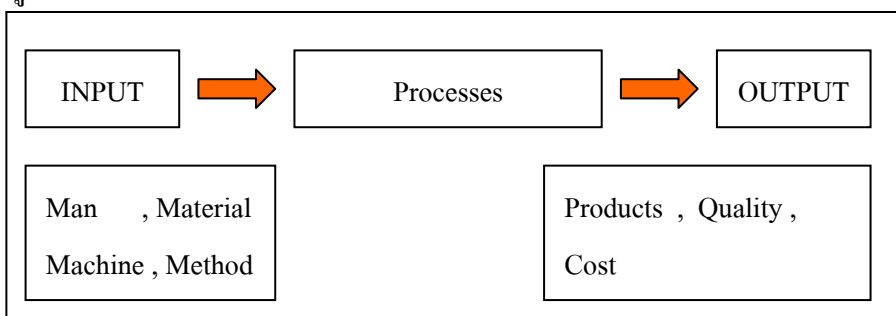


ในส่วน of หน้าจอเลือกภาพยนตร์ใน Step 1 อาจข้ามไปได้เลยในกรณีที่ไม่มีภาพยนตร์อื่นให้เลือกชม โดยเปิดหน้าจอคอมพิวเตอร์ใน Step 2 เพื่อเลือกเวลาเข้าชมของผู้ใช้บริการแทน ซึ่งจะเป็นการลดเวลาในการให้บริการของ Server ได้เป็นอย่างดี

## ภาคผนวก 7. เทคนิคการออกแบบทางเลือก และ เทคนิคในการเลือก ทางเลือก

### 7.1 เทคนิคในการออกแบบทางเลือก

ในการแก้ไขปัญหาตามหลักการทางวิศวกรรมอุตสาหกรรมนั้นเรามักมองปัญหาออกเป็นระบบคือประกอบไปด้วย ปัจจัยนำเข้า กระบวนการ และ ผลที่ได้รับ โดยที่ปัจจัยนำเข้านั้นประกอบด้วย คน เครื่องจักร วัสดุดิบ และ วิธีการในการทำงาน ส่วนผลที่ได้รับนั้นก็คือนื่องานที่เราต้องการ คุณภาพ ต้นทุน อื่นๆ ดังนั้นหากต้องการผลลัพธ์เช่นใด นั่นก็หมายความว่าต้องขึ้นอยู่กับสิ่งที่เราป้อนเข้าไปในกระบวนการ



เทคนิคที่วิศวกรอุตสาหกรรมมักใช้เป็นอุปกรณ์ในการปรับปรุงคือหลักการของ ECRS ซึ่งก็คือ Eliminate (การกำจัดสิ่งไม่จำเป็นออก) Combination (การรวมขั้นตอนต่างๆเข้าด้วยกัน) Rearrange (การจัดลำดับใหม่) Simplify (ทำให้ง่ายขึ้น) ซึ่งหลักการต่างๆ ที่กล่าวมานี้จะนำไปใช้ในปัจจัยนำเข้าซึ่งทำให้สามารถสร้างทางเลือกได้ 4 ทางเลือกคือ

1. ตัดแถวออกเพื่อให้แถวยาวคู่สั้นลง โดยการแบ่งแถวคอกออกเป็น 2 แถว
2. ตัดแถวออกเพื่อให้แถวยาวคู่สั้นลง โดยการแบ่งแถวคอกออกเป็น 2 แถว และปรับวิธีการทำงานให้ง่ายขึ้นโดยการเปิดหน้าจอหนังเรื่องนั้นๆไว้เลยสามารถลดเวลาลงได้ 2 วินาที (ตามภาคผนวกที่ 6)
3. เพิ่มพนักงานอีก 1 คน เพื่อตั้งจุดให้บริการเพิ่มแล้วให้แถวคอกเป็นแถวเดียว
4. เมื่อพิจารณาการที่ลูกค้าต้องรอนานเกิน 3 นาทีแล้วอาจเกิดความไม่พอใจซึ่งมีผลทำให้โอกาสในการเข้าชมภาพยนตร์ในครั้งต่อไปลดน้อยลง ในทางเลือกนี้เป็นการแก้ปัญหาโดยการติดตั้งโทรทัศน์พร้อมเครื่องเล่น DVD แล้วฉายภาพยนตร์ตัวอย่างให้ลูกค้าดูเพื่อเป็นการฆ่าเวลา และเป็นการเพิ่มโอกาสในการเข้าชมภาพยนตร์ในเรื่องถัดไป โดยการวิเคราะห์ในครั้งนี้จะถือว่าลูกค้าจะสามารถรอคอกเพิ่มขึ้นจาก 3 นาที เป็น 5 นาที โดยไม่เกิดต้นทุนการรอคอกของลูกค้าในช่วงเวลานี้

## 7.2 เทคนิคในการเลือกทางเลือก

ในการเลือกนั้นมุมมองที่เราต้องพิจารณาเพื่อความพึงพอใจของลูกค้า นั้น ประการแรก แแถวที่ไม่ยาวเกินไปเนื่องจากแถวที่ยาวเกินไปนั้นอาจทำให้ลูกค้าเปลี่ยนใจไปอยู่ที่โรงภาพยนตร์อื่นๆ เช่น SF Central Town รัตนาธิเบศร์ หรือ เมเจอร์รัชโยธิน หรือ เมเจอร์นนทบุรี ซึ่งความยาวของแถวนั้นวัดจากจำนวนคนที่ขึ้นรอรับบริการในแถวคอย

ประการต่อมาคือ เวลาในการรอคอยนั้นเป็นการวัดให้เห็นถึงความสามารถในการให้บริการ ซึ่งในการให้บริการนั้นเวลาที่ลูกค้าควรจะพอใจในความเป็นจริงต้องทำการสอบถามจากผู้เข้ามาใช้บริการว่าเวลาคอยในแถว นานเท่าใดที่จะทำให้เริ่มไม่พอใจ ซึ่งการเก็บข้อมูลดังกล่าว นั้นไม่สามารถทำได้ง่ายนักเนื่องจากต้องใช้เวลาในการเก็บข้อมูล รวมทั้งยังต้องใช้เทคนิคในการวิเคราะห์ค่าวัดเพื่อให้ได้คำตอบที่เชื่อถือได้ และการต้องทำเรื่องขออนุญาตอย่างเป็นทางการในการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วย ดังนั้นจึงกำหนดใช้เกณฑ์ความพึงพอใจจากประสบการณ์ของผู้วิจัย และการสอบถามแบบกลุ่มย่อยจากบุคคลรอบข้าง ได้ผลสรุปคือ เวลาที่ใช้ในการขึ้นรอรับบริการนั้นไม่ควรยืนรอนานเกิน 3 นาที และกำหนดไว้เป็นเป้าหมายเบื้องต้น

ในการที่เราจะทำการเปรียบเทียบระบบต่างๆว่าจะเลือกระบบใด สิ่งที่มีความสำคัญมากอีกประการหนึ่งคือ ต้นทุนที่ต้องลงทุนในการปรับปรุงเนื่องจากบางทางเลือกสามารถลดเวลาคอยและแถวคอยได้ดี แต่กลับสร้างต้นทุนที่มากขึ้นก็ไม่ควรเลือกเช่นกัน ในการคำนวณต้นทุนจึงแบ่งต้นทุนออกเป็น 3 ส่วนด้วยกันคือ

- ต้นทุนเกี่ยวกับความพึงพอใจของลูกค้า ซึ่งต้นทุนนี้จะมองว่าการที่ลูกค้ารอนานเกินกว่าเวลาที่กำหนดอาจทำให้ลูกค้าเปลี่ยนใจไปดูภาพยนตร์ที่โรงภาพยนตร์อื่น ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในขั้นต้น แต่ต้นทุนนี้ใช้ประสบการณ์ของกลุ่มผู้วิจัยช่วยในการกำหนดค่า เพราะความเป็นจริงข้อมูลนี้ควรที่จะมีจากการสำรวจ และกำหนดเป็นนโยบายบริษัท ต้นทุนนี้สามารถกำหนดค่าเป็น 1 บาท/คน/นาที สำหรับลูกค้าที่รอนานเกินกว่า 3 นาที แต่ในกรณีที่เป็นทางเลือกที่จะติดตั้งโทรทัศน์พร้อมเครื่องเล่น DVD นั้นก็ขยายเวลาออกเป็น 5 นาที

$1 \times (Wq-3) \times Lq = \text{Cost of satisfy for waiting time standard is 3 minutes and } (Wq-3) \text{ has more than 0}$

$1 \times (Wq-5) \times Lq = \text{Cost of satisfy for waiting time standard is 5 minutes and } (Wq-5) \text{ has more than 0}$

- ต้นทุนอุปกรณ์ ใน โรงงานนี้มีต้นทุนอุปกรณ์ 2 อย่าง คือ ที่ Alternative ที่ 3 และ 4 ในทางเลือกที่ 3 คือ เมื่อมีการเพิ่มพนักงานต้องมีการเพิ่มเครื่องคอมพิวเตอร์ และเครื่องพิมพ์ ตัว ซึ่งกำหนดให้มีราคาเท่ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มี สเปกส์ ต่ำ โดยต้นทุนรวมค่าเครื่องพิมพ์ มีราคา 20,000 บาท คิดเป็นต่อนาที โดยการทำงานจะมีเวลาทำงาน 12 ชั่วโมง ต้นทุนคือ  $20,000 / (3 \times 365)$

x 12 x 60) โดยมีเวลาการใช้งานนาน 3 ปี เนื่องจากถ่าน CMOS น่าจะเริ่มเสื่อมและเครื่องใกล้หมดอายุการใช้งาน

อุปกรณ์ชิ้นต่อมาคือ T.V. พลาสมาจอแบน ขนาด 42 นิ้ว ราคา 120,000 รวมเครื่องเล่น DVD ราคา 10,000 บาท เป็น 130,000 บาท ที่ต้องเป็น พลาสมาเพราะว่าจะสามารถดูได้ชัดเจนในทุกมุมสายตา และจอแบนสามารถติดตั้งได้สะดวก ต้องนำมาคิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อ นาทีเช่นกัน ซึ่งกำหนดให้สามารถใช้งานได้นาน 3 ปี ตามใบรับประกัน

ต้นทุนค่าไฟฟ้า กำหนดให้ค่าไฟ มีค่า 4 บาท ต่อ หน่วย ไม่คิดค่า คิวแมนต์ชาร์จคอมพิเตอร์กินไฟ 500 วัตต์ ชั่วโมง ที่วี กิโนไฟ 1 กิโลวัตต์ชั่วโมง ซึ่ง 1 หน่วย เท่ากับ 1 กิโลวัตต์ชั่วโมง

ค่าแรงพนักงานตามประกาศกระทรวงปรับค่าจ้างแรงงานขั้นต่ำในเขต ก.ท.ม. มีค่าแรง 181 บาทต่อ 8 ชั่วโมง

ในการทำการเปรียบเทียบ 3 ปัจจัย ใช้แผนภูมิ เรดาร์ ซึ่งแผนภูมิเรดาร์ในการทำการวิจัยครั้งนี้จะปรับให้แต่ละค่าที่วัดมีช่องห่างที่มีระดับเท่ากัน โดยการให้คะแนนความน่าสนใจในการลงทุน 3 ระดับคือ คะแนนเป็น 5 มีความน่าสนใจในการเลือกสูงมาก คะแนนเป็น 3 มีความน่าสนใจในการเลือกระดับปานกลาง และ คะแนนเป็น 1 มีความน่าสนใจในการเลือกระดับต่ำ ซึ่งจะแบ่งระดับตามรายละเอียดในตาราง

ตารางคำนวณต้นทุน

|               | Satisfie cost |      |      |         | satisfie cost | Device/Tool |        |           | Service Cost |       |             | Total Cost |          |          |
|---------------|---------------|------|------|---------|---------------|-------------|--------|-----------|--------------|-------|-------------|------------|----------|----------|
|               | waiting       |      |      |         |               | price       | period | price/min | ค่าไฟ        |       | ค่าแรง      |            |          |          |
|               | Lq            | Wq   | Wq-5 | Value W |               |             |        |           | ต่อ นาที     | จำนวน | ค่าแรง/นาที |            | ต้นทุน   |          |
| original      | 19.5          | 6.5  | 3.5  | 3.5     | 68.7          | 0           | 0      | 0         | 0            | 3     | 0.44        | 1.3308     | 70.00705 |          |
| Alternative 1 | 14.8          | 7.5  | 4.5  | 4.5     | 66.3          | 0           | 0      | 0         | 0            | 2     | 0.44        | 0.8872     | 67.13975 | 2741.79  |
|               | 54.0          | 52.5 | 49.5 | 49.5    | 2674.2        | 0           | 0      | 0         | 0            | 1     | 0.44        | 0.4436     | 2674.651 |          |
| Alternative 2 | 8.6           | 4.4  | 1.4  | 1.4     | 11.9          | 0           | 0      | 0         |              | 2     | 0.44        | 0.8872     | 12.75119 | 249.8775 |
|               | 17.2          | 16.7 | 13.7 | 13.7    | 236.7         | 0           | 0      | 0         | 0            | 1     | 0.44        | 0.4436     | 237.1264 |          |
| Alternative 3 | 1.1           | 0.4  | -2.6 | 0.0     | 0.0           | 20000       | 3      | 0.025368  | 0.0343       | 4     | 0.44        | 1.7744     |          | 1.834068 |
| Alternative 4 | 19.5          | 6.5  | 1.5  | 1.5     | 29.6          | 130000      | 3      | 0.164891  | 0.066667     | 3     | 0.44        | 1.3308     |          | 31.15361 |

ตารางระดับการให้คะแนน

|      |            |   |
|------|------------|---|
| Lq   | 0-18.49    | 5 |
|      | 18.5-40.49 | 3 |
|      | 40.5-55    | 1 |
| Wq   | 0-3.49     | 5 |
|      | 3.5-5.49   | 3 |
|      | 5.5-20     | 1 |
| cost | 0-100      | 5 |
|      | 101 - 500  | 3 |
|      | 501-3000   | 1 |

ตารางสรุปคะแนนในแต่ละทางเลือก

| ทางเลือก         | Lq       | Lq | Wq       | Wq | cost     | Cost | คะแนนรวม |
|------------------|----------|----|----------|----|----------|------|----------|
| Original Problem | 19.5425  | 3  | 6.5142   | 3  | 70.00705 | 5    | 45       |
| Alternative 1    | 28.21197 | 3  | 22.92187 | 1  | 2741.79  | 1    | 3        |
| Alternative 2    | 11.57159 | 3  | 8.615133 | 3  | 249.8775 | 3    | 27       |
| Alternative 3    | 1.148    | 5  | 0.3827   | 5  | 1.834068 | 5    | 125      |
| Alternative 4    | 19.5425  | 3  | 6.5142   | 3  | 31.15361 | 5    | 45       |

คะแนนรวม = คะแนน Lq x คะแนน Wq x คะแนน Cost