สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# ปัญหาพิเศษ
# เรื่อง
# การจำลองแบบปัญหาระบบการให้บริการโทรศัพท์ติดตามตัว ของ บริษัท ฮัทชิสัน เทเลคอมมิวนิเคชั่นส์ (ประเทศไทย) จำกัด

โดย


นายชนาวีร์ จงประสิทธิผล
นายประภาส โพธิพันธุ์
นายพงศา อาชายุทธการ
นางสาววุจิรา บุญสุวรรณ



2ฟว.
ส1497ก
2536
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....
b1254172


ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2536

Special Project

# Simulation of Pagephone Service System of Hutchison Telecommunication (Thailand) CO,LTD.


Mr. CHANAVEE CHONGPRASITTIPOL

Mr. PRAPAD POTIPUN

Mr. PONGSA ARCHAYUTHAKAN

Ms. WUJIRA BOONSUWAN


A Special Project Submitted in Partial Fulfillment
of the Requirement for the Degree of Bachelor of Science
Degree of Applied Statistics
Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
1993

# หน้าอนุมัติ

หัวข้อปัญหาพิเศษ การจำลองแบบปัญหาระบบการให้บริการโทรศัพท์ติดตามตัว
ของ บริษัท อัทชิสัน เทเลคอมมิวนิเคชั่นส์ (ประเทศไทย) จำกัด

โดย นายชนาวีร์ จงประสิทธิผล
นายประภาส โพธิพันธุ์
นายพงศา อาชายุทธการ
นางสาววุจิรา บุญสุวรรณ

ภาควิชา สถิติประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์วัลยลักษณ์ อัตธีรวงศ์

ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

( ผศ.วีรศักดิ์ สุรพัฒน์ ) หัวหน้าภาค

คณะกรรมการปัญหาพิเศษ

( อาจารย์วัลยลักษณ์ อัตธีรวงศ์ ) ประธานกรรมการ

( ผศ.วรารัตน์ เรืองรัตนเมธี ) กรรมการ

( อาจารย์นวลสวาท หิรัญสกลวงศ์ ) กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

# บทคัดย่อ


ชื่อเรื่อง การจำลองแบบปัญหาระบบการให้บริการโทรศัพท์ติดตามตัว ของ บริษัท อัทชิสัน เทเลคอมมิวนิเคชั่นส์ (ประเทศไทย) จำกัด

โดย นายชนาวีร์ จงประสิทธิผล
นายประภาส โพธิพันธุ์
นายพงศา อาชายุทธการ
นางสาววุจิรา บุญสุวรรณ

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์

ภาควิชา สถิติประยุกต์

ปีการศึกษา 2536

---

การสื่อสารที่มีประสิทธิภาพเป็นหลักสำคัญเพื่อความสำเร็จในธุรกิจปัจจุบัน สำหรับผู้ประกอบการธุรกิจทุกระดับที่มีพนักงานในองค์กรที่ต้องเดินทาง หรือติดต่อสื่อสารเชื่อมโยงถึงกันตลอดเวลา ย่อมมีความจำเป็นในการใช้เครื่องมือสื่อสารที่มีประสิทธิภาพสูงและสามารถพกพาได้อย่างสะดวก โทรศัพท์ติดตามตัวจึงเป็นเครื่องมือสื่อสารที่มีผู้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย

เนื่องจากความนิยมในการใช้โทรศัพท์ติดตามตัว จึงมีหลายบริษัทที่ทำธุรกิจทางด้านการให้บริการโทรศัพท์ติดตามตัว มีการแข่งขันทางด้านการให้บริการ และพัฒนาประสิทธิภาพของโทรศัพท์ติดตามตัวให้สามารถใช้งานได้หลายด้าน แต่ปัจจัยสำคัญที่ลูกค้าพิจารณาในการใช้โทรศัพท์ของบริษัทใด ก็คือความมีประสิทธิภาพในการให้บริการ ความสะดวกรวดเร็วในการให้บริการ การลดเวลาการรอคอยของลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความก็เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการได้วิธีหนึ่ง ซึ่งสามารถทำได้ด้วยการจัดจำนวนพนักงานให้เหมาะสมกับจำนวนลูกค้าใช้บริการฝากข้อความในแต่ละช่วงเวลาโดยการใช้ทฤษฎีแถวคอย (QUEUEING THEORY) และเทคนิคการจำลองแบบปัญหา (SIMULATION TECHNIQUE)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูล 2 ชนิด คือ ข้อมูลจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในแต่ละชั่วโมง และข้อมูลเวลาในการให้บริการฝากข้อความโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนในแต่ละชั่วโมง เป็นเวลา 6 เดือน ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2536 ในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 23.00 น. นำข้อมูลที่ได้

มาวิเคราะห์หาการแจกแจงความน่าจะเป็นโดยแบ่งเป็นวันหยุดและวันทำงาน และนำไปสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาปาสคาล เพื่อหาจำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสมในแต่ละชั่วโมง

ผลที่ได้จากโปรแกรมแบบจำลองจะเป็นจำนวนของพนักงานที่ให้บริการที่เหมาะสมกับจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการในแต่ละชั่วโมงในกรณีที่พนักงานสามารถทำงานได้เต็มที่ตลอดเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งในระบบจริงแล้วพนักงานจะไม่สามารถทำงานตลอดเวลา 1 ชั่วโมงได้ ดังนั้นจำนวนพนักงานที่ได้จากแบบจำลองจะมีค่าต่ำกว่าจำนวนพนักงานในระบบจริง

Abstract

Special Problem Title : Simulation of Pagephone Service System of Hutchison Telecommunication (Thailand) CO.LTD,.

Name Mr.Chanavee Chongprasittipol
Mr.Prapad Potipun
Mr.Pongsa Achayutakarn
Ms.Wujira Boonsuwan

Special Project Advisor Mrs.Walailak Atthirawong

Department Applied Statistics

Acadamic Year 1993

---

At present, communication is very significant to most business. For all people who travel or need to be contacted all the time, they desire efficient communicator; that are easy for carrying. So pagephone becomes one of the most popular communicators.

Because of the popularity of pagephone,many companies are in the about pagephone business so there is serious competition to develope the efficiency of pagephone . The size and quick service are the key factor, considered for selection of pagephone. Increasing efficiency of service by decreasing waiting time is done by increasing operators. We can arrange suitable amount of operators. The operator-increment problem is analyzed by QUEUEING THEORY AND SIMULATION TECHNIQUE.

For this case study, 2 data are collected, one is the customers who call to entrust text of the messages for transmission and the another is the average time which the operator use to service the customers between May and October 1993, during 8:00 a.m. to 11:00 p.m.. Data are seperated by workdays and holidays to test probability distribution and program is created with Pascal language to find amount of operators which suitable for each hour.

The result of this model program is the number of operators that suitable with the number of customers, who call in each hour. In this case operators can work for an hour long, while in the real situation operators can't work for an hour long. So the number of operators from the model is below the number of operators in the real situation.

# กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษเรื่องนี้ได้สำเร็จลุล่วงด้วยดีได้ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลาย ๆ ท่าน

**อาจารย์วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์** อาจารย์ที่ปรึกษาทางสถิติที่ให้คำแนะนำและแนวทางในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ และอาจารย์ท่านได้กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา ตรวจทานและแก้ไขรายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้

**อาจารย์นวลสวาท หิรัญสกลวงศ์** ให้คำปรึกษาในด้านการจำลองแบบปัญหา และทางด้านการเขียนโปรแกรมการจำลองแบบปัญหา

**ผศ.วรารัตน์ เรืองรัตนเมธี** ให้คำแนะนำทางด้านสถิติ

**ผศ.วีรศักดิ์ สุรนันท์** ให้ความสะดวกในการทำปัญหาพิเศษ

**ผ.ศ.อุมาพร จันทศร** ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ และการใช้สถิติไร้พารามิเตอร์

**อาจารย์น้อมจิต กิตติโชติพาณิชย์** ให้คำแนะนำในการนำเสนอผลการจำลองแบบและความรู้เบื้องต้นทางสถิติ

**อาจารย์ประจำภาควิชาสถิติทุกท่าน** ที่ให้คำแนะนำในการศึกษาปัญหาพิเศษเป็นอย่างดี

**เจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาสถิติประยุกต์ทุกท่าน** ให้ความสะดวกในการติดต่อขอข้อมูลและการทำรายงานปัญหาพิเศษ

**คุณชัยรัตน์ กุลศิริวัฒน์ และ พนักงานบริษัท ฮัทชิสัน เทเลคอมมิวนิเคชั่นส์ (ประเทศไทย) จำกัดทุก ๆ ท่าน** ที่ให้ความอนุเคราะห์ทางด้านข้อมูลในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

**เพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ชาวคณะวิทยาศาสตร์** สำหรับกำลังใจที่มีให้อย่างท่วมท้น

ผู้จัดทำ

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาไทย | ก |
| บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาอังกฤษ | ค |
| กิตติกรรมประกาศ | จ |
| สารบัญตาราง | ฌ |
| สารบัญภาพ | ฌ |
| บทที่ | |
| 1. บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของปัญหา | 2 |
| 1.4 ขั้นตอนการดำเนินการ | 2 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 3 |
| 2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง | 4 |
| 2.1 ทฤษฎีแถวคอย | 4 |
| 2.1.1 ความหมายของแถวคอย | 4 |
| 2.1.2 ส่วนประกอบของแถวคอย | 5 |
| 2.1.3 ลักษณะที่สำคัญของแถวคอย | 6 |
| 2.1.4 สถานะถ่ายทอดและสถานะอยู่ตัว | 8 |
| 2.1.5 สัญลักษณ์ที่ใช้ในรูปแบบการรอคอย | 9 |
| 2.1.6 การแจกแจงความน่าจะเป็นที่ใช้ในทฤษฎีแถวคอย | 10 |
| 2.1.7 การทดสอบการแจกแจงโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ | 11 |
| 2.1.8 การหาค่าคำตอบจากทฤษฎีแถวคอย | 14 |
| 2.2 เทคนิคการจำลองแบบ | 15 |
| 2.2.1 ความหมายของการจำลองแบบ | 15 |
| 2.2.2 สาเหตุที่ต้องใช้เทคนิคการจำลองแบบ | 16 |
| 2.2.3 ข้อจำกัดของการใช้เทคนิคการจำลองแบบปัญหา | 16 |
| 2.2.4 ประเภทของแบบจำลอง | 17 |

หน้า

2.2.5 เทคนิคมอนติคาร์โล..... 19
2.2.5.1 การผลิตเลขสุ่ม..... 21
2.2.5.2 การผลิตตัวแปรสุ่มปกติโดยวิธี Log-and-Trig 22
2.2.6 การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง..... 24
3.การเก็บรวบรวมข้อมูล..... 27
3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล..... 27
3.1.1 จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในแต่ละชั่วโมง..... 27
3.1.2 เวลาที่พนักงานใช้ในการให้บริการโดยเฉลี่ย ต่อลูกค้าหนึ่งคนในแต่ละชั่วโมง..... 28
4.การวิเคราะห์ข้อมูล..... 31
4.1 การทดสอบรูปแบบการแจกแจงของข้อมูล..... 31
4.1.1 จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการ..... 32
4.1.1.1 ช่วงวันทำงาน..... 33
4.1.1.2 ช่วงวันหยุด..... 63
4.1.2 เวลาให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน 93
4.1.2.1 ช่วงวันทำงาน..... 94
4.1.2.2 ช่วงวันหยุด..... 124
4.2 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์แบบจำลองรูปแบบการให้บริการ โทรศัพท์ติดตามตัวของบริษัท อัทชิสัน เทเลคอมมิวนิเคชั่นส์ (ประเทศไทย) จำกัด..... 154
4.2.1 ช่วงวันทำงาน..... 154
4.2.2 ช่วงวันหยุด..... 162
5.สรุปผลการวิเคราะห์แบบจำลองและข้อเสนอแนะ..... 170
5.1 สรุปผลการวิเคราะห์ระบบการให้บริการโทรศัพท์ติดตามตัว ของบริษัท อัทชิสัน เทเลคอมมิวนิเคชั่นส์ (ประเทศไทย) จำกัด 170
5.2 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากบริษัท อัทชิสัน เทเลคอมมิวนิเคชั่นส์ (ประเทศไทย) จำกัด..... 170

หน้า

5.3 ข้อเสนอแนะในการศึกษาค้าคว้าเพิ่มเติม..... 179

5.4 ปัญหาและอุปสรรค..... 179

บรรณานุกรม..... 180

ภาคผนวก..... 181

ก. คู่มือการใช้โปรแกรมการจำลองแบบปัญหา..... 181

ข. รายละเอียดเกี่ยวกับตัวแปร ผังงาน และโปรแกรม
การจำลองแบบปัญหา..... 185

ค. โปรแกรมการจำลองแบบปัญหา..... 193

ง. ตารางค่า D..... 220

จ. ตาราง Z..... 221

ประวัตินักศึกษา..... 222

# สารบัญตาราง


หน้า

ตารางที่ 3-1 จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ (คน) ของเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2536..... 29

ตารางที่ 3-2 เวลาที่ใช้ในการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน(วินาที) ของเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2536..... 30

ตารางที่ 4-1 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันทำงานของ ช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น..... 33

ตารางที่ 4-2 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันทำงานของ ช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น..... 35

ตารางที่ 4-3 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันทำงานของ ช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น..... 37

ตารางที่ 4-4 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันทำงานของ ช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น..... 39

ตารางที่ 4-5 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของ จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันทำงานของ ช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น..... 41

ตารางที่ 4-6 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันทำงานของ ช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น..... 43

ตารางที่ 4-7 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันทำงานของ ช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น..... 45

หน้า

ตารางที่ 4-8 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันทำงานของ ช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น..... 47

ตารางที่ 4-9 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันทำงานของ ช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น..... 49

ตารางที่ 4-10 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันทำงานของ ช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น..... 51

ตารางที่ 4-11 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันทำงานของ ช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น..... 53

ตารางที่ 4-12 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันทำงานของ ช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น..... 55

ตารางที่ 4-13 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันทำงานของ ช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น..... 57

ตารางที่ 4-14 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันทำงานของ ช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น..... 59

ตารางที่ 4-15 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันทำงานของ ช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 23.00 น..... 61

หน้า

ตารางที่ 4-16 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันหยุดของช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น..... 63

ตารางที่ 4-17 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันหยุดของช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น..... 65

ตารางที่ 4-18 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันหยุดของช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น..... 67

ตารางที่ 4-19 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันหยุดของช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น..... 69

ตารางที่ 4-20 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันหยุดของช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น..... 71

ตารางที่ 4-21 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันหยุดของช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น..... 73

ตารางที่ 4-22 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันหยุดของช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น..... 75

ตารางที่ 4-23 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันหยุดของช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น..... 77

ตารางที่ 4-24 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันหยุดของช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น..... 79

หน้า

ตารางที่ 4-25 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันหยุดของ ช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น..... 81
ตารางที่ 4-26 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันหยุดของ ช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น..... 83
ตารางที่ 4-27 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันหยุดของ ช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น..... 85
ตารางที่ 4-28 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันหยุดของ ช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น..... 87
ตารางที่ 4-29 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันหยุดของ ช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น..... 89
ตารางที่ 4-30 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ในวันหยุดของ ช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 23.00 น..... 91
ตารางที่ 4-31 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ในวันทำงานของ ช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น..... 94
ตารางที่ 4-32 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ในวันทำงานของ ช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น..... 96
ตารางที่ 4-33 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ในวันทำงานของ ช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น..... 98

หน้า

ตารางที่ 4-34 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ในวันทำงานของช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น..... 100
ตารางที่ 4-35 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ในวันทำงานของช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น..... 102
ตารางที่ 4-36 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ในวันทำงานของช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น..... 104
ตารางที่ 4-37 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ในวันทำงานของช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น..... 106
ตารางที่ 4-38 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ในวันทำงานของช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น..... 108
ตารางที่ 4-39 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ในวันทำงานของช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น..... 110
ตารางที่ 4-40 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ในวันทำงานของช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น..... 112
ตารางที่ 4-41 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ในวันทำงานของช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น..... 114
ตารางที่ 4-42 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ในวันทำงานของช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น..... 116

หน้า

ตารางที่ 4-52 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ในวันหยุดของช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น..... 136
ตารางที่ 4-53 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ในวันหยุดของช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น..... 138
ตารางที่ 4-54 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ในวันหยุดของช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น..... 140
ตารางที่ 4-55 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ในวันหยุดของช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น..... 142
ตารางที่ 4-56 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ในวันหยุดของช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น..... 144
ตารางที่ 4-57 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ในวันหยุดของช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น..... 146
ตารางที่ 4-58 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ในวันหยุดของช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น..... 148
ตารางที่ 4-59 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ในวันหยุดของช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น..... 150
ตารางที่ 4-60 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ในวันหยุดของช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 23.00 น..... 152
ตารางที่ 4-61 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันทำงานในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น..... 154
ตารางที่ 4-62 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันทำงานในช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น..... 155

หน้า

ตารางที่ 4-63 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันทำงานในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น..... 155
ตารางที่ 4-64 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันทำงานในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น..... 156
ตารางที่ 4-65 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันทำงานในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น..... 156
ตารางที่ 4-66 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันทำงานในช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น..... 157
ตารางที่ 4-67 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันทำงานในช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น..... 157
ตารางที่ 4-68 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันทำงานในช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น..... 158
ตารางที่ 4-69 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันทำงานในช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น..... 158
ตารางที่ 4-70 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันทำงานในช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น..... 159
ตารางที่ 4-71 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันทำงานในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น..... 159
ตารางที่ 4-72 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันทำงานในช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น..... 160
ตารางที่ 4-73 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันทำงานในช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น..... 160
ตารางที่ 4-74 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันทำงานในช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น..... 161
ตารางที่ 4-75 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันทำงานในช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 23.00 น..... 161
ตารางที่ 4-76 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันหยุดในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น..... 162
ตารางที่ 4-77 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันหยุดในช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น..... 162

หน้า

ตารางที่ 4-78 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันหยุดในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น..... 163
ตารางที่ 4-79 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันหยุดในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น..... 163
ตารางที่ 4-80 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันหยุดในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น..... 164
ตารางที่ 4-81 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันหยุดในช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น..... 164
ตารางที่ 4-82 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันหยุดในช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น..... 165
ตารางที่ 4-83 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันหยุดในช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น..... 165
ตารางที่ 4-84 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันหยุดในช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น..... 166
ตารางที่ 4-85 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันหยุดในช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น..... 166
ตารางที่ 4-86 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันหยุดในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น..... 167
ตารางที่ 4-87 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันหยุดในช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น..... 167
ตารางที่ 4-88 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันหยุดในช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น..... 168
ตารางที่ 4-89 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันหยุดในช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น..... 168
ตารางที่ 4-90 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองของวันหยุดในช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 23.00 น..... 169

# สารบัญภาพ


| | | หน้า |
|---|---|---|
| รูปที่ 2-1 | ส่วนประกอบของระบบแถวคอย..... | 5 |
| รูปที่ 2-2 | ระบบแถวคอย ช่องทางเดียว ขั้นตอนเดียว..... | 7 |
| รูปที่ 2-3 | ระบบแถวคอย ช่องทางเดียว หลายขั้นตอน..... | 7 |
| รูปที่ 2-4 | ระบบแถวคอย หลายช่องทาง ขั้นตอนเดียว..... | 7 |
| รูปที่ 4-1 | กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น. | 34 |
| รูปที่ 4-2 | กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น. | 36 |
| รูปที่ 4-3 | กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น. | 38 |
| รูปที่ 4-4 | กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น. | 40 |
| รูปที่ 4-5 | กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น. | 42 |
| รูปที่ 4-6 | กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น. | 44 |
| รูปที่ 4-7 | กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น. | 46 |
| รูปที่ 4-8 | กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น. | 48 |
| รูปที่ 4-9 | กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น. | 50 |
| รูปที่ 4-10 | กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น. | 52 |
| รูปที่ 4-11 | กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น. | 54 |

หน้า

รูปที่ 4-12 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น. 56

รูปที่ 4-13 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น. 58

รูปที่ 4-14 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น. 60

รูปที่ 4-15 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 23.00 น. 62

รูปที่ 4-16 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น. 64

รูปที่ 4-17 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น. 66

รูปที่ 4-18 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น. 68

รูปที่ 4-19 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น. 70

รูปที่ 4-20 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น. 72

รูปที่ 4-21 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น. 74

รูปที่ 4-22 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น. 76

รูปที่ 4-23 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น. 78

รูปที่ 4-24 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น. 80

รูปที่ 4-25 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น. 82

หน้า

รูปที่ 4-26 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น. 84
รูปที่ 4-27 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น. 86
รูปที่ 4-28 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น. 88
รูปที่ 4-29 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น. 90
รูปที่ 4-30 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 23.00 น. 92
รูปที่ 4-31 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันทำงานในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น. 95
รูปที่ 4-32 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันทำงานในช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น. 97
รูปที่ 4-33 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันทำงานในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น. 99
รูปที่ 4-34 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันทำงานในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น. 101
รูปที่ 4-35 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันทำงานในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น. 103
รูปที่ 4-36 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันทำงานในช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น. 105
รูปที่ 4-37 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันทำงานในช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น. 107
รูปที่ 4-38 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันทำงานในช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น. 109
รูปที่ 4-39 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันทำงานในช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น. 111

หน้า

รูปที่ 4-40 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันทำงานในช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น. 113
รูปที่ 4-41 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันทำงานในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น. 115
รูปที่ 4-42 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันทำงานในช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น. 117
รูปที่ 4-43 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันทำงานในช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น. 119
รูปที่ 4-44 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันทำงานในช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น. 121
รูปที่ 4-45 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันทำงานในช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 23.00 น. 123
รูปที่ 4-46 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันหยุดในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น. 125
รูปที่ 4-47 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันหยุดในช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น. 127
รูปที่ 4-48 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันหยุดในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น. 129
รูปที่ 4-49 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันหยุดในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น. 131
รูปที่ 4-50 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันหยุดในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น. 133
รูปที่ 4-51 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันหยุดในช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น. 135
รูปที่ 4-52 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันหยุดในช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น. 137
รูปที่ 4-53 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันหยุดในช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น. 139

หน้า

รูปที่ 4-54 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันหยุดในช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น. 141
รูปที่ 4-55 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันหยุดในช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น. 143
รูปที่ 4-56 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันหยุดในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น. 145
รูปที่ 4-57 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันหยุดในช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น. 147
รูปที่ 4-58 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันหยุดในช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น. 149
รูปที่ 4-59 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันหยุดในช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น. 151
รูปที่ 4-60 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนของวันหยุดในช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 23.00 น. 153
รูปที่ 5-1 กราฟแสดงจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการในช่วง 8.00 น. ถึง 9.00 น. โดยเปรียบเทียบระหว่างวันทำงานและวันหยุด 172
รูปที่ 5-2 กราฟแสดงจำนวนพนักงานให้บริการฝากข้อความที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 23.00 น ของวันทำงานและวันหยุด 178
รูปที่ ก-1 แสดงหน้าจอการเลือกวัน..... 182
รูปที่ ก-2 แสดงหน้าจอการเลือกเวลา..... 182
รูปที่ ก-3 แสดงภาพหน้าจอการเริ่มคำนวณตามวัน เวลาที่เลือก..... 183
รูปที่ ก-4 แสดงหน้าจอขณะคำนวณ..... 183
รูปที่ ก-5 แสดงภาพหน้าจอการเลือก INSERT..... 184
รูปที่ ก-3 แสดงภาพหน้าจอการกรอกค่าใหม่..... 184
รูปที่ ข-1 ผังงานโปรแกรมหลัก..... 187
รูปที่ ข-2 ผังงานการเข้ามาของลูกค้า (1)..... 188
รูปที่ ข-3 ผังงานการเข้ามาของลูกค้า (2)..... 189
รูปที่ ข-4 ผังงานการให้บริการของพนักงาน..... 190

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้โทรศัพท์ติดตามตัวเป็นอุปกรณ์การสื่อสารที่จำเป็นในชีวิตประจำวัน เนื่องจากประโยชน์ใช้สอยและความสะดวกสบายในการพกพา อีกทั้งราคาก็ไม่สูงเกินไป เมื่อเทียบกับอุปกรณ์การสื่อสารประเภทอื่นๆ ทำให้การให้บริการเช่าซื้อโทรศัพท์ติดตามตัวเป็นธุรกิจที่มีการแข่งขันกันอย่างมาก แต่ละบริษัทที่ทำธุรกิจให้เช่าซื้อโทรศัพท์ติดตามตัวมีการเสนอบริการหลาย ๆ ด้านให้กับลูกค้า เพื่อที่จะจูงใจลูกค้าให้มาใช้บริการเช่าซื้อโทรศัพท์ติดตามตัวของบริษัทตน มีการพัฒนาประสิทธิภาพของโทรศัพท์ติดตามตัวให้สูงขึ้น แต่ประเด็นสำคัญที่มีผลต่อความนิยมของลูกค้าคือความสะดวกรวดเร็วในการรับบริการฝากข้อความของลูกค้า ซึ่งขึ้นอยู่กับการจัดระบบในการให้บริการและจำนวนพนักงานที่ให้บริการว่ามีเพียงพอกับความต้องการใช้บริการหรือไม่

บริษัท อัทชิสัน เทเลคอมมิวนิเคชั่นส์ (ประเทศไทย) จำกัด เป็นบริษัทหนึ่งที่ดำเนินธุรกิจทางด้านโทรศัพท์ติดตามตัว โดยให้บริการโทรศัพท์ติดตามตัวใน 2 ระบบด้วยกันคือ ระบบตัวเลข (161) จะสามารถฝากได้เฉพาะเบอร์โทรศัพท์ที่จะให้ติดต่อกลับไปเท่านั้น ซึ่งระบบนี้จะใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการให้บริการ จึงไม่มีปัญหาทางด้านของพนักงานในการให้บริการ และระบบฝากข้อความ (162) ซึ่งจะใช้พนักงานในการให้บริการรับฝากข้อความ จึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจว่า จำนวนของพนักงานที่ให้บริการรับฝากข้อความในแต่ละชั่วโมงนั้น เหมาะสมกับจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการในแต่ละชั่วโมงหรือไม่

ในการศึกษาครั้งนี้จะศึกษาระบบการให้บริการรับฝากข้อความของทางบริษัทอัทชิสันฯ โดยเลือกระบบการให้บริการโทรศัพท์ติดตามตัวระบบฝากข้อความ (162) ซึ่งทางบริษัทฯ ได้ประสานงานกับองค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทยในการให้บริการ และใช้เครื่อง ACD (Automatic Call Distribution) ในการจัดลำดับการขอรับบริการฝากข้อความของลูกค้าให้กับพนักงานที่ว่าง โดยในที่นี้จะใช้เทคนิคการจำลองแบบปัญหาเพื่อจำลองรูปแบบการให้บริการขึ้นมา และมีการเก็บข้อมูลจากการให้บริการจริง ๆ ของทางบริษัท ซึ่งข้อมูลที่สนใจก็จะประกอบด้วยเวลาการให้บริการของพนักงานแต่ละคนโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน และจำนวนผู้ใช้บริการที่โทรเข้ามา และนำข้อมูลที่ได้มาทำการหาการแจกแจง

ความน่าจะเป็นโดยใช้วิธีทางสถิติเพื่อพิจารณาว่าข้อมูลมีการแจกแจงตามรูปแบบมาตรฐานใด จากนั้นจะทำการสร้างแบบจำลองของการให้บริการขึ้นมาโดยการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาปาสคาล เพื่อคำนวณหาจำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสมในแต่ละชั่วโมง

## 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาทฤษฎีแถวคอยและการใช้เทคนิคการจำลองแบบปัญหาแก้ปัญหาในระบบธุรกิจ

1.2.2 ศึกษาระบบการให้บริการโทรศัพท์ติดตามตัวของ บริษัท อัทชิสัน เทเลคอม--มิวนิเคชั่นส์ (ประเทศไทย) จำกัด

1.2.3 หาจำนวนพนักงานให้บริการรับฝากข้อความที่เหมาะสมกับการให้บริการในแต่ละชั่วโมงเพื่อลดเวลารอคอยของผู้ที่ใช้บริการฝากข้อความ

## 1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 การศึกษาปัญหาพิเศษนี้จะทำการศึกษารูปแบบการให้บริการรับฝากข้อความโทรศัพท์ติดตามตัว ของบริษัท อัทชิสัน เทเลคอมมิวนิเคชั่นส์ (ประเทศไทย) จำกัด

1.3.2 ศึกษาการให้บริการในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 23.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีอัตราการใช้บริการฝากข้อความสูง โดยจะแบ่งการพิจารณาออกเป็นในวันหยุด ( วันเสาร์ วันอาทิตย์ และวันหยุดราชการ ) และวันทำงาน ( วันจันทร์-วันศุกร์ )

1.3.3 จะถือว่าไม่มีความแตกต่างของประสิทธิภาพในการให้บริการของพนักงานแต่ละคน

1.3.4 กำหนดให้จำนวนเครื่องที่ใช้ในการให้บริการสูงสุดเป็น 200 เครื่อง (เป็นข้อกำหนดของทางบริษัท อัทชิสัน ฯ )

## 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับรูปแบบการให้บริการรับฝากข้อความของพนักงาน จำนวนเครื่องที่ใช้ในการให้บริการสูงสุด ช่วงเวลาที่มีการใช้บริการรับฝากข้อความมากที่สุด จำนวนผู้ใช้บริการฝากข้อความของโทรศัพท์ติดตามตัว

1.4.2 วิเคราะห์ปัญหาและกำหนดขอบเขตของการศึกษา

1.4.3 เก็บรวบรวมข้อมูล

1.4.4 วิเคราะห์ข้อมูล โดยหารูปแบบการแจกแจงของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาบริการฝากข้อความ รูปแบบการแจกแจงของเวลาการให้บริการของพนักงานโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน

1.4.5 หาค่าต่าง ๆ ที่แสดงสถานะของแถวคอยในระบบจริง เช่น จำนวนพนักงานบริการที่เหมาะสม จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการ เวลาในการรอคอยของลูกค้าโดยเฉลี่ย เวลาว่างของพนักงาน เป็นต้น

1.4.6 สร้างโปรแกรมการจำลองแบบปัญหา เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ระบบแถวคอยของผู้ใช้บริการฝากข้อความ

1.4.7 ทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เป็นข้อเสนอแนะว่าจำนวนพนักงานที่ให้บริการรับฝากข้อความในแต่ละชั่วโมงควรจะมีจำนวนเป็นเท่าไรให้เหมาะสมกับจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการ

1.5.2 สามารถนำเอาผลที่ได้จากแบบจำลองมาเป็นข้อมูลในการตัดสินใจ เกี่ยวกับการจัดจำนวนพนักงานที่ให้บริการให้เหมาะสมกับสภาวการณ์ในปัจจุบัน

1.5.3 สามารถนำโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองแบบปัญหามาใช้ในการวิเคราะห์ระบบแถวคอยได้ทั้งในปัจจุบันและอนาคต โดยการเปลี่ยนข้อกำหนดต่าง ๆ

1.5.4 เป็นแนวทางในการศึกษาต่อหรือค้นคว้าเพิ่มเติมในเรื่องที่เกี่ยวข้องต่อไป

# บทที่ 2

# ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหาพิเศษเรื่องนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

- ทฤษฎีแถวคอย ( QUEUEING THEORY )
- เทคนิคการจำลองแบบ ( SIMULATION TECHNIQUE )

## 2.1 ทฤษฎีแถวคอย

### 2.1.1 ความหมายของแถวคอย

โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว ปัญหาแถวคอยจะเป็นปัญหาที่พบมากทางด้านธุรกิจ ซึ่งธุรกิจนั้นจะประกอบด้วย ลูกค้าที่รอรับบริการ และหน่วยที่ให้บริการ สภาพการเกิดแถวคอยโดยทั่วไปจะเกิดจากการที่อัตราความต้องการรับบริการสูงกว่าอัตราความสามารถในการให้บริการ ตัวอย่างเช่น ถ้ามีผู้รอรับบริการ 15 คนต่อชั่วโมง แต่หน่วยให้บริการสามารถให้บริการได้เพียง 5 คนต่อชั่วโมง ในลักษณะเช่นนี้ การที่หน่วยบริการไม่สามารถให้บริการได้ทัน เนื่องจากความไม่แน่นอนของอัตราการเข้ารับบริการ การรอคอยนี้สามารถเห็นได้จากชีวิตประจำวัน เช่น การเดินทางมาทำงานนอกบ้านจะประสบปัญหาการจราจรติดขัด รถจะต้องเข้าคิวคอยเป็นแถว การไปซื้อตั๋วเพื่อเข้าดูภาพยนตร์ส่วนใหญ่จะไปซื้อตั๋วหน้าโรงภาพยนตร์ใกล้เวลาแสดง ก็จะประสบปัญหาคือต้องไปยืนเข้าแถวคอยซื้อตั๋วภาพยนตร์ เป็นต้น

ระบบการให้บริการที่ก่อให้เกิดแถวคอยจะมีลักษณะดังต่อไปนี้ คือ

2.1.1.1 มีผู้ต้องการรับบริการ

2.1.1.2 จำนวนผู้รับบริการมีไม่แน่นอนและเข้ามาไม่สม่ำเสมอ

2.1.1.3 มีผู้ให้บริการ

2.1.1.4 เวลาในการให้บริการไม่แน่นอน

2.1.1.5 ผู้รับบริการมีพฤติกรรมแตกต่างกัน เช่น บางคนอาจเข้าต่อในแถวคอยในขณะที่บางคนอาจไม่เข้าต่อในแถวคอย

จากลักษณะเฉพาะทั้ง 5 ประการ จะเห็นว่าปัญหาเรื่องแถวคอยเกี่ยวข้องกับความไม่แน่นอนอยู่มาก ถ้าหน่วยบริการจัดผู้ให้บริการไว้น้อยเกินไป ผู้รับบริการก็จะต้องรอคอยเป็นเวลานาน แถวคอยก็จะยาว ลูกค้าหรือผู้รับบริการบางคนอาจจะไม่เข้ามารับบริการ ทำให้เสียโอกาสในการทำกำไรจากการให้บริการ แต่การจัดให้มีผู้ให้บริการจำนวนน้อยก็ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนสร้างเครื่องมือในการให้บริการ และพนักงานในการให้บริการน้อย ในทางตรงกันข้ามถ้าหน่วยบริการจัดให้มีผู้ให้บริการจำนวนมาก ก็จะทำให้เสียค่าใช้จ่ายทางด้านเครื่องมือในการให้บริการและพนักงานในการให้บริการมาก แต่ผู้รับบริการก็ไม่ต้องรอคอยนาน ทำให้มีโอกาสในการทำกำไรจากการให้บริการเพิ่มขึ้น

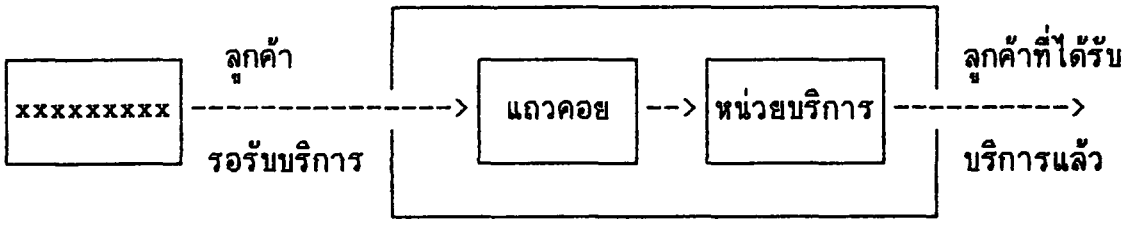
### 2.1.2 ส่วนประกอบของแถวคอย

2.1.2.1 หน่วยรับบริการ (Customer) จะเรียกหน่วยที่เข้าสู่ระบบ (Input) ว่าหน่วยเข้ารับบริการ และเรียกหน่วยที่ออกจากระบบ (Output) ว่าหน่วยที่ได้รับบริการแล้ว (Served Customer หรือ Departure) ในที่นี้หน่วยรับบริการคือ ผู้ที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความของโทรศัพท์ติดตามตัว

2.1.2.2 แถวคอย (Queue)

2.1.2.3 หน่วยให้บริการ (Service Channel หรือ Server)ในที่นี้คือพนักงานที่ให้บริการรับฝากข้อความโทรศัพท์ติดตามตัว

สำหรับขบวนการการเกิดแถวคอยแสดงได้ดังรูปต่อไปนี้




รูปที่ 2-1 ส่วนประกอบของระบบแถวคอย

**2.1.3 ลักษณะที่สำคัญของระบบแถวคอย**

ระบบแถวคอยจะประกอบด้วยลักษณะที่สำคัญ 5 ลักษณะดังนี้ คือ

**2.1.3.1 ขบวนการการเข้ามาสู่ระบบแถวคอย** จะประกอบไปด้วย

- จำนวนหน่วยรับบริการหรือจำนวนลูกค้า อาจมีจำนวนจำกัดหรือไม่จำกัด โดยจำนวนของผู้ที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความผ่านโทรศัพท์ติดตามตัวมีจำนวนไม่จำกัด

- รูปแบบการเข้ารอรับบริการ (Arrival Pattern) ถ้าหน่วยรับบริการเข้ารับบริการเป็นเวลาที่แน่นอน ก็จะสามารถจัดให้มีหน่วยบริการเพียงพอตามเวลานั้น ๆ เพื่อลดปัญหาแถวคอยลงได้ แต่เนื่องจากการมาของหน่วยรับบริการขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอกหลาย ๆ อย่าง จึงทำให้ในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ หน่วยรับบริการเข้ามารับบริการมากบ้างน้อยบ้างตามปัจจัยภายนอกนั้น ๆ ดังนั้นถ้าพิจารณาถึงรูปแบบการเข้ารอรับบริการ จะมีรูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นทางทฤษฎีได้ต่าง ๆ กัน ซึ่งสามารถหารูปแบบการแจกแจงการเข้ามาสู่ระบบ (Distribution of Arrival) จากหน่วยบริการที่เข้ามาสู่ระบบในเวลาหนึ่ง ๆ ซึ่งมักจะมีรูปแบบการแจกแจงเป็นปัวซอง(Poisson) เออร์แลงค์ (Erlang) สม่ำเสมอ(Uniform) เป็นต้น ถ้าแถวคอยมีหน่วยเข้ารับบริการรอรับบริการอยู่น้อย อัตราการเข้ามาสู่ระบบจะสูง ในทางตรงกันข้ามถ้ามีหน่วยเข้ารับบริการรอคอยอยู่มาก อัตราการเข้าสู่ระบบจะลดลง

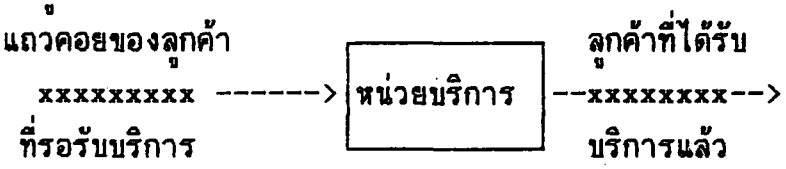
ในที่นี้รูปแบบการเข้ารอรับบริการของผู้ที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ

**2.1.3.2 รูปแบบการบริการ**

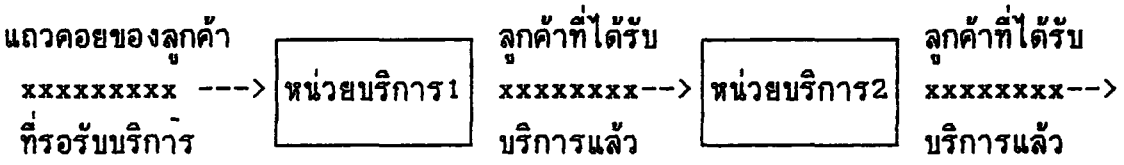
สำหรับเวลาที่ใช้ในการให้บริการตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้น(Service Time) จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณงานที่ต้องทำและความชำนาญของหน่วยให้บริการ เวลาที่ใช้ในการบริการอาจจะเท่ากันหรือไม่เท่ากันสำหรับแต่ละหน่วยที่ได้รับบริการ จำนวนหน่วยที่อยู่ในแถวคอยอาจจะมีอิทธิพลต่ออัตราการให้บริการได้ในการทำงานบางประเภท เช่น ถ้ามีลูกค้ารอรับบริการทำผมอยู่มาก ช่างทำผมจะพยายามทำงานให้เร็วขึ้น ซึ่งอาจจะมีผลทำให้การบริการเปลี่ยนแปลงไป นั่นคือคุณภาพของการให้บริการอาจจะลดลง แต่การให้บริการบางอย่างที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะมีลูกค้ารออยู่มากเท่าใดก็ตาม เช่น กรณีที่หน่วยให้บริการเป็นเครื่องจักร ซึ่งจะให้บริการในอัตราที่แน่นอน

2.1.3.3 ลักษณะการจัดหน่วยให้บริการ

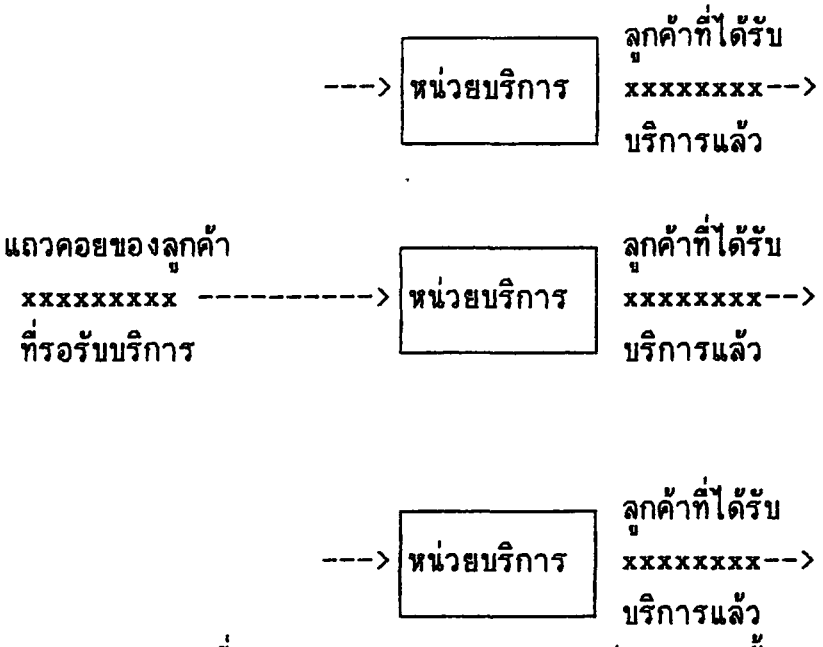
ผู้ให้บริการอาจจะจัดให้การบริการเป็นแบบช่องทางเดียวหรือหลายช่องทาง นอกจากนี้ในแต่ละช่องทางอาจจะมีขั้นตอนการให้บริการขั้นตอนเดียวหรือแบบหลายขั้นตอนก็ได้ ดังแสดงในรูป




รูปที่ 2-2 ระบบแถวคอย ช่องทางเดียว ขั้นตอนเดียว




รูปที่ 2-3 ระบบแถวคอย ช่องทางเดียว หลายขั้นตอน




รูปที่ 2-4 ระบบแถวคอย หลายช่องทาง ขั้นตอนเดียว

สำหรับลักษณะการจัดหน่วยให้บริการของระบบแถวคอยของการใช้บริการฝากข้อความของโทรศัพท์ติดตามตัว ของบริษัท อัทชิสัน ฯ จะมีลักษณะเป็นระบบแถวคอยแบบหลายแถวคู่ขนาน ดังรูปที่ 2-4

**2.1.3.4 ลักษณะการให้บริการ**

สำหรับการจัดลูกค้าเข้ารับบริการหรือการให้บริการแก่ลูกค้าอาจจะจัดได้หลายแบบ เช่น

- ให้บริการตามลำดับก่อนหลัง (First In First Out = FIFO)
- ให้บริการลูกค้าคนสุดท้ายก่อน (First In Last Out = FILO)
- จัดตามความสะดวกไม่มีหลักเกณฑ์ใด

**2.1.3.5 ขีดจำกัดของระบบแถวคอย**

ขีดจำกัดของจำนวนลูกค้าสูงสุดที่ให้อยู่ได้ในระบบอาจจะเป็นจำนวนที่นับได้หรือนับไม่ได้ ขึ้นอยู่กับการวางระบบอุปกรณ์ในการให้บริการ ตัวอย่างเช่น การให้บริการบางชนิด อนุญาตให้ลูกค้ารอได้เป็นจำนวนจำกัด ในกรณีนี้ ลูกค้าที่มาถึงใหม่จะได้รับอนุญาตให้มาคอยคิวจนกว่าจะถึงจำนวนสูงสุด ทั้งนี้มิได้รวมบุคคลที่ออกจากคิวเพราะรอคอยไม่ไหว

**2.1.4 สถานะถ่ายทอดและสถานะอยู่ตัว**

ในการวิเคราะห์ระบบการรอคอย จะศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในระยะเวลานานมากพอ ระบบการรอคอยจะอยู่ในสถานะถ่ายทอด(Transient State) ถ้าพฤติกรรมต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับเวลา ซึ่งมักจะปรากฏในระยะแรกของเวลาการดำเนินงาน เพราะพฤติกรรมต่าง ๆ ยังขึ้นอยู่กับเงื่อนไขเบื้องต้น แต่เมื่อการดำเนินงานเป็นไปในระยะเวลานานมากพอพฤติกรรมต่าง ๆ ก็จะเป็นอิสระจากเวลา นั่นคือระบบการรอคอยเข้าสู่สถานะอยู่ตัว(Steady State)

เงื่อนไขที่จำเป็นในการที่ระบบจะอยู่ในสถานะอยู่ตัว คือเวลาทั้งหมดตั้งแต่เริ่มต้นการดำเนินงานจะต้องมากเพียงพอ (ในทางคณิตศาสตร์ ถือว่าเวลาทั้งหมดมากจนเข้าสู่ค่าอนันต์) แต่เงื่อนไขนี้ยังไม่เพียงพอที่ระบบจะเข้าสู่สถานะอยู่ตัว จะต้องดูพารามิเตอร์ของระบบด้วย เช่น ถ้าอัตราการเข้ามารับบริการมากกว่าอัตราการให้บริการ ในกรณีนี้ระบบจะไม่เข้าสู่สถานะอยู่ตัวเพราะแถวคอยจะยิ่งเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาเพิ่มมากขึ้นจนกระทั่งความยาวของแถวคอยเข้าสู่ค่าอนันต์ได้

## 2.1.5 สัญลักษณ์ที่ใช้ในรูปแบบการรอคอย

$n$ = จำนวนหน่วยที่เข้ารับบริการในระบบ

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

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

$P_n$ = ความน่าจะเป็นที่มีหน่วยเข้ารับบริการ $n$ หน่วยในระบบ ในสถานะอยู่ตัว

$\lambda_n$ = อัตราการมา เมื่อระบบมีหน่วยเข้ารับบริการอยู่ $n$ หน่วย

$\lambda$ = อัตราการมาโดยเฉลี่ย (จำนวนหน่วยเข้ารับบริการที่มาต่อ 1 หน่วยเวลา)

$1/\lambda$ = ช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาของลูกค้า 2 คนโดยเฉลี่ย

$\mu_n$ = อัตราการบริการ เมื่อระบบมีหน่วยเข้ารับบริการอยู่ $n$ หน่วย

$\mu$ = อัตราการบริการโดยเฉลี่ย (จำนวนหน่วยรับบริการที่ได้รับบริการต่อ 1 หน่วยเวลา)

$1/\mu$ = เวลาในการให้บริการโดยเฉลี่ย

$s$ = จำนวนหน่วยให้บริการ

$\rho$ = $\lambda/\mu$ = ความหนาแน่นในระบบการให้บริการ

$W_s$ = ค่าคาดหมายเวลาการรอคอยของหน่วยเข้ารับบริการ 1 หน่วยในระบบ

$W_q$ = ค่าคาดหมายเวลาการรอคอยของหน่วยเข้ารับบริการ 1 หน่วยในแถวคอย

$L_s$ = ค่าคาดหมายของจำนวนหน่วยเข้ารับบริการ 1 หน่วยในระบบ

$L_q$ = ค่าคาดหมายของจำนวนหน่วยเข้ารับบริการ 1 หน่วยในแถวคอย

สำหรับในสถานะอยู่ตัว จะสมมติให้อัตราการเข้ารอรับบริการ = $\lambda$ และอัตราการให้บริการ = $\mu$

ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่าง $L_s$, $L_q$, $W_s$ และ $W_q$ จะเป็นดังนี้

$$L_s = \lambda W_s$$

$$L_q = \lambda W_q$$

$$W_q = W_s - 1/\mu$$

คูณด้วย $\lambda$ ทั้งสองข้าง

$$\lambda W_q = \lambda W_s - \lambda/\mu$$

$$L_q = L_s - \rho$$

## 2.1.6 การแจกแจงความน่าจะเป็นที่ใช้ในทฤษฎีแถวคอย

การแจกแจงความน่าจะเป็นที่ใช้ในทฤษฎีแถวคอย เพื่อใช้อธิบายรูปแบบการแจกแจงการเข้ามารับบริการในระบบ และอธิบายรูปแบบการแจกแจงของการให้บริการ ซึ่งอาจมีการแจกแจงเป็นแบบปัวซอง (Poisson) เอกซ์โปเนนเชียล(Exponential) แกมม่า(Gamma) เออร์แลงก์(Erlang) หรือแบบปกติ(Normal) เป็นต้น

สำหรับระบบแถวคอยของการเข้ารับบริการโทรศัพท์ติดตามตัวของ บริษัท ฮัทชิสัน เทเลคอมมิวนิเคชั่นส์ (ประเทศไทย) จำกัด จะมีรูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นเข้ามาเกี่ยวข้องคือ การแจกแจงแบบปกติ

## 2.1.7 การทดสอบการแจกแจงโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

เป็นการทดสอบที่แนะนำขึ้นโดย Kolmogorov (1933) ใช้ได้กับข้อมูลชนิดมาตราเรียงลำดับ (Ordinal Scale) การทดสอบนี้จะช่วยทำให้ทราบว่าการแจกแจงของกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาเหมือนกับการแจกแจงของประชากรที่เราสนใจหรือไม่ หรืออธิบายได้ว่า คะแนนจากตัวอย่างสามารถพูดได้อย่างมีเหตุผลหรือไม่ว่ามาจากประชากรที่มีการแจกแจงทางทฤษฎีอันหนึ่ง หรือคือ การทดสอบการแจกแจงนั่นเอง จะใช้เมื่อตัวแปรที่สนใจมีการแจกแจงแบบต่อเนื่อง และการทดสอบนี้จะมีอำนาจการทดสอบมากกว่าการทดสอบแบบไคล์-สแควร์ เพราะการทดสอบแบบไคล์-สแควร์จำเป็นต้องรวมกลุ่มด้วยกันเมื่อ$E_i < 5$ ทำให้สูญเสียข้อมูลไป

$H_o$ : ไม่มีความแตกต่างระหว่างความถี่ที่ได้จากการสังเกตและความถี่ที่คาดหวังตามทฤษฎี
หรือ ประชากรมีการแจกแจงแบบ...(ปกติ, อื่น ๆ)

$H_1$ : มีความแตกต่างระหว่างความถี่ที่ได้จากการสังเกตและความถี่คาดหวังตามทฤษฎี
หรือ ประชากรไม่มีการแจกแจงแบบ...(ปกติ, อื่น ๆ)

- ให้ $S(x)$ เป็นความถี่สะสมของข้อมูลที่สังเกตได้ N จำนวน ในรูปสัดส่วน คือ
$S(x) = k/N$ เมื่อ k = จำนวนของค่าสังเกต ที่เท่ากับหรือน้อยกว่า X
N = จำนวนค่าสังเกตทั้งหมด
- ให้ $F(x)$ เป็นความถี่ที่คาดหวังในรูปของสัดส่วน หรือค่าสัดส่วนที่คาดหวังว่าจะมีคะแนนเท่ากับหรือน้อยกว่า X ภายใต้สมมติฐาน $H_o$
- ให้ $D = \text{maximum} \left|F(x) - S(x)\right|$ ค่า D นี้สามารถหาการแจกแจงตัวอย่างได้ และได้มีตารางลำเร็จรูปแสดงค่า D ภายใต้พื้นที่ต่าง ๆ ดังตารางที่แสดงในภาคผนวก

การตัดสินใจ จะปฏิเสธ $H_o$ ถ้าค่า $D_{\text{คำนวณ}} \geq D_{\text{ตาราง}}$

วิธีการทดสอบ

1. เรียงลำดับข้อมูล
2. หาความถี่ของข้อมูลในแต่ละค่า
3. หาฟังก์ชั่นการแจกแจงสะสมของข้อมูลตัวอย่าง คือ $S(x) = k/N$
4. หาฟังก์ชั่นการแจกแจงสะสมตามทฤษฎี คือ $F(x)$
5. เปรียบเทียบค่า $S(x)$ และ $F(x)$ แต่ละคู่
6. หาค่าสูงสุดของ $\left|F(x) - S(x)\right|$ คือ D
7. เปรียบเทียบค่า D กับค่า $D_{o,N}$ จากตารางที่แสดงค่าวิกฤตของโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ จะปฏิเสธ $H_o$ เมื่อค่า $D_{\text{คำนวณ}}$ สูงกว่าค่า $D_{\text{ตาราง}}$ ในภาคผนวก สำหรับในกรณีที่ศึกษานี้ค่า N จะมีขนาดใหญ่ไม่สามารถเปิดค่า D จากตารางได้ จึงคำนวณค่าขอบเขตวิกฤตโดยใช้สูตร ( ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)

$$1.36 / N^{1/2}$$

ตัวอย่างเช่น ถ้าข้อมูลชุดหนึ่งเป็นดังนี้

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| -5 | -3 | 0 | 1 | 2 | 4 | 7 | 8 | -1 | -1 |
| 1 | 1 | 2 | 1 | 4 | 2 | 4 | 2 | 1 | 2 |

จะสรุปได้หรือไม่ว่า ข้อมูลชุดนี้มาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ ด้วยค่าเฉลี่ย 1.6 และความแปรปรวน 8.99

$H_0$ : ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ด้วยค่าเฉลี่ย 1.6 และความแปรปรวน 8.99

$H_1$ : ประชากรไม่มีการแจกแจงแบบปกติ ด้วยค่าเฉลี่ย 1.6 และความแปรปรวน 8.99

จะใช้การทดสอบของ โคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ซึ่งทำเป็นขั้นตอนดังนี้

1. เรียงลำดับข้อมูล
2. หาความถี่ของข้อมูลในแต่ละค่า
3. หาฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของข้อมูลจะได้ดังตาราง

| X | ความถี่ | P(X) | S(x) |
|---|---|---|---|
| -5 | 1 | 0.05 | 0.05 |
| -3 | 1 | 0.05 | 0.10 |
| -1 | 2 | 0.10 | 0.20 |
| 0 | 1 | 0.05 | 0.25 |
| 1 | 5 | 0.25 | 0.50 |
| 2 | 5 | 0.25 | 0.75 |
| 4 | 3 | 0.15 | 0.90 |
| 7 | 1 | 0.05 | 0.95 |
| 8 | 1 | 0.05 | 1.00 |
| รวม | 20 | 1.00 | |

4. หาฟังก์ชันการแจกแจงสะสมตามทฤษฎี

จากค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวน ที่กำหนดในสมมติฐานเบื้องต้น หาคะแนนมาตรฐานของคะแนนแต่ละค่าและจะทำให้ทราบค่าความน่าจะเป็นจากตารางปกติมาตรฐานได้ นั่นคือ หาฟังก์ชันการแจกแจงสะสมตามทฤษฎี F(X)

5. เปรียบเทียบค่า S(X) และ F(X) แต่ละคู่จะได้ดังตาราง

ทำการทดสอบโดยวิธีโครโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ จะทำการคำนวณดังแสดงในตาราง

| X | F(x) | P(X) | S(x) | $\lvert F(X)-S(X) \rvert$ |
|---|---|---|---|---|
| -5 | 0.0139 | 0.05 | 0.05 | 0.036 |
| -3 | 0.0630 | 0.05 | 0.10 | 0.037 |
| -1 | 0.1922 | 0.10 | 0.20 | 0.008 |
| 0 | 0.2981 | 0.05 | 0.25 | 0.048 |
| 1 | 0.4207 | 0.25 | 0.50 | 0.079 |
| 2 | 0.5517 | 0.25 | 0.75 | 0.198 |
| 4 | 0.7881 | 0.15 | 0.90 | 0.112 |
| 7 | 0.9641 | 0.05 | 0.95 | 0.014 |
| 8 | 1 | 0.05 | 1.00 | 0.000 |
| รวม | 20 | 1.00 | | |

6. หาค่า $D = \max \lvert F(x) - S(x) \rvert = 0.198$

7. ใช้ $\alpha = 0.05$ จากตาราง D ที่ในภาคผนวก $D_{0.05,20} = 0.294$

สรุปได้ว่ายอมรับ $H_0$ นั่นคือ ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย1.6 และความแปรปรวน 8.99 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

### 2.1.8 การหาค่าคำตอบจากทฤษฎีแถวคอย

ในการวิเคราะห์ระบบแถวคอย จะเป็นการหาค่าการดำเนินงานของระบบ ซึ่งจะนำค่าต่าง ๆ ที่ได้นี้ไปประกอบการตัดสินใจในการปรับปรุงระบบการดำเนินงานให้ดีขึ้น ตัวอย่างเช่น

- ความน่าจะเป็นที่จะมีหน่วยเข้ารับบริการ n หน่วยอยู่ในระบบที่เวลา t ใด ๆ
- ค่าคาดหมายเวลาการรอคอยของหน่วยเข้ารับบริการ 1 หน่วยในระบบ
- ค่าคาดหมายเวลาการรอคอยของหน่วยเข้ารับบริการ 1 หน่วยในแถวคอย
- ค่าคาดหมายของจำนวนหน่วยเข้ารับบริการในระบบ
- ค่าคาดหมายของจำนวนหน่วยเข้ารับบริการในแถวคอย

โดยที่ในปัญหาแถวคอยส่วนใหญ่ จะพบว่าการแจกแจงการเข้ามารับบริการในระบบจะเป็นแบบปัวซอง เออร์แลงก์ สม่ำเสมอ เป็นต้น และการแจกแจงของเวลาการให้บริการจะเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียล แกมม่า ปกติ เป็นต้น ดังนั้นจึงได้มีการคิดค้นรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ขึ้น เพื่อหาค่าคำตอบจากแถวคอยที่มีรูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นตามรูปแบบการแจกแจงมาตราฐานนั้น ๆ

สำหรับระบบแถวคอยที่มีการแจกแจงไม่เข้ารูปแบบใด ๆ เลยนั้น การหาค่าคำตอบจากแถวคอยอาจจะหาได้จากการสร้างรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ สำหรับหาค่าคำตอบขึ้นมาใหม่ตามเงื่อนไขของระบบนั้น หรือใช้เทคนิคการจำลองแบบ (Simulation Technique) ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไปเข้าช่วย

## 2.2 เทคนิคการจำลองแบบปัญหา

สำหรับปัญหาต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วซึ่งเป็นปัญหาที่สามารถแสดงปัญหาได้ในรูปแบบของของสมการทางคณิตศาสตร์ แต่ในทางปฏิบัติแล้วพบว่ามีปัญหาอยู่ไม่น้อยที่ไม่สามารถแสดงหรือเขียนออกมาในรูปแบบของสมการหรืออสมการได้ หรืออาจจะแสดงออกมาได้แต่มีความซับซ้อนมาก ดังนั้นในการแก้ปัญหาในรูปแบบดังกล่าวจะใช้เทคนิคของการจำลองแบบปัญหา(Simulation Technique)

### 2.2.1 ความหมายของการจำลองแบบปัญหา

การจำลองแบบปัญหา คือ วิธีการทำการทดลองโดยอาศัยหลักการทางสถิติเพื่อใช้ศึกษาพฤติกรรมของกระบวนการหรือระบบในเวลาต่าง ๆ การจำลองแบบปัญหาเป็นวิธีการซึ่งแตกต่างจากการใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ โดยตัวแบบทางคณิตศาสตร์ทั่วไปจะเป็นการหาผลลัพธ์ หรือคำตอบของพฤติกรรมของกระบวนการหรือระบบเมื่อกระบวนการหรือระบบนั้น ๆ อยู่ในสภาวะอยู่ตัว แต่ผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบการจำลองแบบปัญหานั้นเป็นผลลัพธ์ซึ่งแสดงพฤติกรรมของกระบวนการหรือระบบในเวลาต่าง ๆ ก่อนที่จะเข้าสู่สภาวะคงตัว

การทดลองโดยใช้เทคนิคการจำลองแบบปัญหา จะแตกต่างจากการทดลองในระบบจริง ๆ เนื่องจากการทดลองโดยใช้แบบจำลองสามารถทำได้โดยใช้หลักการทางสถิติและอาศัยการทดลองด้วยตัวเลขสุ่ม(Random Number)โดยวิธีการจำลองแบบปัญหาผู้วิเคราะห์สามารถศึกษาถึงพฤติกรรมของกระบวนการหรือระบบ โดยไม่จำเป็นต้องทำการทดลองกับระบบโดยตรงตัวอย่างเช่น การจำลองสถานการณ์การโยนเหรียญได้โดยใช้ตัวเลขสุ่มแทนการออกหัวหรือก้อย ทำให้สามารถสร้างหรือจำลองสถานการณ์การโยนเหรียญได้โดยไม่จำเป็นต้องโยนเหรียญจริงๆ นอกจากนี้แล้วยังสามารถใช้เทคนิคการจำลองแบบปัญหาในการประเมินผลของการใช้นโยบายต่าง ๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้ เพื่อศึกษาถึงผลที่ได้จากการดำเนินงานของระบบก่อนที่จะนำข้อกำหนดนั้นไปใช้กับระบบจริง

ซึ่งจากคำจำกัดความดังกล่าวจะเห็นได้ว่า กระบวนการของการจำลองแบบปัญหานั้นแบ่งเป็นสองส่วน คือ การสร้างแบบจำลองส่วนหนึ่งและการนำเอาแบบจำลองนั้นไปใช้ในงานเชิงวิเคราะห์อีกส่วนหนึ่ง ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากลไกของวิธีการของการจำลองแบบปัญหาขึ้นอยู่กับแบบจำลองและการใช้แบบจำลอง แบบจำลองที่ใช้ในการจำลองแบบปัญหานี้อาจใช้เป็นระบบ แต่ต้องสามารถช่วยให้ผู้วิเคราะห์เข้าใจในระบบงานจริงเพื่อประโยชน์ในการอธิบายและเพื่อการปรับปรุงการดำเนินงานของระบบจริง

## 2.2.2 สาเหตุที่ต้องใช้การจำลองแบบ

2.2.2.1 การใช้เทคนิคการจำลองแบบปัญหาปัญหาอาจเป็นวิธีเดียว ซึ่งสามารถใช้ศึกษากระบวนการหรือระบบที่ต้องการศึกษา เช่น การจำลองสถานการณ์การโคจรของยานอวกาศ

2.2.2.2 ปัญหาที่ต้องการแก้ไม่สามารถสร้างเป็นตัวแบบคณิตศาสตร์ได้หรือสามารถสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ได้แต่มีขั้นตอนที่ยุ่งยากซับซ้อน ซึ่งทำให้เสียเวลา แรงงาน ฯลฯ

2.2.2.3 การทดลองกับกระบวนการ หรือ ระบบจริงมีต้นทุนค่าใช้จ่ายสูง ตัวอย่าง เช่น การทดลองใช้ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

2.2.2.4 การทดลองกับกระบวนการหรือระบบจริง อาจจะใช้เวลายาวนานในการได้ผลลัพธ์

2.2.2.5 การทดลองกับกระบวนการหรือระบบจริงอาจจะมีความยุ่งยากซับซ้อน เช่น การทดลองเปรียบเทียบวิธีการจัดการการจราจรในกรุงเทพ เป็นต้น

2.2.2.6 ไม่สามารถหาข้อมูลจากระบบจริงได้

2.2.2.7 กรณีที่ต้องการประมาณค่าพารามิเตอร์บางตัว เพื่อนำผลที่ได้มาช่วยในการตัดสินใจเลือกใช้ระบบนั้น

## 2.2.3 ข้อจำกัดของการใช้เทคนิคการจำลองแบบปัญหา

การใช้เทคนิคการจำลองแบบปัญหาในการแก้ปัญหาต่าง ๆ มีข้อจำกัดดังนี้ คือ

2.2.3.1. คำตอบที่ได้จากตัวแบบจำลองไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดในเชิงคณิตศาสตร์ทั้งนี้เนื่องจากวิธีการใช้เทคนิคการจำลองแบบปัญหา เป็นเพียงวิธีการที่สามารถหาค่าคำตอบที่เหมาะสมและน่าพอใจเท่านั้น คำตอบที่ได้จากการใช้เทคนิคการจำลองแบบปัญหาอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงไป เมื่อมีการแก้ปัญหาใหม่หรืออีกนัยหนึ่ง คือ ถ้าแก้ปัญหาด้วยตัวแบบจำลองหลาย ๆ ครั้ง คำตอบที่ได้อาจจะไม่เท่ากัน

2.2.3.2 ตัวแบบจำลองที่ดีและสามารถให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับสภาพการณ์จริงของกระบวนการหรือระบบนั้นจะต้องใช้เวลานานและค่าใช้จ่ายสูง

2.2.3.3 ตัวแบบจำลองไม่สามารถใช้กับการแก้ปัญหาได้ทุกลักษณะปัญหาที่เหมาะสมกับการใช้เทคนิคการจำลองแบบปัญหา จะต้องเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความไม่แน่นอนของเหตุการณ์ที่สามารถรวบรวมข้อมูลและให้ผลทางสถิติได้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



**2.2.4 ประเภทของแบบจำลอง**

**2.2.4.1 แบบจำลองทางกายภาพ (Physical or Iconic Models)** เป็นแบบจำลองที่มีรูปร่างหน้าตาเหมือนระบบงานจริง อาจมีขนาดเท่าของจริงหรือมีขนาดที่เล็กกว่าหรือใหญ่กว่า อาจเป็นแบบจำลองของระบบงานในมิติใดมิติหนึ่งหรือทั้งสองมิติ ตัวอย่างของแบบจำลองประเภทนี้ได้แก่ เครื่องยนต์ต้นแบบที่สร้างขึ้นเพื่อทดสอบสมรรถนะก่อนการผลิตจริงแบบจำลองส่วนควบคุมการบินของเครื่องบิน เครื่องบินขนาดจำลองที่ใช้ทดสอบในอุโมงค์ลม แบบจำลองผังโรงงาน รูปแสดงการเกาะเกี่ยวของอะตอม

**2.2.4.2 แบบจำลองสัญญลักษณ์ (Symbolic Models) หรือ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models)** เป็นแบบจำลองที่ใช้สัญญลักษณ์และฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์แทนองค์ประกอบในระบบงานจริง ตัวอย่างเช่น การใช้กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่สามารถวัดค่าได้ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการผลิตกับจำนวนสินค้าที่ผลิตซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้ขนาดความยาวของเส้นกราฟแสดงค่าของเงินหรือจำนวนสินค้า การใช้แผนภูมิการจัดการองค์กรเป็นแบบจำลองที่ใช้สี่เหลี่ยมรูปกล่องและเส้นแสดงความสัมพันธ์และหน้าที่รับผิดชอบของบุคคลากรในระดับต่าง ๆ การใช้แผนภูมิการไหลของวัตถุดิบผ่านขบวนการการผลิต

**2.2.4.3 แบบจำลองขั้นตอน (Procedural Models)** เป็นการจำลองขั้นตอนของระบบหนึ่ง ๆ และนำมาจัดลำดับก่อนหลังตามสภาพของระบบประกอบกันเข้าเป็นตัวแบบ ขั้นตอนจะถูกจำลองเป็นสัญญลักณ์ทางตรรกวิทยาและเลขคณิต (Logical and Arithme--tic Expression) ซึ่งคอมพิวเตอร์จะเข้ามามีบทบาทอย่างมากในแบบจำลองประเภทนี้ โดยภาษาคอมพิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองแบบ เช่น BASIC, FORTRAN, ALGOL, Pascal และมีการพัฒนาภาษาขึ้นใช้โดยเฉพาะ ได้แก่ GPSS, SIMCRIPT, GASP, SIMULATE

แบบจำลองขั้นตอนยังสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

- ประเภทที่ 1 การเคลื่อนที่ไปของเวลาการจำลองในแต่ละครั้งเป็นหน่วยเวลาที่เท่า ๆ กัน ซึ่งเรียกว่า ตัวแบบจำลองประเภทเคลื่อนไปเป็นหน่วยเวลา (Unit-time Advance ) โดยเอาเวลาของการจำลองแบบทั้งหมดมาแบ่งเป็น N หน่วย แต่ละหน่วยเป็นช่วงเวลาเล็ก ๆ ที่เท่ากัน ($\lambda t$) การจำลองจะบันทึกสภาวะของระบบ ณ จุดเวลา $n\lambda t$, $n = 0,1,2,..,N$ ถ้า $\lambda t$ ค่ามากเกินไป จะทำให้เหตุการณ์บางเหตุการณ์ไม่ได้รับการบันทึก เนื่องจากเหตุการณ์ที่หน่วยรับบริการเข้าสู่ระบบและออกจากระบบ เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการบันทึกก็ได้ แต่ถ้า $\lambda t$ เล็กเกินไป อาจพบว่าสภาวะของระบบ ณ จุดเวลา $n\lambda t$ และ $(n+1)\lambda t$ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ เลยคือไม่มีเหตุการณ์

เกิดขึ้น ณ ช่วงเวลา $n\Delta t$ ถึง $(n+1)\Delta t$ จึงไม่เกิดประโยชน์ ดังนั้นการกำหนด $\Delta t$ จึงมีความสำคัญมาก การจำลองแบบประเภทนี้เหมาะกับเหตุการณ์ที่เกิดต่อเนื่องกันไป ซึ่งสภาวะของระบบมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เช่น ข้อมูลระดับน้ำในเขื่อน เป็นต้น

การเคลื่อนที่ตามเวลาของเวลาในแบบจำลองกระทำได้โดยการกำหนดเวลาเริ่มต้นบนนาฬิกาจำลอง (Simulated Clock) แล้วให้เวลาบนนาฬิกาจำลองเคลื่อนที่โดยการบวกด้วยค่าคงที่ของเวลา (Fixed Time Increment) ตัวอย่างเช่น ถ้าเราให้ค่าคงที่ของเวลาเป็น 5 นาที ถ้าเริ่มต้นเวลาในแบบจำลองที่ 8.00 น. เวลาบนนาฬิกาจำลองเมื่อเริ่มต้นจะเป็น 8.00 น. เวลาที่จะปรากฏบนนาฬิกาจำลองถัดไปจะเป็น 8.05 น., 8.10 น., 8.15 น.,... ตามลำดับ

- ประเภทที่ 2 ตัวแบบจำลองประเภทเคลื่อนไปแบบเหตุการณ์ต่อเหตุการณ์ (event-to-event advance) ช่วงเวลาการจำลองที่เคลื่อนที่ไปแต่ละครั้งไม่จำเป็นต้องเท่ากันแต่จะเท่ากับช่วงเวลาระหว่างเหตุการณ์ 2 เหตุการณ์ ดังนั้นการจำลองจึงสามารถบันทึกการเปลี่ยนแปลงของระบบได้ทั้งหมด รวมทั้งเวลาที่แน่นอนระหว่างเหตุการณ์ด้วย ในระบบแถวคอย สภาวะของระบบกำหนด โดยจำนวนหน่วยรับบริการที่อยู่ในระบบก็ได้ เหตุการณ์ที่จะเปลี่ยนสภาวะของระบบในกรณีนี้จะมี 2 อย่างคือ มีหน่วยรับบริการเข้าสู่ระบบ และ มีหน่วยรับบริการออกจากระบบการบันทึกสภาวะของระบบจะทำทุกครั้งที่มีเหตุการณ์หนึ่งในสองเหตุการณ์ที่กล่าวมาแล้วเกิดขึ้น ดังนั้นจะเห็นว่า ในตัวแบบจำลองประเภทนี้จะไม่มีการบันทึกสภาวะของระบบ หากไม่มีเหตุการณ์เกิดขึ้น ซึ่งแตกต่างจากแบบจำลองประเภทที่หนึ่ง การจำลองแบบประเภทนี้เหมาะกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแบบไม่ต่อเนื่อง

การเคลื่อนที่ตามเหตุการณ์ของเวลาในแบบจำลอง กระทำได้โดยการกำหนดเวลาเริ่มต้นบนแบบจำลอง แล้วให้เวลาบนนาฬิกาจำลองเคลื่อนที่ไปตามเหตุการณ์ ดังนั้นการเคลื่อนที่ของเวลาด้วยวิธีนี้ จะต้องทราบว่ามีเหตุการณ์ใดบ้างเกิดขึ้นที่เวลาใดบ้าง ตัวอย่างเช่น ถ้าเหตุการณ์ที่ 1 เกิดขึ้นที่เวลา 8.03 น. เหตุการณ์ที่ 2 เกิดขึ้นที่เวลา 8.22 น. เหตุการณ์ที่ 3 เกิดขึ้นที่เวลา 8.45 น. เป็นต้น ถ้าในตอนเริ่มต้นนาฬิกาจำลองแสดงเวลา 8.00 น. เวลาที่ปรากฏบนนาฬิกาจำลองถัด ๆ ไปจะเป็น 8.03 น., 8.22 น., 8.45 น.,... ตามลำดับ

## 2.2.5 เทคนิคมอนติคาร์โล

ในปัญหาที่ต้องใช้การจำลองแบบปัญหาทั่วไป โดยเฉพาะในการจำลองแบบปัญหาที่แบบจำลองสามารถแทนองค์ประกอบและ ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบด้วยข้อมูลเชิงปริมาณ ซึ่งโดยปกติแล้วข้อมูลเชิงปริมาณมักจะมีค่าที่ไม่แน่นอน ดังนั้นจึงเป็นปัญหาในการคำนวณนั้นเราจะใช้ค่าใดจึงจะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองคล้ายคลึงใกล้เคียงกับผลลัพธ์ที่ได้จากระบบงานจริง คำตอบก็คือ ค่าเชิงปริมาณที่ใส่เข้าไปในแบบจำลองนั้นต้องมีลักษณะที่ไม่แน่นอนเหมือนกับลักษณะข้อมูลจริง ดังนั้นในการจำลองแบบปัญหาดังกล่าวจึงมีปัญหาว่า ทำอย่างไรจึงจะสามารถใส่ข้อมูลที่มีลักษณะเหมือนข้อมูลจริงเข้าไปในแบบจำลอง และทำอย่างไรจึงจะทำให้แบบจำลองสามารถสร้างข้อมูลที่เหมือนข้อมูลจริงได้ ในกรณีที่ค่าไม่แน่นอนสามารถหาค่าความไม่แน่นอนในรูปของค่าความน่าจะเป็นเทคนิคที่นิยมใช้ในการแก้ปัญหาลักษณะความไม่แน่นอนของค่าเชิงปริมาณก็คือ เทคนิคมอนติคาร์โล (Monte Carlo)

เทคนิคมอนติคาร์โล คือเทคนิคในการสร้างข้อมูลโดยใช้ตัวเลขสุ่มและความน่าจะเป็นสะสม ตัวเลขสุ่มที่ได้อาจมาจากตารางเลขสุ่ม โปรแกรมเลขสุ่ม ลูกเต๋า ฯลฯ ซึ่งสามารถสร้างตัวเลขที่มีลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็นอย่างสม่ำเสมอ ส่วนความน่าจะเป็นสะสมอาจได้มาจากข้อมูลในอดีตหรือจากการทดลอง หรือทราบจากลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็น จากตัวเลขทั้งสองอย่าง จะนำมาสร้างข้อมูลที่ต้องการได้ดังนี้

1. สร้างกราฟหรือตารางความน่าจะเป็นสะสม (S(x)) ของข้อมูลที่ต้องการ
2. เลือกตัวเลขสุ่ม (RN) โดยใส่จุดทศนิยมให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1
3. ใช้ตัวเลขสุ่มในข้อ 2. แทนค่าความน่าจะเป็นสะสม
4. อ่านค่าของข้อมูลจากตารางหรือกราฟ ซึ่งมีค่าความน่าจะเป็นสะสมเท่ากับตัวเลขในข้อ 3 ค่าที่ได้นี้คือ ค่าของข้อมูลที่ต้องการ
5. ทำซ้ำข้อ 2. ถึง ข้อ 4. จนกว่าจะได้ข้อมูลมากตามที่ต้องการ

และเพื่อความสะดวกในการหาค่าตัวแปรสุ่ม จึงมักกำหนดช่วงของตัวแปรสุ่มสำหรับแต่ละค่าของตัวแปรแบบสุ่ม เพื่อให้ดูง่ายขึ้นโดยไม่ต้องใส่จุดทศนิยมให้กับตัวเลขนั้น ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่าง

สมมติตัวแปรสุ่ม x มีค่าความน่าจะเป็น แสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

| x | P(x) |
|---|---|
| 0 | 0.02 |
| 1 | 0.08 |
| 2 | 0.22 |
| 3 | 0.34 |
| 4 | 0.18 |
| 5 | 0.09 |
| 6 | 0.07 |

การสร้างข้อมูลโดยอาศัยเทคนิคมอนติคาร์โล จะต้องอาศัยค่าความน่าจะเป็นสะสม ดังนั้น จะสร้างตารางใหม่ และหาช่วงของตัวเลขสุ่ม (RN) ได้ดังนี้

| x | P(x) | S(x) | RN |
|---|---|---|---|
| 0 | 0.02 | 0.02 | 00-01 |
| 1 | 0.08 | 0.10 | 02-09 |
| 2 | 0.22 | 0.32 | 10-31 |
| 3 | 0.34 | 0.66 | 32-65 |
| 4 | 0.18 | 0.84 | 66-83 |
| 5 | 0.09 | 0.93 | 84-92 |
| 6 | 0.07 | 1.00 | 93-99 |

ทำการสุ่มตัวเลขจากตารางเลขสุ่มหรือจากวิธีการสร้างเลขสุ่มแบบอื่น ๆ นำตัวเลขสุ่ม (RN) ที่ได้เทียบกับช่วงของ RN ว่าตกอยู่ในช่วงใด เช่น ถ้าสุ่มได้ RN = 66 ค่า x ที่สร้างได้คือ 4 ถ้า สุ่มได้ RN = 24 ค่า x ที่สร้างได้คือ 2 เป็นต้น

**2.2.5.1 การผลิตเลขสุ่ม**

ตามปกติการวิเคราะห์หาค่าสถิติต่าง ๆ จะเกิดจากการนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้มาใช้ในการคำนวณค่าสถิติเหล่านั้น เช่น ค่าตัวกลาง ค่าความแปรปรวน เป็นต้น แต่ในการจำลองแบบปัญหา จะต้องทำในสิ่งตรงกันข้ามคือ เมื่อทำการตรวจสอบว่าเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงมีการกระจายของข้อมูลใกล้เคียงกับการกระจายมาตรฐานแบบใดแล้ว ก็จะทำการผลิตตัวเลขสุ่มที่มีการกระจายเหมือนการกระจายมาตรฐานนั้นและ โดยอาศัยพารามิเตอร์ที่ได้จากข้อมูลจริงและฟังก์ชันความน่าจะเป็นของการกระจายมาตรฐานแบบนั้น ๆ โดยวิธีการนี้ ตัวแปรสุ่มที่ผลิตได้จะถือว่าเป็นตัวแทนของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง และตัวแปรสุ่มเหล่านี้จะใช้ในการจำลองแบบปัญหา ดังนั้นความสำเร็จของการจำลองแบบปัญหาจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของตัวเลขสุ่มและอัลกอริทึม (Algorithm) ที่ใช้เป็นส่วนใหญ่

เลขสุ่ม (Random Number) คือ ชุดของตัวเลขที่มีการกระจายแบบสม่ำเสมอ (Uniformly Distribution) การผลิตเลขสุ่มมีอยู่หลายวิธี วิธีที่เหมาะสมสำหรับการใช้คอมพิวเตอร์ในการจำลองแบบปัญหาก็คือ การผลิตตัวเลขสุ่มโดยการโปรแกรม เป็นการผลิตเลขสุ่มจากความสัมพันธ์ที่ย้อนซ้ำขั้นตอนเดิม (Recurrence Relation) คือ ตัวเลขถัดไปเกิดจากการดำเนินการทางเลขคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์ ด้วยตัวเลขปัจจุบันหรือกลุ่มของตัวเลขในอดีต ดังนั้นเลขสุ่มเหล่านี้จึงไม่ใช่เลขสุ่มที่แท้จริง และอาจมีตัวเลขซ้ำ ๆ เกิดขึ้นเมื่อผลิตเลขไปได้ระยะหนึ่งคืออนุกรมของเลขที่ผลิตได้ในลักษณะนี้จะมีคาบ เลขสุ่มเหล่านี้จะต้องมีการทดสอบเชิงสถิติ เพื่อที่จะอนุมานได้ว่า เป็นตัวเลขสุ่มด้วยเหตุนี้เอง เลขสุ่มเหล่านี้จึงเรียกว่าเป็นเลขคล้ายสุ่ม (Pseudo-random Number)

คุณสมบัติของเลขสุ่ม

โปรแกรมที่ใช้ผลิตเลขสุ่มควรมีคุณสมบัติขั้นพื้นฐานดังต่อไปนี้

1. เลขที่ผลิตด้วยการโปรแกรมจะต้องมีสหสัมพันธ์อ่อนระหว่างกัน
2. การแจกแจงของเลขที่ผลิตจากโปรแกรม จะต้องใกล้เคียงกับการแจกแจงสม่ำเสมอมากที่สุดเท่าที่จะมากได้
3. โปรแกรมที่ใช้ในการผลิตเลขสุ่มจะต้องมีเสถียรภาพ คือการแจกแจงของตัวเลขจะต้องไม่เปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนตัวเลขที่ผลิตออกมา

### 2.2.5.2 การผลิตตัวแปรสุ่มปกติโดยใช้วิธี Log-and-Trig

วิธี Log-and-Trig เป็นวิธีที่ใช้ในการผลิตเลขสุ่มปกติจากเลขสุ่มแจกแจงสม่ำเสมอเท่านั้น การผลิตเลขสุ่มปกติหนึ่งตัวโดยใช้ Central Limit Theorem นั้นต้องใช้เลขสุ่มแจกแจงสม่ำเสมอหลาย ๆ ตัว ประสิทธิภาพของการผลิตจึงต่ำ ซึ่งข้อบกพร่องนี้ได้ถูกกำจัดไปโดยวิธีการนี้ ในการผลิตเลขสุ่มปกติหนึ่งตัวโดยวิธี Log-and-Trig นั้นอาจกล่าวได้ว่าใช้เลขสุ่มสม่ำเสมอเพียงหนึ่งตัวเท่านั้น

ให้ $Y_1$ และ $Y_2$ เป็นตัวแปรสุ่มปกติมาตรฐานและเป็นอิสระจากกัน การแจกแจงร่วมของตัวแปรสุ่ม $Y_1$ และ $Y_2$ จึงเขียนได้เป็น

$$f(y_1,y_2) = (1/2\pi)\, e^{-(y_1^2+y_2^2)/2} \qquad (2.1)$$

ค่าคู่หนึ่งของตัวแปรสุ่ม $Y_1$ และ $Y_2$ จะกำหนดจุด ๆ หนึ่งในยูคลิเดียนที่มีมิติเท่ากับ 2 จุดสุ่มนี้อาจเขียนแสดงได้ด้วยแกนโพลา (Polar Coordinate) $(R, \theta)$ ดังนี้

$$Y_1 = R \cos\theta \qquad (2.2)$$

และ

$$Y_2 = R \sin\theta \qquad (2.3)$$

จาโคเบียนของการแปลงตามสมการ (2.2) และ (2.2) เขียนได้เท่ากับ r การแจกแจงตามสมการ (2.1) ในเทอมของ R และ $\theta$ จึงเขียนได้ดังนี้

$$f_{R,\theta}(r,y) = (r/2\pi)\, e^{-(r^2/2)} \qquad (2.4)$$

โดย $r > 0$ และ $0 \leq y \leq 2\pi$ จากสมการ (2.4) อาจสรุปได้ว่าการแจกแจงของ $\theta$ เป็นการแจกแจงที่สม่ำเสมอ ทั้งนี้เนื่องจาก

$$\int re^{-(r^2/2)}\, dr = 1 \qquad (2.5)$$

ดังนั้น การกระจายของตัวแปรสุ่ม $\theta$ จึงเขียนได้เป็น

$$f_{\theta}(y) = \begin{cases} 1/2\pi & 0 \leq y \leq 2\pi \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \qquad (2.6)$$

เมื่อพิจารณาสมการ (2.6) ร่วมกับ (2.4) อาจสรุปการกระจายของตัวแปรสุ่ม R ได้ดังนี้

$$f_{R}(r) = \begin{cases} re^{-(r^2/2)} & r>0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \qquad (2.7)$$

จากสมการที่ (2.6) และ (2.7) แล้วสมการ (2.5) จึงอาจเขียนได้เป็น

$$f_{R,\theta}(r,y) = f_{R}(r)\, f_{\theta}(y) \qquad (2.8)$$

ซึ่งแสดงว่าตัวแปรสุ่ม R และ $\theta$ เป็นอิสระต่อกัน จึงสรุปได้ว่า ถ้า $Y_1$ และ $Y_2$ เป็นตัวแปรสุ่มคู่หนึ่งที่เป็นอิสระต่อกันและต่างก็มีการแจกแจงปกติมาตรฐาน ตัวแปรสุ่ม R และ $\theta$ ซึ่งเกิดจากการแปลงยูคลิเดียน (Euclidean coordinates) เป็นแกนโพลาจะเป็นอิสระก่อกัน ดังนั้นหากสมการที่ผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงตามสมการ (2.6) และ (2.7) และเป็นอิสระต่อกัน เลขสุ่มมาตรฐานก็อาจคำนวณได้จากสมการ (2.2) และ (2.3)

เลขสุ่มตามการแจกแจงในสมการ (2.6) สามารถผลิตได้โดยง่ายจากเลขสุ่มการแจกแจงสม่ำเสมอมาตรฐาน โดยใช้การแปลงดังต่อไปนี้

$$y_i = 2\pi x_{1i} \qquad (2.9)$$

โดย $x_{1i}$ เป็นเลขสุ่มแจกแจงสม่ำเสมอมาตรฐาน และเลขสุ่มที่มีการแจกแจงตามสมการ (2.6) อาจผลิตจากเลขสุ่มแจกแจงสม่ำเสมอโดยใช้วิธีผกผันจากสมการ (2.10) ดังต่อไปนี้

$$r_i = [-2\ln x_{2i}]^{1/2} \qquad (2.10)$$

โดย $x_{2i}$ เป็นเลขสุ่มแจกแจงสม่ำเสมอมาตรฐานและเป็นอิสระต่อเลขสุ่มแจกแจงสม่ำเสมอ $x_{1i}$ ดังนั้นเลขสุ่มแจกแจงปกติมาตรฐาน $y_{1i}$ และ $y_{2i}$ ซึ่งเป็นอิสระต่อกันสามารถคำนวณจากสมการต่อไปนี้ ซึ่งแทนตัวแปรสุ่ม R และ $\theta$ โดยใช้สมการ (2.9) และ (2.10) ในสมการ (2.2) และ (2.3)

$$y_{1i} = [-2\ln x_{2i}]^{1/2} \cos(2\pi x_{1i}) \qquad (2.11)$$

$$y_{2i} = [-2\ln x_{2i}]^{1/2} \sin(2\pi x_{1i}) \qquad (2.12)$$

จะเห็นว่าการผลิตเลขสุ่มปกติมาตรฐาน 2 ตัว ใช้เลขสุ่มแจกแจงสม่ำเสมอเพียง 2 ตัวเท่านั้น การใช้เลขสุ่มแจกแจงสม่ำเสมอในการผลิตเลขสุ่มปกติมาตรฐานด้วยวิธี Log-and-Trig จึงน้อยกว่าการผลิตเลขสุ่มปกติโดยใช้ Central Limit Theorem ประสิทธิภาพจึงดีกว่าในแง่นี้

### 2.2.6 การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง เป็นกระบวนการในการสร้างความมั่นใจให้กับผู้สร้างและผู้ใช้แบบจำลอง ว่าผลที่ได้จากแบบจำลองนั้นควรจะเป็นผลที่ถูกต้องนำไปใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ของการสร้างแบบจำลอง การทดสอบความถูกต้องนั้นไม่มีวิธีการทดสอบที่จะบอกได้ว่าแบบจำลองนั้นเป็นแบบจำลองที่ถูกต้องของระบบงานหรือไม่ ความถูกต้องของแบบจำลองในที่นี้ก็คือ ความมั่นใจว่าเป็นแบบจำลองที่ถูกต้องสามารถนำไปใช้งานได้ความมั่นใจดังกล่าวจะได้มาจากความเข้าใจในระบบงาน ความละเอียดถี่ถ้วนในการตรวจสอบความเหมาะสมขององค์ประกอบ พฤติกรรมต่าง ๆ ขององค์ประกอบและค่าเชิงปริมาณที่ใช้แทนองค์ประกอบ และความสัมพันธ์ต่าง ๆ การทดสอบพฤติกรรมที่ได้มาจากแบบจำลองเทียบกับองค์ประกอบของระบบงานจริง ฯลฯ

กรรมวิธีที่ใช้ในการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่ใช้กันอยู่ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ

2.2.6.1 **การพิสูจน์ยืนยัน** (Verification) เป็นการทำให้แน่ใจว่าแบบจำลองมีพฤติกรรมอย่างที่ผู้สร้างต้องการให้เป็น วิธีการที่ใช้ในขั้นตอนนี้ได้แก่

- การสอบถามความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ (Face Validity) เป็นการถามความเห็นจากผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญจากการใช้งานองค์ประกอบต่าง ๆ ในระบบงานและการใช้ระบบงาน ว่าองค์ประกอบและระบบงานนั้น ๆ มีพฤติกรรมอย่างไรภายใต้

เงื่อนไขต่าง ๆ และการที่องค์ประกอบในแบบจำลองและแบบจำลองมีพฤติกรรมต่าง ๆ ควรจะมีพฤติกรรมที่สอดคล้องกับพฤติกรรมขององค์ประกอบและระบบงานจริงหรือไม่

- การทดสอบความถูกต้องของกลไกภายในแบบจำลอง ( Internal Validity) เป็นการทดสอบองค์ประกอบในแบบจำลอง โดยการใส่เงื่อนไข เช่น ให้ค่าตัวแปรเข้าเป็นค่าคงที่แล้วดูว่าผลที่ได้จากองค์ประกอบหรือแบบจำลองหลาย ๆ ครั้งมีความแปรปรวนมากน้อยเพียงใด ถ้ามีความแปรปรวนมาก แสดงว่าองค์ประกอบในแบบจำลองหรือแบบจำลองนั้นไม่ถูกต้องควรจะต้องมีการแก้ไข

- การทดสอบความถูกต้องของตัวแปรและพารามิเตอร์ ( Variables-Parameters Validity ) เป็นการทดสอบความไวของการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรและค่าพารามิเตอร์ว่ามีผลกระทบต่อผลลัพธ์ที่ได้จากองค์ประกอบในแบบจำลอง และแบบจำลองอย่างไร ถ้าผลที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงไวต่อค่าตัวแปรหรือพารามิเตอร์ใด ก็เป็นเครื่องแสดงบอกให้เรารู้ว่าจะต้องระมัดระวังให้มากต่อการประมาณค่าตัวแปร และพารา-มิเตอร์เหล่านั้น นอกจากนั้นแล้วการทดสอบความไวนี้ยังช่วยให้ผู้สร้างแบบจำลองได้เห็นว่าองค์ประกอบในแบบจำลอง และแบบจำลองประพฤติตนอย่างที่ควรจะเป็นหรือไม่ เพราะถ้าเราทราบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรและพารามิเตอร์ จะทำให้ผลที่ได้จากระบบงานจริงนั้นเปลี่ยนไป แต่ถ้าจากการทดลองกับแบบจำลองแล้วได้ผลเป็นอย่างอื่น แบบจำลองนั้นก็ไม่ควรจะถูกต้องและควรจะต้องมีการแก้ไข

- การทดสอบความถูกต้องของสมมติฐาน (Hypothesis Validity) เป็นการทดสอบความถูกต้องทางสถิติว่าผลที่ได้จากองค์ประกอบในแบบจำลองกับผลที่ได้จากองค์ประกอบของระบบงานจริงนั้นเหมือนกัน โดยอาจใช้เงื่อนไขต่างๆ ที่มีปรากฏจากข้อมูลในอดีตใส่ให้กับองค์ประกอบในแบบจำลอง แล้วเปรียบเทียบผลที่ได้กับผลที่ได้จากอดีตว่าสามารถยอมรับว่าเหมือนกันโดยมีระดับนัยสำคัญที่ยอมรับได้

**2.2.6.2 การทดสอบความถูกต้อง (Validation)** เป็นการทดสอบความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมของแบบจำลองกับพฤติกรรมของระบบงานจริง ทั้งนี้โดยอาศัยการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลในอดีตของระบบงานจริงที่เงื่อนไขของการใช้ระบบงานที่เหมือนกัน

- การทดสอบสมมติฐานในการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองกับของระบบงานจริง

- การทดสอบสมมติฐานของลักษณะการกระจายของ ความน่าจะเป็นของข้อมูลจากแบบจำลองเปรียบเทียบกับของระบบงานจริง

- การประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองเปรียบเทียบค่าโดยประมาณของพารามิเตอร์ของระบบงานจริง

- การพยากรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและพารามิเตอร์ในแบบจำลองเปรียบเทียบกับระบบงานจริง

**2.2.6.3 การวิเคราะห์ปัญหา (Problem Analysis)** เป็นการทดลองใช้แบบจำลองในการพยากรณ์พฤติกรรมต่าง ๆ ของระบบงานเปรียบเทียบกับพฤติกรรมจริงของระบบงานการวิเคราะห์อาศัยเทคนิคทางสถิติเช่นเดียวกับข้อ 2

จากขั้นตอนต่าง ๆ ตามกรรมวิธีที่กล่าวมานี้ จะช่วยให้ผู้สร้างแบบจำลองมีความมั่นใจในแบบจำลองที่สร้างขึ้นว่า น่าจะใช้แทนระบบงานจริงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

โดยสรุป การสร้างความมั่นใจในความถูกต้องของแบบจำลองอาจได้มาจาก

- การใช้วิจารณญาณและตรรกวิทยา
- การใช้ความรู้ความเข้าใจในระบบงาน
- การทำการทดสอบโดยเทคนิคทางสถิติในส่วนของข้อมูลเชิงปริมาณ
- การให้ความสนใจ ไตร่ตรอง ตรวจสอบรายละเอียดต่างๆ ในการสร้างแบบจำลอง
- การตรวจสอบดูว่าแบบจำลองประพฤติตนได้อย่างที่เราอยากให้มันเป็น
- การวิเคราะห์ความไวของตัวแปรและพารามิเตอร์
- เปรียบเทียบข้อมูลเข้าและข้อมูลออก (Input-Output) ระหว่างแบบจำลองกับระบบงานจริง
- การทดสอบการใช้งานจริงของแบบจำลอง

# บทที่ 3

# การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากทางบริษัท อัทชิสัน เทเลคอมมิวนิเคชั่นส์ (ประเทศไทย) จำกัด เป็นข้อมูลที่ทางบริษัททำการเก็บบันทึกเอาไว้เป็นสถิติเกี่ยวกับอัตราการใช้บริการของลูกค้าและอัตราการให้บริการของพนักงาน ซึ่งข้อมูลที่ได้รับจากทางบริษัทประกอบด้วย

1. จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความทั้งหมดในแต่ละชั่วโมง ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2536

2. เวลาที่พนักงานใช้ในการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้าหนึ่งคนในแต่ละชั่วโมง ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2536

แต่เนื่องจากการแข่งขันทางด้านธุรกิจข้อมูลทั้ง 2 ชุดจึงเป็นข้อมูลที่เป็นความลับทางธุรกิจ ดังนั้นข้อมูลที่ได้มาจึงเป็นข้อมูลที่ทางบริษัทได้ปรุงแต่งขึ้นโดยอ้างอิงจากข้อมูลจริง

## 3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้นั้นเป็นข้อมูลทุติยภูมิทั้งหมด ซึ่งได้มาจากการบันทึกของแผนกสถิติ บริษัท อัทชิสัน เทเลคอมมิวนิเคชั่นส์ (ประเทศไทย) จำกัด

### 3.1.1 จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความทั้งหมดในแต่ละชั่วโมง ช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2536

เป็นข้อมูลจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามา เพื่อใช้บริการฝากข้อความผ่านทางพนักงานให้บริการฝากข้อความทั้งหมดภายในหนึ่งชั่วโมง ข้อมูลนี้จะถูกบันทึกโดยเครื่องคอมพิวเตอร์ของทางบริษัท ฯ เมื่อพิจารณาข้อมูลที่ได้มาพบว่า

- จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาเพื่อใช้บริการในแต่ละชั่วโมงแตกต่างกันโดยแบ่งออกได้เป็นช่วงเวลาที่มีการโทรเข้ามาเพื่อใช้บริการมากคือในช่วง 8.00 น. ถึง 23.00 น. ส่วนในช่วง 23.00 น. ถึง 7.00 น. พบว่าจะมีจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการน้อย ดังนั้นในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้จึงพิจารณาเฉพาะในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 23.00 น. ซึ่งจะเป็นช่วงเวลาที่มีความจำเป็นในการหาจำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสมมากกว่าในช่วงเวลาที่มีการโทรเข้ามาใช้บริการน้อย

- จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาเพื่อใช้บริการจะแตกต่างกันออกไปในแต่ละวัน แต่พอจะแบ่งออกได้เป็นช่วงเวลาที่มีการโทรเข้ามาเพื่อใช้บริการมาก คือในช่วงจันทร์ถึงวันศุกร์ ส่วนในช่วงวันเสาร์และวันอาทิตย์และวันหยุดราชการ พบว่าจะมีจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการน้อย ดังนั้นในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้จึงแบ่งการพิจารณาออกเป็นในช่วงวันทำงานและช่วงวันหยุด

**3.1.2 เวลาที่พนักงานใช้ในการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้าหนึ่งคนในแต่ละชั่วโมง ช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2536**

เป็นเวลาที่พนักงานแต่ละคนใช้ในการให้บริการต่อลูกค้าหนึ่งคนในแต่ละชั่วโมง มีหน่วยเป็นวินาที ซึ่งแบ่งการพิจารณาออกเป็นช่วงวันหยุดและช่วงวันทำงาน และจะพิจารณาเฉพาะในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 23.00 น.

ตารางที่ 3-1 และ 3-2 แสดงตัวอย่างของข้อมูลที่ได้จากบริษัท ฮัทชิสัน เทเลคอม--มิวนิเคชั่นส์ (ประเทศไทย) จำกัด ในเดือนพฤษภาคม 2536

ตารางที่ 3-1 จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ (คน)
ของเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2536

| ช่วงเวลา | วัน | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | จันทร์ | อังคาร | พุธ | พฤหัสฯ | ศุกร์ | เสาร์ | อาทิตย์ |
| 08.00 น. – 09.00 น. | 3307 | 4402 | 3058 | 6821 | 4593 | 4564 | 4361 |
| 09.00 น. – 10.00 น. | 4287 | 6703 | 4189 | 7344 | 6667 | 6917 | 6632 |
| 10.00 น. – 11.00 น. | 4911 | 7242 | 4766 | 7512 | 7238 | 7000 | 7451 |
| 11.00 น. – 12.00 น. | 4908 | 7465 | 4764 | 6233 | 7336 | 7437 | 7122 |
| 12.00 น. – 13.00 น. | 5135 | 5961 | 4318 | 7189 | 6143 | 5974 | 5863 |
| 13.00 น. – 14.00 น. | 5414 | 6955 | 4460 | 7389 | 7280 | 7067 | 6874 |
| 14.00 น. – 15.00 น. | 5344 | 7199 | 4385 | 7382 | 7539 | 7270 | 6749 |
| 15.00 น. – 16.00 น. | 5487 | 7273 | 4312 | 7342 | 7514 | 7206 | 6979 |
| 16.00 น. – 17.00 น. | 5534 | 7465 | 4389 | 6551 | 7777 | 7113 | 6860 |
| 17.00 น. – 18.00 น. | 5041 | 6647 | 4434 | 5796 | 7175 | 6601 | 6289 |
| 18.00 น. – 19.00 น. | 4690 | 6114 | 4428 | 5333 | 6157 | 5572 | 5510 |
| 19.00 น. – 20.00 น. | 4533 | 5575 | 4428 | 4642 | 5611 | 5239 | 5145 |
| 20.00 น. – 21.00 น. | 3980 | 5083 | 3979 | 3739 | 4900 | 4446 | 4588 |
| 21.00 น. – 22.00 น. | 3448 | 4207 | 3314 | 2916 | 4407 | 3751 | 3520 |
| 22.00 น. – 23.00 น. | 3748 | 4557 | 2114 | 4516 | 4127 | 4451 | 1250 |

ตารางที่ 3-2 เวลาที่ใช้ในการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน (วินาที)
ของเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2536

| ช่วงเวลา | วัน | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | จันทร์ | อังคาร | พุธ | พฤหัสฯ | ศุกร์ | เสาร์ | อาทิตย์ |
| 08.00 น. – 09.00 น. | 25 | 26 | 26 | 25 | 26 | 26 | 26 |
| 09.00 น. – 10.00 น. | 23 | 26 | 26 | 25 | 26 | 25 | 26 |
| 10.00 น. – 11.00 น. | 24 | 26 | 26 | 26 | 28 | 26 | 26 |
| 11.00 น. – 12.00 น. | 24 | 26 | 26 | 26 | 26 | 25 | 26 |
| 12.00 น. – 13.00 น. | 24 | 26 | 26 | 27 | 26 | 26 | 26 |
| 13.00 น. – 14.00 น. | 25 | 25 | 26 | 26 | 25 | 26 | 26 |
| 14.00 น. – 15.00 น. | 25 | 26 | 27 | 26 | 26 | 26 | 26 |
| 15.00 น. – 16.00 น. | 25 | 27 | 26 | 26 | 26 | 28 | 26 |
| 16.00 น. – 17.00 น. | 25 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 |
| 17.00 น. – 18.00 น. | 25 | 26 | 26 | 26 | 26 | 27 | 26 |
| 18.00 น. – 19.00 น. | 26 | 26 | 26 | 27 | 26 | 26 | 26 |
| 19.00 น. – 20.00 น. | 26 | 26 | 26 | 27 | 26 | 26 | 26 |
| 20.00 น. – 21.00 น. | 27 | 26 | 26 | 28 | 26 | 29 | 26 |
| 21.00 น. – 22.00 น. | 28 | 27 | 26 | 27 | 26 | 26 | 28 |
| 22.00 น. – 23.00 น. | 28 | 27 | 26 | 28 | 26 | 26 | 26 |

# บทที่ 4

# การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการและเวลาที่ใช้ในการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้าหนึ่งคนในช่วงเดือนพฤษภาคม 2536 ถึง เดือนตุลาคม 2536 ของบริษัท อัทชิสัน เทเลคอมมิวนิเคชั่นส์ (ประเทศไทย) จำกัด โดยแบ่งข้อมูลทั้ง 2 ชุด ออกเป็น 2 ช่วง คือช่วงวันหยุด และช่วงวันทำงาน

จากการพิจารณาข้อมูลพบว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาในแต่ละวันและในแต่ละชั่วโมงมีจำนวนแตกต่างกัน โดยพบว่าในช่วงวันเสาร์-อาทิตย์และวันหยุดราชการจะมีจำนวนลูกค้าที่โทรเข้าน้อยกว่าในช่วงวันจันทร์ถึงวันศุกร์และในช่วง 8.00 น. ถึง 23.00 น. จะเป็นช่วงเวลาที่มีจำนวนลูกค้าที่โทรเข้าสูงมากกว่าในช่วงเวลาอื่น ๆ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงแบ่งพิจารณาศึกษาออกเป็นในช่วงเวลาแต่ละชั่วโมงของวันหยุด ( วันเสาร์-วันอาทิตย์และวันหยุดราชการ ) และวันทำงาน ( วันจันทร์-วันศุกร์ )

เมื่อรวบรวมข้อมูลทั้งหมดได้แล้ว ก็จะนำข้อมูลในแต่ละช่วงมาหารูปแบบการแจกแจงเพื่อ นำไปสร้างเป็นแบบจำลองในการหาจำนวนผู้ให้บริการที่เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลา โดยทั่วไปแล้วสามารถหาจำนวนผู้ให้บริการที่เหมาะสมได้โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป QSB$^+$ แต่เนื่องจากโปรแกรมดังกล่าวใช้ได้ในกรณีที่มีจำนวนหน่วยให้บริการไม่เกิน 20 แต่ในกรณีที่ศึกษานี้มีจำนวนหน่วยให้บริการสูงสุดถึง 200 หน่วย จึงจำเป็นต้องสร้างแบบจำลองขึ้นเองโดยใช้ภาษา Pascal เขียนเป็นโปรแกรมตามข้อกำหนดต่าง ๆ ของระบบงานจริง

## 4.1 การทดสอบรูปแบบการแจกแจงของข้อมูล

ทดสอบรูปแบบการแจกแจงของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการ และเวลาที่ใช้ในการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้าหนึ่งคน และใช้โปรแกรม STATGRAPHICS ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าข้อมูลทั้ง 2 ชุดไม่มีการแจกแจงรูปแบบมาตรฐานตามทฤษฎีแถวคอย ๆ เลย(ทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05) นำข้อมูลมาวาดกราฟเพื่อดูแนวโน้มการแจกแจงโดยให้ทางแกนนอนเป็นอันตรภาคชั้นของข้อมูล แกนตั้งเป็นความถี่ของข้อมูลในแต่ละอันตรภาคชั้น พบว่ามีแนวโน้มการแจกแจงเป็นแบบปกติ จึงใช้วิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ (KOLMOGOROV-SMIRNOV) เพื่อทดสอบการแจกแจงของข้อมูลว่าเป็นแบบปกติหรือไม่

4.1.1 จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการ

แบ่งจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการออกเป็น 2 ส่วนคือ

- ในส่วนของวันทำงานจะได้ข้อมูลในแต่ละชั่วโมง 124 ค่า (N = 124) ทดสอบการแจกแจงแบบปกติด้วยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นำค่า D จากการคำนวณเปรียบเทียบกับค่าขอบเขตวิกฤตคือ $1.36/(124)^{1/2} = 0.1221$

- ในส่วนของวันหยุดจะได้จำนวนข้อมูลในแต่ละชั่วโมง 60 ค่า (N = 60) ทดสอบการแจกแจงแบบปกติด้วยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นำค่า D จากการคำนวณเปรียบเทียบกับค่าขอบเขตวิกฤตคือ $1.36/(60)^{1/2} = 0.1756$

ได้ผลการทดสอบการแจกแจงความน่าจะเป็นดังตารางที่ 4-1 ถึง ตารางที่ 4-30 และกราฟแจกแจงความน่าจะเป็นดังรูปที่ 4-1 ถึง รูปที่ 4-30

4.1.1.1 ช่วงวันทำงาน

- ช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น.

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 8.00 น.ถึง 9.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4444.540 คน และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 398.6439 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 8.00 น.ถึง 9.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4444.540 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 398.6439 คน

ตารางที่ 4-1 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

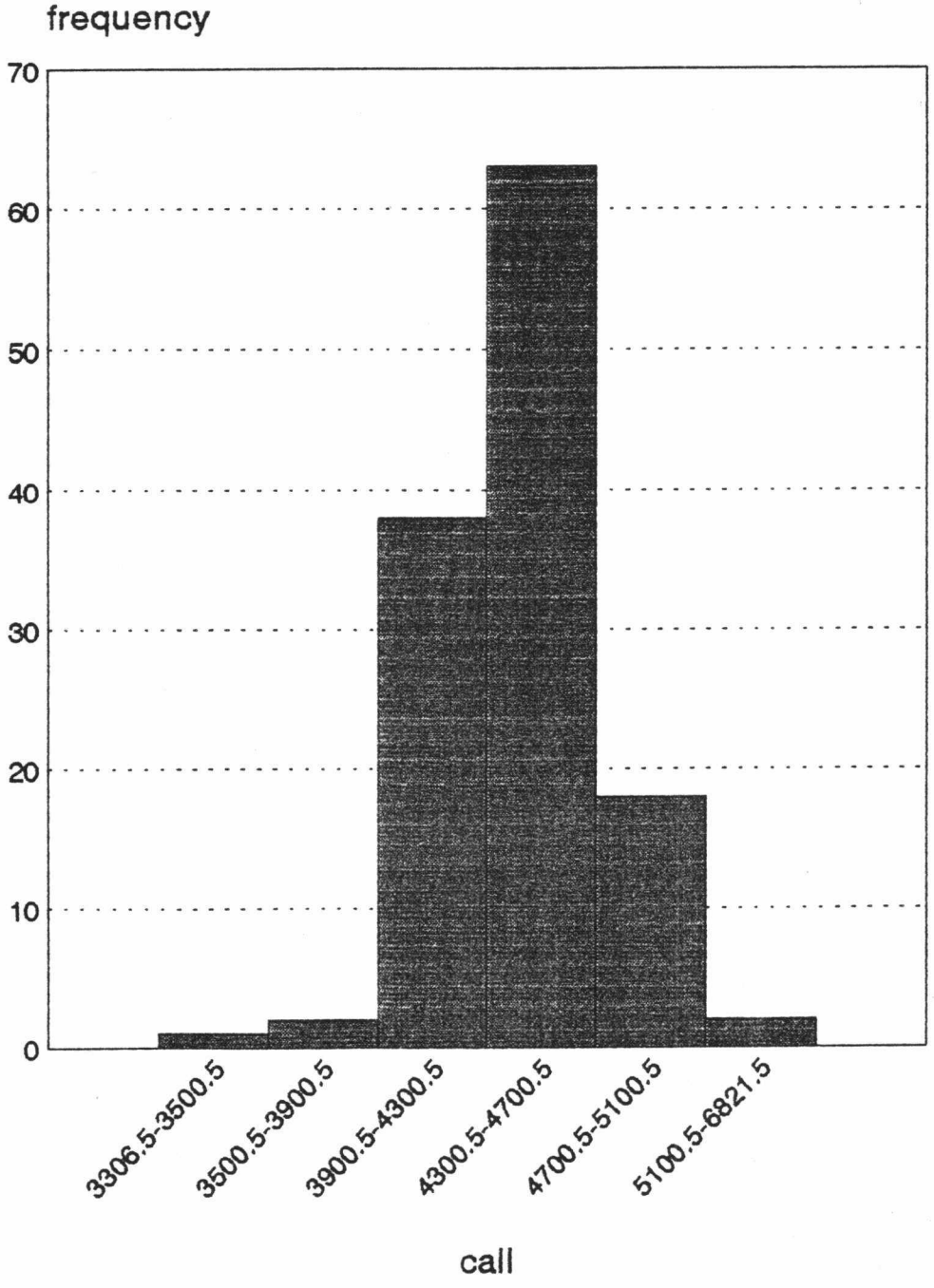
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ช.ม. | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | $\lvert F(x)-S(x) \rvert$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 3306.5 - 3500.5 | 1 | 0.0080 | 0.0080 | 0.0089 | 0.0009 |
| 3500.5 - 3900.5 | 2 | 0.0161 | 0.0241 | 0.0869 | 0.0628 |
| 3900.5 - 4300.5 | 38 | 0.3064 | 0.3306 | 0.3594 | 0.0288 |
| 4300.5 - 4700.5 | 63 | 0.5080 | 0.8387 | 0.7389 | 0.0998 |
| 4700.5 - 5100.5 | 18 | 0.1451 | 0.9838 | 0.9505 | 0.0333 |
| 5100.5 - 6821.5 | 2 | 0.0161 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0998 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4444.540 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 398.6439 คน

รูปที่ 4-1 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น.



**- ช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 9.00 น.ถึง 10.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 6874.5081 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 498.5758 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 9.00 น.ถึง 10.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 6874.5081 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 498.5758 คน

ตารางที่ 4-2 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

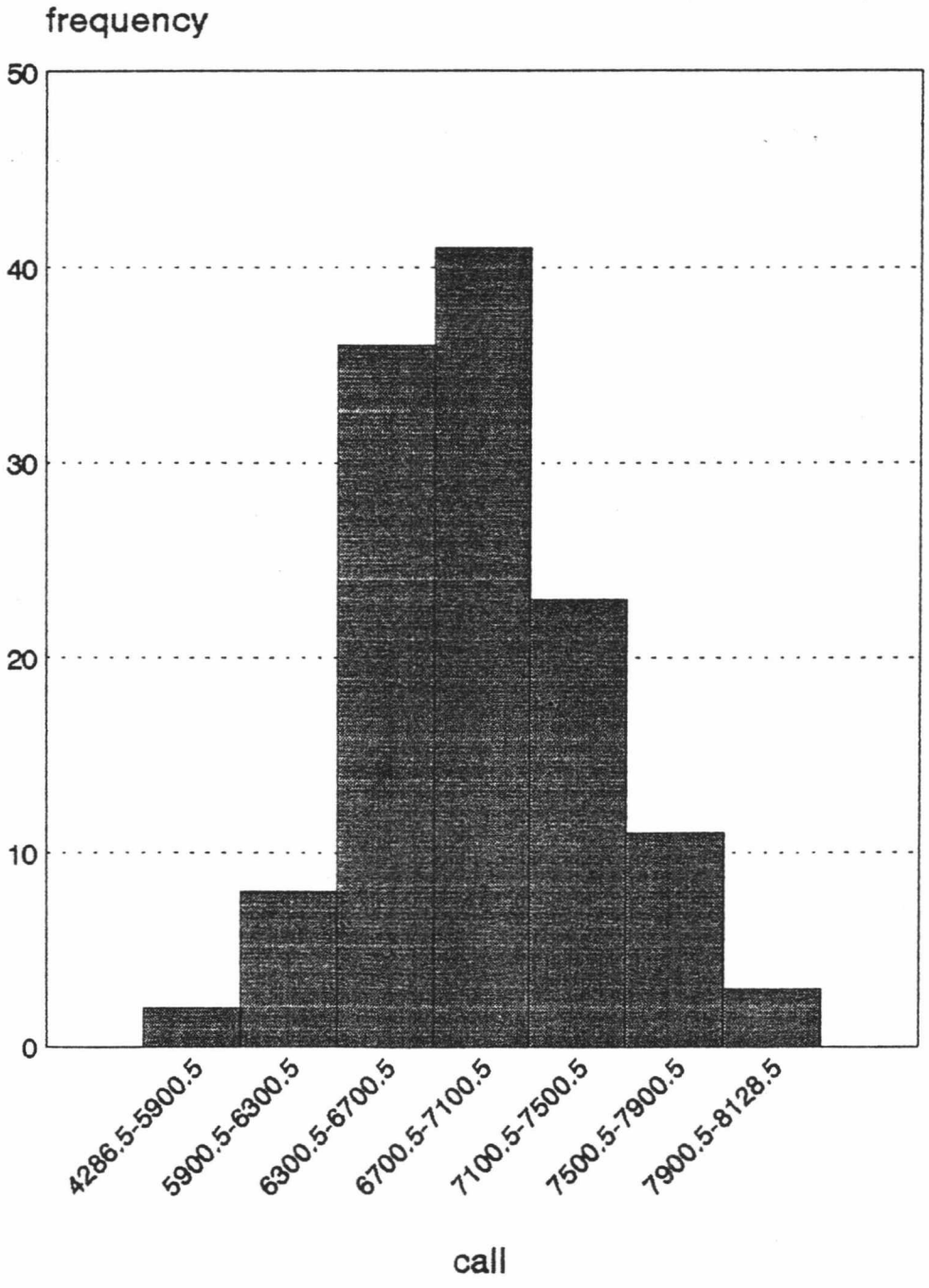
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ช.ม. | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 4286.5 - 5900.5 | 2 | 0.0161 | 0.0161 | 0.0256 | 0.0095 |
| 5900.5 - 6300.5 | 8 | 0.0645 | 0.0806 | 0.1251 | 0.0445 |
| 6300.5 - 6700.5 | 36 | 0.2903 | 0.3710 | 0.3632 | 0.0078 |
| 6700.5 - 7100.5 | 41 | 0.3306 | 0.7016 | 0.6736 | 0.0280 |
| 7100.5 - 7500.5 | 23 | 0.1855 | 0.8871 | 0.8962 | 0.0091 |
| 7500.5 - 7900.5 | 11 | 0.0887 | 0.9758 | 0.9803 | 0.0045 |
| 7900.5 - 8128.5 | 3 | 0.0242 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0445 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 6874.5081 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 498.5758 คน

รูปที่ 4-2 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น.



**- ช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 10.00 น.ถึง 11.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 7562.3387 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 659.4895 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 10.00 น.ถึง 11.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 7562.3387 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 659.4895 คน

ตารางที่ 4-3 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

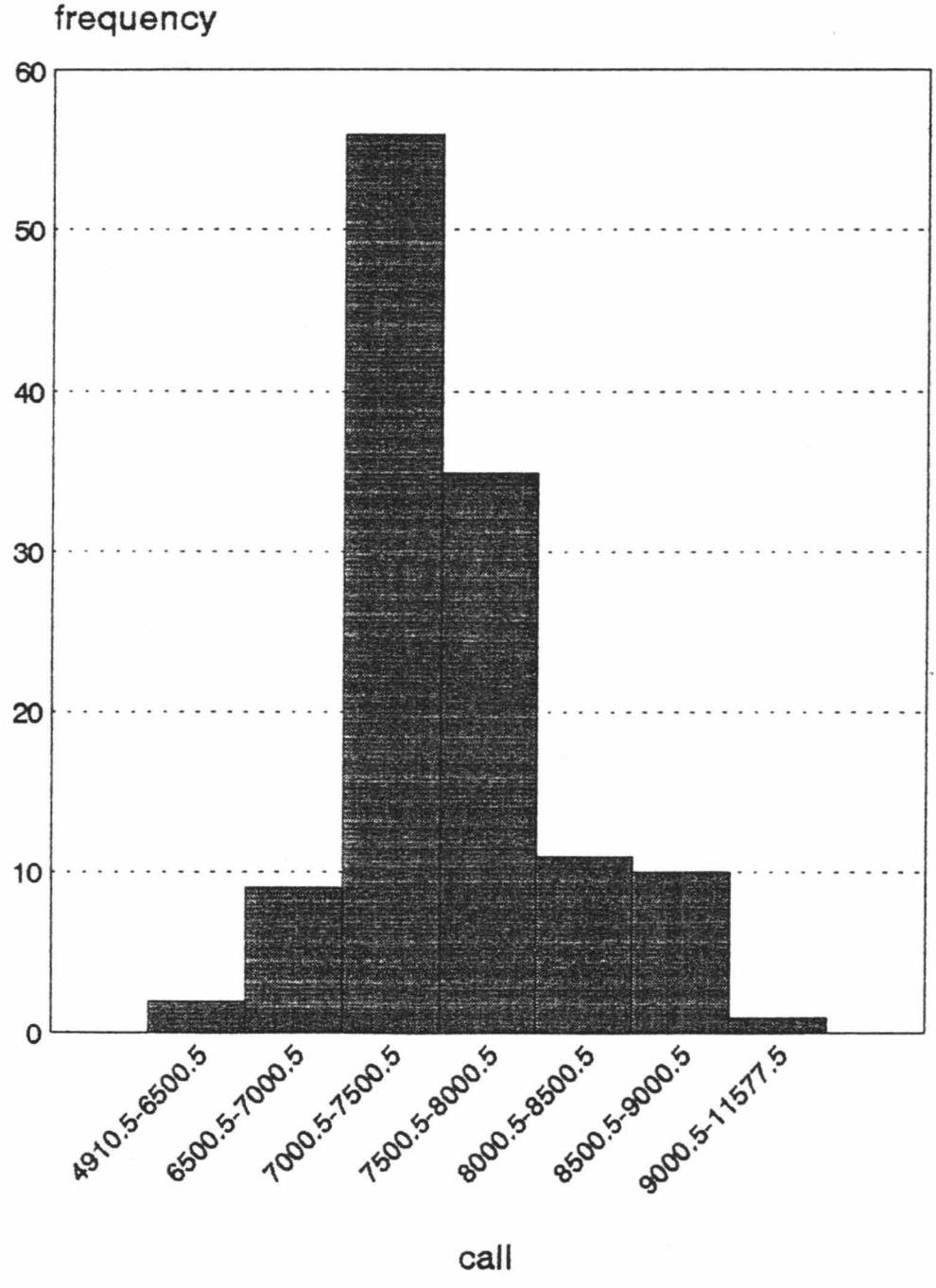
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ช.ม. | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)-S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 4910.5 - 6500.5 | 2 | 0.0161 | 0.0161 | 0.0537 | 0.0376 |
| 6500.5 - 7000.5 | 9 | 0.0726 | 0.0887 | 0.1977 | 0.1090 |
| 7000.5 - 7500.5 | 56 | 0.4516 | 0.5403 | 0.4641 | 0.0762 |
| 7500.5 - 8000.5 | 35 | 0.2823 | 0.8226 | 0.7454 | 0.0772 |
| 8000.5 - 8500.5 | 11 | 0.0887 | 0.9113 | 0.9222 | 0.0109 |
| 8500.5 - 9000.5 | 10 | 0.0806 | 0.9919 | 0.9854 | 0.0065 |
| 9000.5 - 11577.5 | 1 | 0.0081 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1090 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น.ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 7562.3387 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 659.4895 คน

รูปที่ 4-3 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น.



**- ช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 11.00 น.ถึง 12.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 7524.935 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 586.9773 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 11.00 น.ถึง 12.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 7524.935 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 586.9773 คน

ตารางที่ 4-4 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

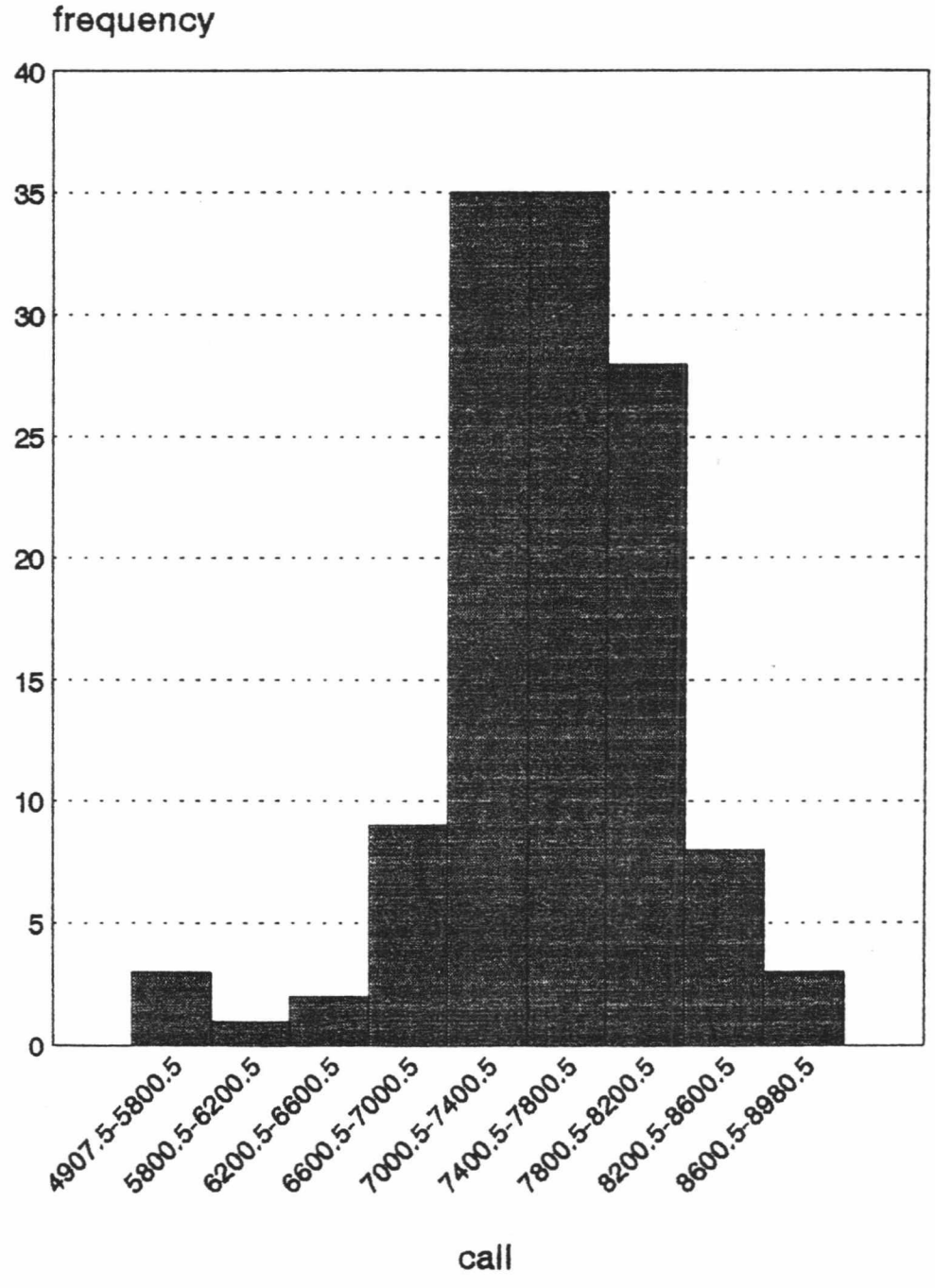
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ช.ม. | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 4907.5 - 5800.5 | 3 | 0.0242 | 0.0242 | 0.0016 | 0.0226 |
| 5800.5 - 6200.5 | 1 | 0.0081 | 0.0081 | 0.0119 | 0.0038 |
| 6200.5 - 6600.5 | 2 | 0.0161 | 0.0484 | 0.0582 | 0.0098 |
| 6600.5 - 7000.5 | 9 | 0.0726 | 0.1210 | 0.1867 | 0.0657 |
| 7000.5 - 7400.5 | 35 | 0.2823 | 0.4032 | 0.4168 | 0.0136 |
| 7400.5 - 7800.5 | 35 | 0.2823 | 0.6855 | 0.6808 | 0.0047 |
| 7800.5 - 8200.5 | 28 | 0.2258 | 0.9113 | 0.8749 | 0.0364 |
| 8200.5 - 8600.5 | 8 | 0.0645 | 0.9758 | 0.9664 | 0.0094 |
| 8600.5 - 8980.5 | 3 | 0.0242 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0657 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น.ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 7524.935 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 586.9773 คน

รูปที่ 4-4 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น.



**- ช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 12.00 น.ถึง 13.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 6525.8065 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 612.9061 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 12.00 น.ถึง 13.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 6525.8065 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 612.9061 คน

ตารางที่ 4-5 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

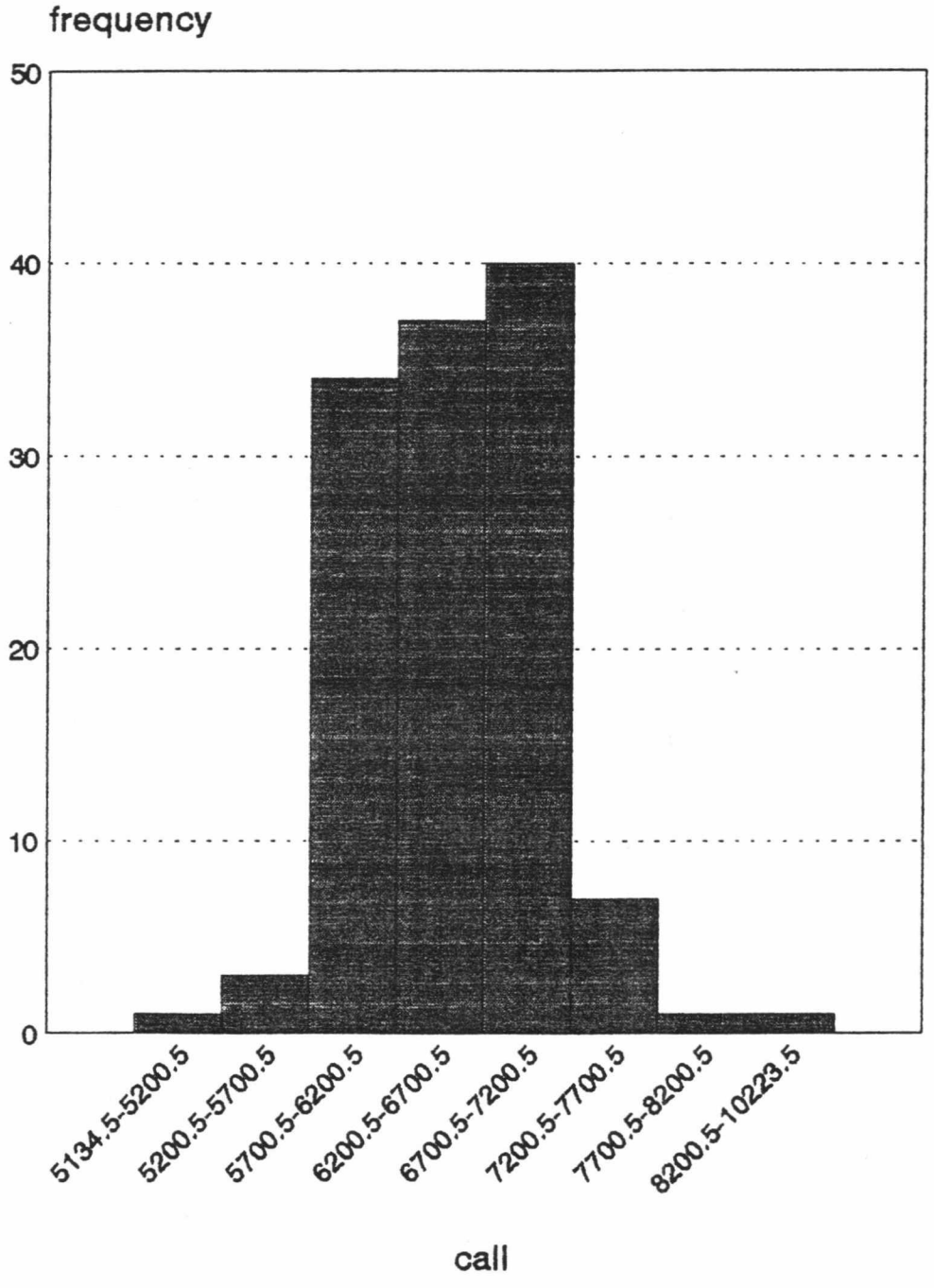
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ช.ม. | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 5134.5 - 5200.5 | 1 | 0.0081 | 0.0081 | 0.0154 | 0.0073 |
| 5200.5 - 5700.5 | 3 | 0.0242 | 0.0323 | 0.0855 | 0.0532 |
| 5700.5 - 6200.5 | 34 | 0.2742 | 0.3065 | 0.2981 | 0.0084 |
| 6200.5 - 6700.5 | 37 | 0.2984 | 0.6048 | 0.6141 | 0.0093 |
| 6700.5 - 7200.5 | 40 | 0.3226 | 0.9274 | 0.8643 | 0.0631 |
| 7200.5 - 7700.5 | 7 | 0.0565 | 0.9839 | 0.9726 | 0.0113 |
| 7700.5 - 8200.5 | 1 | 0.0081 | 0.9919 | 0.9968 | 0.0049 |
| 8200.5 - 10223.5 | 1 | 0.0081 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0631 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น.ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 6525.8065 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 612.9061 คน

รูปที่ 4-5 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น.



**- ช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 13.00 น.ถึง 14.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 7543.1694 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 587.1138 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 13.00 น.ถึง 14.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 7543.1694 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 587.1138 คน

ตารางที่ 4-6 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

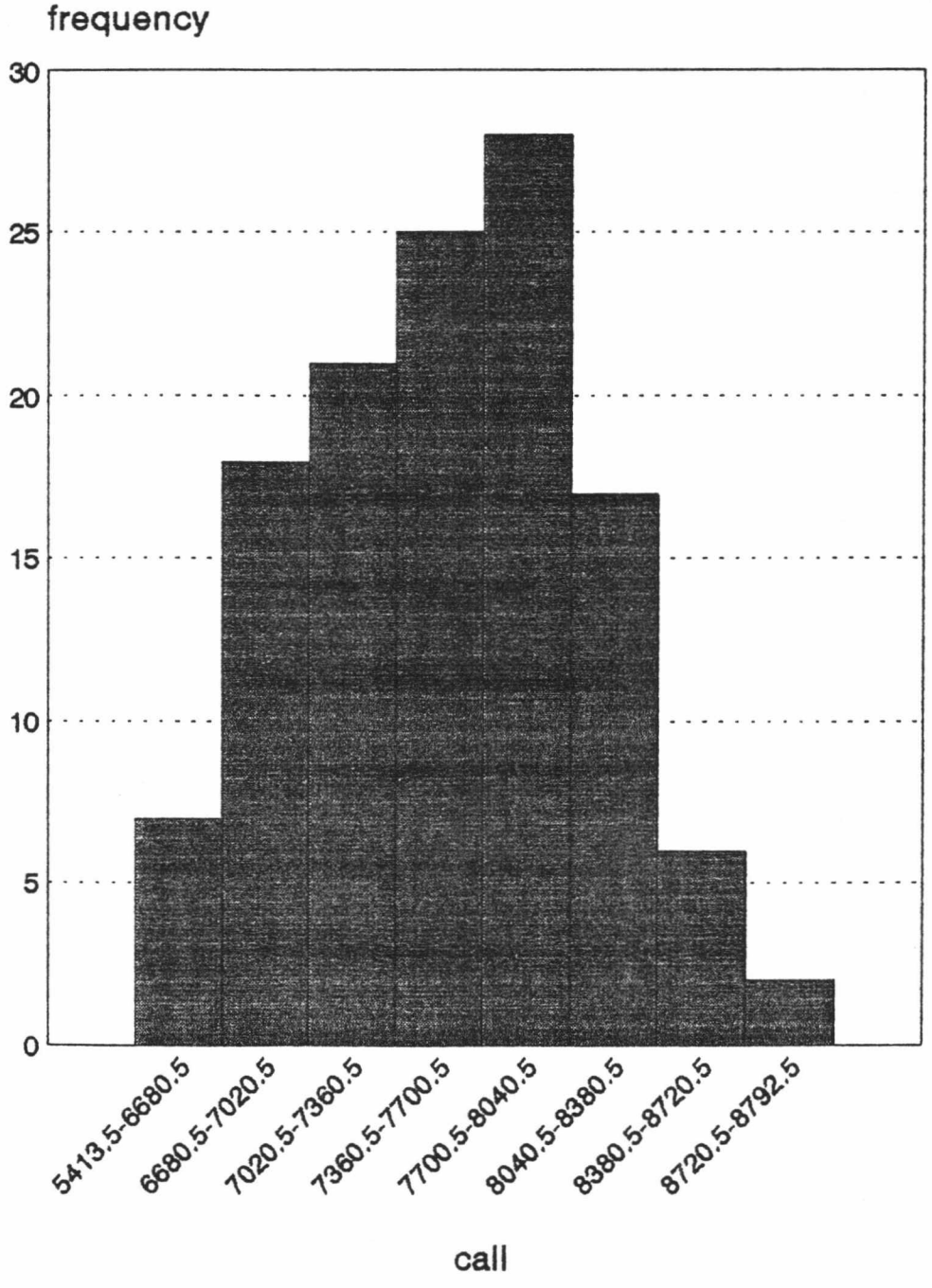
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ช.ม. | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 5413.5 - 6680.5 | 7 | 0.0565 | 0.0565 | 0.0708 | 0.0143 |
| 6680.5 - 7020.5 | 18 | 0.1452 | 0.2016 | 0.1867 | 0.0149 |
| 7020.5 - 7360.5 | 21 | 0.1694 | 0.3710 | 0.3783 | 0.0073 |
| 7360.5 - 7700.5 | 25 | 0.2016 | 0.5726 | 0.6064 | 0.0338 |
| 7700.5 - 8040.5 | 28 | 0.2258 | 0.7984 | 0.8023 | 0.0039 |
| 8040.5 - 8380.5 | 17 | 0.1371 | 0.9355 | 0.9236 | 0.0119 |
| 8380.5 - 8720.5 | 6 | 0.0483 | 0.9839 | 0.9778 | 0.0061 |
| 8720.5 - 8792.5 | 2 | 0.0161 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0338 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น.ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 7543.1694 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 587.1138 คน

รูปที่ 4-6 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น.



**- ช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 14.00 น.ถึง 15.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 7762.895 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 654.9742 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 14.00 น.ถึง 15.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 7762.895 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 654.9742 คน

ตารางที่ 4-7 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

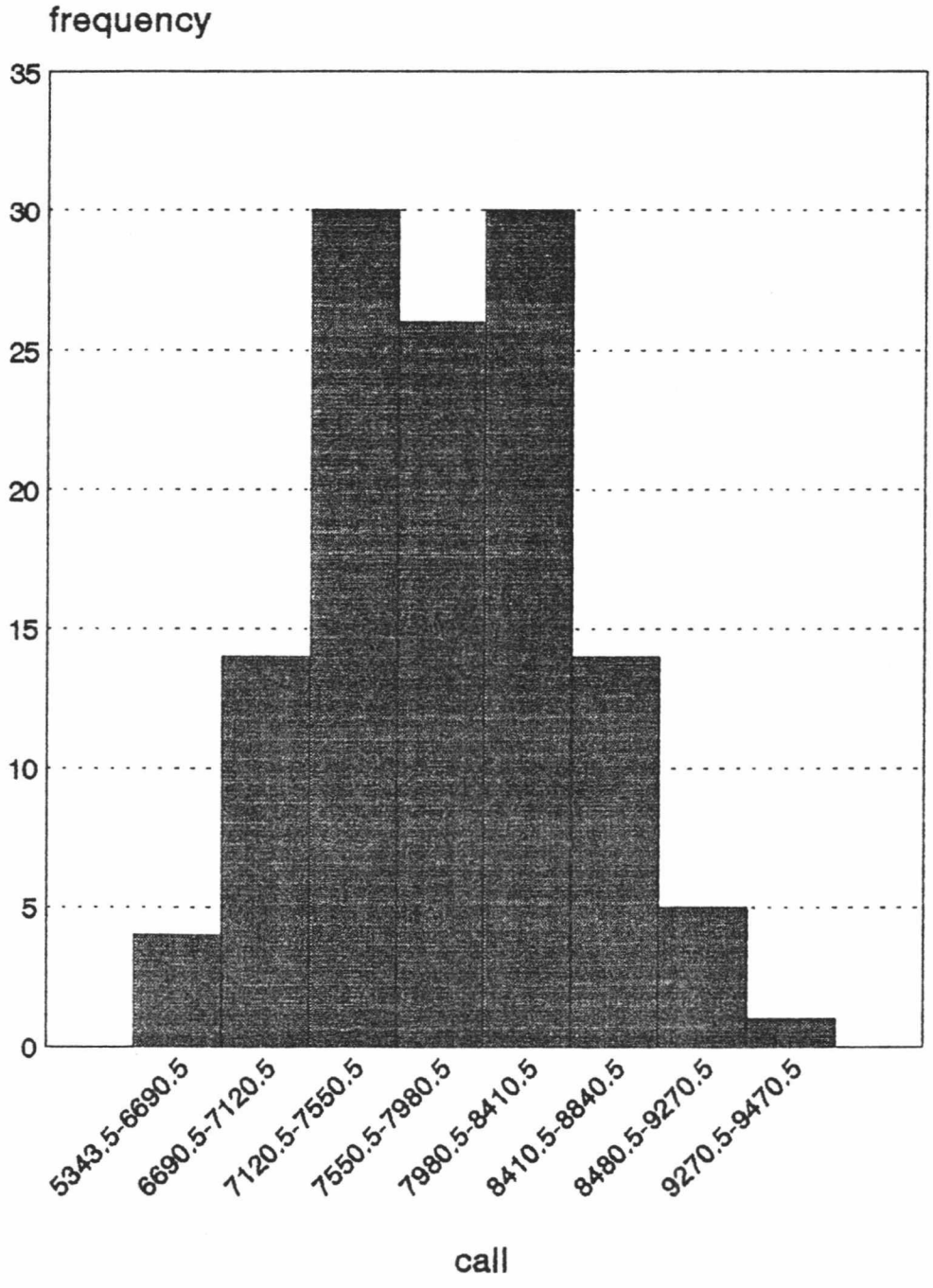
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ช.ม. | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 5343.5 - 6690.5 | 4 | 0.0323 | 0.0323 | 0.0505 | 0.0182 |
| 6690.5 - 7120.5 | 14 | 0.1129 | 0.1452 | 0.1635 | 0.0183 |
| 7120.5 - 7550.5 | 30 | 0.2419 | 0.3871 | 0.3745 | 0.0126 |
| 7550.5 - 7980.5 | 26 | 0.2097 | 0.5968 | 0.6293 | 0.0325 |
| 7980.5 - 8410.5 | 30 | 0.2419 | 0.8387 | 0.8389 | 0.0002 |
| 8410.5 - 8840.5 | 14 | 0.1129 | 0.9516 | 0.9505 | 0.0011 |
| 8840.5 - 9270.5 | 5 | 0.0403 | 0.9919 | 0.9893 | 0.0026 |
| 9270.5 - 9470.5 | 1 | 0.0081 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0325 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น.ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 7762.895 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 654.9742 คน

รูปที่ 4-7 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น.



**- ช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 15.00 น.ถึง 16.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 7660 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 596.1689 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 15.00 น.ถึง 16.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 7660 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 596.1689 คน

ตารางที่ 4-8 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

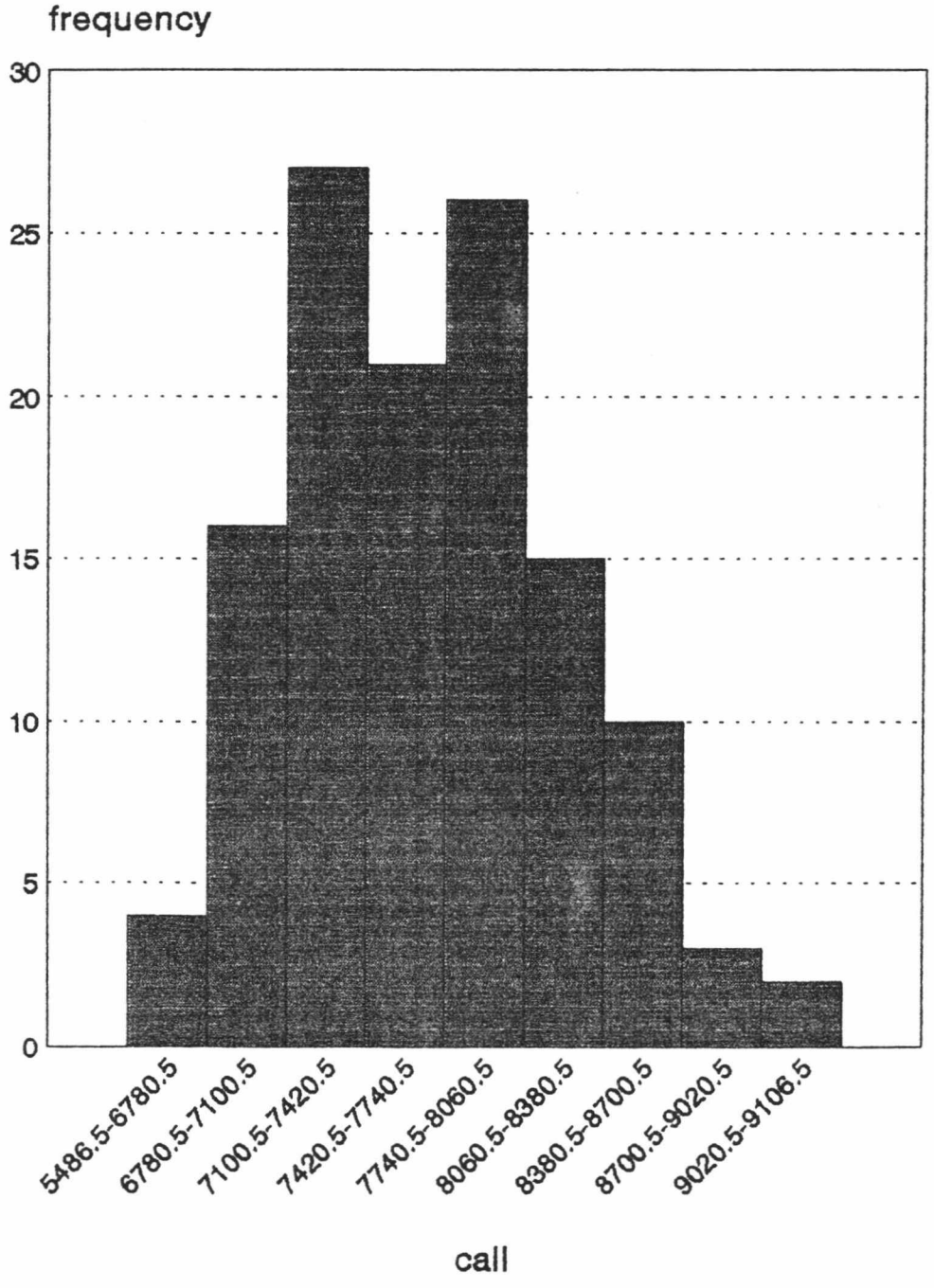
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ชั่วโมง | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 5486.5 - 6780.5 | 4 | 0.0323 | 0.0323 | 0.0694 | 0.0371 |
| 6780.5 - 7100.5 | 16 | 0.1290 | 0.1613 | 0.1736 | 0.0123 |
| 7100.5 - 7420.5 | 27 | 0.2177 | 0.3790 | 0.3446 | 0.0344 |
| 7420.5 - 7740.5 | 21 | 0.1694 | 0.5484 | 0.5557 | 0.0073 |
| 7740.5 - 8060.5 | 26 | 0.2097 | 0.7581 | 0.7486 | 0.0095 |
| 8060.5 - 8380.5 | 15 | 0.1210 | 0.8790 | 0.8869 | 0.0079 |
| 8380.5 - 8700.5 | 10 | 0.0806 | 0.9597 | 0.9599 | 0.0002 |
| 8380.5 - 9020.5 | 3 | 0.0242 | 0.9839 | 0.9887 | 0.0048 |
| 9020.5 - 9106.5 | 2 | 0.0161 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0344 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น.ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 7760 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 596.1689 คน

รูปที่ 4-8 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น.



**- ช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 16.00 น.ถึง 17.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 7768.8468 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 705.3577 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 16.00 น.ถึง 17.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 7768.8468 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 705.3577 คน

ตารางที่ 4-9 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

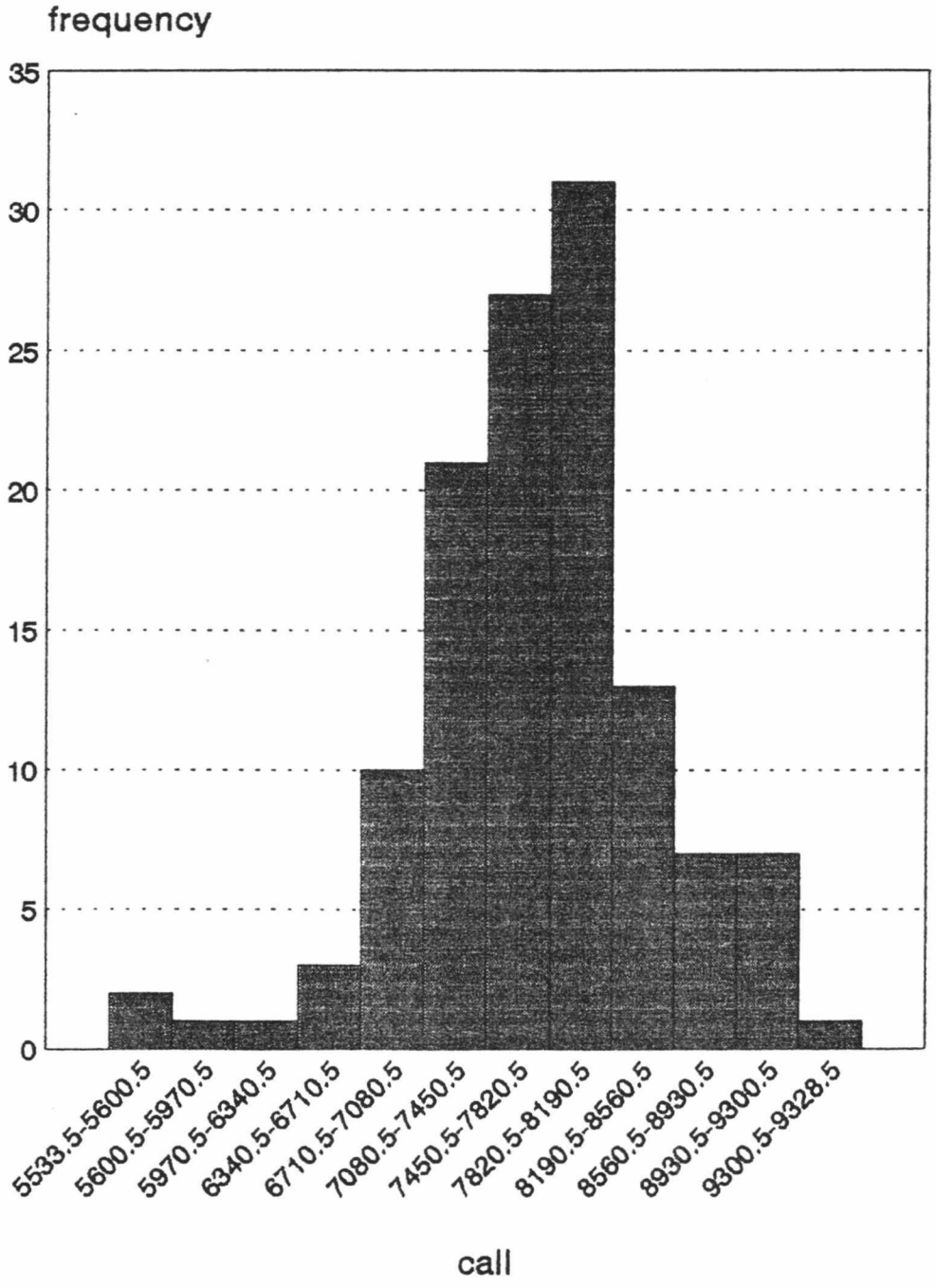
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ชั่วโมง | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | $\lvert F(x)-S(x) \rvert$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 5533.5 - 5600.5 | 2 | 0.0161 | 0.0161 | 0.0011 | 0.0150 |
| 5600.5 - 5970.5 | 1 | 0.0081 | 0.0242 | 0.0054 | 0.0188 |
| 5970.5 - 6340.5 | 1 | 0.0081 | 0.0322 | 0.0217 | 0.0105 |
| 6340.5 - 6710.5 | 3 | 0.0242 | 0.0565 | 0.0668 | 0.0123 |
| 6710.5 - 7080.5 | 10 | 0.0806 | 0.1371 | 0.1685 | 0.0314 |
| 7080.5 - 7450.5 | 21 | 0.1693 | 0.3065 | 0.3264 | 0.0199 |
| 7450.5 - 7820.5 | 27 | 0.2177 | 0.5242 | 0.5279 | 0.0037 |
| 7820.5 - 8190.5 | 31 | 0.2500 | 0.7742 | 0.7257 | 0.0485 |
| 8190.5 - 8560.5 | 13 | 0.1048 | 0.8790 | 0.8686 | 0.0104 |
| 8560.5 - 8930.5 | 7 | 0.0565 | 0.9355 | 0.9505 | 0.0150 |
| 8930.5 - 9300.5 | 7 | 0.0565 | 0.9919 | 0.9850 | 0.0069 |
| 9300.5 - 9328.5 | 1 | 0.0081 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0485 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น.ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 7768.8468 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 705.3577 คน

รูปที่ 4-9 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น.



**- ช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 17.00 น.ถึง 18.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 7025.370 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 635.6594 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 17.00 น.ถึง 18.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 7025.370 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 635.6594 คน

ตารางที่ 4-10 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

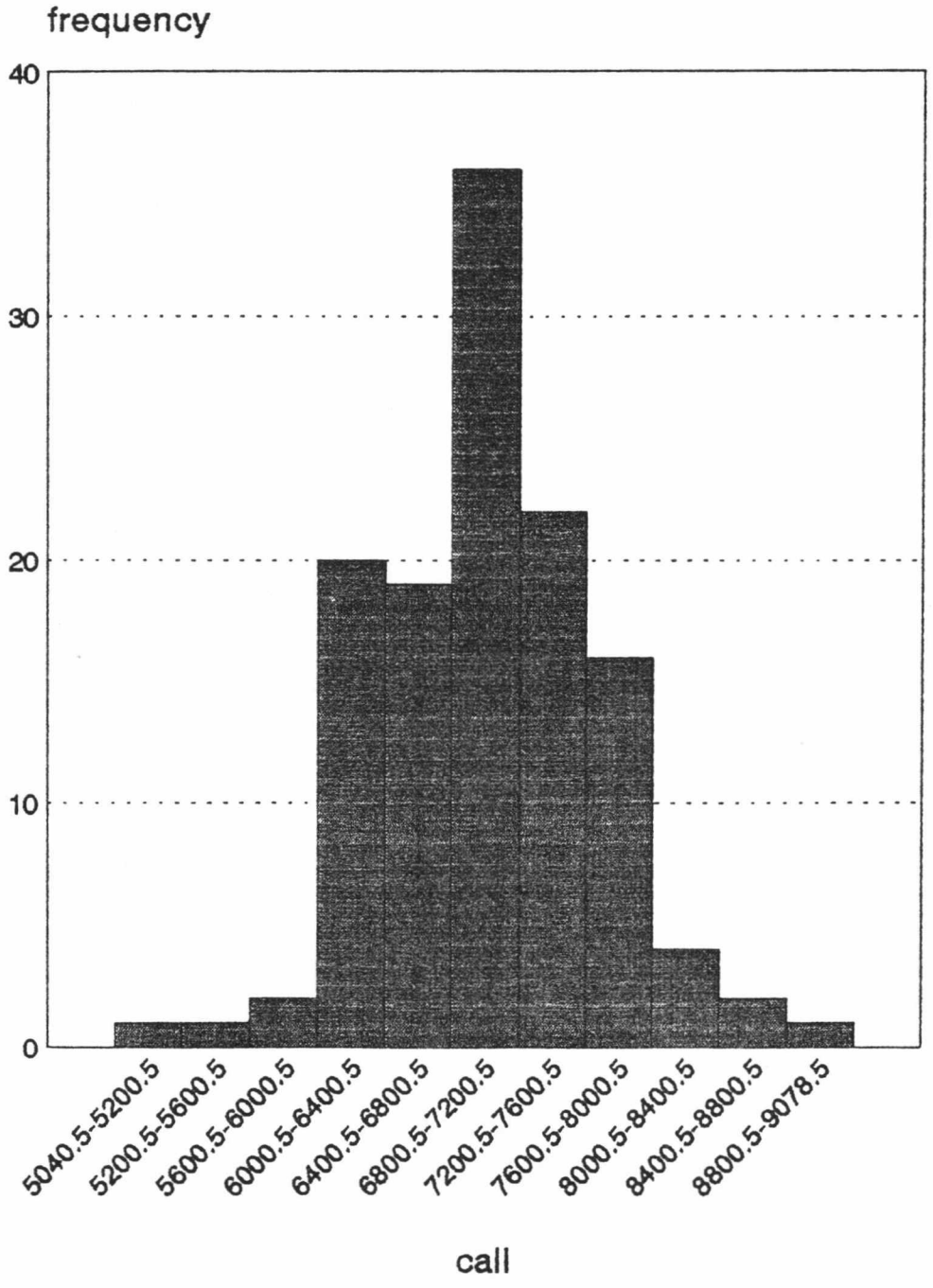
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ชั่วโมง | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)-S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 5040.5 - 5200.5 | 1 | 0.0081 | 0.0081 | 0.0021 | 0.0060 |
| 5200.5 - 5600.5 | 1 | 0.0081 | 0.0161 | 0.0125 | 0.0036 |
| 5600.5 - 6000.5 | 2 | 0.0161 | 0.0323 | 0.0537 | 0.0214 |
| 6000.5 - 6400.5 | 20 | 0.1613 | 0.1935 | 0.1685 | 0.0250 |
| 6400.5 - 6800.5 | 19 | 0.1532 | 0.3468 | 0.3635 | 0.0167 |
| 6800.5 - 7200.5 | 36 | 0.2903 | 0.6371 | 0.6103 | 0.0267 |
| 7200.5 - 7600.5 | 22 | 0.1774 | 0.8145 | 0.8159 | 0.0014 |
| 7600.5 - 8000.5 | 16 | 0.1290 | 0.9435 | 0.9370 | 0.0065 |
| 8000.5 - 8400.5 | 4 | 0.0322 | 0.9758 | 0.9846 | 0.0088 |
| 8400.5 - 8800.5 | 2 | 0.0161 | 0.9919 | 0.9974 | 0.0055 |
| 8800.5 - 9078.5 | 1 | 0.0081 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0268 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น.ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 7025.370 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 635.6594 คน

รูปที่ 4-10 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น.



**- ช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 18.00 น.ถึง 19.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 6245.5484 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 602.3501 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 18.00 น.ถึง 19.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 6245.5484 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 602.3501 คน

ตารางที่ 4-11 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

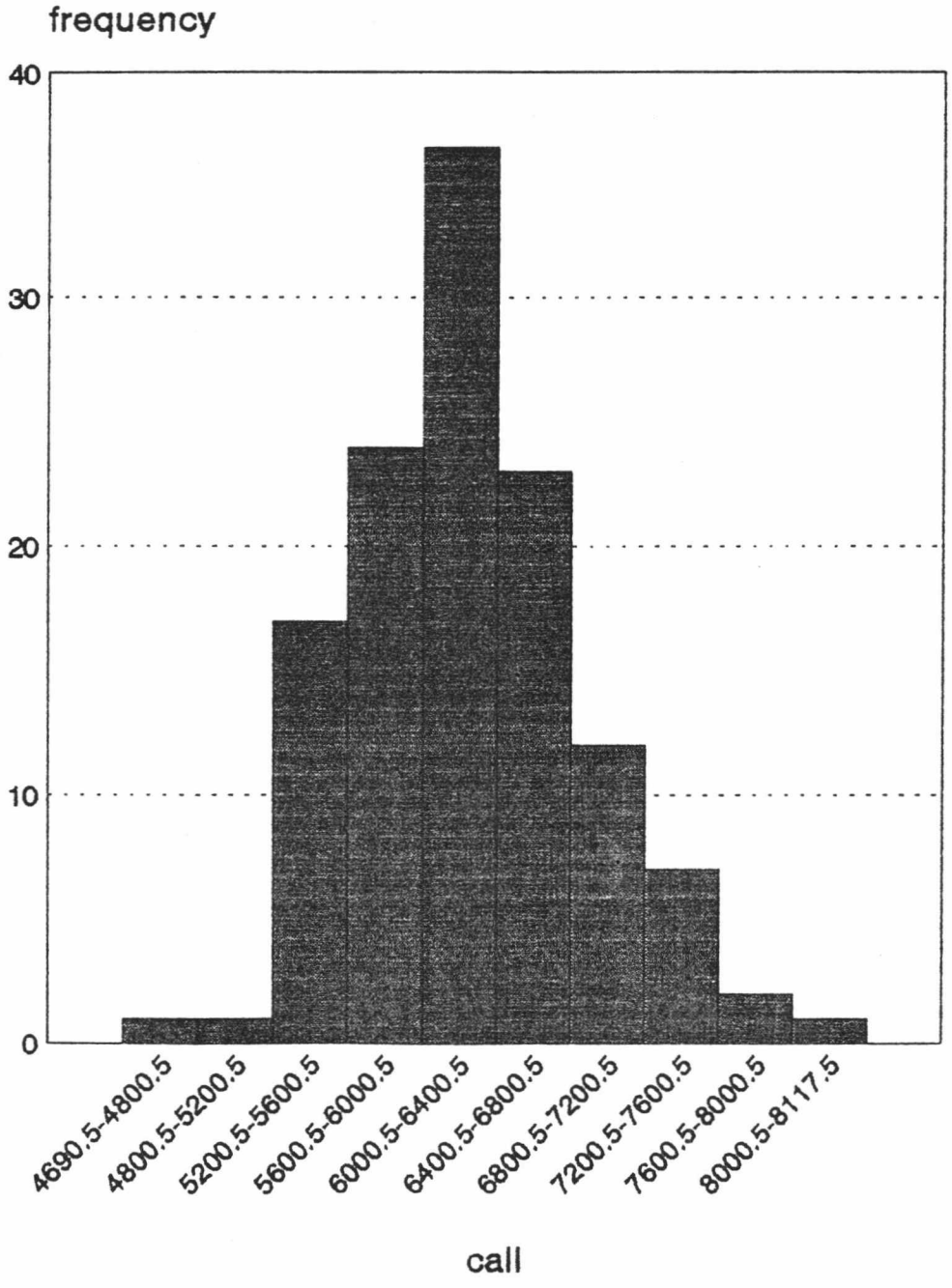
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ชั่วโมง | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 4690.5 - 4800.5 | 1 | 0.0081 | 0.0081 | 0.0082 | 0.0001 |
| 4800.5 - 5200.5 | 1 | 0.0081 | 0.0161 | 0.0418 | 0.0257 |
| 5200.5 - 5600.5 | 17 | 0.1371 | 0.1532 | 0.1423 | 0.0109 |
| 5600.5 - 6000.5 | 24 | 0.1935 | 0.3468 | 0.3409 | 0.0059 |
| 6000.5 - 6400.5 | 36 | 0.2903 | 0.6371 | 0.6025 | 0.0345 |
| 6400.5 - 6800.5 | 23 | 0.1855 | 0.8226 | 0.8212 | 0.0014 |
| 6800.5 - 7200.5 | 12 | 0.0968 | 0.9194 | 0.9441 | 0.0247 |
| 7200.5 - 7600.5 | 7 | 0.0565 | 0.9758 | 0.9878 | 0.0120 |
| 7600.5 - 8000.5 | 2 | 0.0161 | 0.9919 | 0.9982 | 0.0063 |
| 8000.5 - 8117.5 | 1 | 0.0081 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0345 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น.ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 6245.5484 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 602.3501 คน

รูปที่ 4-11 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น.



**- ช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 19.00 น.ถึง 20.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 5704.9113 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 474.8583 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 19.00 น.ถึง 20.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 5704.9113 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 474.8583 คน

ตารางที่ 4-12 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

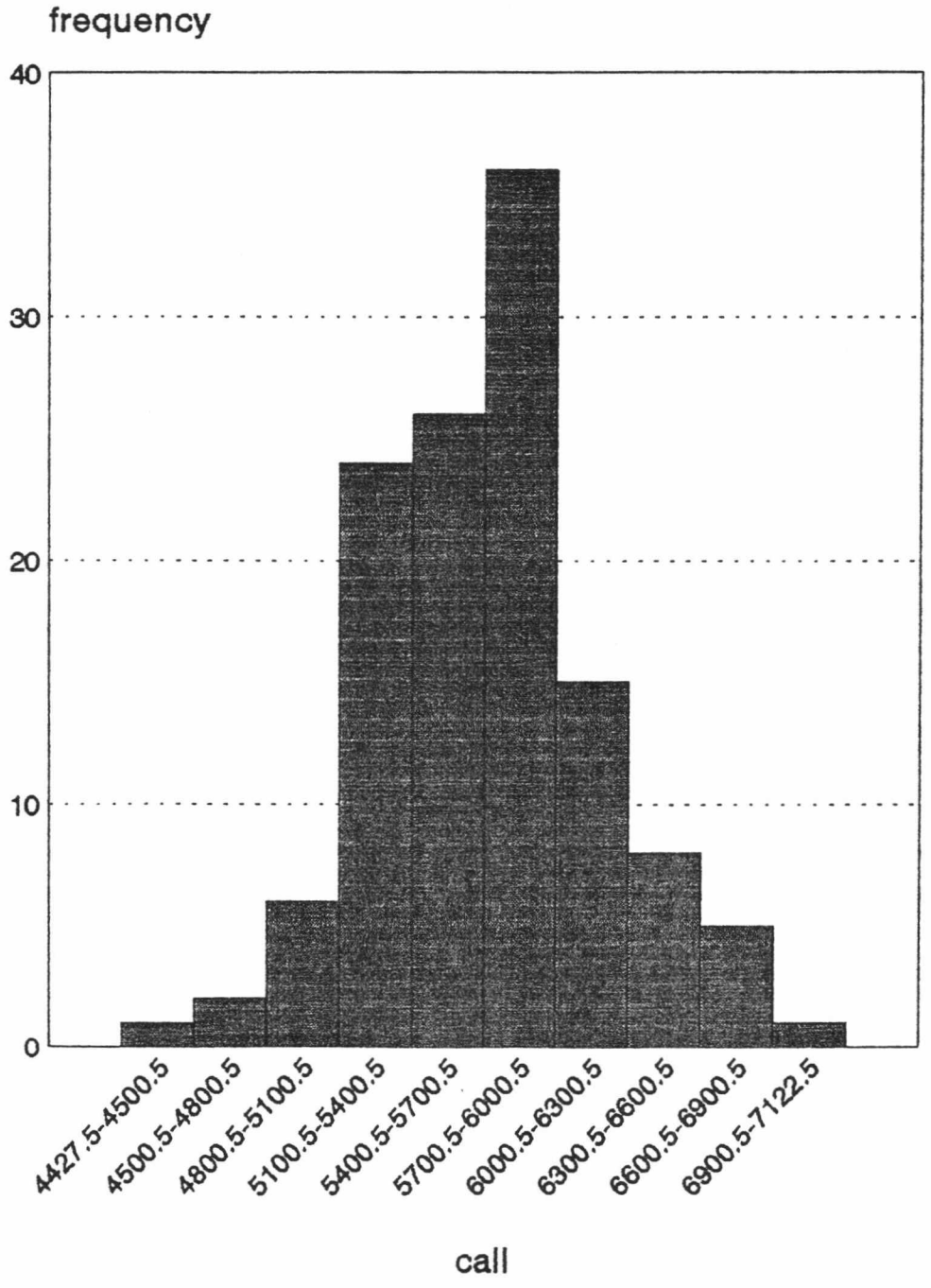
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ชั่วโมง | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 4427.5 - 4500.5 | 1 | 0.0081 | 0.0081 | 0.0055 | 0.0026 |
| 4500.5 - 4800.5 | 2 | 0.0161 | 0.0242 | 0.0287 | 0.0045 |
| 4800.5 - 5100.5 | 6 | 0.0483 | 0.0726 | 0.1020 | 0.0294 |
| 5100.5 - 5400.5 | 24 | 0.1935 | 0.2661 | 0.2611 | 0.0050 |
| 5400.5 - 5700.5 | 26 | 0.2097 | 0.4758 | 0.4602 | 0.0156 |
| 5700.5 - 6000.5 | 36 | 0.2903 | 0.7661 | 0.7324 | 0.0337 |
| 6000.5 - 6300.5 | 15 | 0.1210 | 0.8870 | 0.8944 | 0.0074 |
| 6300.5 - 6600.5 | 8 | 0.0645 | 0.9516 | 0.9706 | 0.0190 |
| 6600.5 - 6900.5 | 5 | 0.0403 | 0.9919 | 0.9941 | 0.0022 |
| 6900.5 - 7122.5 | 1 | 0.0081 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0337 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น.ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 5704.9113 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 474.8583 คน

รูปที่ 4-12 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น.



**- ช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 20.00 น.ถึง 21.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 5041.145 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 477.2495 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 20.00 น.ถึง 21.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 5041.145 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 477.2495 คน

ตารางที่ 4-13 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

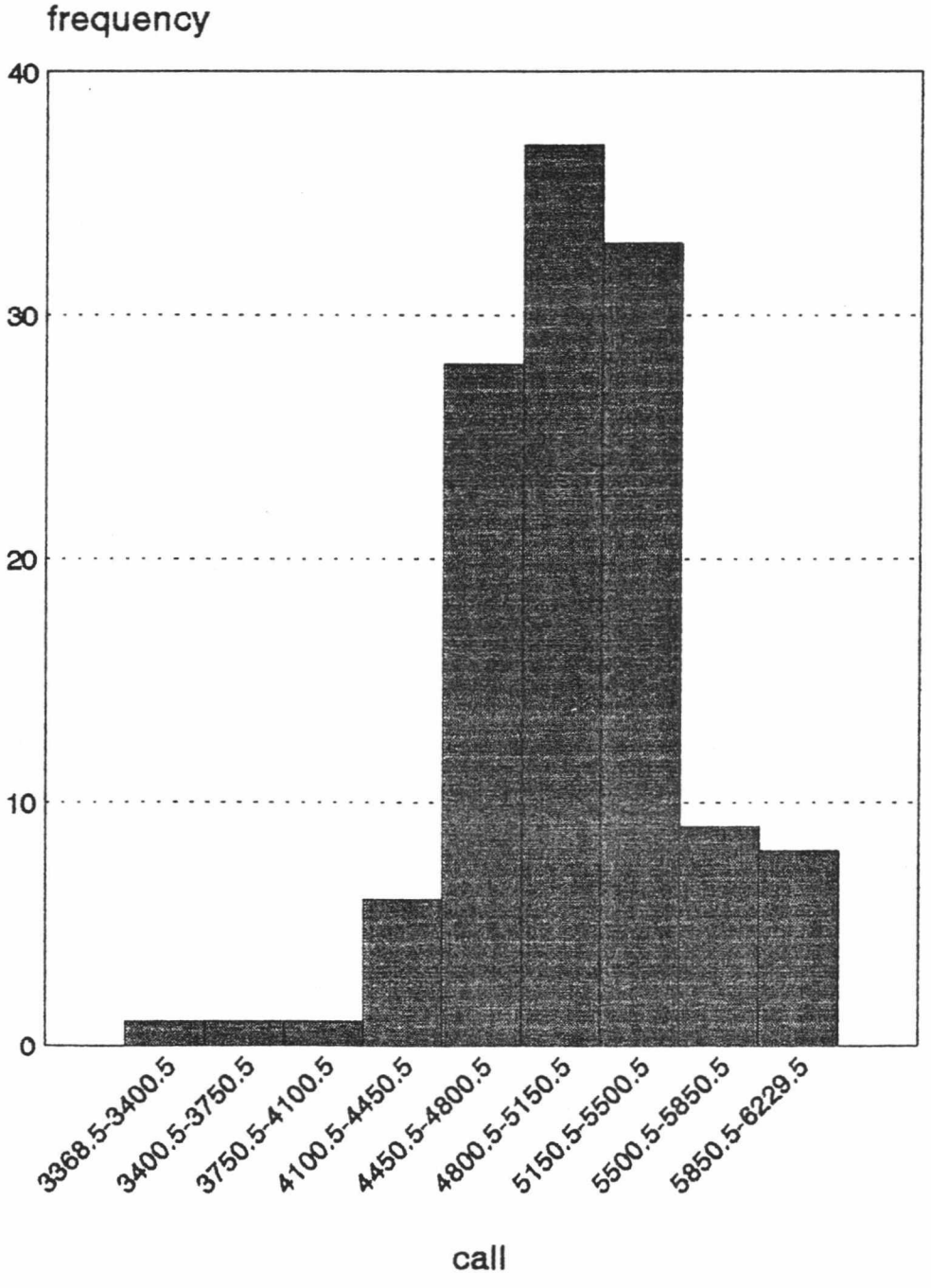
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ชั่วโมง | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)-S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 3368.5 - 3400.5 | 1 | 0.0081 | 0.0081 | 0.0003 | 0.0078 |
| 3400.5 - 3750.5 | 1 | 0.0081 | 0.0161 | 0.0035 | 0.0126 |
| 3750.5 - 4100.5 | 1 | 0.0081 | 0.0242 | 0.0244 | 0.0002 |
| 4100.5 - 4450.5 | 6 | 0.0484 | 0.0726 | 0.1075 | 0.0349 |
| 4450.5 - 4800.5 | 28 | 0.2258 | 0.2984 | 0.3085 | 0.0101 |
| 4800.5 - 5150.5 | 37 | 0.2984 | 0.5968 | 0.5910 | 0.0058 |
| 5150.5 - 5500.5 | 33 | 0.2661 | 0.8629 | 0.8315 | 0.0314 |
| 5500.5 - 5850.5 | 9 | 0.0726 | 0.9355 | 0.9554 | 0.0199 |
| 5850.5 - 6229.5 | 8 | 0.0645 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0349 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น.ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 5041.145 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 477.2495 คน

รูปที่ 4-13 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น.



**- ช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 21.00 น.ถึง 22.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4171.3790 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 424.668 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 21.00 น.ถึง 22.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4171.3790 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 424.668 คน

ตารางที่ 4-14 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

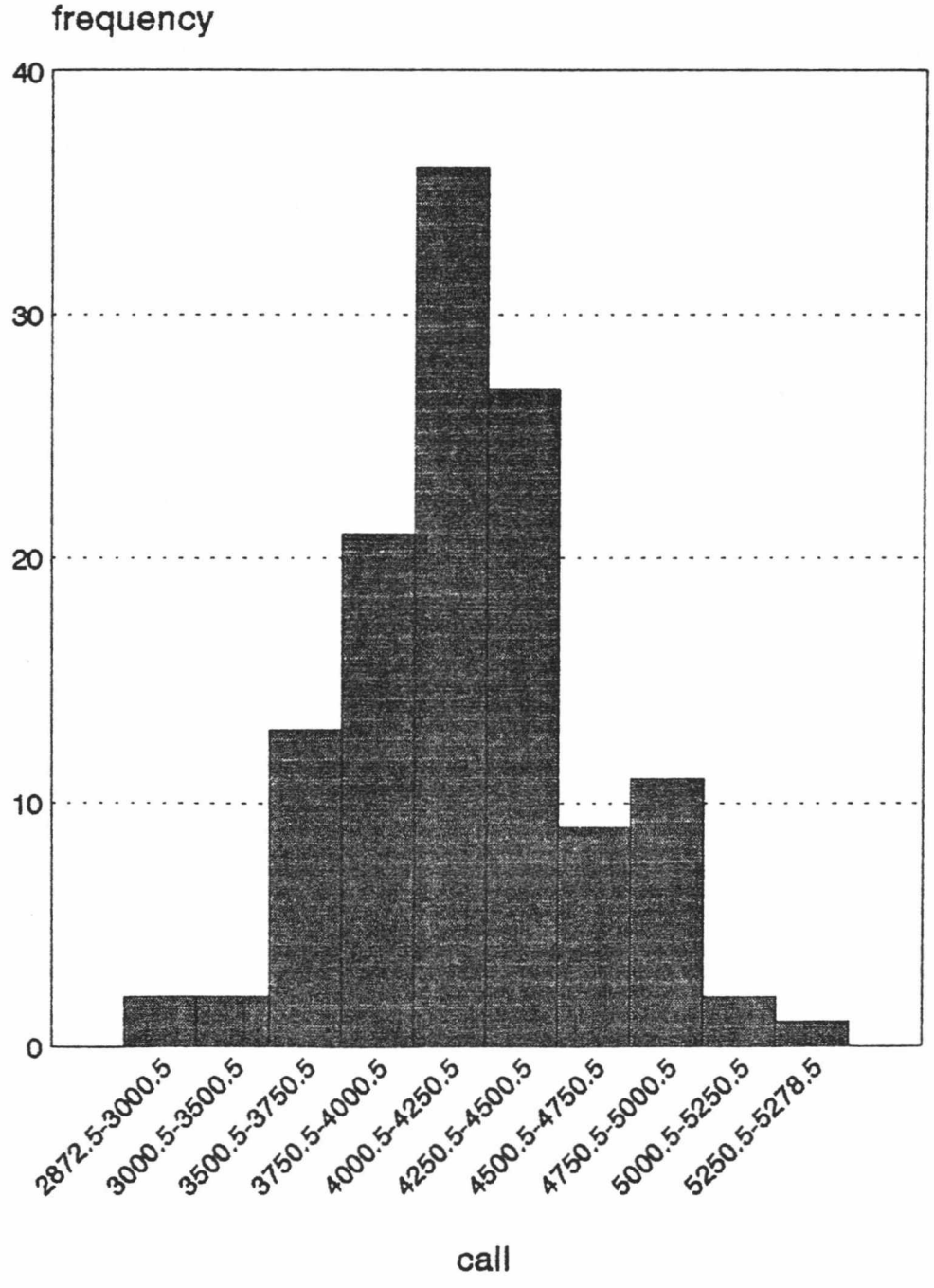
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ชั่วโมง | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 2872.5 - 3000.5 | 2 | 0.0161 | 0.0161 | 0.0029 | 0.0132 |
| 3000.5 - 3500.5 | 2 | 0.0161 | 0.0323 | 0.0571 | 0.0248 |
| 3500.5 - 3750.5 | 13 | 0.1048 | 0.1371 | 0.1661 | 0.0290 |
| 3750.5 - 4000.5 | 21 | 0.1694 | 0.3065 | 0.3446 | 0.0381 |
| 4000.5 - 4250.5 | 36 | 0.2903 | 0.5968 | 0.5759 | 0.0209 |
| 4250.5 - 4500.5 | 27 | 0.2177 | 0.8145 | 0.7823 | 0.0322 |
| 4500.5 - 4750.5 | 9 | 0.0726 | 0.8871 | 0.9131 | 0.0260 |
| 4750.5 - 5000.5 | 11 | 0.0887 | 0.9758 | 0.9744 | 0.0014 |
| 5000.5 - 5250.5 | 2 | 0.0161 | 0.9919 | 0.9945 | 0.0026 |
| 5250.5 - 5278.5 | 1 | 0.0081 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0381 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น.ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4171.3790 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 424.668 คน

รูปที่ 4-14 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น.



**- ช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 23.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 22.00 น.ถึง 23.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 3322.1694 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 450.0217 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 22.00 น.ถึง 23.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 3322.1694 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 450.0217 คน

ตารางที่ 4-15 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

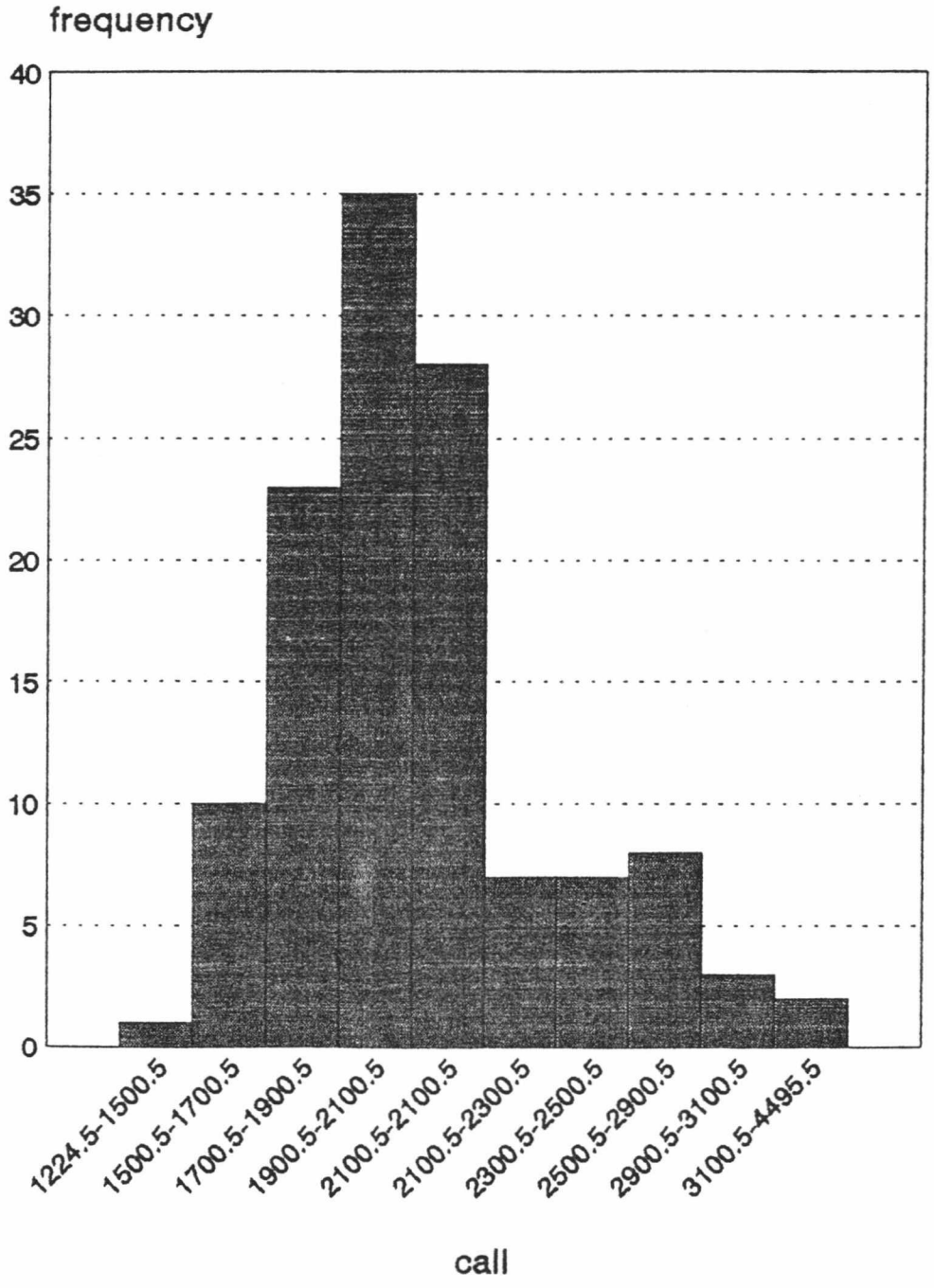
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ชั่วโมง | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)-S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 1224.5 - 1500.5 | 1 | 0.0081 | 0.0081 | 0.0375 | 0.0294 |
| 1500.5 - 1700.5 | 10 | 0.0806 | 0.0887 | 0.1112 | 0.0225 |
| 1700.5 - 1900.5 | 23 | 0.1855 | 0.2742 | 0.2578 | 0.0164 |
| 1900.5 - 2100.5 | 35 | 0.2823 | 0.5565 | 0.4761 | 0.0804 |
| 2100.5 - 2300.5 | 28 | 0.2258 | 0.7823 | 0.6844 | 0.0979 |
| 2300.5 - 2500.5 | 7 | 0.0565 | 0.8387 | 0.8531 | 0.0144 |
| 2500.5 - 2700.5 | 7 | 0.0565 | 0.8952 | 0.9474 | 0.0522 |
| 2700.5 - 2900.5 | 8 | 0.0645 | 0.9597 | 0.9857 | 0.0260 |
| 2900.5 - 3100.5 | 3 | 0.0242 | 0.9839 | 0.9970 | 0.0131 |
| 3100.5 - 4495.5 | 2 | 0.0161 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0979 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 23.00 น.ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 3322.1694 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 450.0217 คน

รูปที่ 4-15 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันทำงานในช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 23.00 น.



**4.1.1.2 ช่วงวันหยุด**

**- ช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 8.00 น.ถึง 9.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 2859.8166 คนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 690.5687 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 8.00 น.ถึง 9.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 2859.8166 คน และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 690.5687 คน

ตารางที่ 4-16 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

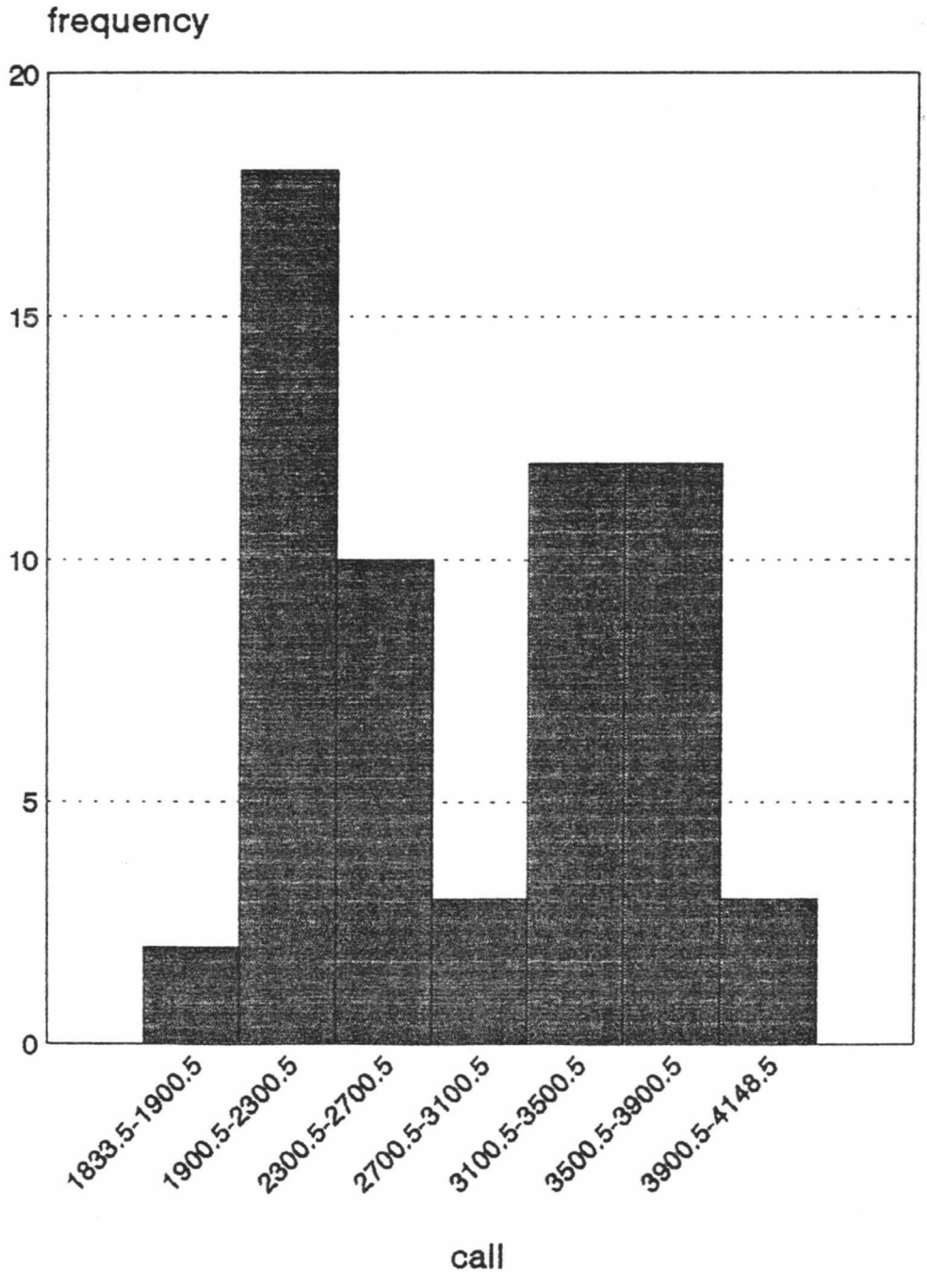
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ช.ม. | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)-S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 1833.5 - 1900.5 | 2 | 0.0333 | 0.0333 | 0.0838 | 0.0505 |
| 1900.5 - 2300.5 | 18 | 0.3000 | 0.3333 | 0.2090 | 0.1243 |
| 2300.5 - 2700.5 | 10 | 0.1666 | 0.5000 | 0.4090 | 0.0910 |
| 2700.5 - 3100.5 | 3 | 0.0500 | 0.5500 | 0.6368 | 0.0868 |
| 3100.5 - 3500.5 | 12 | 0.2000 | 0.7500 | 0.8238 | 0.0738 |
| 3500.5 - 3900.5 | 12 | 0.2000 | 0.9500 | 0.9345 | 0.0155 |
| 3900.5 - 4148.5 | 3 | 0.0500 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1243 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,60}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 2589.8166 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 690.5687 คน

รูปที่ 4-16 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น.



**- ช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 9.00 น.ถึง 10.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4099.5166 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1163.5956 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 9.00 น.ถึง 10.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4099.5166 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1163.5956 คน

ตารางที่ 4-17 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

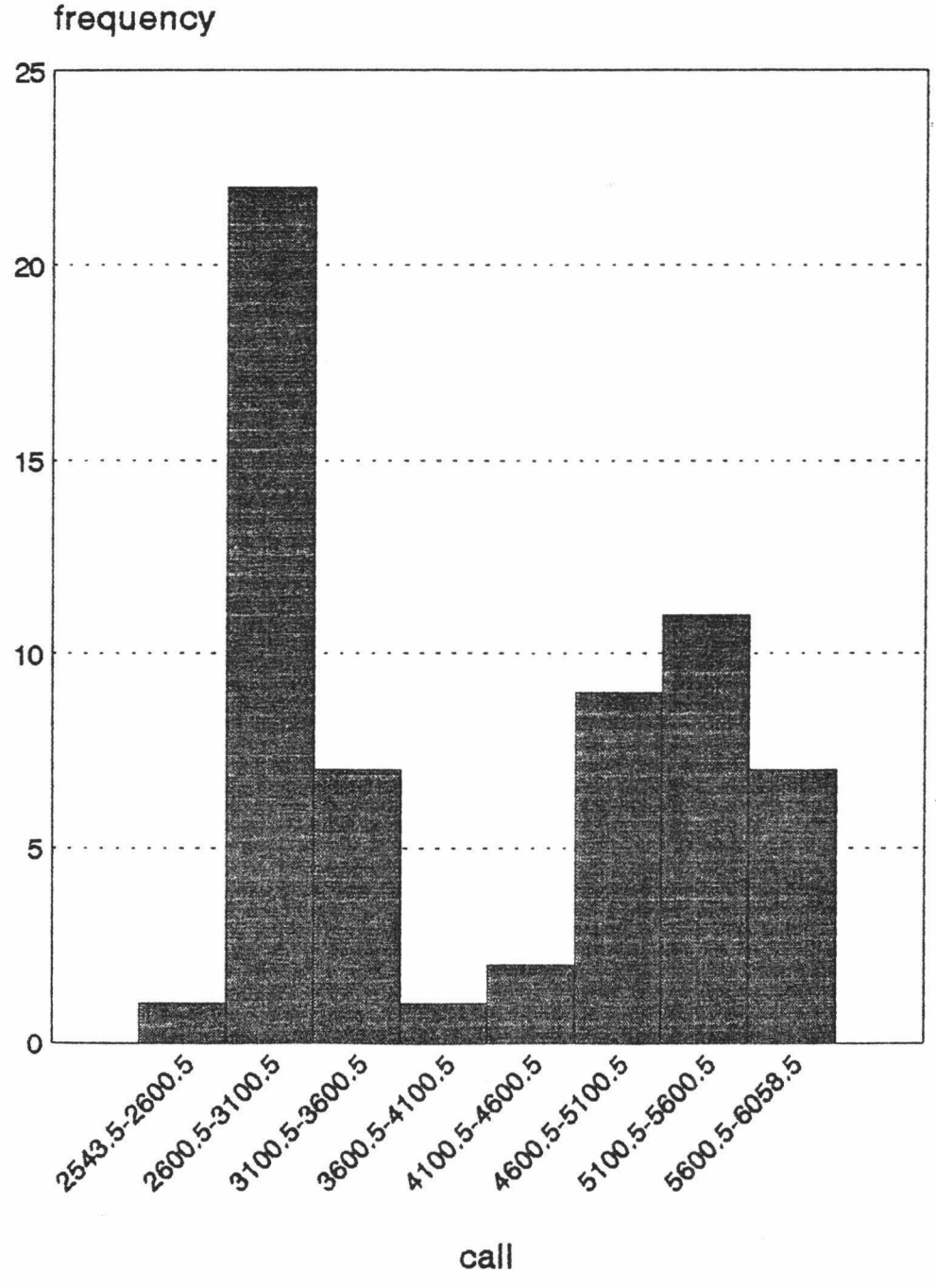
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ช.ม. | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)-S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 2543.5 - 2600.5 | 1 | 0.0166 | 0.0166 | 0.1003 | 0.0836 |
| 2600.5 - 3100.5 | 22 | 0.3667 | 0.3833 | 0.1977 | 0.1856 |
| 3100.5 - 3600.5 | 7 | 0.1167 | 0.5000 | 0.3336 | 0.1664 |
| 3600.5 - 4100.5 | 1 | 0.0167 | 0.5166 | 0.5000 | 0.0166 |
| 4100.5 - 4600.5 | 2 | 0.0333 | 0.5500 | 0.6664 | 0.1164 |
| 4600.5 - 5100.5 | 9 | 0.0150 | 0.7000 | 0.8051 | 0.1051 |
| 5100.5 - 5600.5 | 11 | 0.0168 | 0.8383 | 0.9015 | 0.0632 |
| 5600.5 - 6058.5 | 7 | 0.0167 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1866 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60}$ = 0.1756

ค่า $D_{max} > D_{0.05,60}$ จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4099.5166 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1163.5956 คน จึงใช้เทคนิคมอนติคาร์โลในการสร้างตัวแปรสุ่ม

รูปที่ 4-17 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น.



**- ช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 10.00 น.ถึง 11.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4696.616 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1366.263 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 10.00 น.ถึง 11.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4696.616 คนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1366.263 คน

ตารางที่ 4-18 ทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

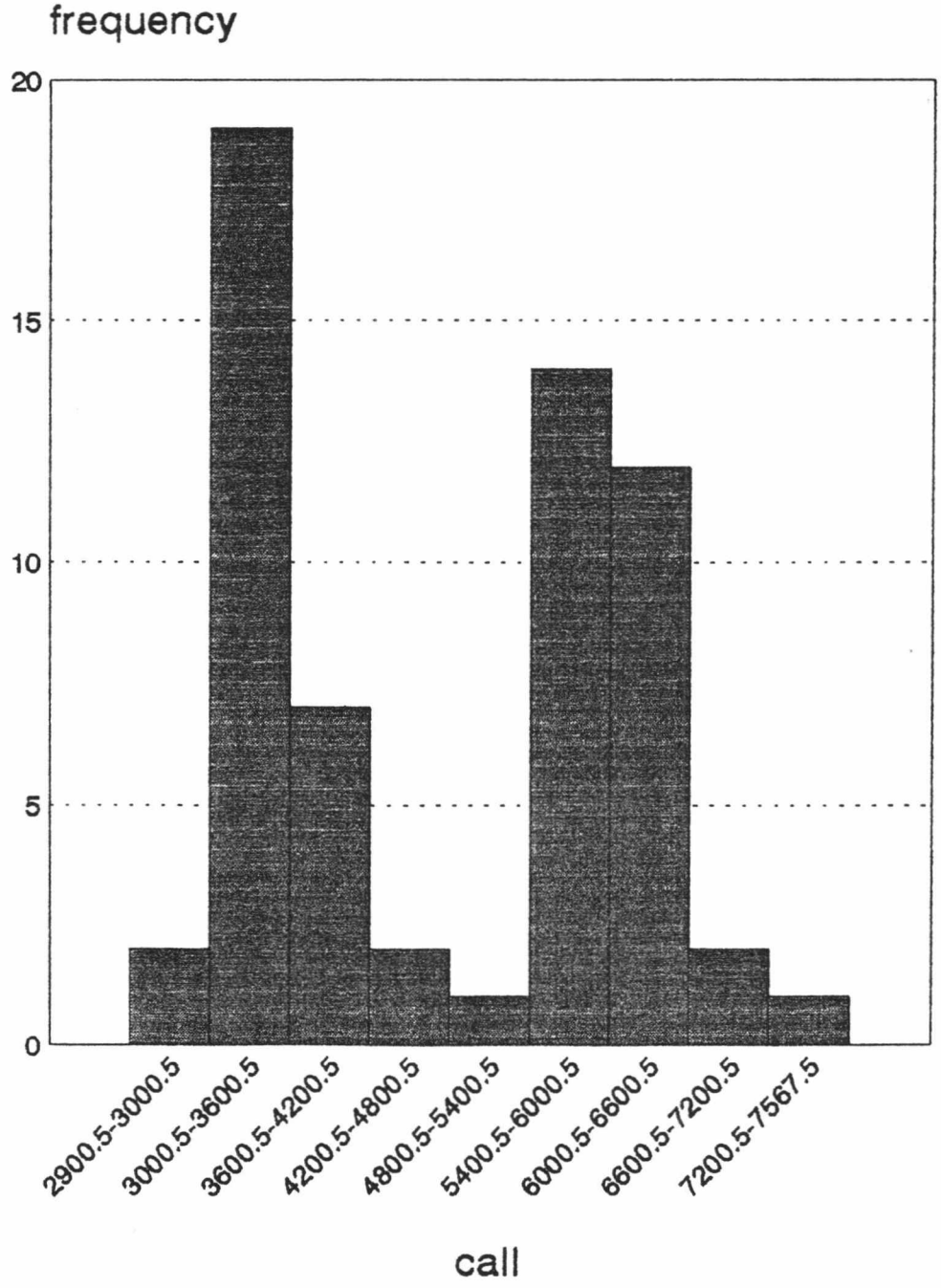
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ช.ม. | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)-S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 2900.5 - 3000.5 | 2 | 0.0333 | 0.0333 | 0.1075 | 0.0742 |
| 3000.5 - 3600.5 | 19 | 0.3167 | 0.3500 | 0.2119 | 0.1381 |
| 3600.5 - 4200.5 | 7 | 0.1166 | 0.4666 | 0.3594 | 0.1072 |
| 4200.5 - 4800.5 | 2 | 0.0333 | 0.4999 | 0.5279 | 0.0280 |
| 4800.5 - 5400.5 | 1 | 0.0167 | 0.5116 | 0.6950 | 0.1834 |
| 5400.5 - 6000.5 | 14 | 0.2333 | 0.7500 | 0.8289 | 0.0789 |
| 6000.5 - 6600.5 | 12 | 0.2000 | 0.9500 | 0.9177 | 0.0323 |
| 6600.5 - 7200.5 | 2 | 0.0333 | 0.9833 | 0.9664 | 0.0169 |
| 7200.5 - 7567.5 | 1 | 0.0167 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1784 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} > D_{0.05,60}$ จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4696.616 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1366.263 คน จึงใช้เทคนิคมอนติคาร์โลในการสร้างตัวแปรสุ่ม

รูปที่ 4-18 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น.



**- ช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 11.00 น.ถึง 12.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4733.1333 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1307.2947 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 11.00 น.ถึง 12.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4733.1333 คนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1307.2947 คน

ตารางที่ 4-19 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

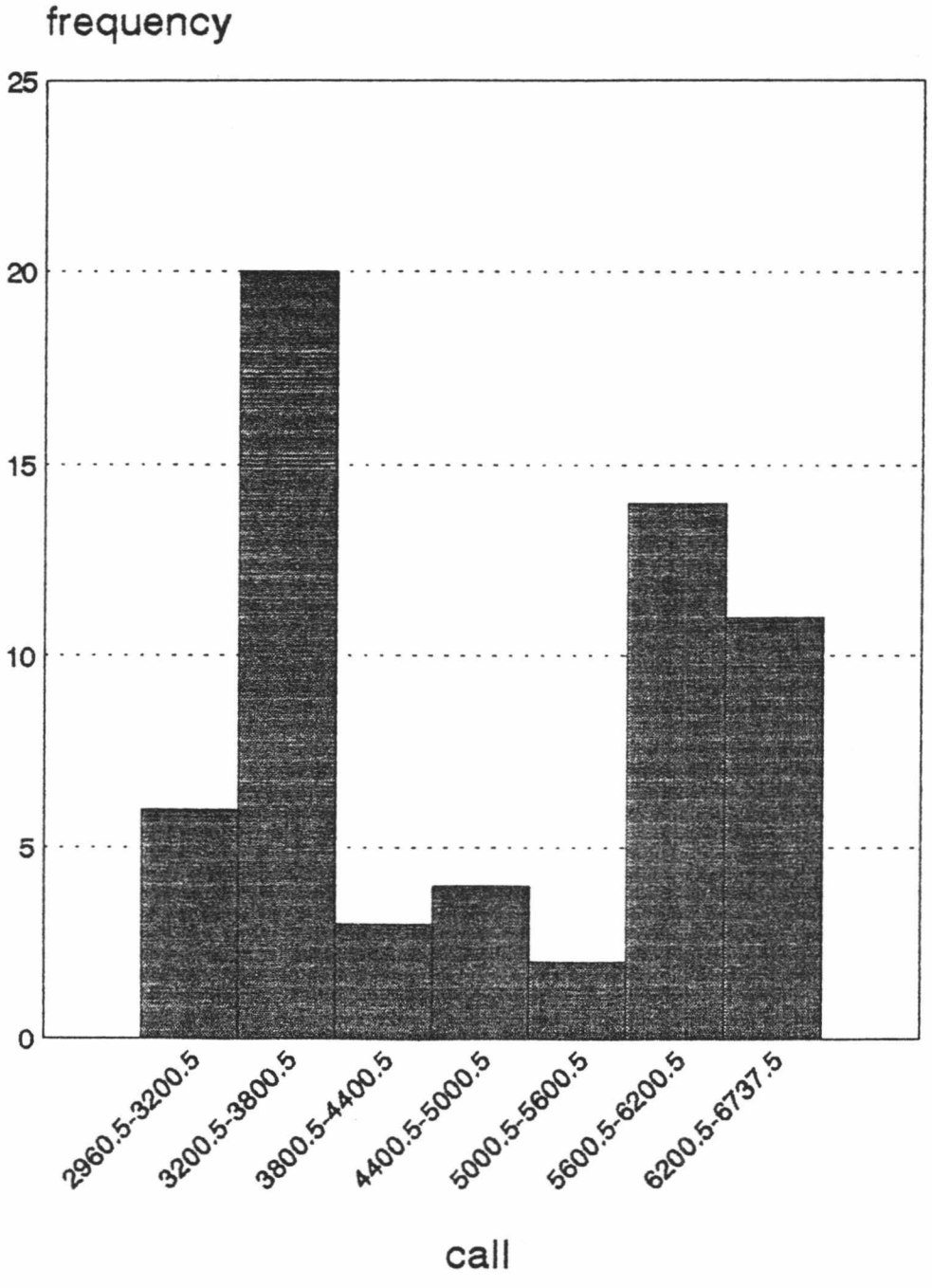
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ช.ม. | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)-S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 2960.5 - 3200.5 | 6 | 0.1000 | 0.1000 | 0.1210 | 0.0210 |
| 3200.5 - 3800.5 | 20 | 0.3333 | 0.4333 | 0.2389 | 0.1944 |
| 3800.5 - 4400.5 | 3 | 0.0500 | 0.4833 | 0.4013 | 0.0820 |
| 4400.5 - 5000.5 | 4 | 0.0666 | 0.5500 | 0.5793 | 0.0293 |
| 5000.5 - 5600.5 | 2 | 0.0333 | 0.5833 | 0.7454 | 0.1621 |
| 5600.5 - 6200.5 | 14 | 0.2333 | 0.8167 | 0.8686 | 0.0519 |
| 6200.5 - 6737.5 | 11 | 0.1833 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1944 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} > D_{0.05,60}$ จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4733.1333 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1307.2947 คน จึงใช้เทคนิคมอนติคาร์โลในการสร้างตัวแปรสุ่ม

รูปที่ 4-19 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น.



**- ช่วงเวลา 12.00 น.ถึง 13.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 12.00 น.ถึง 13.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4521.6833 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 968.5209 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 12.00 น.ถึง 13.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4521.6833 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 968.5209 คน

ตารางที่ 4-20 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

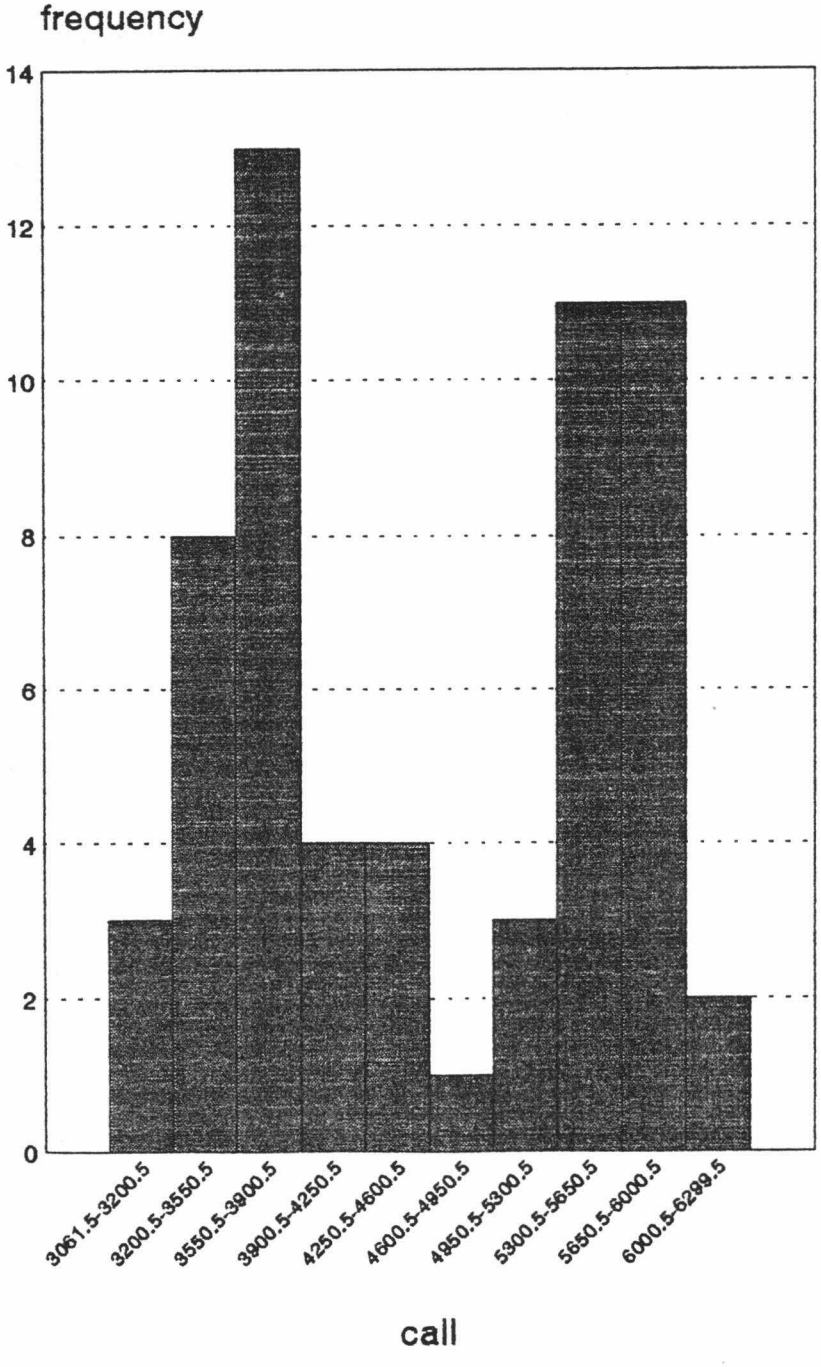
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ช.ม. | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 3061.5 - 3200.5 | 3 | 0.0500 | 0.0500 | 0.0869 | 0.0369 |
| 3200.5 - 3550.5 | 8 | 0.1333 | 0.1833 | 0.1587 | 0.0246 |
| 3550.5 - 3900.5 | 13 | 0.2167 | 0.4000 | 0.2611 | 0.1389 |
| 3900.5 - 4250.5 | 4 | 0.0667 | 0.4667 | 0.3936 | 0.0731 |
| 4250.5 - 4600.5 | 4 | 0.0667 | 0.5334 | 0.5319 | 0.0015 |
| 4600.5 - 4950.5 | 1 | 0.0167 | 0.5501 | 0.6700 | 0.1199 |
| 4950.5 - 5300.5 | 3 | 0.5000 | 0.6001 | 0.7881 | 0.1880 |
| 5300.5 - 5650.5 | 11 | 0.1833 | 0.7834 | 0.8770 | 0.0936 |
| 5650.5 - 6000.5 | 11 | 0.1833 | 0.9667 | 0.9357 | 0.0310 |
| 6000.5 - 6299.5 | 2 | 0.0333 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1880 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} > D_{0.05,60}$ จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4521.6833 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 968.5209 คน

รูปที่ 4-20 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น.



**- ช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 13.00 น.ถึง 14.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4548.7 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1119.3756 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 13.00 น.ถึง 14.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4548.7 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1119.3756 คน

ตารางที่ 4-21 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

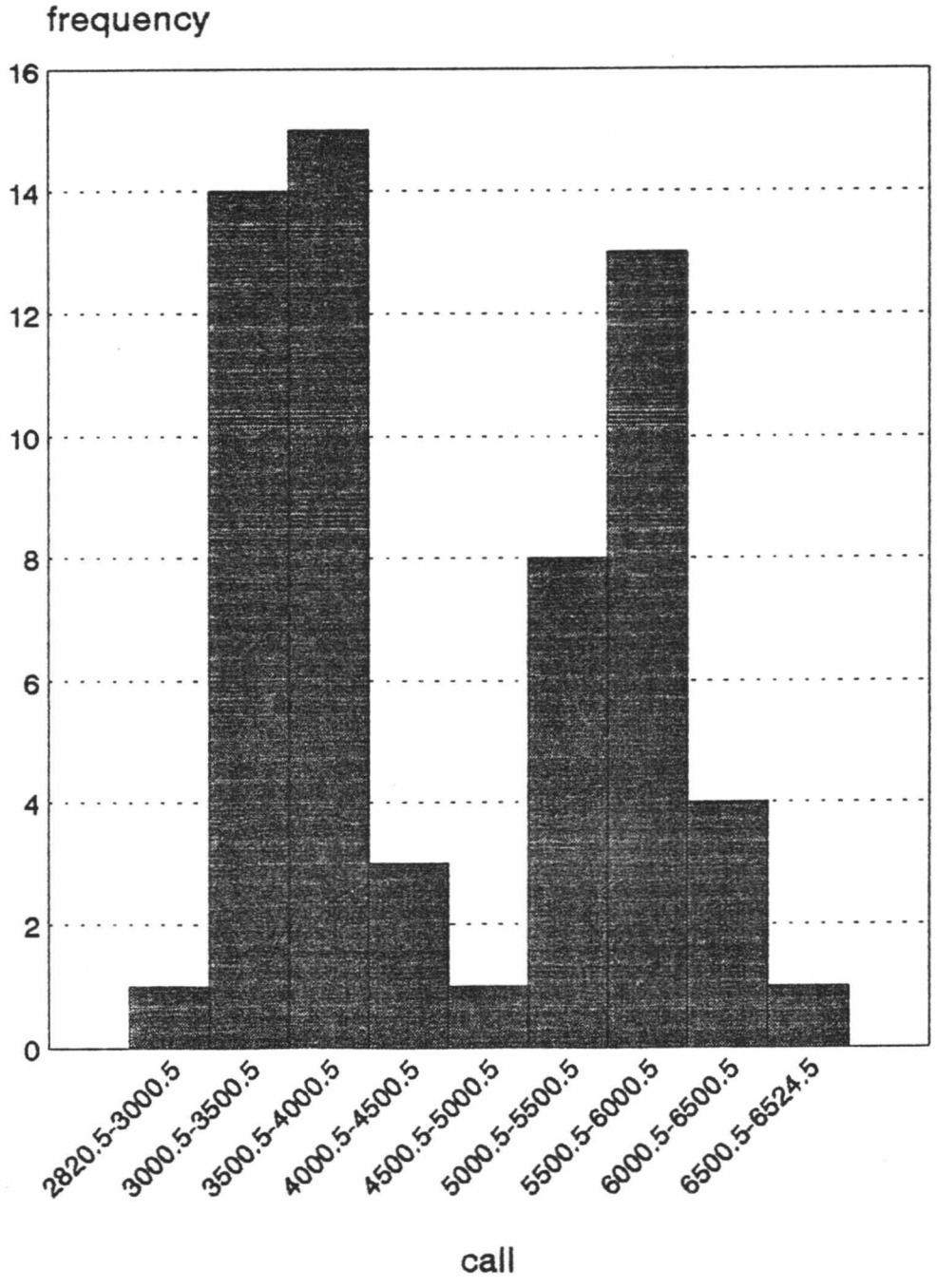
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ช.ม. | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)-S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 2820.5 - 3000.5 | 1 | 0.0167 | 0.0167 | 0.0838 | 0.0671 |
| 3000.5 - 3500.5 | 14 | 0.2333 | 0.2500 | 0.1762 | 0.0738 |
| 3500.5 - 4000.5 | 15 | 0.2500 | 0.5000 | 0.3121 | 0.1879 |
| 4000.5 - 4500.5 | 3 | 0.0500 | 0.5500 | 0.4840 | 0.0660 |
| 4500.5 - 5000.5 | 1 | 0.0167 | 0.5667 | 0.6554 | 0.0887 |
| 5000.5 - 5500.5 | 8 | 0.1333 | 0.7000 | 0.8023 | 0.1023 |
| 5500.5 - 6000.5 | 13 | 0.2167 | 0.9167 | 0.9015 | 0.0152 |
| 6000.5 - 6500.5 | 4 | 0.0667 | 0.9833 | 0.9591 | 0.0242 |
| 6500.5 - 6524.5 | 1 | 0.0167 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1879 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} > D_{0.05,60}$ จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4548.7 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1119.3756 คน จึงใช้เทคนิคมอนติคาร์โลในการสร้างตัวแปรสุ่ม

รูปที่ 4-21 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น.



**- ช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 14.00 น.ถึง 15.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4534.95 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1146.697 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 14.00 น.ถึง 15.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4534.95 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1146.697 คน

ตารางที่ 4-22 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

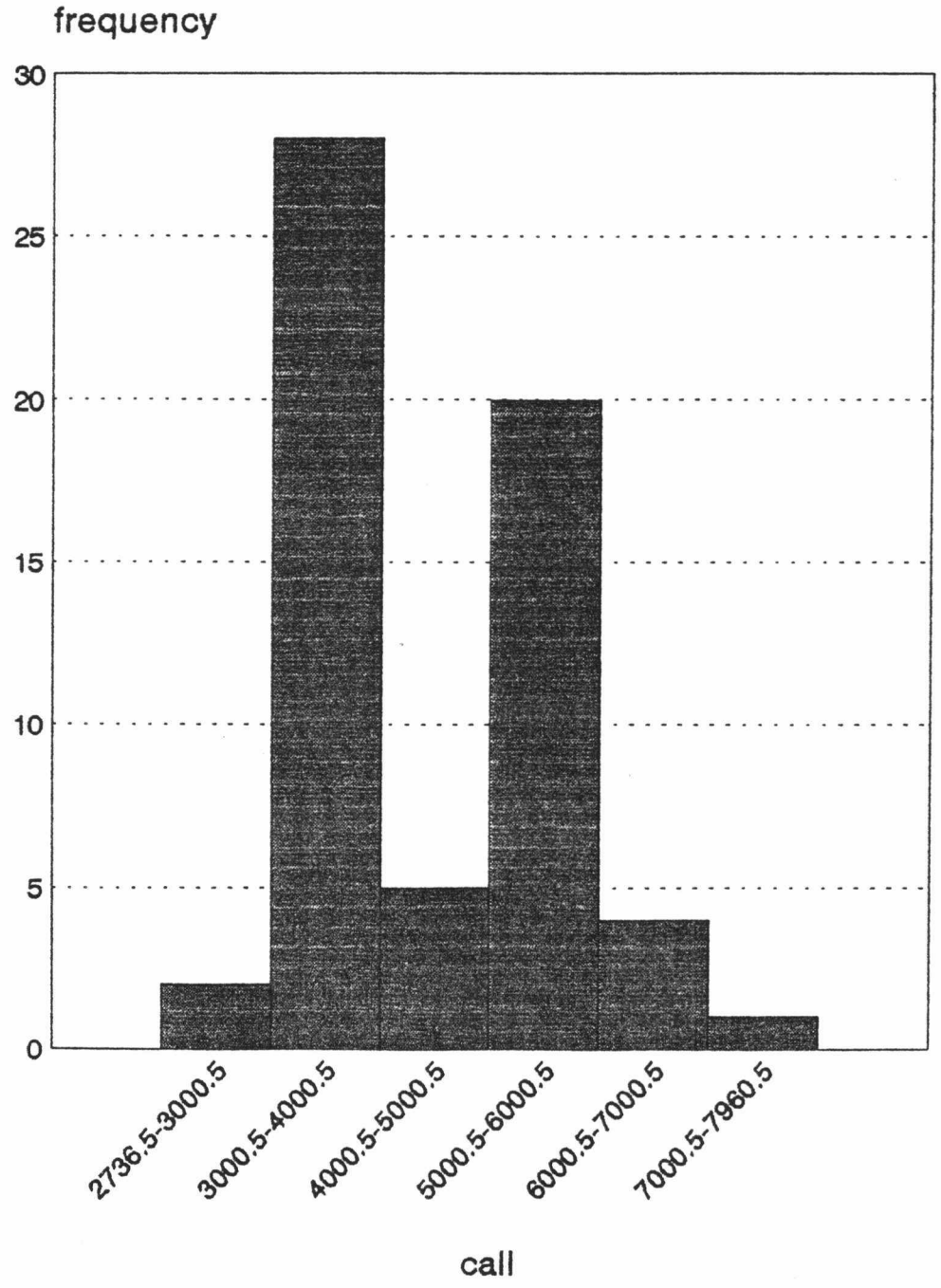
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ช.ม. | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)-S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 2736.5 - 3000.5 | 2 | 0.0333 | 0.0333 | 0.0901 | 0.0568 |
| 3000.5 - 4000.5 | 28 | 0.4667 | 0.5000 | 0.3228 | 0.1772 |
| 4000.5 - 5000.5 | 5 | 0.0833 | 0.5833 | 0.6591 | 0.0758 |
| 5000.5 - 6000.5 | 20 | 0.3333 | 0.9167 | 0.8997 | 0.0170 |
| 6000.5 - 7000.5 | 4 | 0.0667 | 0.9833 | 0.9842 | 0.0009 |
| 7000.5 - 7960.5 | 1 | 0.0167 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1772 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} > D_{0.05,60}$ จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4534.95 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1146.697 คน จึงใช้เทคนิคมอนติคาร์โลในการสร้างตัวแปรสุ่ม

รูปที่ 4-22 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น.



**- ช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 15.00 น.ถึง 16.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4479.1333 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1139.5747 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 15.00 น.ถึง 16.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4479.1333 คนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1139.5747 คน

ตารางที่ 4-23 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

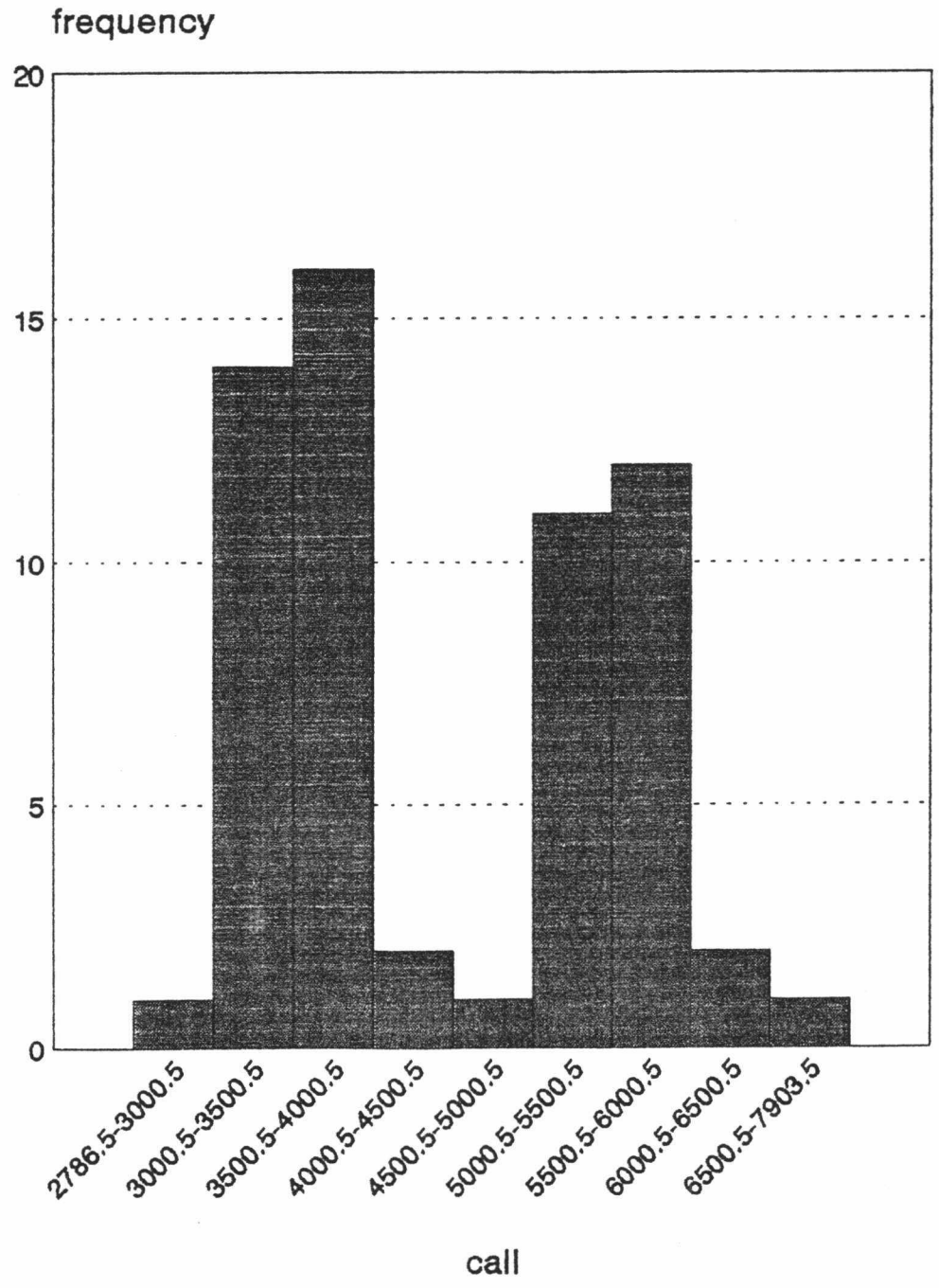
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ช.ม. | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 2786.5 - 3000.5 | 1 | 0.0167 | 0.0167 | 0.0985 | 0.0818 |
| 3000.5 - 3500.5 | 14 | 0.2333 | 0.2500 | 0.1977 | 0.0523 |
| 3500.5 - 4000.5 | 16 | 0.2667 | 0.5167 | 0.3372 | 0.1795 |
| 4000.5 - 4500.5 | 2 | 0.0333 | 0.5500 | 0.5040 | 0.0460 |
| 4500.5 - 5000.5 | 1 | 0.0167 | 0.5667 | 0.6736 | 0.1069 |
| 5000.5 - 5500.5 | 11 | 0.1833 | 0.7500 | 0.8133 | 0.0633 |
| 5500.5 - 6000.5 | 12 | 0.2000 | 0.9500 | 0.9082 | 0.0418 |
| 6000.5 - 6500.5 | 2 | 0.0333 | 0.9833 | 0.9616 | 0.0217 |
| 6500.5 - 7903.5 | 1 | 0.0167 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1795 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} > D_{0.05,60}$ จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4479.1333 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1139.5747 คน จึงใช้เทคนิคมอนติคาร์โลในการสร้างตัวแปรสุ่ม

รูปที่ 4-23 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น.



**- ช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 16.00 น.ถึง 17.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4673.05 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1112.2781 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 16.00 น.ถึง 17.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4673.05 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1112.2781 คน

ตารางที่ 4-24 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

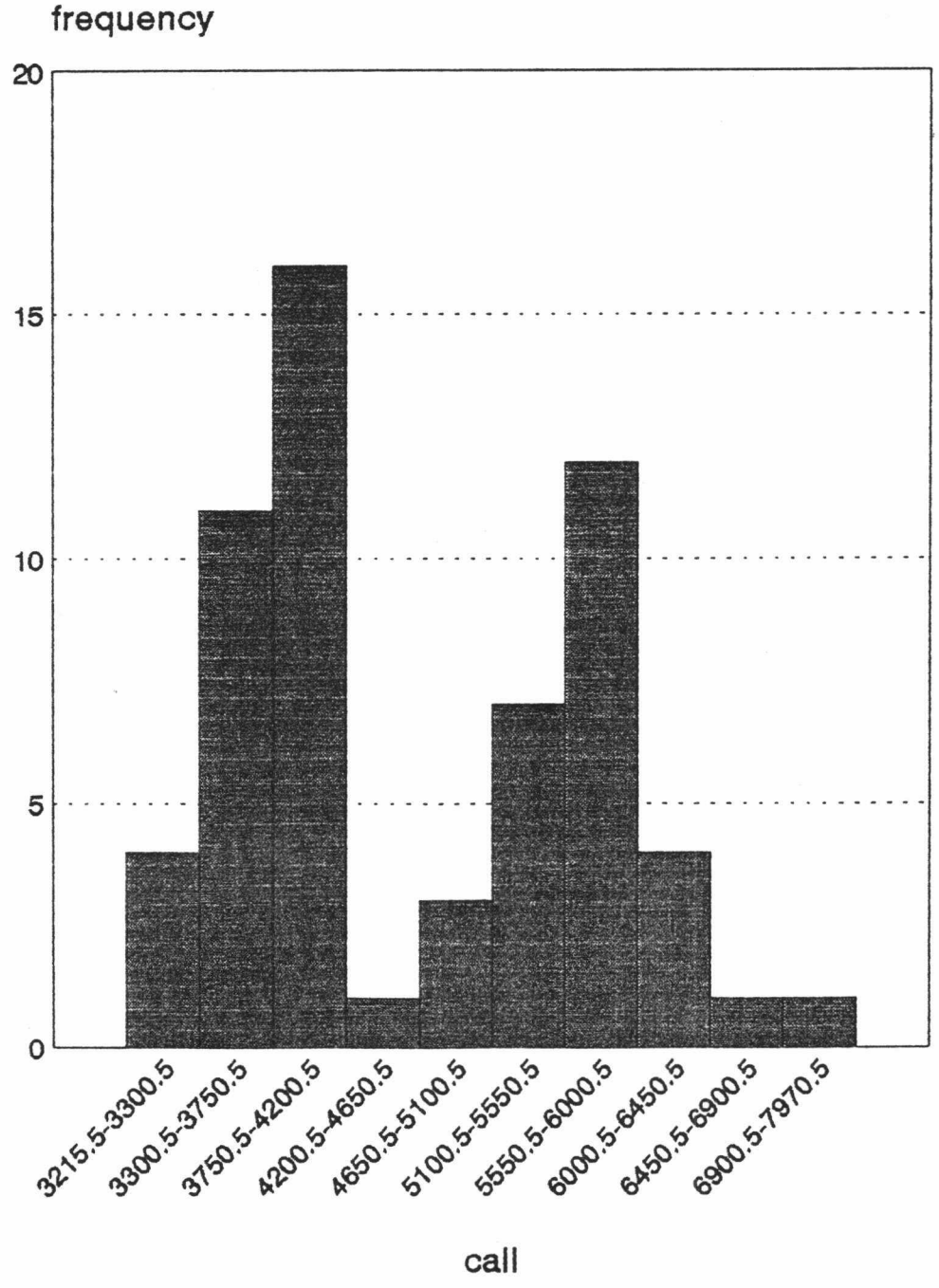
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ช.ม. | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 3215.5 - 3300.5 | 4 | 0.0667 | 0.0667 | 0.1093 | 0.0426 |
| 3300.5 - 3750.5 | 11 | 0.1833 | 0.2500 | 0.2061 | 0.0439 |
| 3750.5 - 4200.5 | 16 | 0.2667 | 0.5167 | 0.3372 | 0.1795 |
| 4200.5 - 4650.5 | 1 | 0.0667 | 0.5333 | 0.4207 | 0.1126 |
| 4650.5 - 5100.5 | 3 | 0.0500 | 0.5833 | 0.6480 | 0.0647 |
| 5100.5 - 5550.5 | 7 | 0.1167 | 0.7000 | 0.7823 | 0.0823 |
| 5550.5 - 6000.5 | 12 | 0.2000 | 0.9000 | 0.8832 | 0.0168 |
| 6000.5 - 6450.5 | 4 | 0.0667 | 0.9667 | 0.9441 | 0.0226 |
| 6450.5 - 6900.5 | 1 | 0.0167 | 0.9833 | 0.9772 | 0.0061 |
| 6900.5 - 7970.5 | 1 | 0.0167 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1795 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} > D_{0.05,60}$ จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น.ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4673.05 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1112.2781 คน จึงใช้เทคนิคมอนติคาร์โลในการสร้างตัวแปรสุ่ม

รูปที่ 4-24 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น.



**- ช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 17.00 น.ถึง 18.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4569.1166 คนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1027.2061 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 17.00 น.ถึง 18.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4569.1166 คนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1027.2061 คน

ตารางที่ 4-25 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

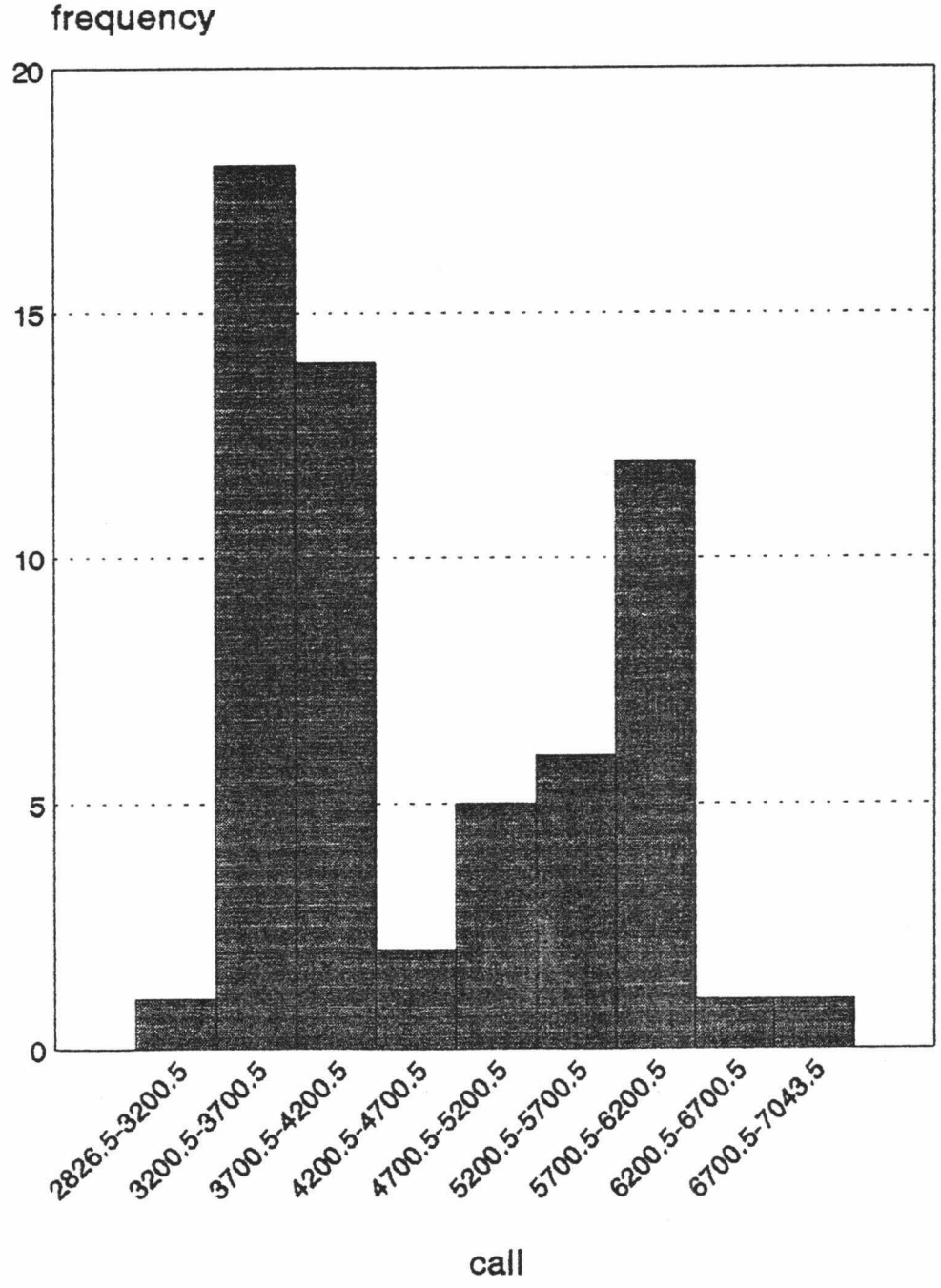
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ช.ม. | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)-S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 2826.5 - 3200.5 | 1 | 0.0167 | 0.0167 | 0.0918 | 0.0751 |
| 3200.5 - 3700.5 | 18 | 0.3000 | 0.3167 | 0.2005 | 0.1162 |
| 3700.5 - 4200.5 | 14 | 0.2334 | 0.5501 | 0.3594 | 0.1907 |
| 4200.5 - 4700.5 | 2 | 0.0333 | 0.5834 | 0.5517 | 0.0317 |
| 4700.5 - 5200.5 | 5 | 0.0833 | 0.6667 | 0.7291 | 0.0624 |
| 5200.5 - 5700.5 | 6 | 0.1000 | 0.7667 | 0.8643 | 0.0976 |
| 5700.5 - 6200.5 | 12 | 0.2000 | 0.9667 | 0.9429 | 0.0238 |
| 6200.5 - 6700.5 | 1 | 0.0167 | 0.9833 | 0.9808 | 0.0025 |
| 6700.5 - 7043.5 | 1 | 0.0167 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1907 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} > D_{0.05,60}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4569.1166 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1027.2061 คน

รูปที่ 4-25 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น.



**- ช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 18.00 น.ถึง 19.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4659.116 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 841.0317 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 18.00 น.ถึง 19.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4659.116 คนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 841.0317 คน

ตารางที่ 4-26 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

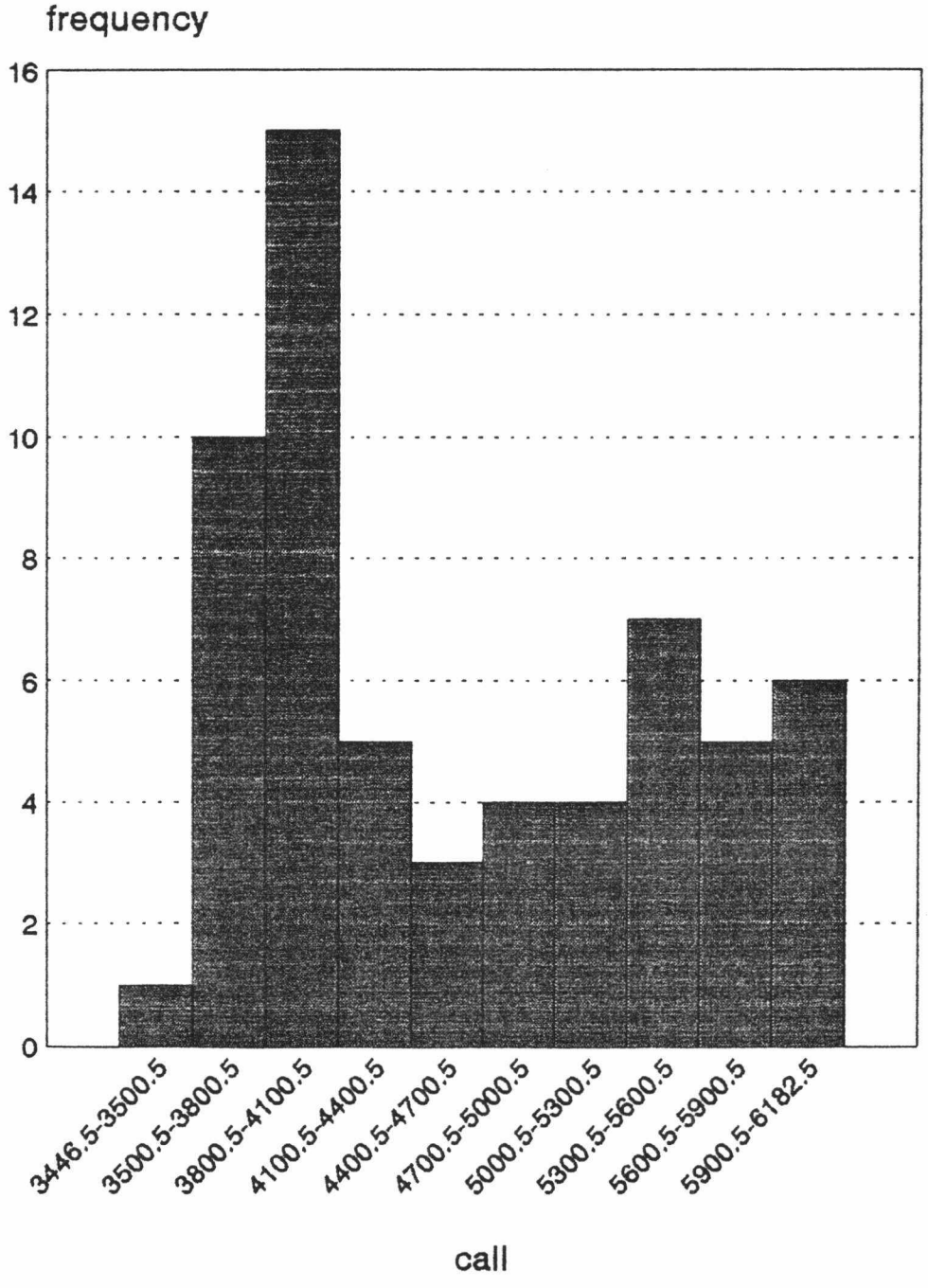
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ช.ม. | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)-S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 3446.5 - 3500.5 | 1 | 0.0167 | 0.0167 | 0.0853 | 0.0686 |
| 3500.5 - 3800.5 | 10 | 0.1667 | 0.1833 | 0.1539 | 0.0294 |
| 3800.5 - 4100.5 | 15 | 0.2500 | 0.4333 | 0.2546 | 0.1787 |
| 4100.5 - 4400.5 | 5 | 0.0833 | 0.5166 | 0.3821 | 0.1345 |
| 4400.5 - 4700.5 | 3 | 0.0500 | 0.5666 | 0.5160 | 0.0506 |
| 4700.5 - 5000.5 | 4 | 0.0667 | 0.6333 | 0.6554 | 0.0221 |
| 5000.5 - 5300.5 | 4 | 0.0667 | 0.7000 | 0.7764 | 0.0764 |
| 5300.5 - 5600.5 | 7 | 0.1167 | 0.8167 | 0.8665 | 0.0498 |
| 5600.5 - 5900.5 | 5 | 0.0833 | 0.9000 | 0.9292 | 0.0292 |
| 5900.5 - 6182.5 | 6 | 0.1000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1787 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} > D_{0.05,60}$ จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4659.116 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 841.0317 คน จึงใช้เทคนิคมอนติคาร์โลในการสร้างตัวแปรสุ่ม

รูปที่ 4-26 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น.



**- ช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 19.00 น.ถึง 20.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4613.0666 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 685.8408 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 19.00 น.ถึง 20.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4613.0666 คนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 685.8408 คน

ตารางที่ 4-27 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

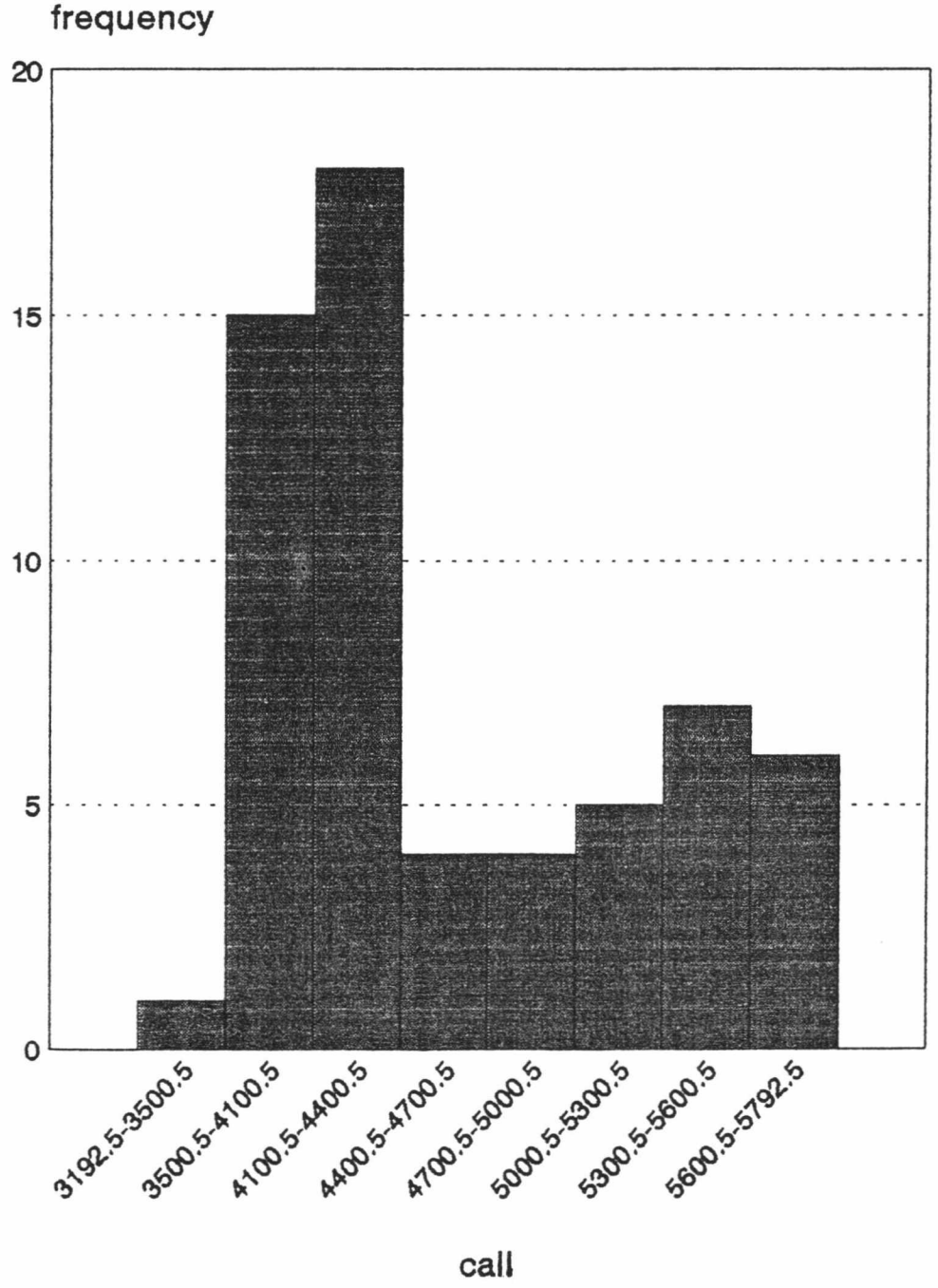
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ช.ม. | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)-S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 3192.5 - 3500.5 | 1 | 0.0167 | 0.0167 | 0.0526 | 0.0359 |
| 3500.5 - 4100.5 | 15 | 0.2500 | 0.2667 | 0.2296 | 0.0371 |
| 4100.5 - 4400.5 | 18 | 0.3000 | 0.5667 | 0.3821 | 0.1846 |
| 4400.5 - 4700.5 | 4 | 0.0667 | 0.6334 | 0.5438 | 0.0896 |
| 4700.5 - 5000.5 | 4 | 0.0667 | 0.7001 | 0.7123 | 0.0122 |
| 5000.5 - 5300.5 | 5 | 0.0833 | 0.7834 | 0.8413 | 0.0579 |
| 5300.5 - 5600.5 | 7 | 0.1166 | 0.9000 | 0.9236 | 0.0236 |
| 5600.5 - 5792.5 | 6 | 0.1000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1846 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} > D_{0.05,60}$ จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4613.0666 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 685.8408 คน จึงใช้เทคนิคมอนติคาร์โลในการสร้างตัวแปรสุ่ม

รูปที่ 4-27 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น.



**- ช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 20.00 น.ถึง 21.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4300.6 คน และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 641.5238 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 20.00 น.ถึง 21.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4300.6 คน และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 641.5238 คน

ตารางที่ 4-28 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

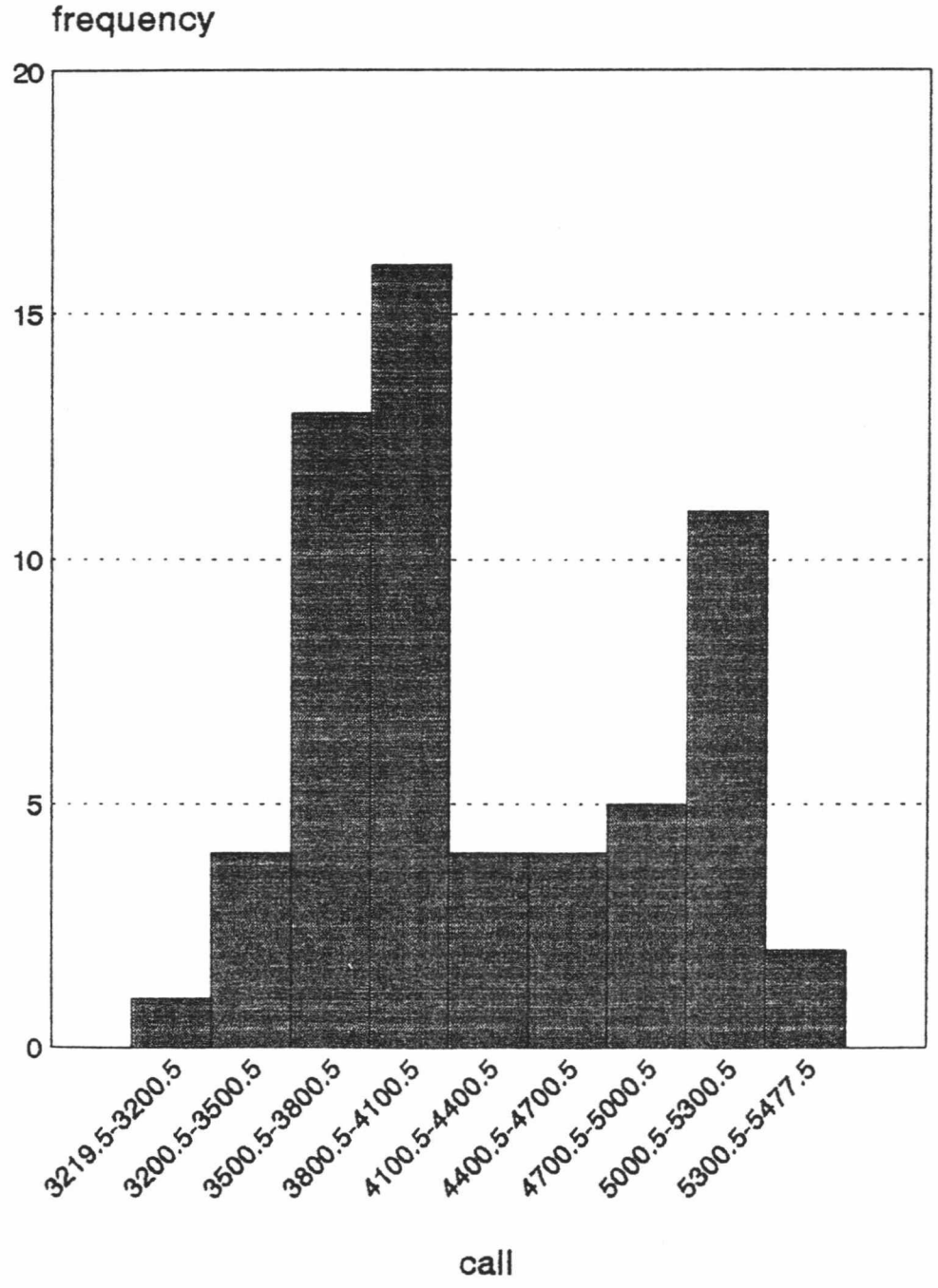
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ช.ม. | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)-S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 3219.5 - 3200.5 | 1 | 0.0167 | 0.0167 | 0.0446 | 0.0279 |
| 3200.5 - 3500.5 | 4 | 0.0667 | 0.0833 | 0.1075 | 0.0242 |
| 3500.5 - 3800.5 | 13 | 0.2166 | 0.2999 | 0.2206 | 0.0793 |
| 3800.5 - 4100.5 | 16 | 0.2667 | 0.5666 | 0.3783 | 0.1883 |
| 4100.5 - 4400.5 | 4 | 0.0667 | 0.6333 | 0.5596 | 0.0737 |
| 4400.5 - 4700.5 | 4 | 0.0667 | 0.7000 | 0.7324 | 0.0324 |
| 4700.5 - 5000.5 | 5 | 0.0833 | 0.7833 | 0.8621 | 0.0788 |
| 5000.5 - 5300.5 | 11 | 0.1833 | 0.9667 | 0.9394 | 0.0273 |
| 5300.5 - 5477.5 | 2 | 0.0333 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1833 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} > D_{0.05,60}$ จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 4300.6 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 641.5238 คน จึงใช้เทคนิคมอนติคาร์โลในการสร้างตัวแปรสุ่ม

รูปที่ 4-28 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น.



**- ช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 21.00 น.ถึง 22.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 3691.5333 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 777.4516 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 21.00 น.ถึง 22.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 3691.5333 คนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 777.4516 คน

ตารางที่ 4-29 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

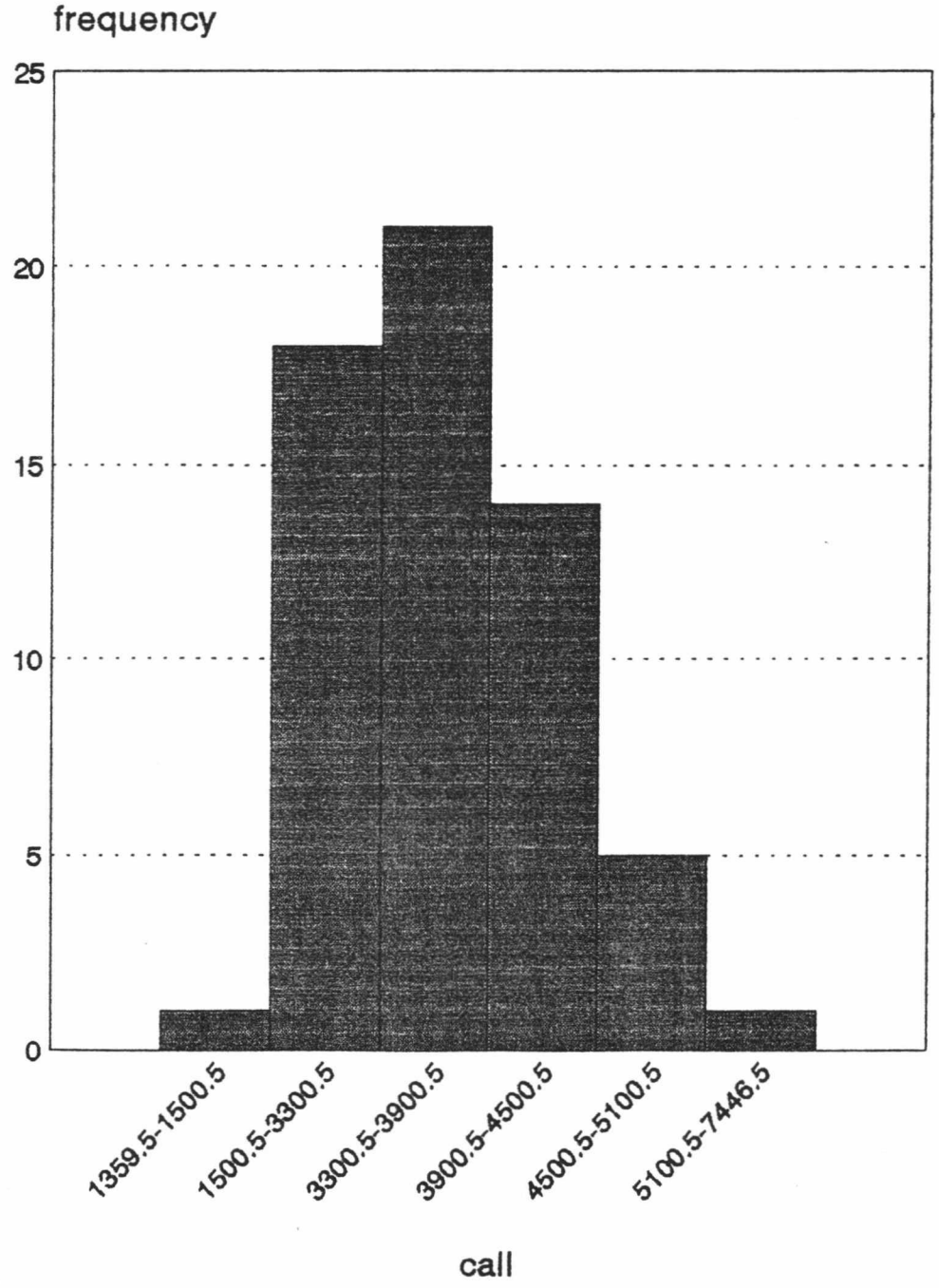
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ช.ม. | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 1359.5 - 1500.5 | 1 | 0.0167 | 0.0167 | 0.0025 | 0.0142 |
| 1500.5 - 3300.5 | 18 | 0.3000 | 0.3167 | 0.3085 | 0.0082 |
| 3300.5 - 3900.5 | 21 | 0.3500 | 0.6667 | 0.6026 | 0.0641 |
| 3900.5 - 4500.5 | 14 | 0.2333 | 0.9000 | 0.8508 | 0.0492 |
| 4500.5 - 5100.5 | 5 | 0.0833 | 0.9833 | 0.9649 | 0.0184 |
| 5100.5 - 7446.5 | 1 | 0.0167 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0641 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,60}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 3691.5333 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 777.4516 คน

รูปที่ 4-29 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น.



**- ช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 23.00 น.**

$H_0$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 22.00 น.ถึง 23.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 3088.383 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 529.7022 คน

$H_1$ : จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 22.00 น.ถึง 23.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 3088.383 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 529.7022 คน

ตารางที่ 4-30 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

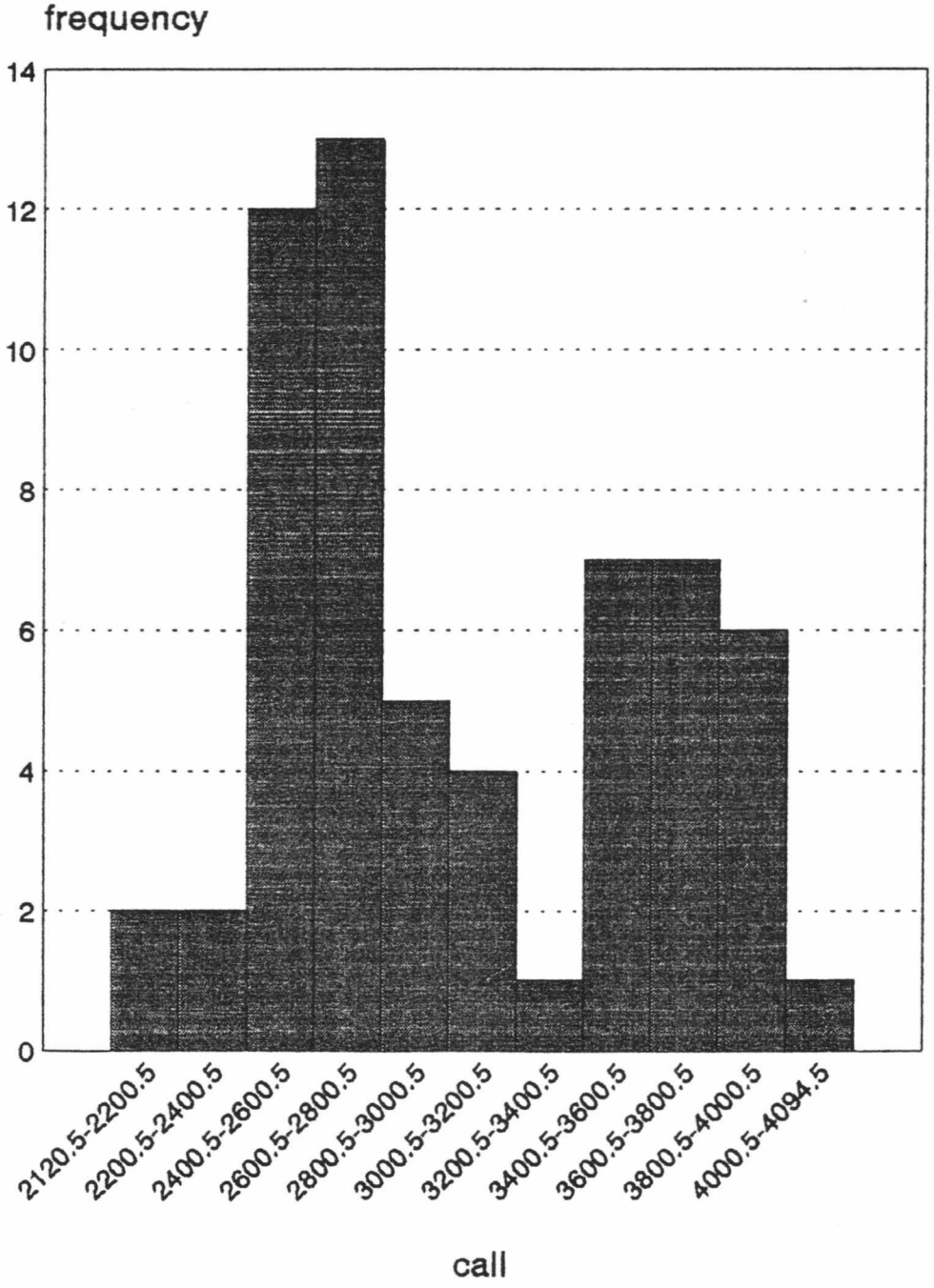
| จำนวนลูกค้าที่โทร/ช.ม. | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)-S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 2120.5 - 2200.5 | 2 | 0.0333 | 0.0333 | 0.0475 | 0.0142 |
| 2200.5 - 2400.5 | 2 | 0.0333 | 0.0667 | 0.0985 | 0.0318 |
| 2400.5 - 2600.5 | 12 | 0.2000 | 0.2667 | 0.1788 | 0.0879 |
| 2600.5 - 2800.5 | 13 | 0.2166 | 0.4833 | 0.2946 | 0.1887 |
| 2800.5 - 3000.5 | 5 | 0.0833 | 0.5666 | 0.4364 | 0.1302 |
| 3000.5 - 3200.5 | 4 | 0.0667 | 0.6333 | 0.5832 | 0.0501 |
| 3200.5 - 3400.5 | 1 | 0.0167 | 0.6500 | 0.7190 | 0.0690 |
| 3400.5 - 3600.5 | 7 | 0.1167 | 0.7667 | 0.8315 | 0.0648 |
| 3600.5 - 3800.5 | 7 | 0.1167 | 0.8833 | 0.9099 | 0.0266 |
| 3800.5 - 4000.5 | 6 | 0.1000 | 0.9833 | 0.9573 | 0.0260 |
| 4000.5 - 4094.5 | 1 | 0.0167 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1889 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} > D_{0.05,60}$ จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 22.00 น.ถึง 23.00 น.ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงเป็นแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 3088.383 คน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 529.7022 คน จึงใช้เทคนิคมอนติคาร์โลในการสร้างตัวแปรสุ่ม

รูปที่ 4-30 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ ของวันหยุดในช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 23.00 น.



### 4.1.2 เวลาในการให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน

แบ่งเวลาที่ใช้ในการให้บริการของพนักงานโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนออกเป็น 2 ส่วนคือ

- ในส่วนของวันทำงานจะได้ข้อมูลในแต่ละชั่วโมง 124 ค่า (N = 124) ทดสอบการแจกแจงแบบปกติด้วยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นำค่า D จากการคำนวณเปรียบเทียบกับค่าขอบเขตวิกฤตคือ $1.36/(124)^{1/2} = 0.1221$

- ในส่วนของวันหยุดจะได้จำนวนข้อมูลในแต่ละชั่วโมง 60 ค่า (N = 60) ทดสอบการแจกแจงแบบปกติด้วยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นำค่า D จากการคำนวณเปรียบเทียบกับค่าขอบเขตวิกฤตคือ $1.36/(124)^{1/2} = 0.1756$

ได้ผลการทดสอบการแจกแจงความน่าจะเป็นดังตารางที่ 4-31 ถึง ตารางที่ 4-60 และกราฟแจกแจงความน่าจะเป็นดังรูปที่ 4-31 ถึง รูปที่ 4-60

4.1.2.1 ช่วงวันทำงาน

- ช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น.

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น.ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.0645 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.3060 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คนในช่วงเวลา 8.00 น.ถึง 9.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.0645 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.3060 วินาที

ตารางที่ 4-31 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

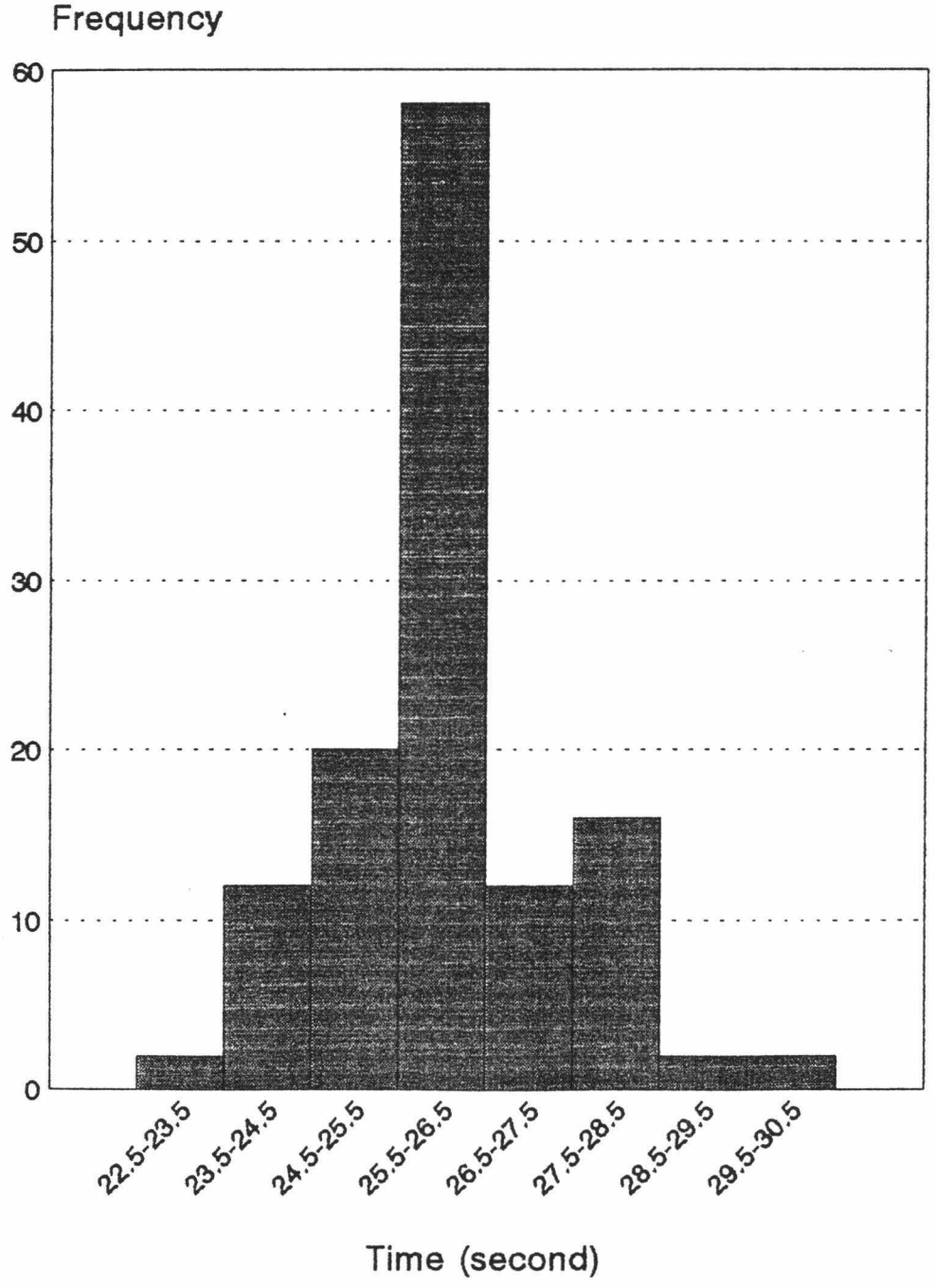
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)-S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 22.5 - 23.5 | 2 | 0.0161 | 0.0161 | 0.0250 | 0.0089 |
| 23.5 - 24.5 | 12 | 0.0967 | 0.1129 | 0.1335 | 0.0206 |
| 24.5 - 25.5 | 20 | 0.1612 | 0.2741 | 0.3336 | 0.0595 |
| 25.5 - 26.5 | 58 | 0.4677 | 0.7419 | 0.6293 | 0.1126 |
| 26.5 - 27.5 | 12 | 0.0967 | 0.8387 | 0.8643 | 0.0256 |
| 27.5 - 28.5 | 16 | 0.1290 | 0.9677 | 0.9686 | 0.0009 |
| 28.5 - 29.5 | 2 | 0.0161 | 0.9838 | 0.9957 | 0.0119 |
| 29.5 - 30.5 | 2 | 0.0161 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1126 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 8.00 น.ถึง 9.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.0645 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.3060 วินาที

รูปที่ 4-31 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันทำงานในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น.



**- ช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 25.7097 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.1762 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 25.7097 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.1762 วินาที

ตารางที่ 4-32 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

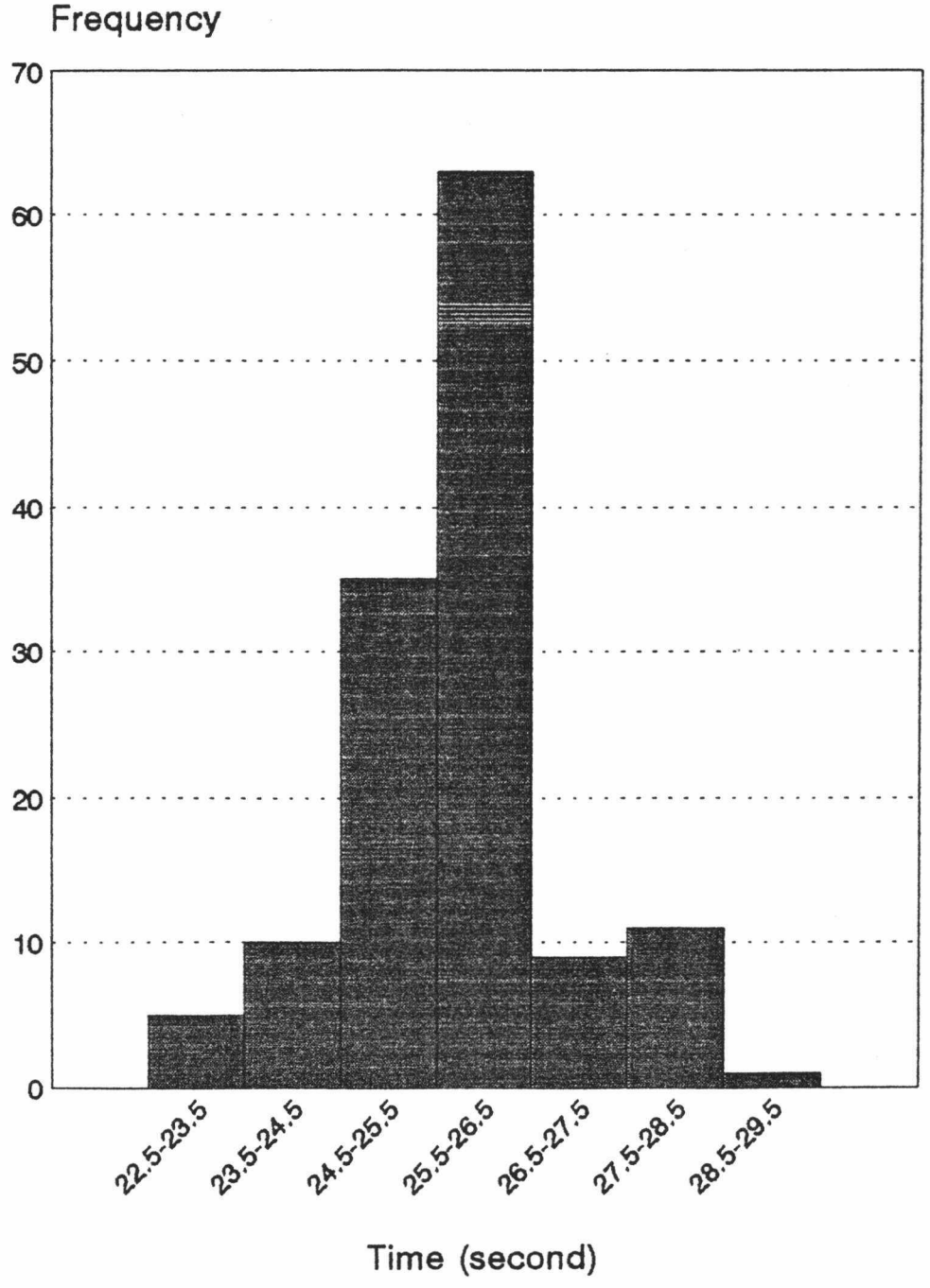
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 22.5 - 23.5 | 5 | 0.0403 | 0.0403 | 0.0307 | 0.0096 |
| 23.5 - 24.5 | 10 | 0.0806 | 0.1209 | 0.1539 | 0.0330 |
| 24.5 - 25.5 | 35 | 0.2822 | 0.4032 | 0.4325 | 0.0293 |
| 25.5 - 26.5 | 53 | 0.4274 | 0.8306 | 0.7486 | 0.0820 |
| 26.5 - 27.5 | 9 | 0.0725 | 0.9032 | 0.9357 | 0.0325 |
| 27.5 - 28.5 | 11 | 0.0887 | 0.9919 | 0.9911 | 0.0008 |
| 28.5 - 29.5 | 1 | 0.0080 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0820 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คนในช่วงเวลา 9.00 น.ถึง 10.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 25.7097 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.1762 วินาที

รูปที่ 4-32 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันทำงานในช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น.



**- ช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.0968 วินาที และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.0733 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.0968 วินาทีและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.0733 วินาที

ตารางที่ 4-33 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

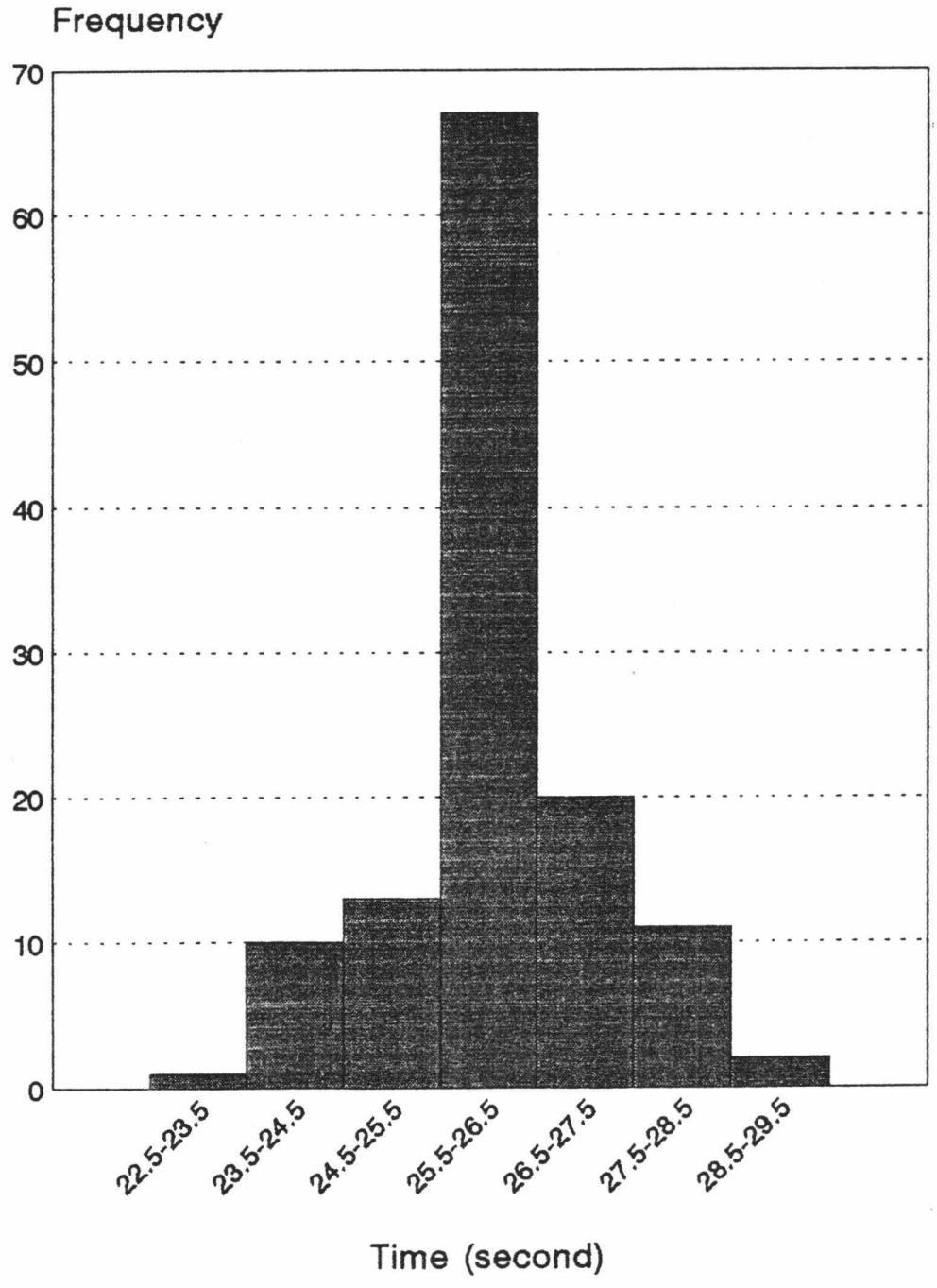
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | $\lvert F(x)-S(x) \rvert$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 22.5 - 23.5 | 1 | 0.0080 | 0.0080 | 0.0078 | 0.0002 |
| 23.5 - 24.5 | 10 | 0.0806 | 0.0887 | 0.0694 | 0.0193 |
| 24.5 - 25.5 | 13 | 0.1048 | 0.1935 | 0.2912 | 0.0977 |
| 25.5 - 26.5 | 67 | 0.5403 | 0.7338 | 0.6443 | 0.0895 |
| 26.5 - 27.5 | 20 | 0.1612 | 0.8951 | 0.9049 | 0.0098 |
| 27.5 - 28.5 | 11 | 0.0887 | 0.9838 | 0.9817 | 0.0021 |
| 28.5 - 29.5 | 2 | 0.0161 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0977 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คนในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.0968 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.0733 วินาที

รูปที่ 4-33 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันทำงานในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น.



**- ช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.3871 วินาที และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.2424 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.3871 วินาที และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.2424 วินาที

ตารางที่ 4-34 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

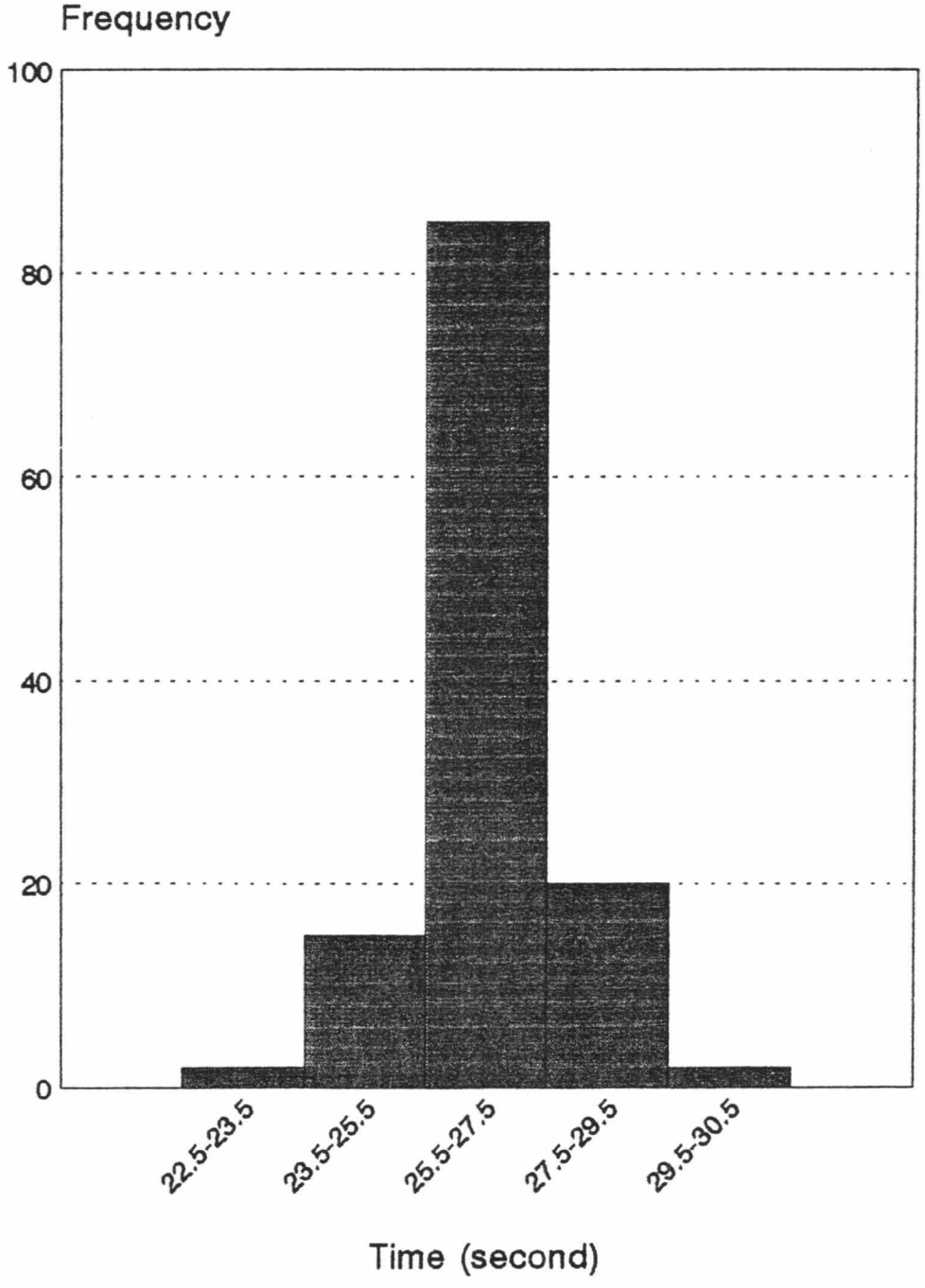
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | $\lvert F(x)-S(x) \rvert$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 22.5 - 23.5 | 2 | 0.0161 | 0.0161 | 0.0102 | 0.0059 |
| 23.5 - 25.5 | 15 | 0.1209 | 0.1370 | 0.2389 | 0.1019 |
| 25.5 - 27.5 | 85 | 0.6854 | 0.8225 | 0.8133 | 0.0092 |
| 27.5 - 29.5 | 20 | 0.1612 | 0.9838 | 0.9938 | 0.0100 |
| 29.5 - 30.5 | 2 | 0.0161 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1019 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คนในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.3871 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.2424 วินาที

รูปที่ 4-34 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันทำงานในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น.



**- ช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.8226 วินาที และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.4202 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.8226 วินาที และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.4202 วินาที

ตารางที่ 4-35 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

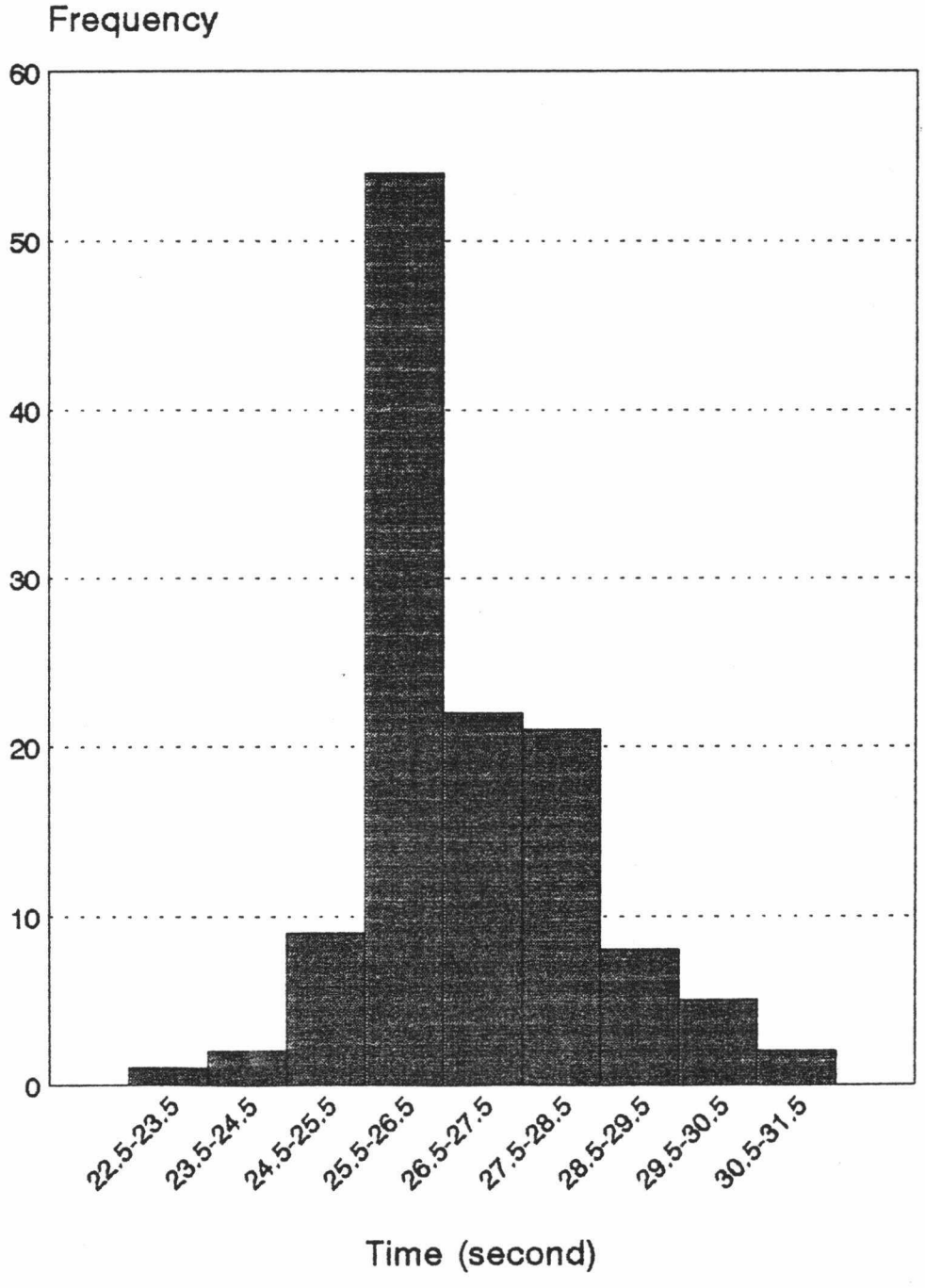
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 22.5 - 23.5 | 1 | 0.0080 | 0.0080 | 0.0099 | 0.0019 |
| 23.5 - 24.5 | 2 | 0.0161 | 0.0241 | 0.0505 | 0.0264 |
| 24.5 - 25.5 | 9 | 0.0725 | 0.0967 | 0.1762 | 0.0795 |
| 25.5 - 26.5 | 54 | 0.4354 | 0.5322 | 0.4129 | 0.1193 |
| 26.5 - 27.5 | 22 | 0.1774 | 0.7096 | 0.6808 | 0.0288 |
| 27.5 - 28.5 | 21 | 0.1693 | 0.8790 | 0.8810 | 0.0020 |
| 28.5 - 29.5 | 8 | 0.0645 | 0.9435 | 0.9699 | 0.0264 |
| 29.5 - 30.5 | 5 | 0.0403 | 0.9838 | 0.9952 | 0.0114 |
| 30.5 - 31.5 | 2 | 0.0161 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1193 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.8226 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.4202 วินาที

รูปที่ 4-35 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันทำงานในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น.



**- ช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.5887 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.1571 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.5887 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.1571 วินาที

ตารางที่ 4-36 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

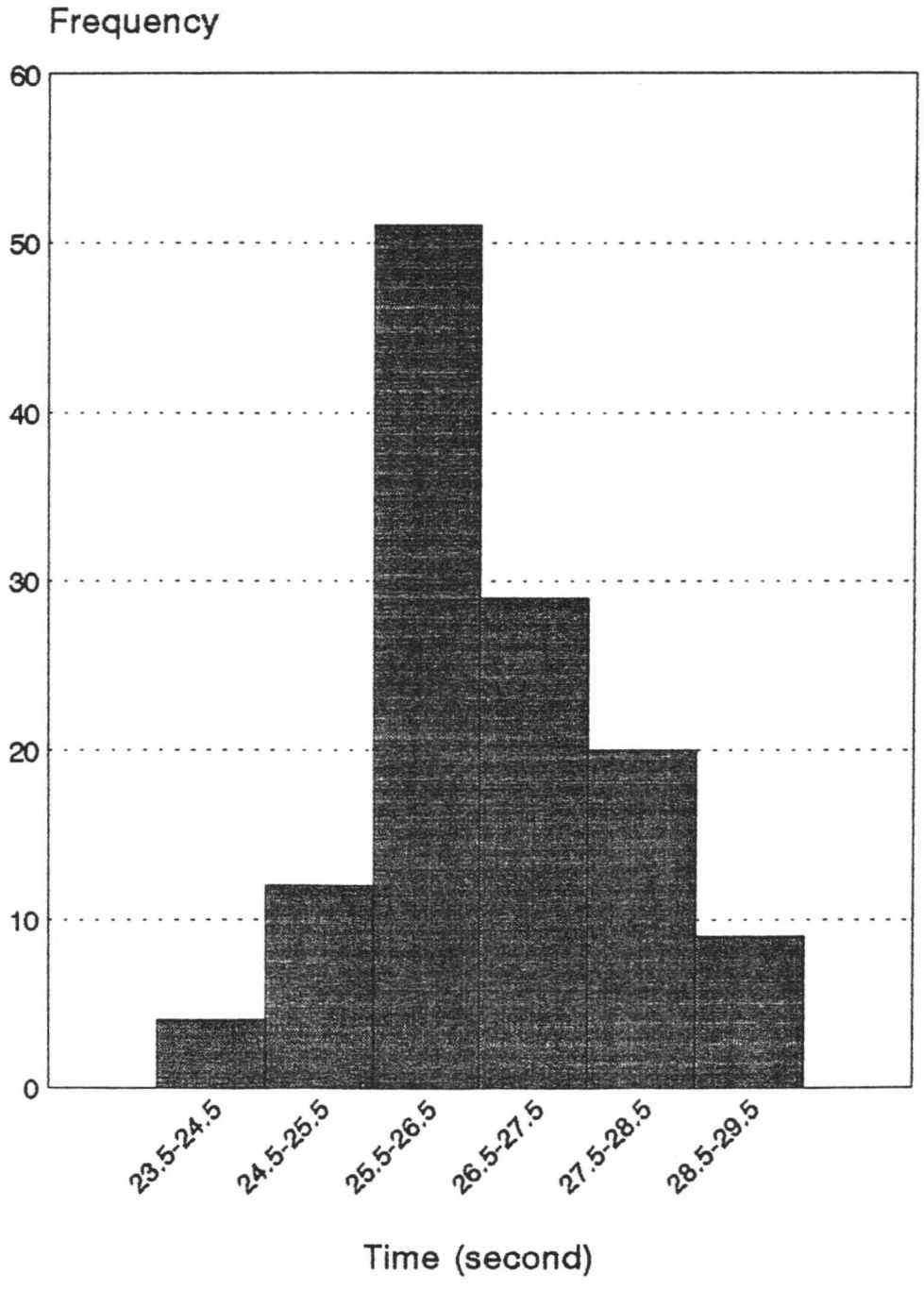
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x ) | \|F(x)-S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 23.5 - 24.5 | 4 | 0.0322 | 0.0322 | 0.0359 | 0.0037 |
| 24.5 - 25.5 | 12 | 0.0967 | 0.1290 | 0.1736 | 0.0446 |
| 25.5 - 26.5 | 51 | 0.4112 | 0.5403 | 0.4721 | 0.0682 |
| 26.5 - 27.5 | 29 | 0.2338 | 0.7741 | 0.7823 | 0.0082 |
| 27.5 - 28.5 | 20 | 0.1612 | 0.9354 | 0.9505 | 0.0151 |
| 28.5 - 29.5 | 8 | 0.0645 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0682 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.5887 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.1571 วินาที

รูปที่ 4-36 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันทำงานในช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น.



**- ช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.8710 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.2506 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.8710 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.2506 วินาที

ตารางที่ 4-37 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

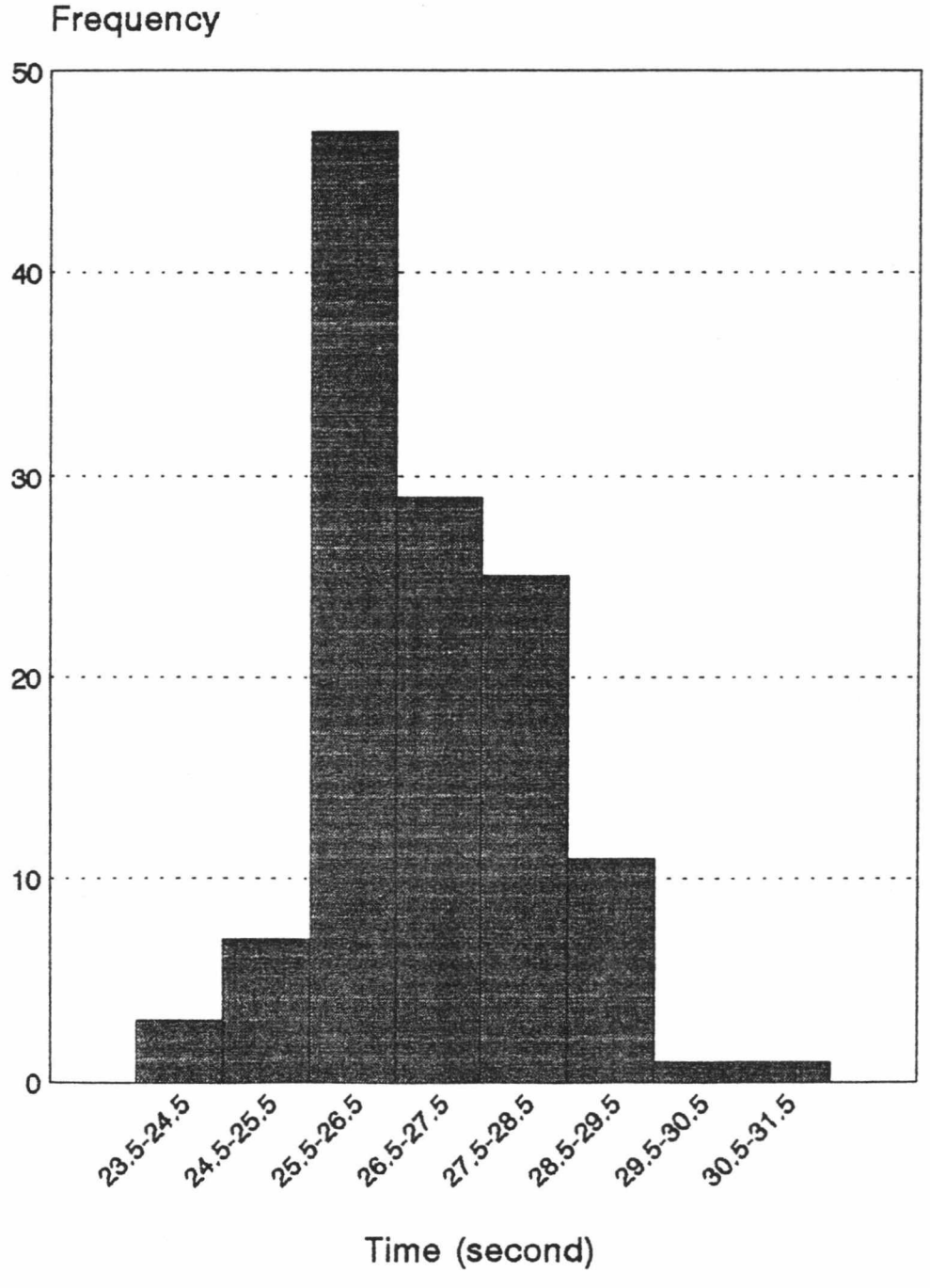
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 23.5 - 24.5 | 3 | 0.0241 | 0.0241 | 0.0294 | 0.0053 |
| 24.5 - 25.5 | 7 | 0.0564 | 0.0806 | 0.1379 | 0.0573 |
| 25.5 - 26.5 | 47 | 0.3790 | 0.4596 | 0.3859 | 0.0737 |
| 26.5 - 27.5 | 29 | 0.2338 | 0.6935 | 0.6915 | 0.0020 |
| 27.5 - 28.5 | 25 | 0.2016 | 0.8951 | 0.9032 | 0.0081 |
| 28.5 - 29.5 | 11 | 0.0887 | 0.9838 | 0.9821 | 0.0017 |
| 29.5 - 30.5 | 1 | 0.0080 | 0.9919 | 0.9981 | 0.0062 |
| 30.5 - 31.5 | 1 | 0.0080 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0737 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.8710 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.2506 วินาที

รูปที่ 4-37 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันทำงานในช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น.



**- ช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.5807 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.5714 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.5807 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.5714 วินาที

ตารางที่ 4-38 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

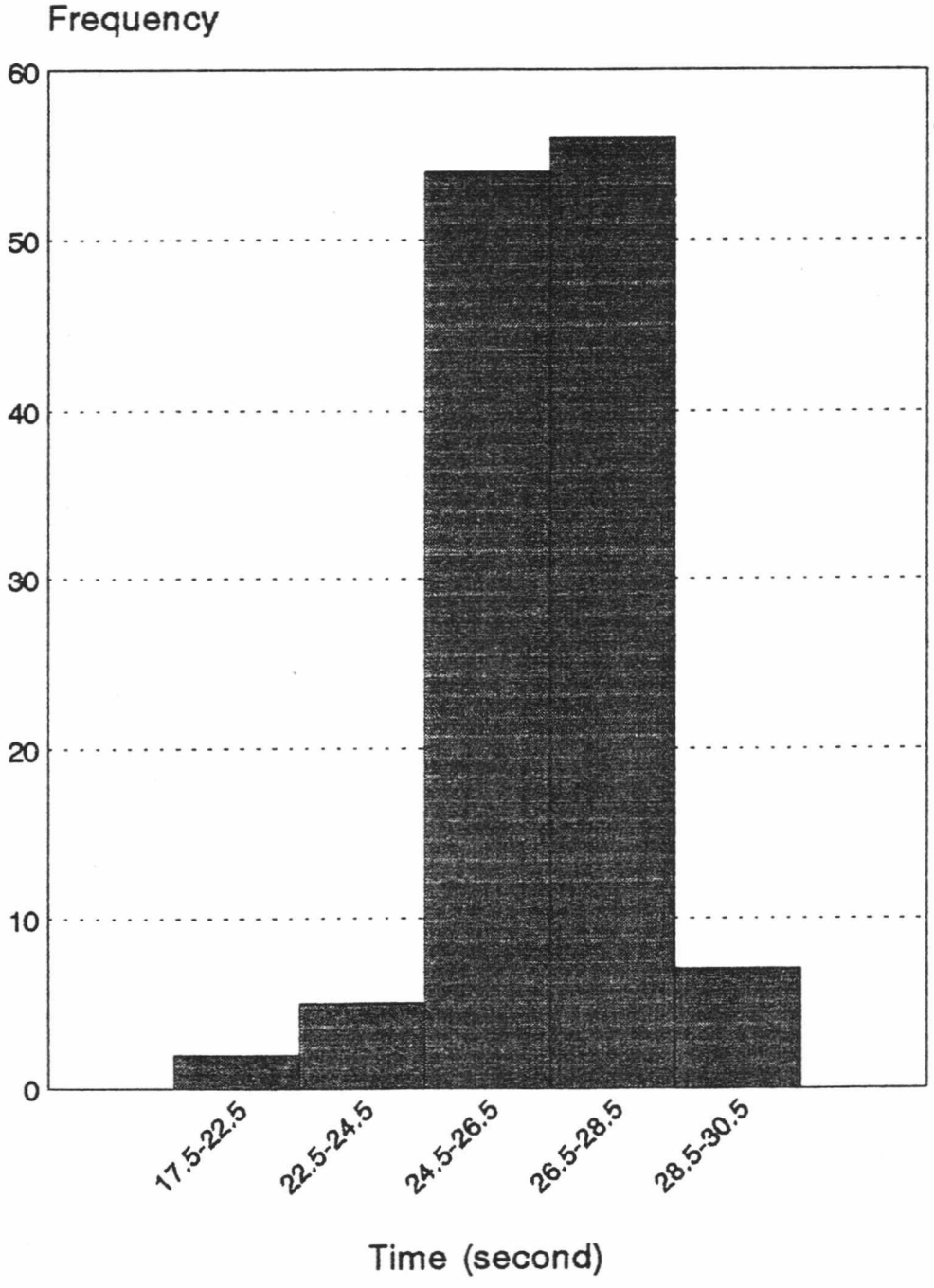
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | $\lvert F(x)-S(x) \rvert$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 17.5 - 22.5 | 2 | 0.0161 | 0.0161 | 0.0048 | 0.0113 |
| 22.5 - 24.5 | 5 | 0.0403 | 0.0564 | 0.0934 | 0.0370 |
| 24.5 - 26.5 | 54 | 0.4354 | 0.4919 | 0.4801 | 0.0118 |
| 26.5 - 28.5 | 56 | 0.4516 | 0.9435 | 0.8888 | 0.0547 |
| 28.5 - 30.5 | 7 | 0.0564 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0547 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.5807 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.5741 วินาที

รูปที่ 4-38 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันทำงานในช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น.



**- ช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.9032 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.6383 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.9032 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.6383 วินาที

ตารางที่ 4-39 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

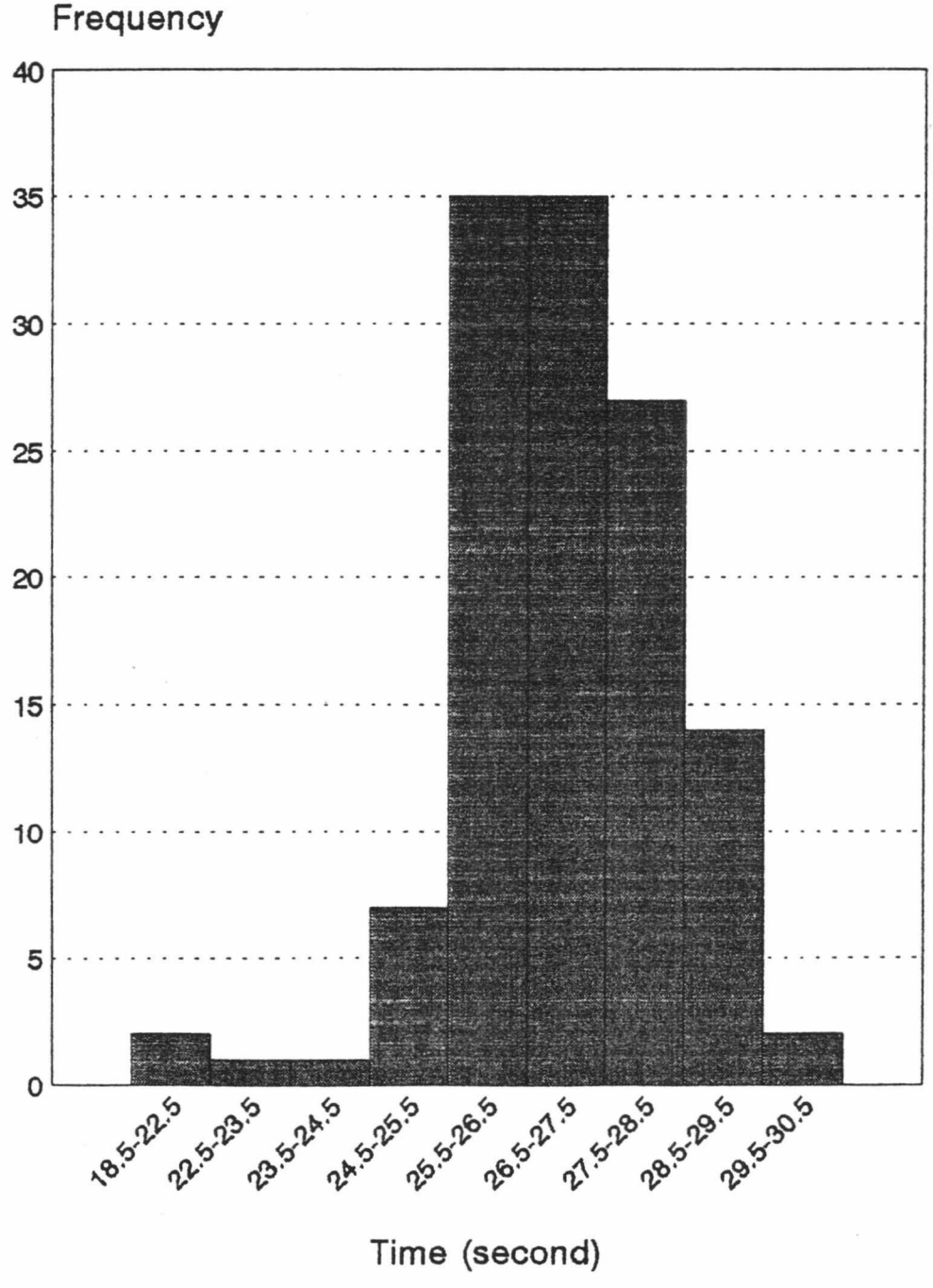
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)-S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 18.5 - 22.5 | 2 | 0.0161 | 0.0161 | 0.0036 | 0.0125 |
| 22.5 - 23.5 | 1 | 0.0080 | 0.0241 | 0.0192 | 0.0049 |
| 23.5 - 24.5 | 1 | 0.0080 | 0.0322 | 0.0722 | 0.0400 |
| 24.5 - 25.5 | 7 | 0.0564 | 0.0837 | 0.1977 | 0.1140 |
| 25.5 - 26.5 | 35 | 0.2822 | 0.3709 | 0.4013 | 0.0304 |
| 26.5 - 27.5 | 35 | 0.2822 | 0.6532 | 0.6406 | 0.0126 |
| 27.5 - 28.5 | 27 | 0.2177 | 0.8709 | 0.8340 | 0.0369 |
| 28.5 - 29.5 | 14 | 0.1129 | 0.9838 | 0.9429 | 0.0409 |
| 29.5 - 30.5 | 2 | 0.0161 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1140 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.9032 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.6383 วินาที

รูปที่ 4-39 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันทำงานในช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น.



**- ช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.9839 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.5964 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.9839 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.5964 วินาที

ตารางที่ 4-40 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

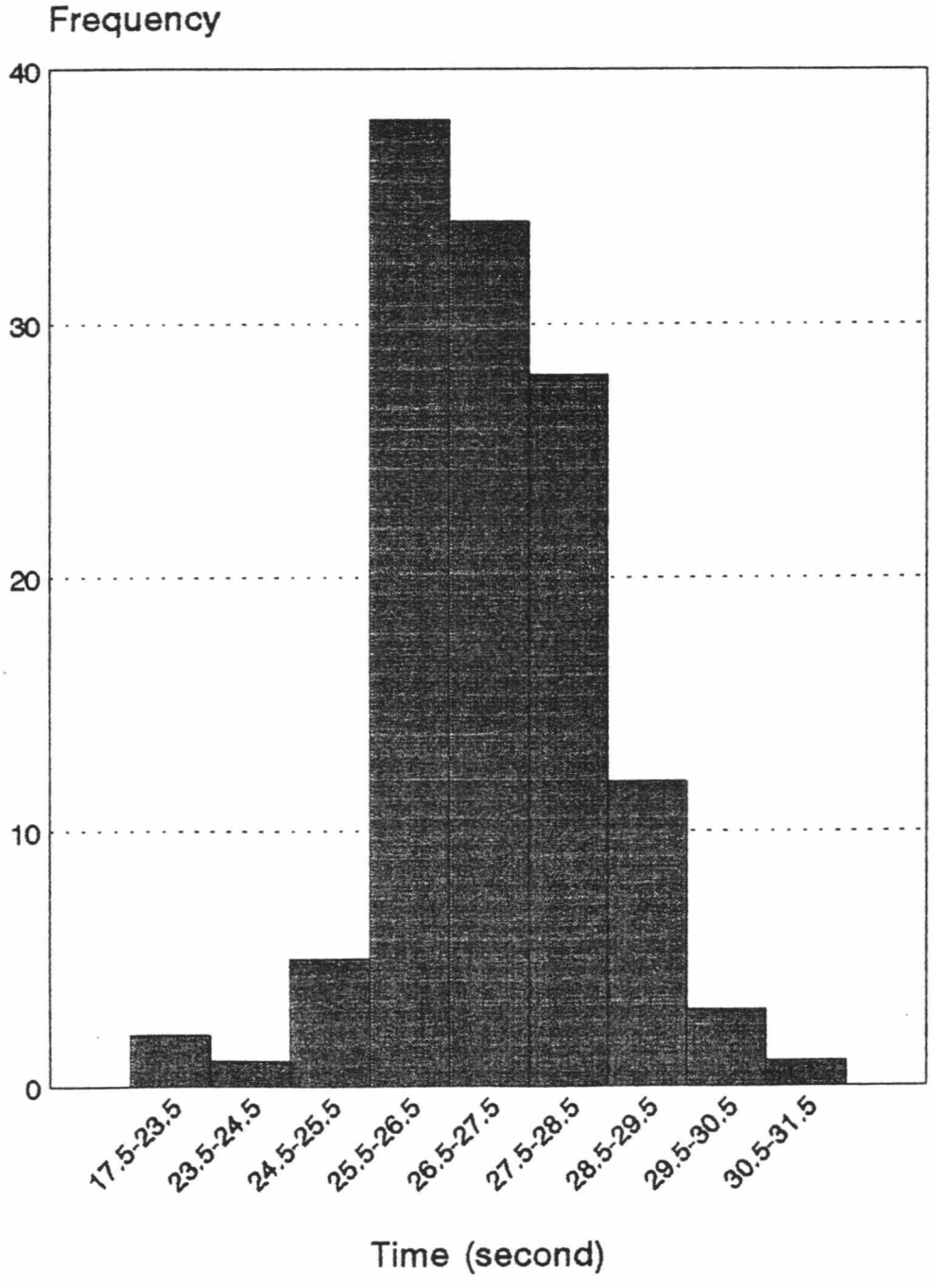
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)-S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 17.5 - 23.5 | 2 | 0.0161 | 0.0161 | 0.0146 | 0.0015 |
| 23.5 - 24.5 | 1 | 0.0080 | 0.0241 | 0.0606 | 0.0365 |
| 24.5 - 25.5 | 5 | 0.0403 | 0.0645 | 0.1788 | 0.1143 |
| 25.5 - 26.5 | 38 | 0.3064 | 0.3709 | 0.3821 | 0.0112 |
| 26.5 - 27.5 | 34 | 0.2741 | 0.6451 | 0.6217 | 0.0234 |
| 27.5 - 28.5 | 38 | 0.2258 | 0.8709 | 0.8289 | 0.0420 |
| 28.5 - 29.5 | 12 | 0.0967 | 0.9677 | 0.9418 | 0.0259 |
| 29.5 - 30.5 | 3 | 0.0241 | 0.9919 | 0.9861 | 0.0058 |
| 30.5 - 31.5 | 1 | 0.0080 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1142 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คนในช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น.ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.9839 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.5964 วินาที

รูปที่ 4-40 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันทำงานในช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น.



**- ช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.8952 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.4855 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.8952 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.4855 วินาที

ตารางที่ 4-41 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

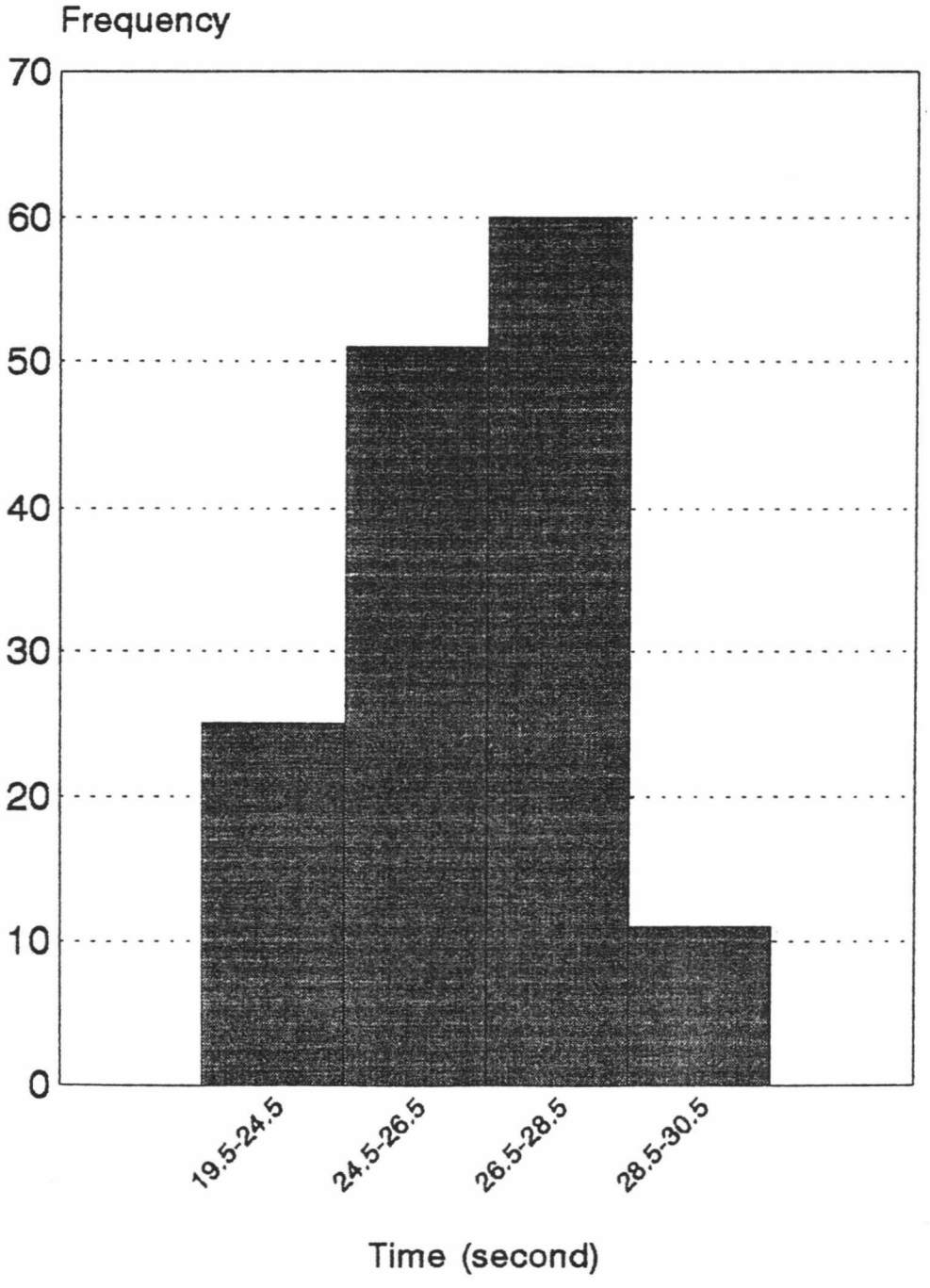
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 19.5 - 24.5 | 25 | 0.0161 | 0.0161 | 0.0537 | 0.0376 |
| 24.5 - 26.5 | 51 | 0.4112 | 0.4274 | 0.3974 | 0.0300 |
| 26.5 - 28.5 | 60 | 0.4838 | 0.9112 | 0.8599 | 0.0513 |
| 28.5 - 30.5 | 11 | 0.0887 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0513 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น.ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.8952 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.4855 วินาที

รูปที่ 4-41 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันทำงานในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น.



**- ช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.8790 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.3713 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.8790 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.3713 วินาที

ตารางที่ 4-42 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

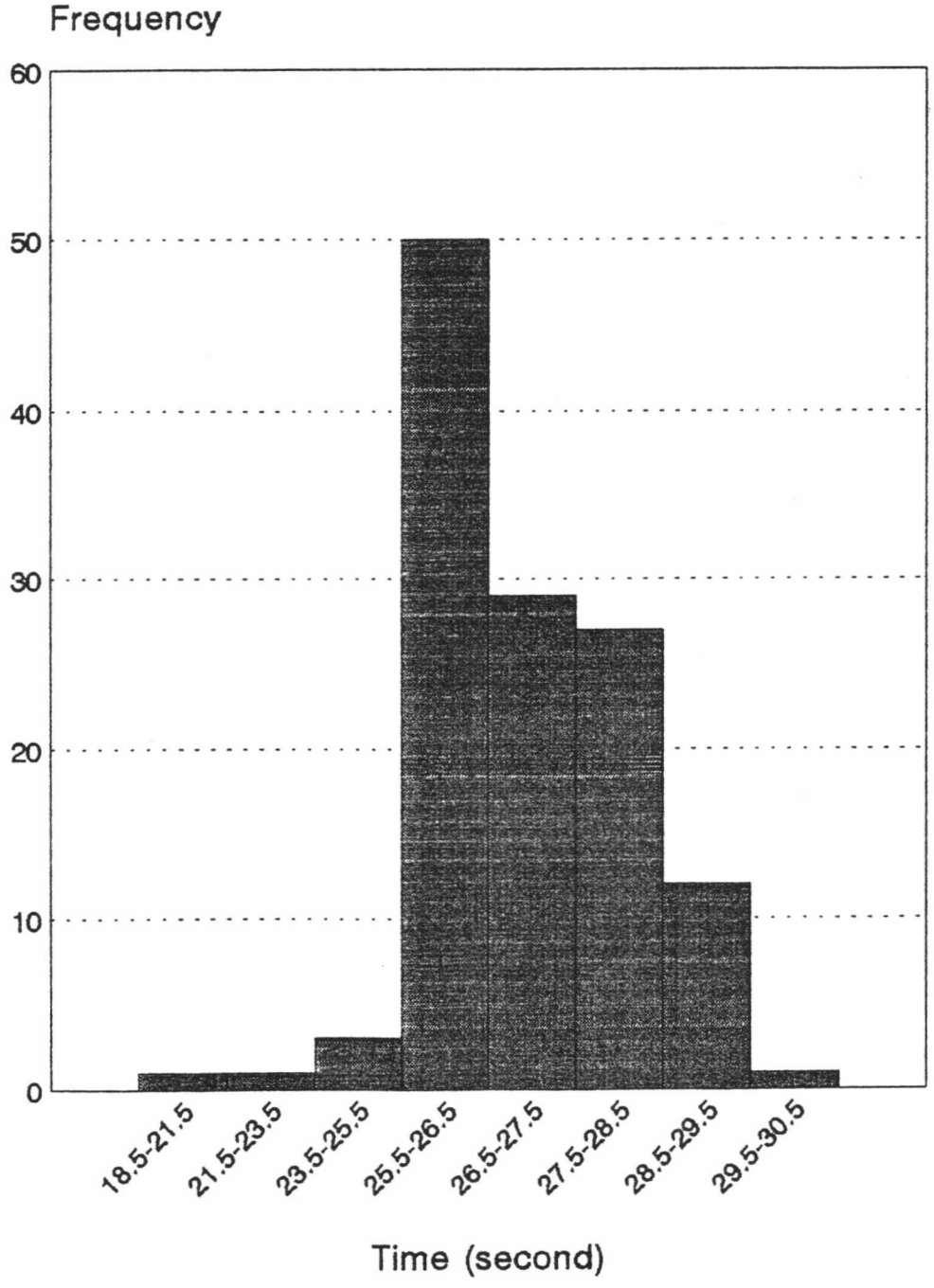
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | $\lvert F(x)-S(x) \rvert$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 18.5 - 21.5 | 1 | 0.0081 | 0.0081 | 0.0000 | 0.0081 |
| 21.5 - 24.5 | 1 | 0.0081 | 0.0161 | 0.0069 | 0.0092 |
| 23.5 - 25.5 | 3 | 0.0242 | 0.0403 | 0.1587 | 0.1184 |
| 25.5 - 26.5 | 50 | 0.4032 | 0.4435 | 0.3936 | 0.0499 |
| 27.5 - 27.5 | 29 | 0.2339 | 0.6774 | 0.6736 | 0.0038 |
| 29.5 - 28.5 | 27 | 0.2177 | 0.8952 | 0.8810 | 0.0142 |
| 28.5 - 29.5 | 12 | 0.0968 | 0.9919 | 0.9719 | 0.0200 |
| 29.5 - 30.5 | 1 | 0.0081 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1184 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.8790 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.3713 วินาที

รูปที่ 4-42 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันทำงานในช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น.



**- ช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.4516 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.2849 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.4516 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.2849 วินาที

ตารางที่ 4-43 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

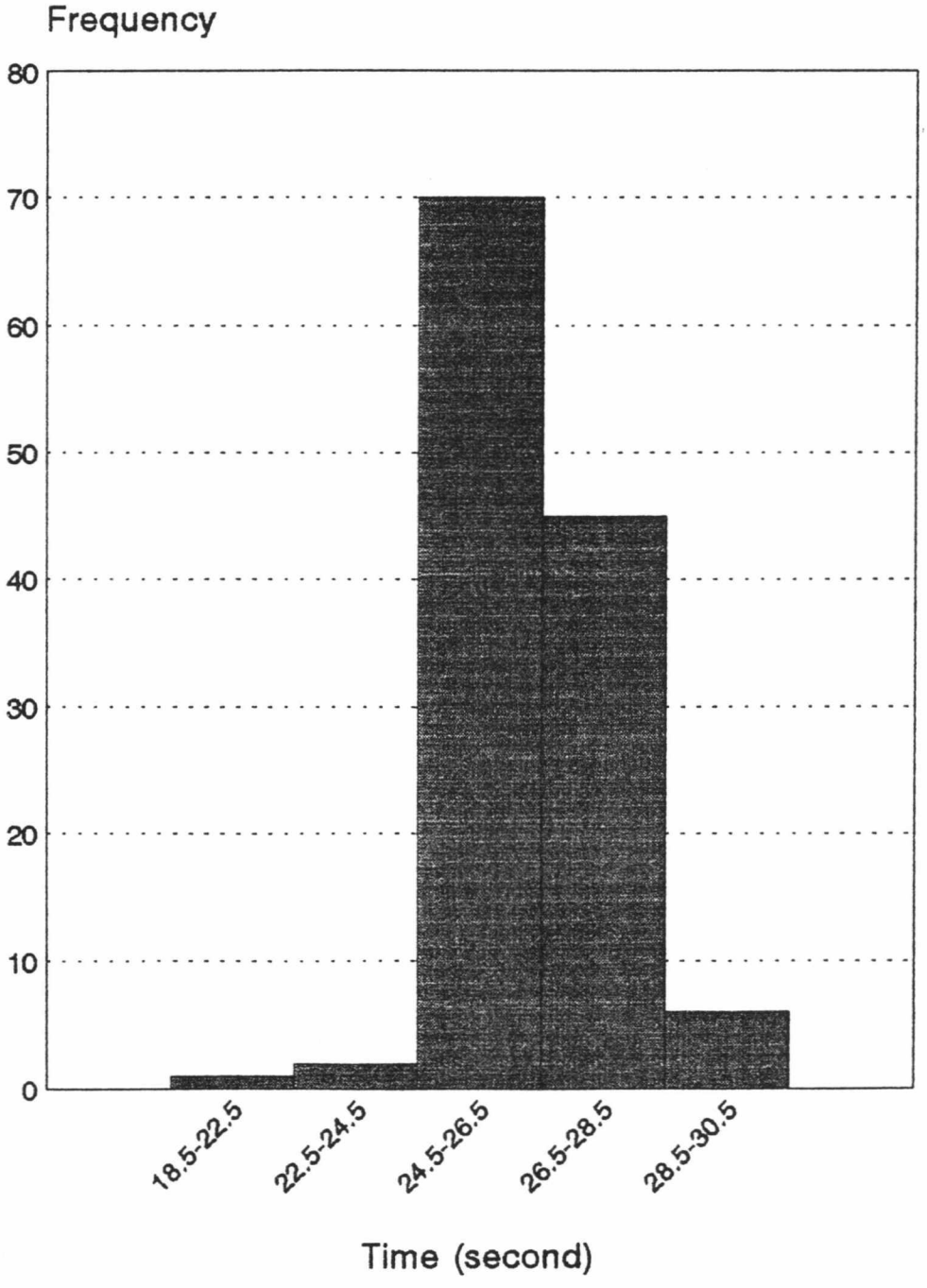
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | $\lvert F(x)-S(x) \rvert$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 18.5 - 22.5 | 1 | 0.0081 | 0.0081 | 0.0011 | 0.0070 |
| 22.5 - 24.5 | 2 | 0.0161 | 0.0242 | 0.0643 | 0.0401 |
| 24.5 - 26.5 | 70 | 0.5645 | 0.5887 | 0.5160 | 0.0727 |
| 26.5 - 28.5 | 45 | 0.3629 | 0.9516 | 0.9441 | 0.0075 |
| 28.5 - 30.5 | 6 | 0.0484 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0727 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.4516 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.2849 วินาที

รูปที่ 4-43 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันทำงานในช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น.



**- ช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 27.1129 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.4658 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น. ของวันทำงานไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 27.1129 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.4658 วินาที

ตารางที่ 4-44 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

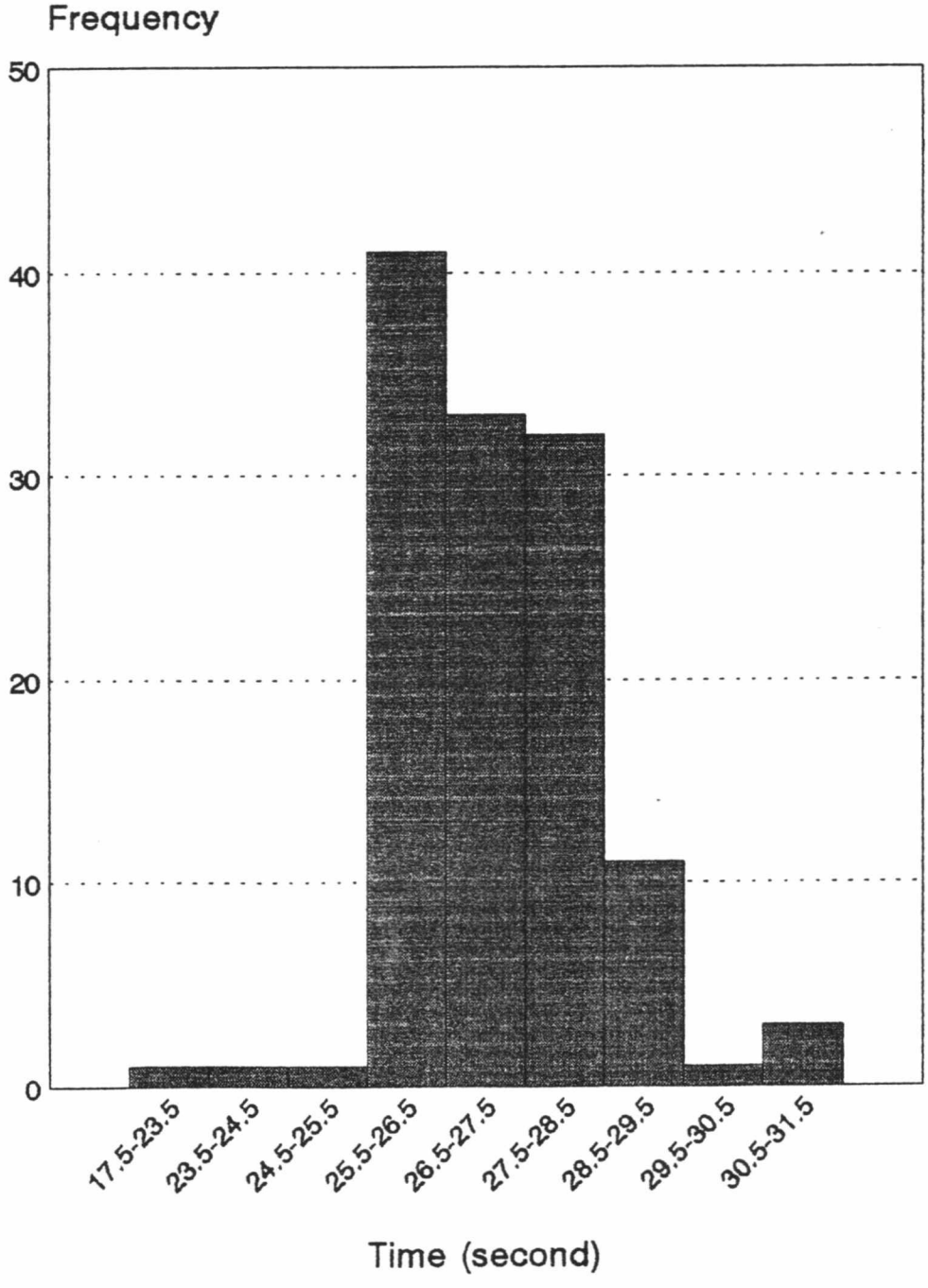
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)-S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 17.5 - 23.5 | 1 | 0.0080 | 0.0080 | 0.0041 | 0.0039 |
| 23.5 - 24.5 | 1 | 0.0080 | 0.0161 | 0.0375 | 0.0214 |
| 24.5 - 25.5 | 1 | 0.0080 | 0.0241 | 0.1357 | 0.1116 |
| 25.5 - 26.5 | 41 | 0.3306 | 0.3548 | 0.3372 | 0.0176 |
| 26.5 - 27.5 | 33 | 0.2661 | 0.6209 | 0.6026 | 0.0183 |
| 27.5 - 28.5 | 32 | 0.2580 | 0.8790 | 0.8264 | 0.0526 |
| 28.5 - 29.5 | 11 | 0.0887 | 0.9677 | 0.9474 | 0.0203 |
| 29.5 - 30.5 | 1 | 0.0080 | 0.9758 | 0.9896 | 0.0138 |
| 30.5 - 31.5 | 3 | 0.0241 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1116 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 27.1129 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.4658 วินาที

รูปที่ 4-44 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันทำงานในช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น.



**- ช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 23.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 23.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.9274 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.5143 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 23.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.9274 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.5143 วินาที

ตารางที่ 4-45 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

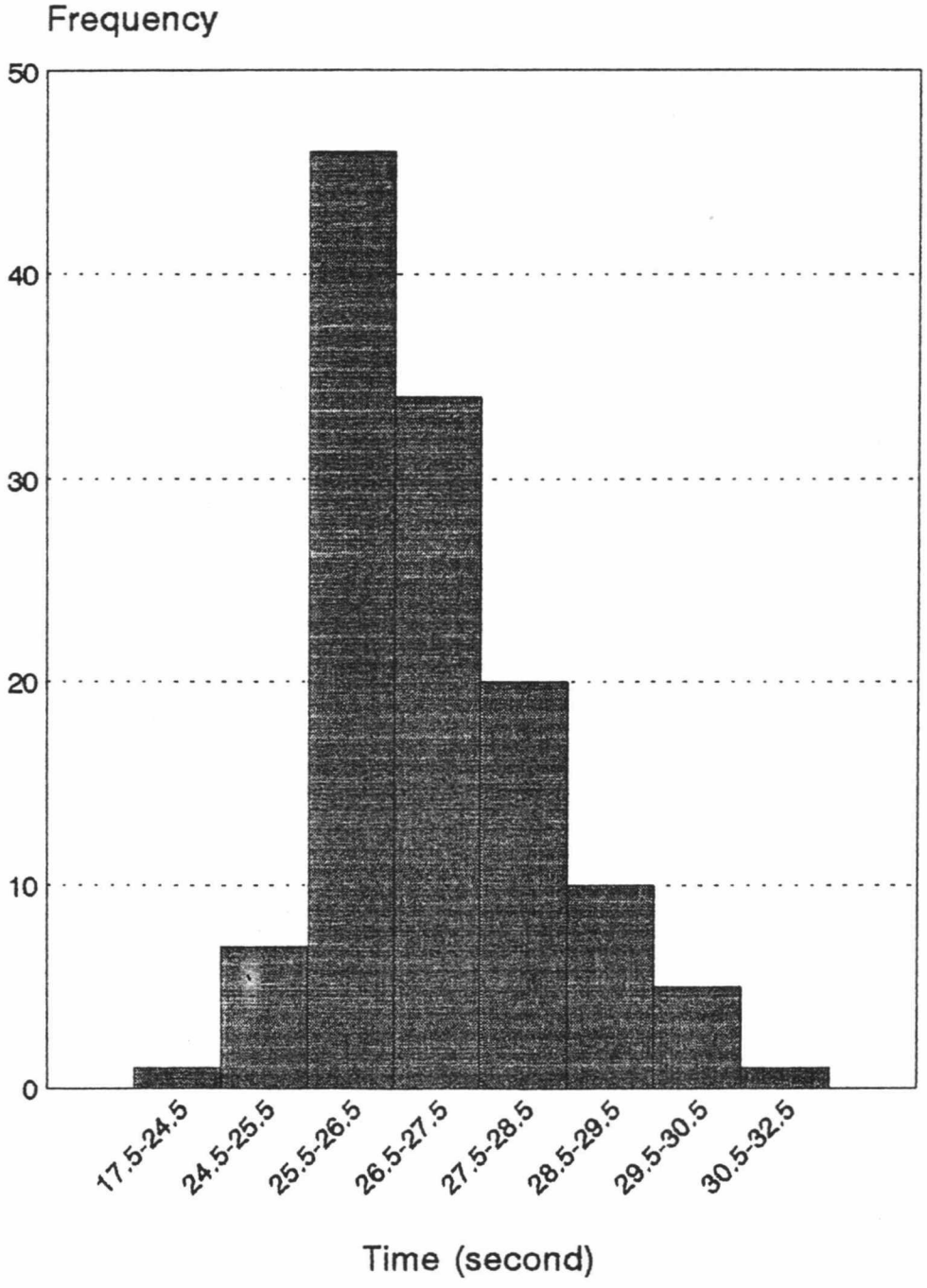
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)-S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 17.5 - 24.5 | 1 | 0.0080 | 0.0080 | 0.0548 | 0.0468 |
| 24.5 - 25.5 | 7 | 0.0564 | 0.0645 | 0.1736 | 0.1091 |
| 25.5 - 26.5 | 46 | 0.3709 | 0.4354 | 0.3897 | 0.0457 |
| 26.5 - 27.5 | 34 | 0.2741 | 0.7096 | 0.6443 | 0.0653 |
| 27.5 - 28.5 | 20 | 0.1612 | 0.8709 | 0.8485 | 0.0224 |
| 28.5 - 29.5 | 10 | 0.0806 | 0.9516 | 0.9545 | 0.0029 |
| 29.5 - 30.5 | 5 | 0.0403 | 0.9919 | 0.9906 | 0.0013 |
| 30.5 - 32.5 | 1 | 0.0080 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 124 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1091 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,124} = 0.1221$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,124}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 23.00 น. ของวันทำงานมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.9274 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.5143 วินาที

รูปที่ 4-45 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันทำงานในช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 23.00 น.



**4.1.2.2 ช่วงวันหยุด**

**- ช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 25.8666 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.4314 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 25.8666 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.4314 วินาที

ตารางที่ 4-46 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

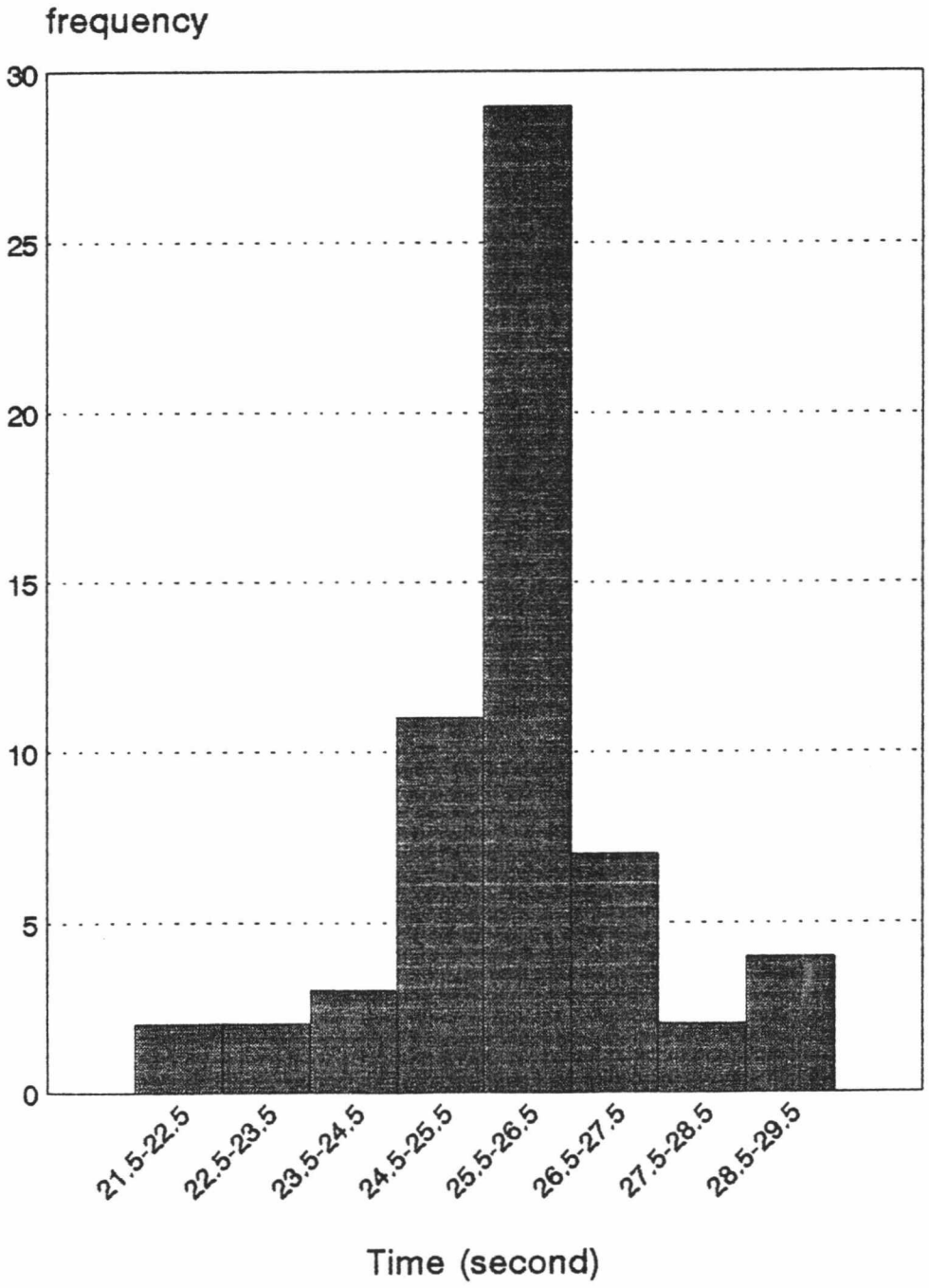
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1 คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 21.5 - 22.5 | 2 | 0.0333 | 0.0333 | 0.0094 | 0.0239 |
| 22.5 - 23.5 | 2 | 0.0333 | 0.0667 | 0.0495 | 0.0172 |
| 23.5 - 24.5 | 3 | 0.0500 | 0.1167 | 0.1711 | 0.0544 |
| 24.5 - 25.5 | 11 | 0.1833 | 0.3000 | 0.4013 | 0.1013 |
| 25.5 - 26.5 | 29 | 0.4833 | 0.7833 | 0.6700 | 0.1133 |
| 26.5 - 27.5 | 7 | 0.1167 | 0.9000 | 0.8729 | 0.0271 |
| 27.5 - 28.5 | 2 | 0.0333 | 0.9333 | 0.9664 | 0.0331 |
| 28.5 - 29.5 | 4 | 0.0667 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1133 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,60}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 25.8666 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.4314 วินาที

รูปที่ 4-46 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันหยุดในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น.



**- ช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 25.5 วินาที และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.3601 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 25.5 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.3601 วินาที

ตารางที่ 4-47 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

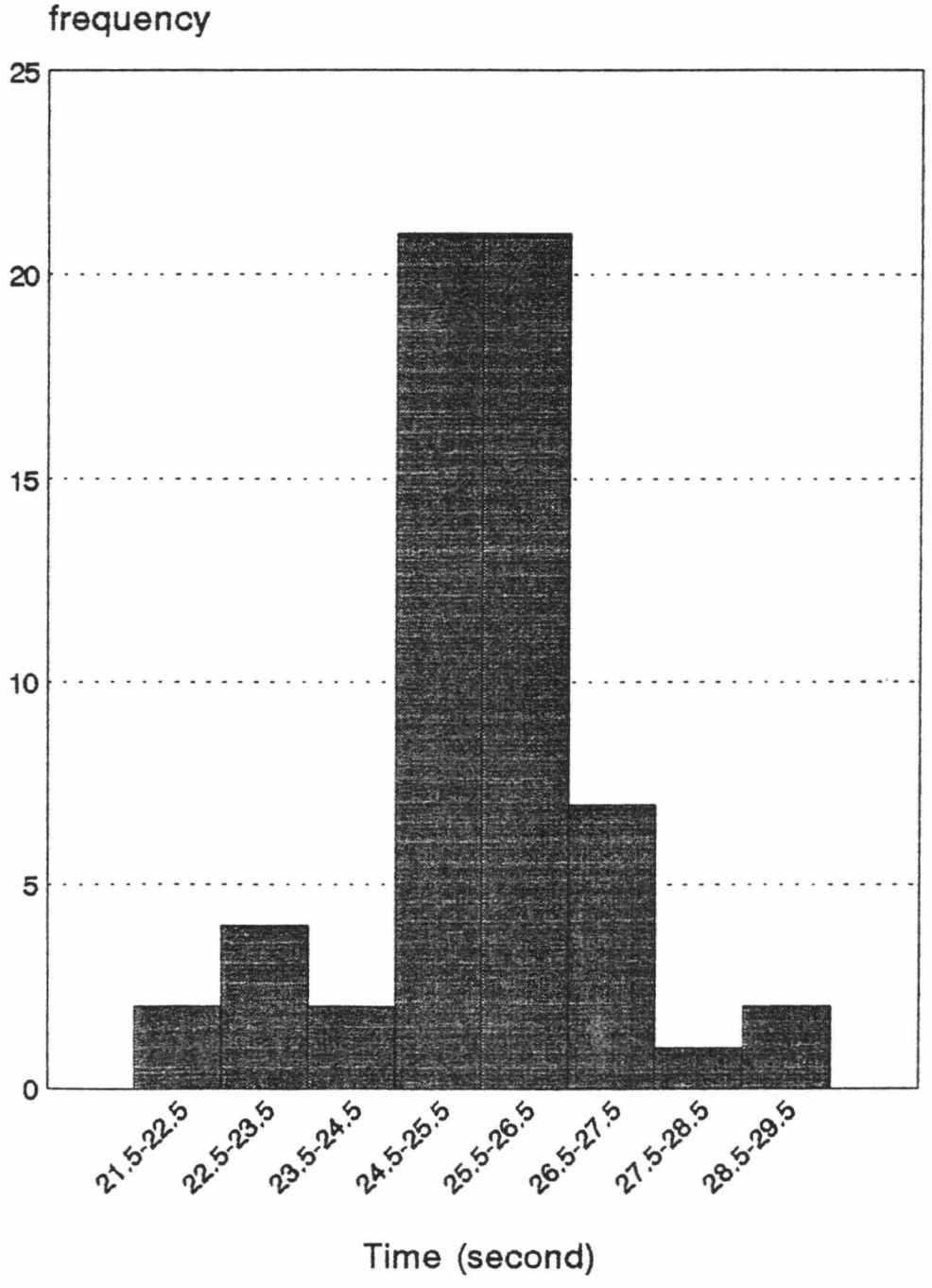
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1 คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 21.5 - 22.5 | 2 | 0.0333 | 0.0333 | 0.0139 | 0.0194 |
| 22.5 - 23.5 | 4 | 0.0667 | 0.1000 | 0.0708 | 0.0292 |
| 23.5 - 24.5 | 2 | 0.0333 | 0.1333 | 0.2327 | 0.0994 |
| 24.5 - 25.5 | 21 | 0.3500 | 0.4833 | 0.5000 | 0.0167 |
| 25.5 - 26.5 | 21 | 0.3500 | 0.8333 | 0.7389 | 0.0944 |
| 26.5 - 27.5 | 7 | 0.1167 | 0.9500 | 0.9292 | 0.0208 |
| 27.5 - 28.5 | 1 | 0.0167 | 0.9667 | 0.9816 | 0.0149 |
| 28.5 - 29.5 | 2 | 0.0333 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0994 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,60}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 25.5 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.3601 วินาที

รูปที่ 4-47 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันหยุดในช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น.



**- ช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 25.7333 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.2092 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 25.7333 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.2092 วินาที

ตารางที่ 4-48 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

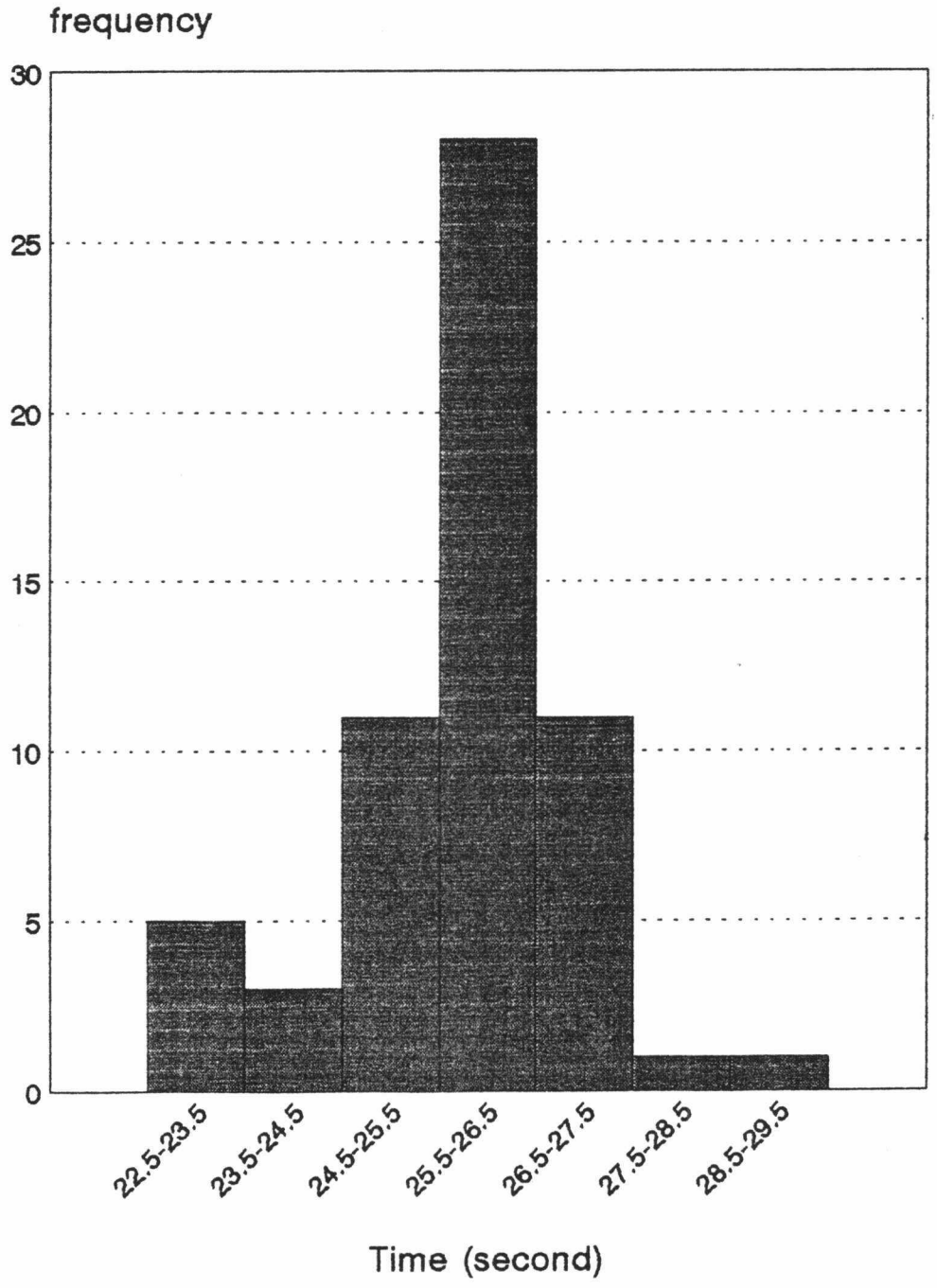
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1 คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | $\lvert F(x)-S(x) \rvert$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 22.5 - 23.5 | 5 | 0.0833 | 0.0833 | 0.0323 | 0.0510 |
| 23.5 - 24.5 | 3 | 0.0500 | 0.1333 | 0.1562 | 0.0229 |
| 24.5 - 25.5 | 11 | 0.1833 | 0.3167 | 0.4245 | 0.1078 |
| 25.5 - 26.5 | 28 | 0.4667 | 0.7833 | 0.7198 | 0.0635 |
| 26.5 - 27.5 | 11 | 0.1833 | 0.9667 | 0.9277 | 0.0390 |
| 27.5 - 28.5 | 1 | 0.0167 | 0.9833 | 0.9886 | 0.0053 |
| 28.5 - 29.5 | 1 | 0.0167 | 1.0000 | 1.0003 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1078 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,60}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 25.7333 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.2092 วินาที

รูปที่ 4-48 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันหยุดในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น.



**- ช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.0667 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.2763 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.0667 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.2763 วินาที

ตารางที่ 4-49 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

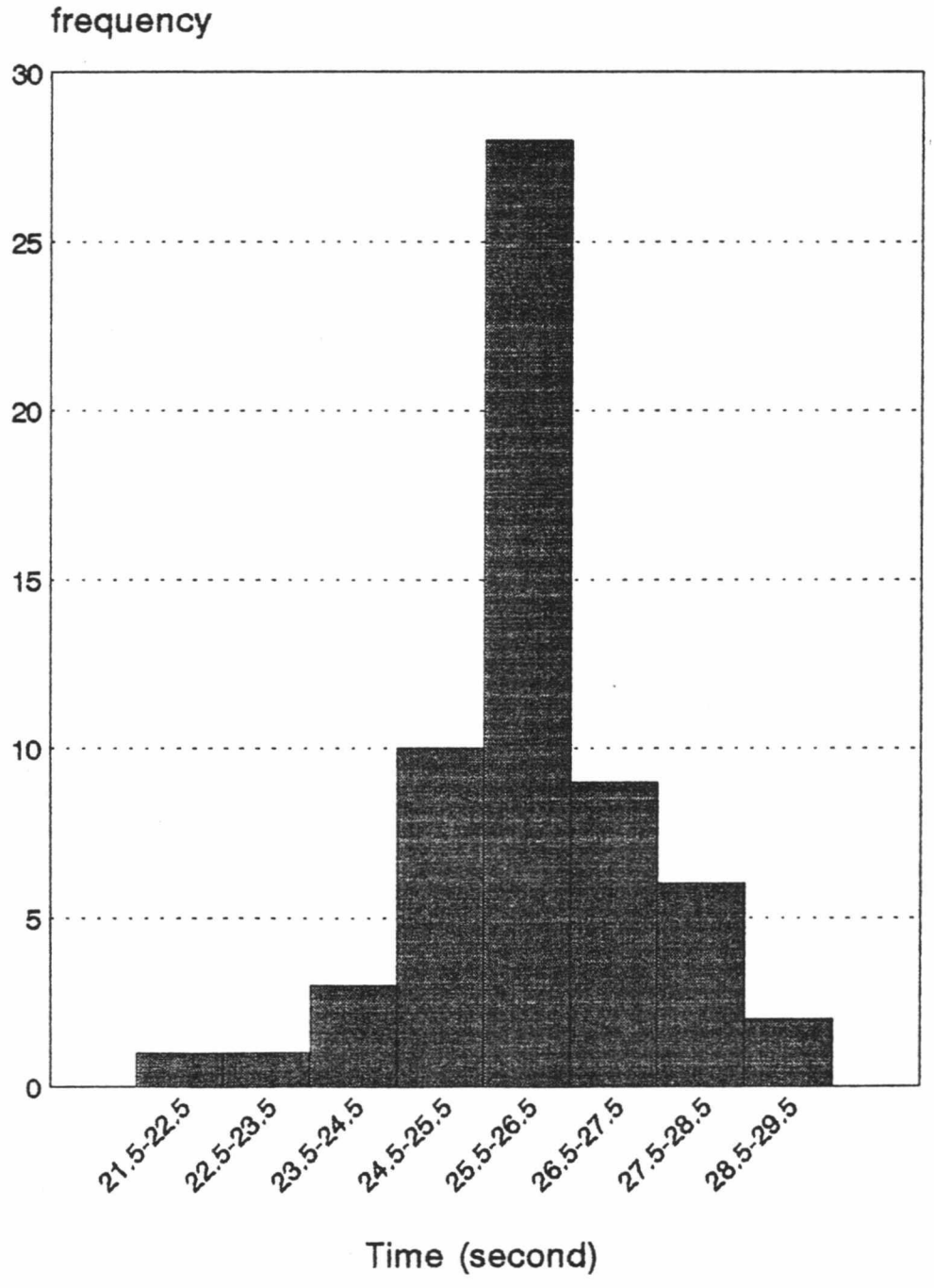
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1 คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 21.5 - 22.5 | 1 | 0.0167 | 0.0167 | 0.0026 | 0.0141 |
| 22.5 - 23.5 | 1 | 0.0167 | 0.0333 | 0.0220 | 0.0113 |
| 23.5 - 24.5 | 3 | 0.0500 | 0.0833 | 0.1112 | 0.0279 |
| 24.5 - 25.5 | 10 | 0.1667 | 0.2500 | 0.3300 | 0.0800 |
| 25.5 - 26.5 | 28 | 0.4667 | 0.7167 | 0.6293 | 0.0874 |
| 26.5 - 27.5 | 9 | 0.1500 | 0.8667 | 0.8686 | 0.0019 |
| 27.5 - 28.5 | 6 | 0.1000 | 0.9667 | 0.9716 | 0.0049 |
| 28.5 - 29.5 | 2 | 0.0333 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0874 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,60}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.0667 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.2763 วินาที

รูปที่ 4-49 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันหยุดในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น.



**- ช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.4333 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.2023 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.4333 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.2023 วินาที

ตารางที่ 4-50 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

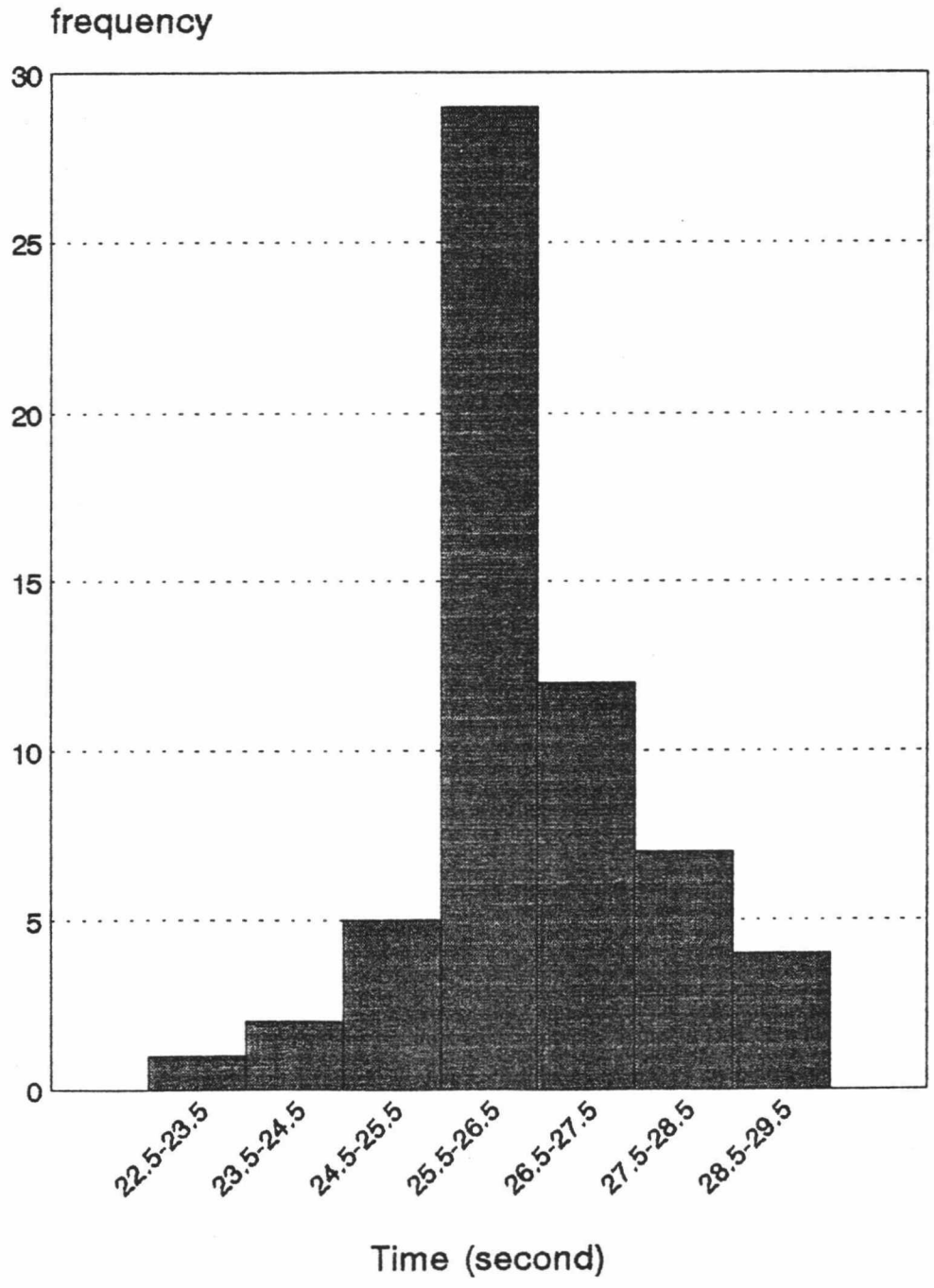
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1 คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 22.5 - 23.5 | 1 | 0.0167 | 0.0167 | 0.0075 | 0.0092 |
| 23.5 - 24.5 | 2 | 0.0333 | 0.0500 | 0.0548 | 0.0048 |
| 24.5 - 25.5 | 5 | 0.0833 | 0.1333 | 0.2206 | 0.0873 |
| 25.5 - 26.5 | 29 | 0.4833 | 0.6167 | 0.5199 | 0.0968 |
| 26.5 - 27.5 | 12 | 0.2000 | 0.8167 | 0.8106 | 0.0061 |
| 27.5 - 28.5 | 7 | 0.1167 | 0.9333 | 0.9564 | 0.0231 |
| 28.5 - 29.5 | 4 | 0.0667 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0967 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,60}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.4333 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.2023 วินาที

รูปที่ 4-50 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันหยุดในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น.



**- ช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.5667 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.2957 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.5667 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.2957 วินาที

ตารางที่ 4-51 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

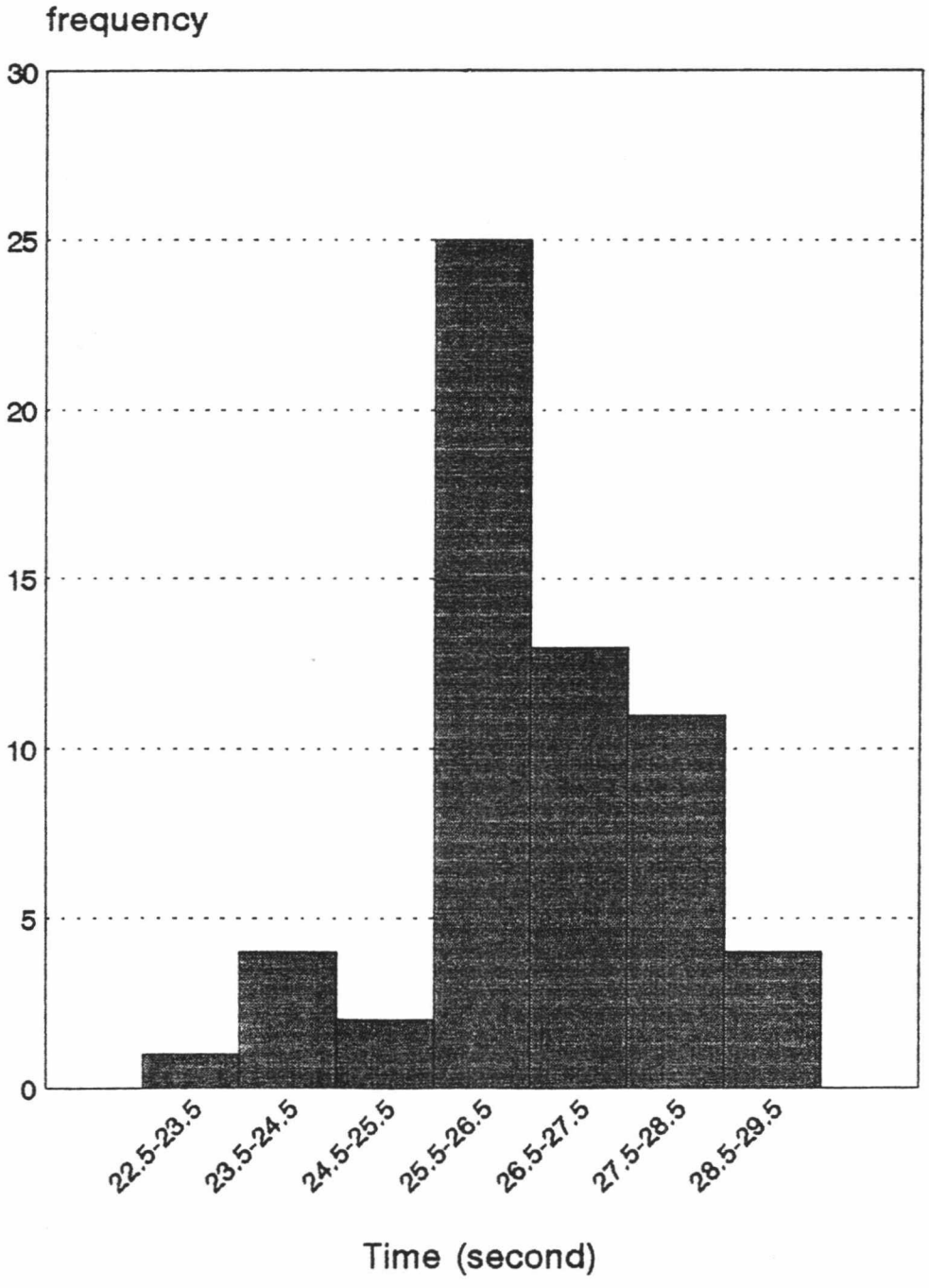
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1 คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | $\lvert F(x)-S(x) \rvert$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 22.5 - 23.5 | 1 | 0.0167 | 0.0167 | 0.0091 | 0.0076 |
| 23.5 - 24.5 | 4 | 0.0667 | 0.0833 | 0.0559 | 0.0274 |
| 24.5 - 25.5 | 2 | 0.0333 | 0.1167 | 0.2061 | 0.0894 |
| 25.5 - 26.5 | 25 | 0.4167 | 0.5333 | 0.4801 | 0.0532 |
| 26.5 - 27.5 | 13 | 0.2167 | 0.7500 | 0.7642 | 0.0142 |
| 27.5 - 28.5 | 11 | 0.1833 | 0.9333 | 0.9319 | 0.0014 |
| 28.5 - 29.5 | 4 | 0.0667 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0894 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,60}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.5667 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.2957 วินาที

รูปที่ 4-51 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันหยุดในช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น.



**- ช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.65 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.3641 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.65 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.3641 วินาที

ตารางที่ 4-52 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

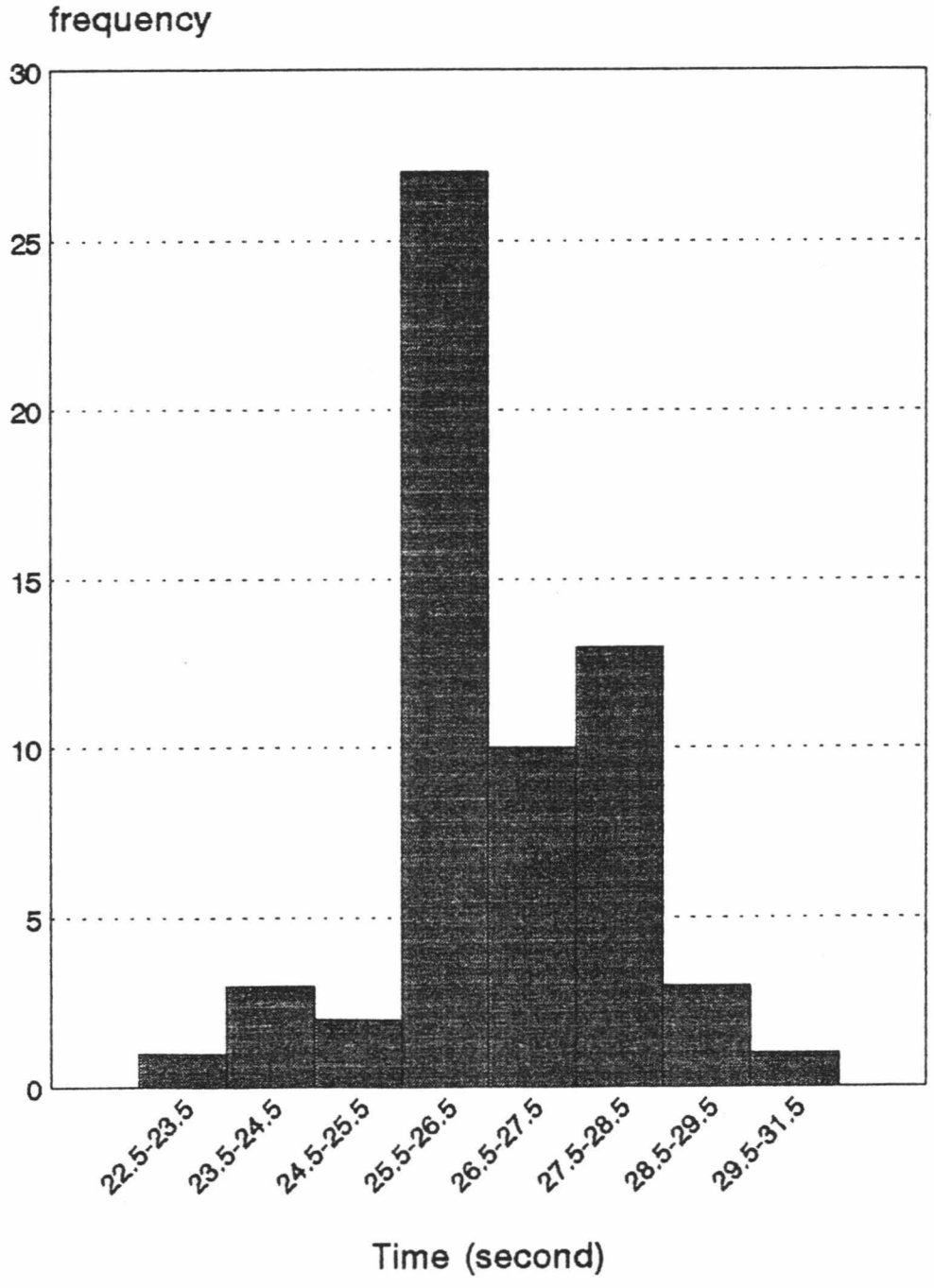
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1 คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)–S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 22.5 - 23.5 | 1 | 0.0167 | 0.0167 | 0.0137 | 0.0030 |
| 23.5 - 24.5 | 3 | 0.0500 | 0.0667 | 0.0582 | 0.0085 |
| 24.5 - 25.5 | 2 | 0.0333 | 0.1000 | 0.2005 | 0.1005 |
| 25.5 - 26.5 | 27 | 0.4500 | 0.5500 | 0.4602 | 0.0898 |
| 26.5 - 27.5 | 10 | 0.1667 | 0.7167 | 0.7324 | 0.0157 |
| 27.5 - 28.5 | 13 | 0.2167 | 0.9333 | 0.9115 | 0.0218 |
| 28.5 - 29.5 | 3 | 0.0500 | 0.9833 | 0.9812 | 0.0021 |
| 29.5 - 31.5 | 1 | 0.0167 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1005 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,60}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.65 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.3641 วินาที

รูปที่ 4-52 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันหยุดในช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น.



**- ช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.2667 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.1954 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.2667 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.1954 วินาที

ตารางที่ 4-53 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

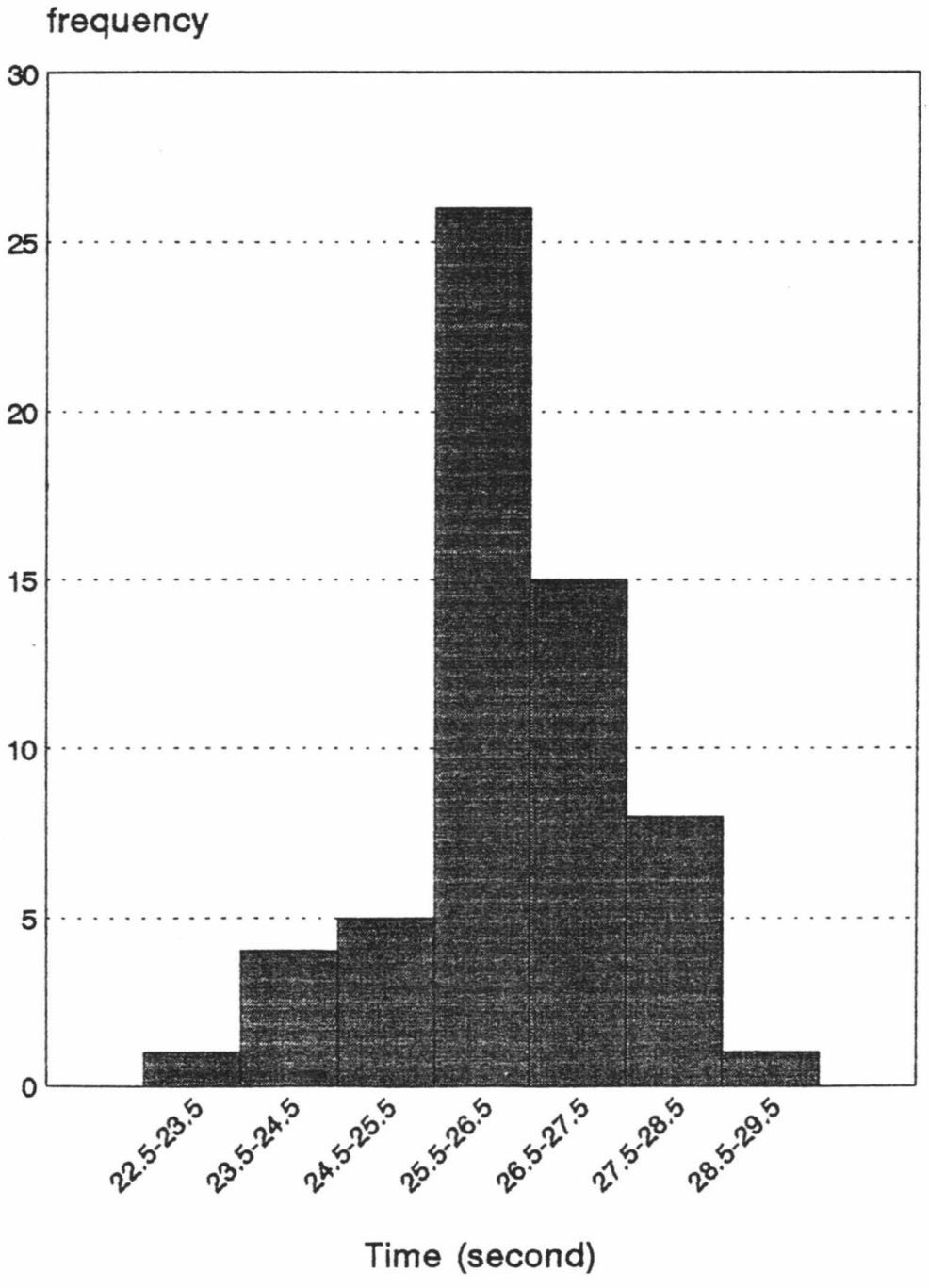
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1 คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 22.5 - 23.5 | 1 | 0.0167 | 0.0167 | 0.0104 | 0.0063 |
| 23.5 - 24.5 | 4 | 0.0667 | 0.0833 | 0.0708 | 0.0125 |
| 24.5 - 25.5 | 5 | 0.0833 | 0.1667 | 0.2611 | 0.0944 |
| 25.5 - 26.5 | 26 | 0.4333 | 0.6000 | 0.5753 | 0.0247 |
| 26.5 - 27.5 | 15 | 0.2500 | 0.8500 | 0.8485 | 0.0015 |
| 27.5 - 28.5 | 8 | 0.1333 | 0.9833 | 0.9686 | 0.0147 |
| 28.5 - 29.5 | 1 | 0.0167 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0944 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,60}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 15.00 น.ถึง 16.00 น.ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.2667 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.1954 วินาที

รูปที่ 4-53 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันหยุดในช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น.



**- ช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.4667 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.2175 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.4667 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.2175 วินาที

ตารางที่ 4-54 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

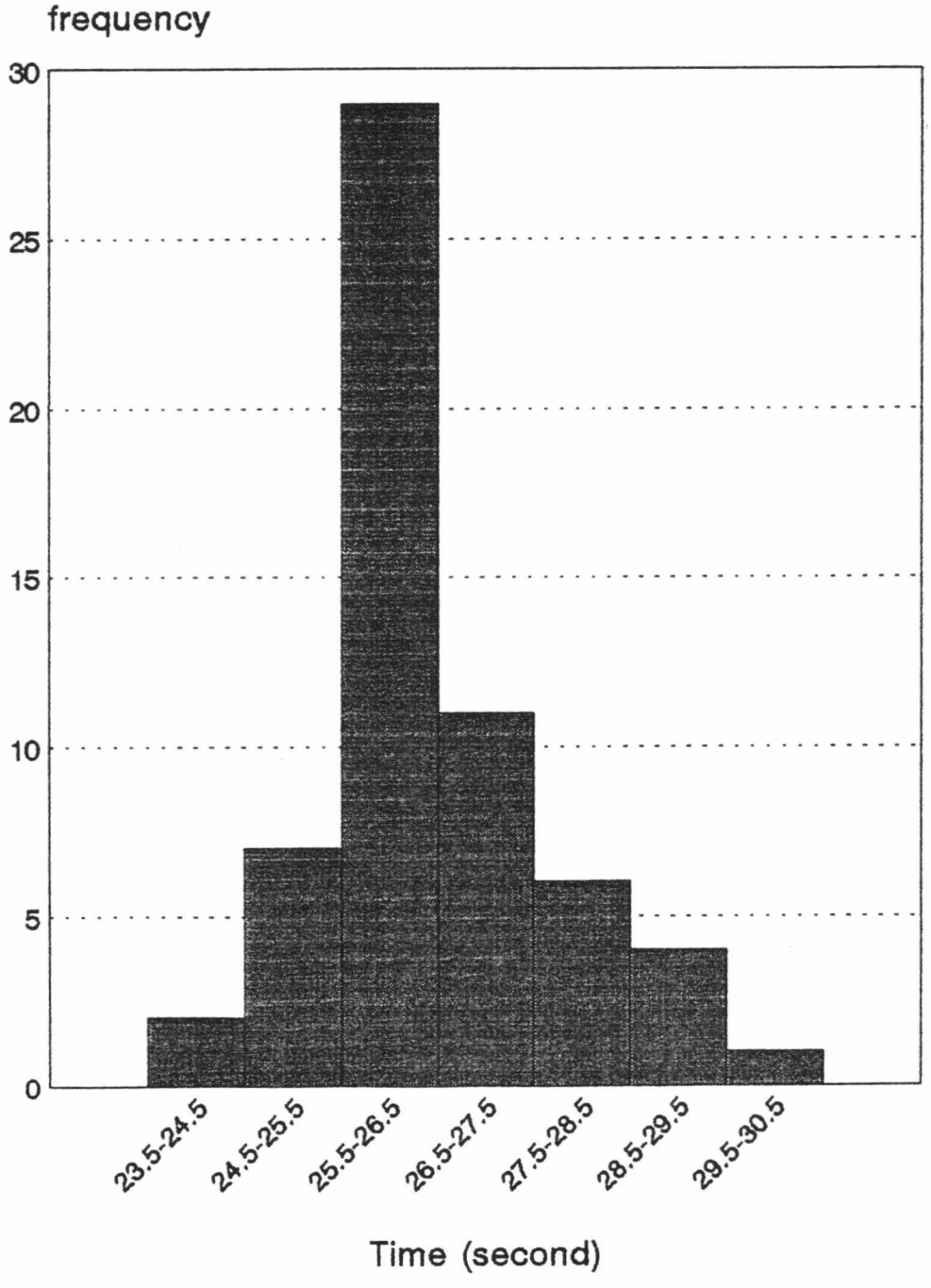
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1 คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 23.5 - 24.5 | 2 | 0.0333 | 0.0333 | 0.0537 | 0.0204 |
| 24.5 - 25.5 | 7 | 0.1167 | 0.1500 | 0.2148 | 0.0648 |
| 25.5 - 26.5 | 29 | 0.4833 | 0.6333 | 0.5080 | 0.1253 |
| 26.5 - 27.5 | 11 | 0.1833 | 0.8167 | 0.7995 | 0.0172 |
| 27.5 - 28.5 | 6 | 0.1000 | 0.9167 | 0.9525 | 0.0358 |
| 28.5 - 29.5 | 4 | 0.0667 | 0.9833 | 0.9936 | 0.0103 |
| 29.5 - 30.5 | 1 | 0.0167 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1253 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,60}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.4667 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.2175 วินาที

รูปที่ 4-54 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันหยุดในช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น.



**- ช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.6833 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.6980 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.6833 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.6980 วินาที

ตารางที่ 4-55 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

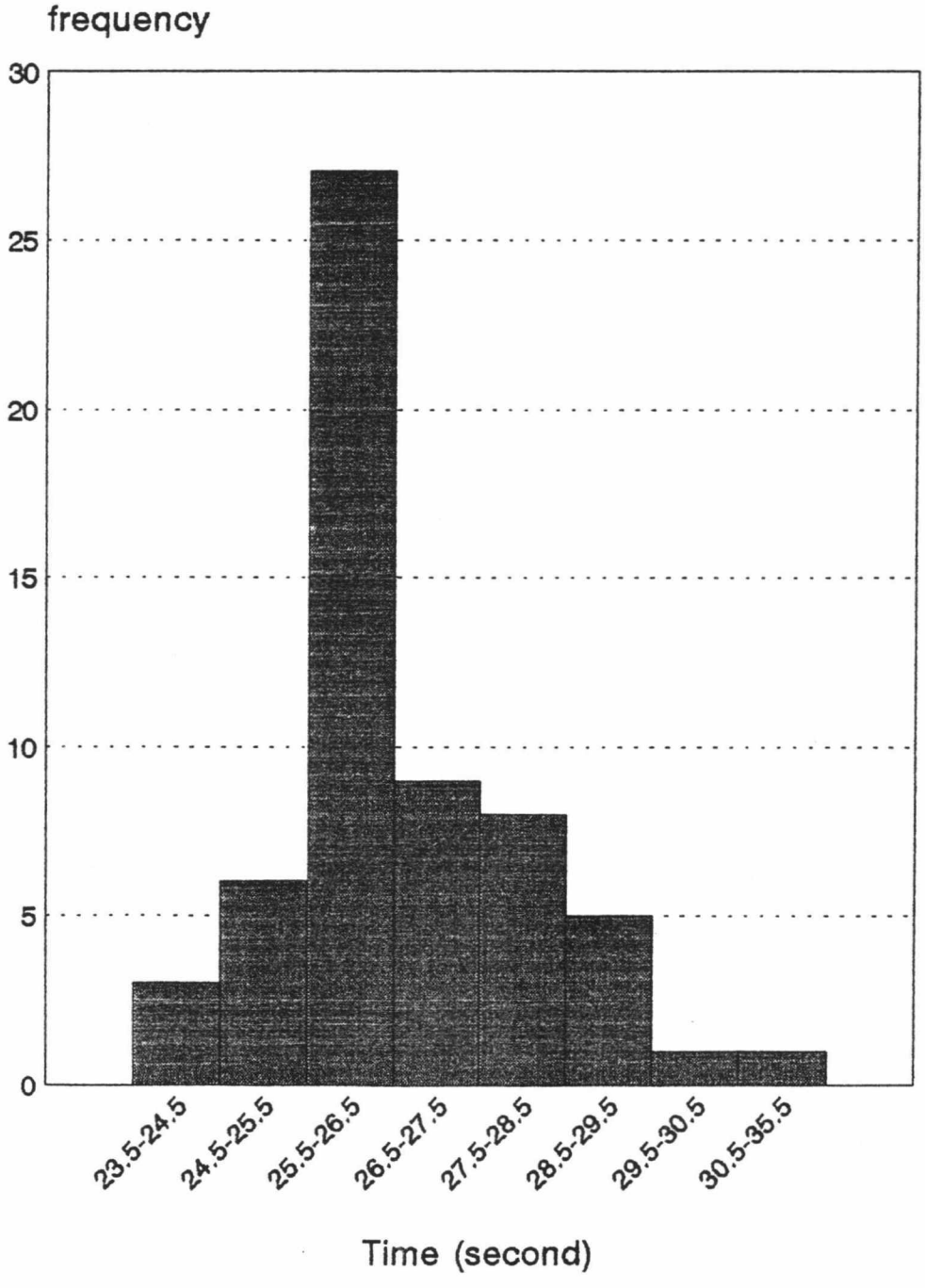
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1 คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 23.5 - 24.5 | 3 | 0.0500 | 0.0500 | 0.0571 | 0.0071 |
| 24.5 - 25.5 | 6 | 0.1000 | 0.1500 | 0.1611 | 0.0111 |
| 25.5 - 26.5 | 27 | 0.4500 | 0.6000 | 0.3446 | 0.2554 |
| 26.5 - 27.5 | 9 | 0.1500 | 0.7500 | 0.5714 | 0.1786 |
| 27.5 - 28.5 | 8 | 0.1333 | 0.8833 | 0.7794 | 0.1039 |
| 28.5 - 29.5 | 5 | 0.0833 | 0.9667 | 0.9131 | 0.0536 |
| 29.5 - 30.5 | 1 | 0.0167 | 0.9833 | 0.9744 | 0.0089 |
| 30.5 - 35.5 | 1 | 0.0167 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.2554 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} > D_{0.05,60}$ จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่า เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.6833 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.6980 วินาที จึงใช้เทคนิคมอนติคาร์โลในการสร้างตัวแปรสุ่ม

รูปที่ 4-55 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันหยุดในช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น.



**- ช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง19.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.5167 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.4317 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.5167 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.4317 วินาที

ตารางที่ 4-56 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

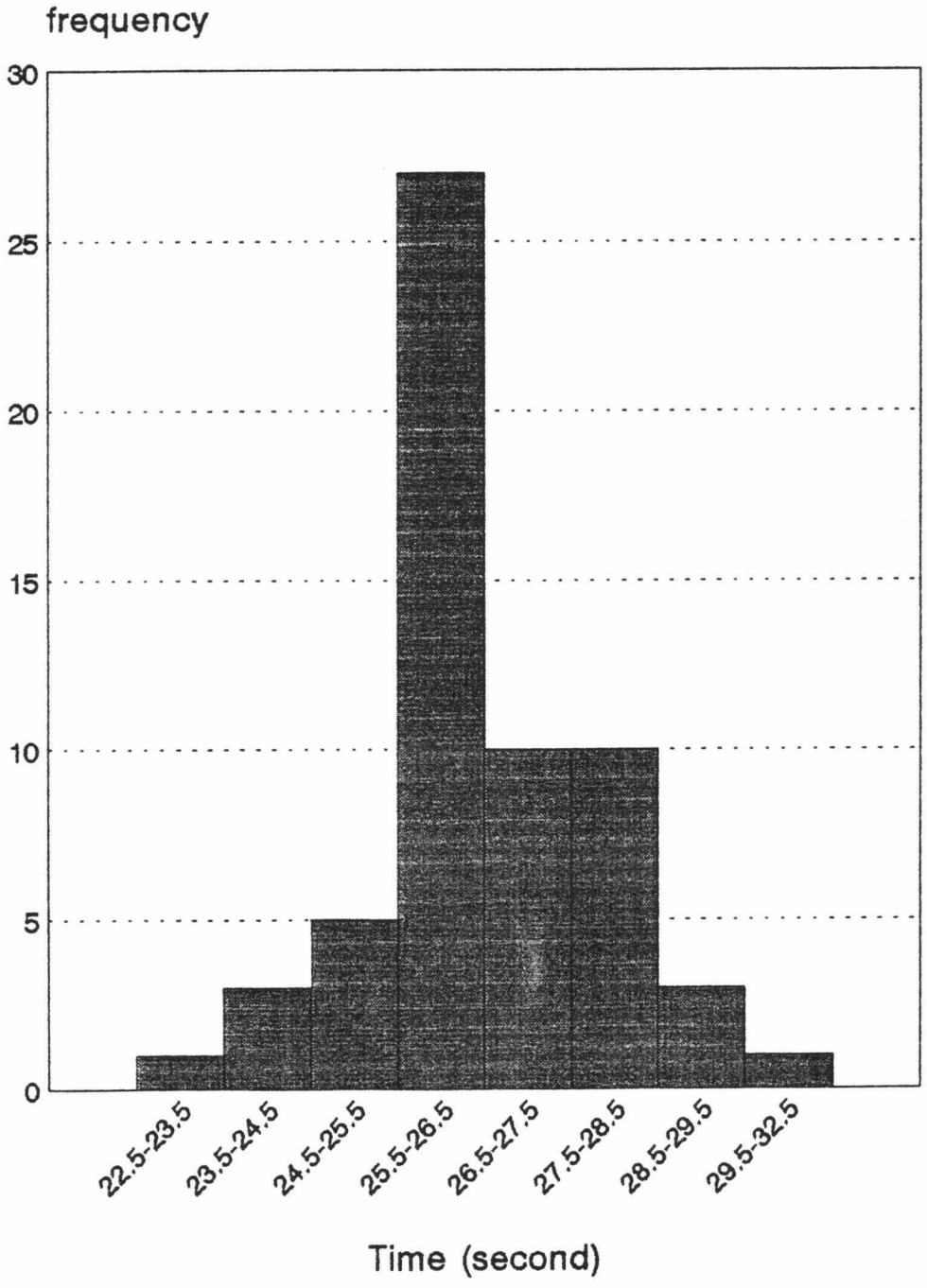
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1 คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | $\lvert F(x)-S(x) \rvert$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 22.5 - 23.5 | 1 | 0.0167 | 0.0167 | 0.0179 | 0.0012 |
| 23.5 - 24.5 | 3 | 0.0500 | 0.0667 | 0.0808 | 0.0141 |
| 24.5 - 25.5 | 5 | 0.0833 | 0.1500 | 0.2389 | 0.0889 |
| 25.5 - 26.5 | 27 | 0.4500 | 0.6000 | 0.4562 | 0.1438 |
| 26.5 - 27.5 | 10 | 0.1667 | 0.7667 | 0.7517 | 0.0150 |
| 27.5 - 28.5 | 10 | 0.1667 | 0.9333 | 0.9162 | 0.0171 |
| 28.5 - 29.5 | 3 | 0.0500 | 0.9833 | 0.9812 | 0.0021 |
| 29.5 - 32.5 | 1 | 0.0167 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1438 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,60}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.5167 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.4317 วินาที

รูปที่ 4-56 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันหยุดในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น.



**- ช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.4667 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.0873 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.4667 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.0873 วินาที

ตารางที่ 4-57 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

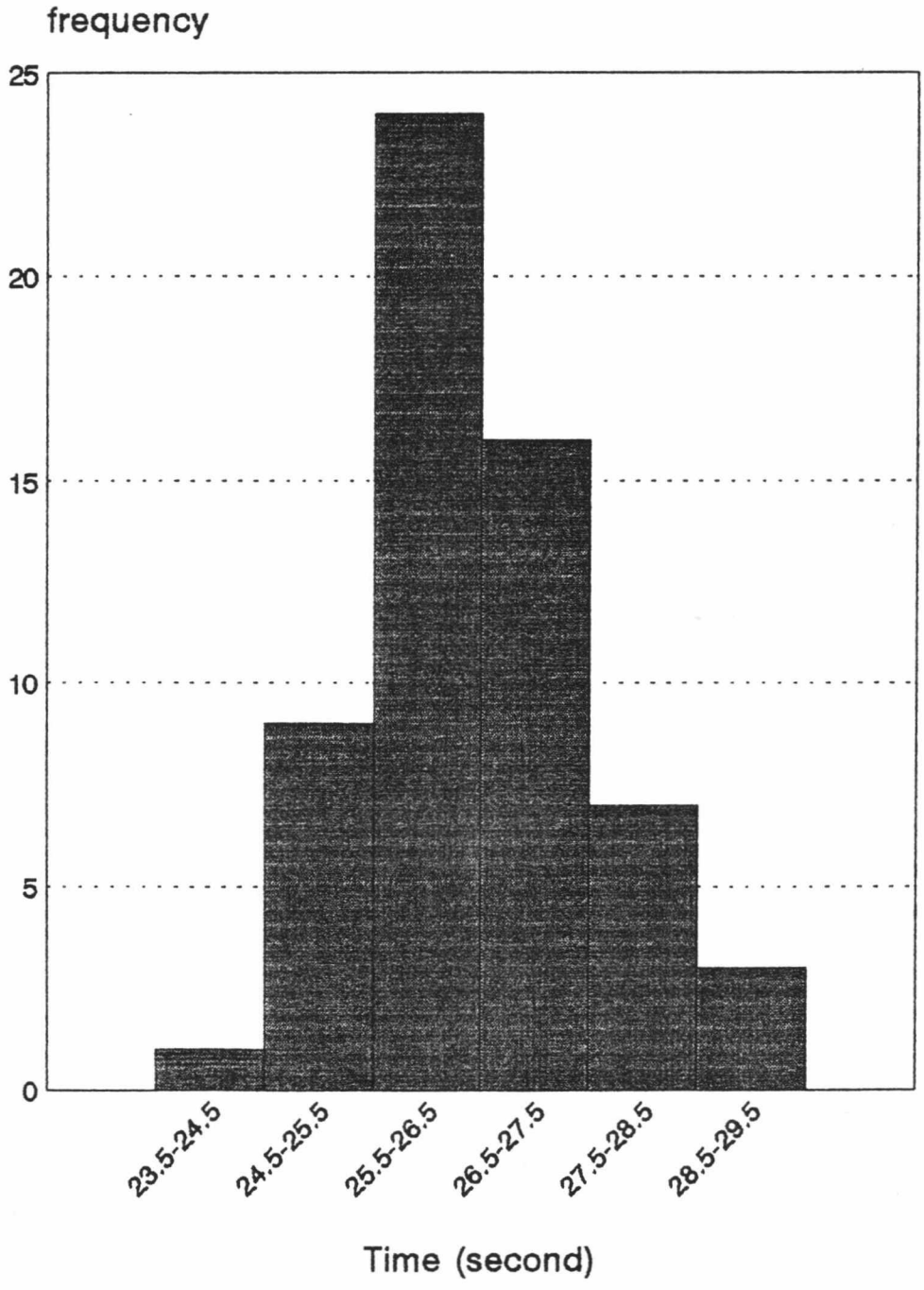
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1 คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 23.5 - 24.5 | 1 | 0.0167 | 0.0167 | 0.0359 | 0.0192 |
| 24.5 - 25.5 | 9 | 0.1500 | 0.1667 | 0.1894 | 0.0227 |
| 25.5 - 26.5 | 24 | 0.4000 | 0.5667 | 0.5210 | 0.0457 |
| 26.5 - 27.5 | 16 | 0.2667 | 0.8333 | 0.8289 | 0.0044 |
| 27.5 - 28.5 | 7 | 0.1167 | 0.9500 | 0.9693 | 0.0193 |
| 28.5 - 29.5 | 3 | 0.0500 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0547 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,60}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.4667 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.0873 วินาที

รูปที่ 4-57 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันหยุดในช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น.



**- ช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.4667 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.0873 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.4667 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.0873 วินาที

ตารางที่ 4-58 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

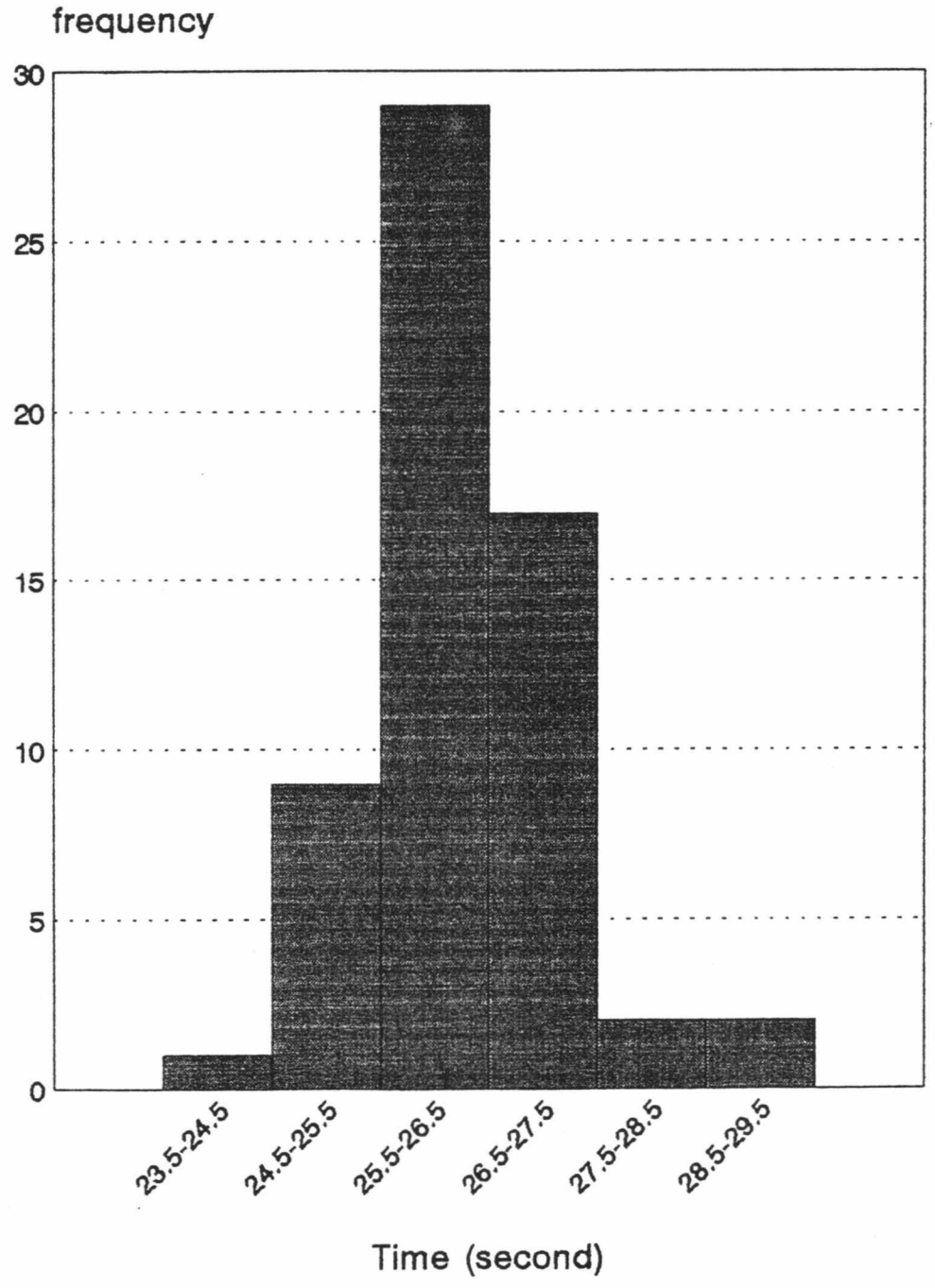
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1 คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | \|F(x)−S(x)\| |
|---|---|---|---|---|---|
| 23.5 - 24.5 | 1 | 0.0167 | 0.0167 | 0.0287 | 0.0120 |
| 24.5 - 25.5 | 9 | 0.1500 | 0.1667 | 0.2061 | 0.0394 |
| 25.5 - 26.5 | 29 | 0.4833 | 0.6500 | 0.5987 | 0.0513 |
| 26.5 - 27.5 | 17 | 0.2833 | 0.9333 | 0.9082 | 0.0251 |
| 27.5 - 28.5 | 2 | 0.0333 | 0.9667 | 0.9918 | 0.0251 |
| 28.5 - 29.5 | 2 | 0.0333 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.0513 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,60}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.4667 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.0873 วินาที

รูปที่ 4-58 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันหยุดในช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น.



**- ช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.7 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.1874 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.7 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.1874 วินาที

ตารางที่ 4-59 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

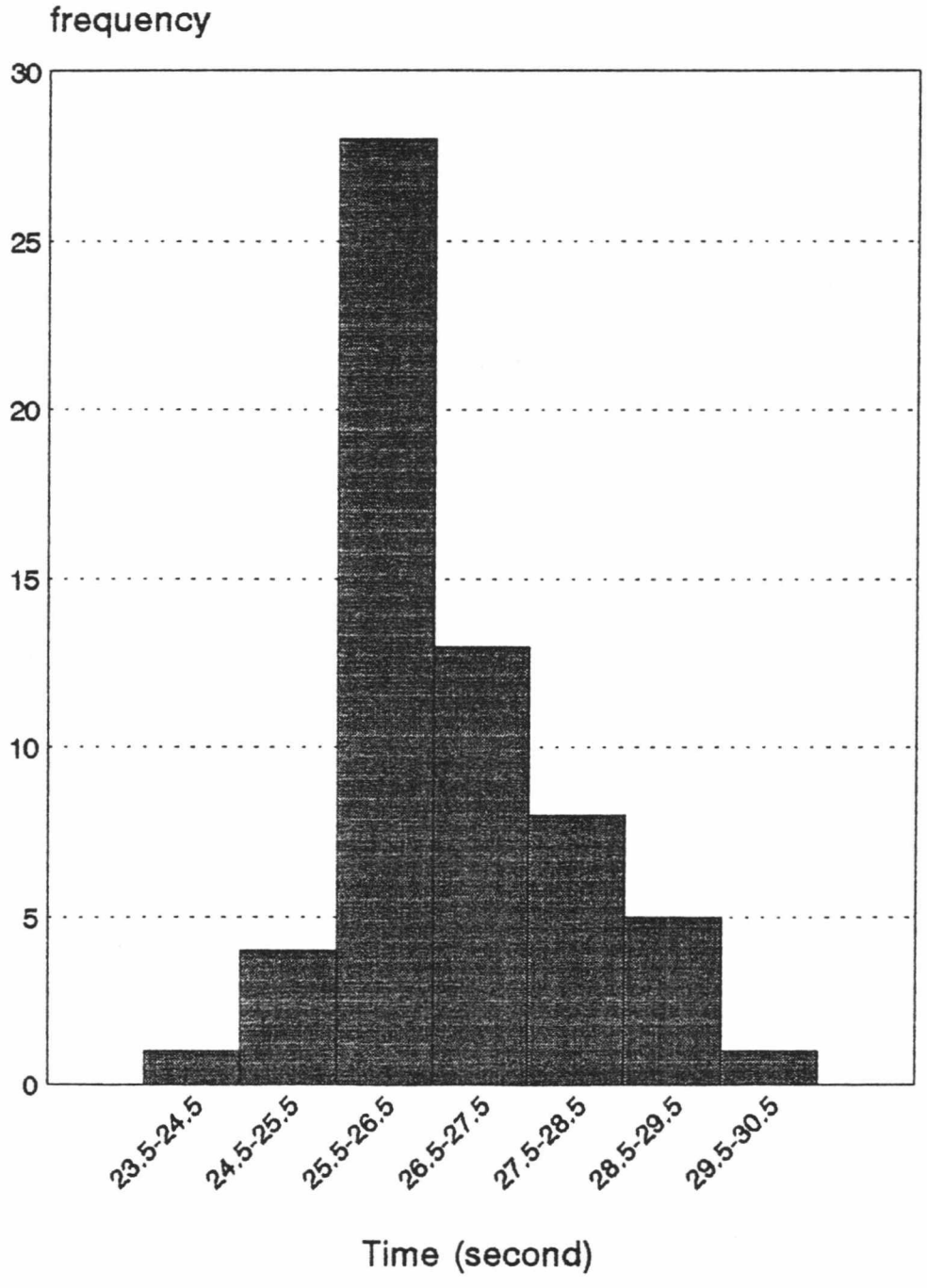
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1 คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | $\lvert F(x)-S(x) \rvert$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 23.5 - 24.5 | 1 | 0.0167 | 0.0167 | 0.0322 | 0.0155 |
| 24.5 - 25.5 | 4 | 0.0667 | 0.0833 | 0.1562 | 0.0729 |
| 25.5 - 26.5 | 28 | 0.4667 | 0.5500 | 0.4364 | 0.1136 |
| 26.5 - 27.5 | 13 | 0.2167 | 0.7667 | 0.7486 | 0.0181 |
| 27.5 - 28.5 | 8 | 0.1333 | 0.9000 | 0.9345 | 0.0345 |
| 28.5 - 29.5 | 5 | 0.0833 | 0.9833 | 0.9906 | 0.0073 |
| 29.5 - 30.5 | 1 | 0.0167 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1136 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,60}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.7 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.1874 วินาที

รูปที่ 4-59 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันหยุดในช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น.



**- ช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 23.00 น.**

$H_0$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 23.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.3333 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.4568 วินาที

$H_1$ : เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 23.00 น. ของวันหยุดไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.3333 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.4568 วินาที

ตารางที่ 4-60 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

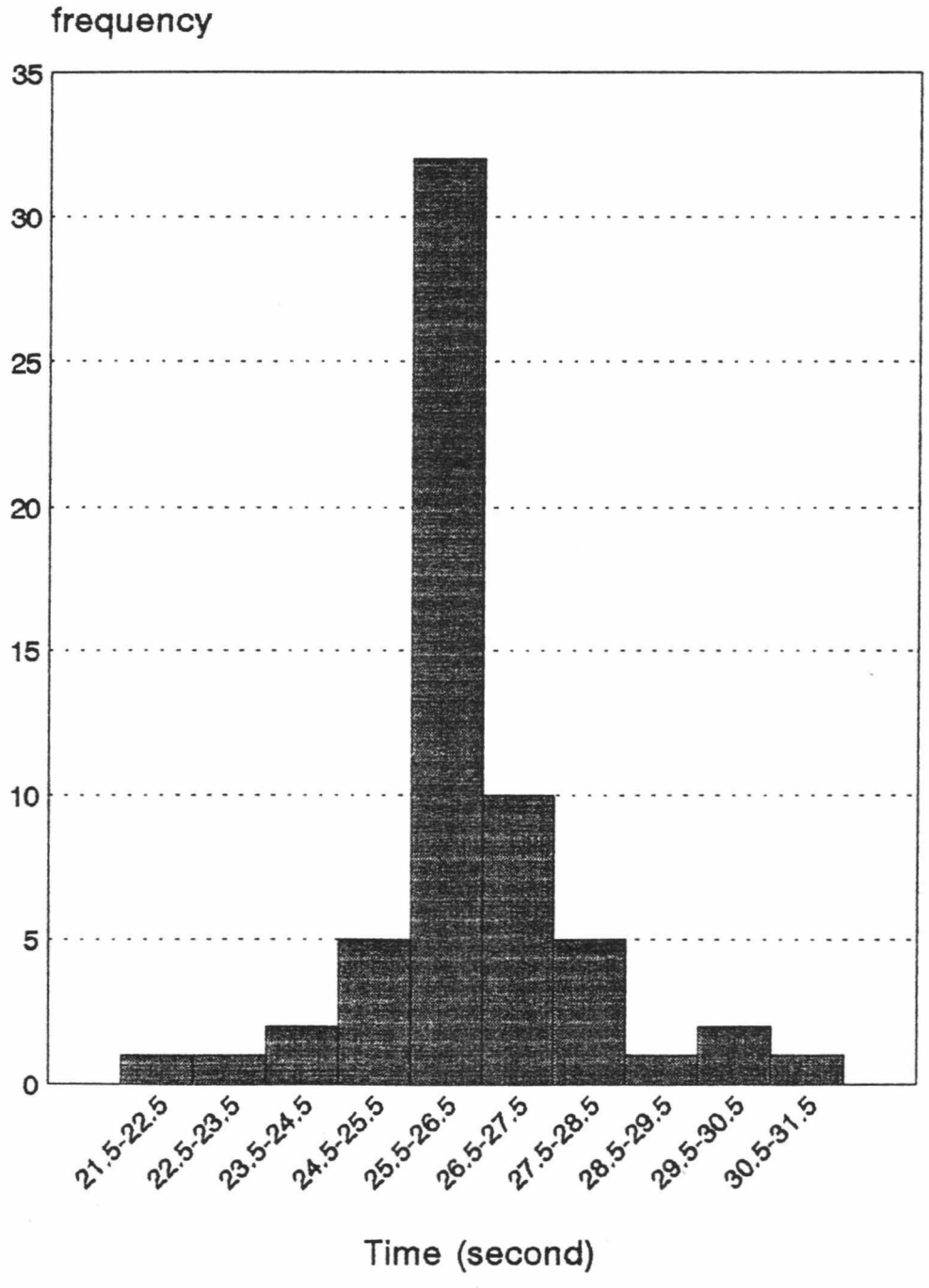
| เวลาให้บริการ/ลูกค้า 1 คน | ความถี่ | P(x) | S(x) | F(x) | $\lvert F(x)-S(x) \rvert$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 21.5 - 22.5 | 1 | 0.0167 | 0.0167 | 0.0043 | 0.0124 |
| 22.5 - 23.5 | 1 | 0.0167 | 0.0333 | 0.0262 | 0.0071 |
| 23.5 - 24.5 | 2 | 0.0333 | 0.0667 | 0.1056 | 0.0389 |
| 24.5 - 25.5 | 5 | 0.0833 | 0.1500 | 0.2843 | 0.1343 |
| 25.5 - 26.5 | 32 | 0.5333 | 0.6833 | 0.5438 | 0.1395 |
| 26.5 - 27.5 | 10 | 0.1667 | 0.8500 | 0.7881 | 0.0619 |
| 27.5 - 28.5 | 5 | 0.0833 | 0.9333 | 0.9306 | 0.0027 |
| 28.5 - 29.5 | 1 | 0.0167 | 0.9500 | 0.9850 | 0.0350 |
| 29.5 - 30.5 | 2 | 0.0333 | 0.9833 | 0.9979 | 0.0146 |
| 30.5 - 31.5 | 1 | 0.0167 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| รวม | 60 | 1.0000 | | | $D_{max}$=0.1395 |

ค่า D จากตาราง คือ $D_{0.05,60} = 0.1756$

ค่า $D_{max} < D_{0.05,60}$ จึงยอมรับสมมติฐานหลัก

นั่นคือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ว่า เวลาที่ให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงเวลา 22.00 น.ถึง 23.00 น. ของวันหยุดมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 26.3333 วินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.4568 วินาที

รูปที่ 4-60 กราฟแสดงการแจกแจงความถี่ของเวลาให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ของวันหยุดในช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 23.00 น.



นำผลจากการทดสอบการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ได้และข้อกำหนดต่าง ๆ ในการให้บริการของบริษัท ฯ เป็นข้อมูลในการสร้างแบบจำลองเพื่อหาจำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสมในแต่ละชั่วโมง โดยข้อกำหนดของแบบจำลองดังนี้ คือ

- สมมติพนักงานที่ให้บริการในแบบจำลองสามารถทำงานได้เต็มที่ตลอดเวลาไม่มีการพักผ่อนในแต่ละชั่วโมง
- กำหนดให้การโทรเข้าสู่ศูนย์บริการเมื่อโทรติดแล้วจะมีเวลารอคอยไม่เกิน 4 วินาที

## 4.2 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์แบบจำลองรูปแบบการให้บริการโทรศัพท์ติดตามตัวของบริษัท ฮัทชิสัน เทเลคอมมิวนิเคชั่นส์ (ประเทศไทย) จำกัด

เมื่อนำผลที่ได้การวิเคราะห์ข้อมูลของทางบริษัท ฯ ไปคำนวณโดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นได้ผลดังนี้

### 4.2.1 ในช่วงวันทำงาน

ตารางที่ 4-61 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 32 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 4,267.5000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 4,233.5000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 1.4991 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 81.0253 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 2.2504 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 97.7495 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 54.9573 |

ตารางที่ 4-62 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 51 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 6,701.0000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 6,652.5000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 1.1128 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 66.6108 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 1.8502 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 98.1497 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 46.3292 |

ตารางที่ 4-63 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 54 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 7,399.0000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 7,347.0000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 1.3445 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 38.3727 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 1.0658 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 98.9341 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 66.4464 |

ตารางที่ 4-64 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 54 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 7,406.5000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 7,345.0000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 2.9111 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 19.5162 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 0.5420 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 99.4579 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 88.6600 |

ตารางที่ 4-65 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 48 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 6,321.5000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 6,275.0000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 1.6707 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 55.4307 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 1.5397 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 98.4602 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 60.0088 |

ตารางที่ 4-66 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 55 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 7419.0000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 7361.5000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 1.7567 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 41.2695 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 1.1463 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 98.8536 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 68.4861 |

ตารางที่ 4-67 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 57 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 7,621.5000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 7,562.5000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 1.9355 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 32.9552 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 0.9153 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 99.0846 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 72.9063 |

ตารางที่ 4-68 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 56 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 7,518.5000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 7,464.0000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 1.3476 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 46.7293 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 1.2980 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 98.7020 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 59.6585 |

ตารางที่ 4-69 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 57 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 7,617.5000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 7,557.5000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 2.0446 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 35.6374 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 0.9898 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 99.0101 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 71.0165 |

ตารางที่ 4-70 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 52 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 6,852.5000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 6,799.5000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 1.6861 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 52.0960 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 1.4470 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 98.5530 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 63.4369 |

ตารางที่ 4-71 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 46 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 6,068.0000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 6,018.5000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 1.7584 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 52.6887 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 1.4635 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 98.5365 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 62.5935 |

ตารางที่ 4-72 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 42 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 5,570.0000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 5,527.5000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 1.5816 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 45.6408 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 1.2677 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 98.7322 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 68.1485 |

ตารางที่ 4-73 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 37 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 4,854.0000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 4,818.0000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 1.5291 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 89.2169 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 2.4780 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 97.5220 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 48.9592 |

ตารางที่ 4-74 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 31 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 3,994.0000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 3,962.0000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 2.0304 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 74.0245 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 2.0560 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 97.9444 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 62.1947 |

ตารางที่ 4-75 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 23.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 25 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 3,081.5000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 3,058.0000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 1.9321 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 163.6318 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 4.5449 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 95.4550 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 46.4467 |

### 4.2.2 ช่วงวันหยุด

ตารางที่ 4-76 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 23 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 2,707.0000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 2,689.5000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 3.1376 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 381.9912 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 10.6079 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 89.3920 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 37.5998 |

ตารางที่ 4-77 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 10.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 27 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 3,641.5000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 3,612.0000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 3.9033 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 116.8280 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 3.2447 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 96.7558 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 65.5842 |

ตารางที่ 4-78 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 37 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 4,533.0000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 4,507.0000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 3.8479 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 265.9210 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 7.3865 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 92.6134 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 42.4306 |

ตารางที่ 4-79 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 36 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 4,540.5000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 4,505.0000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 3.9191 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 202.8104 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 5.6333 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 94.3667 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 54.2667 |

ตารางที่ 4-80 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 31 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 4,075.0000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 4,040.0000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 3.8522 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 93.5604 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 2.5984 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 97.4015 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 71.2613 |

ตารางที่ 4-81 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 14.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 32 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 4,118.5000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 4,083.0000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 2.7744 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 132.4923 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 3.6798 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 96.3201 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 60.7922 |

ตารางที่ 4-82 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 36 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 4,298.5000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 4,264.5000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 3.4650 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 277.2939 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 7.7022 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 92.2977 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 39.7570 |

ตารางที่ 4-83 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 31 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 3,856.5000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 3,829.5000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 2.7149 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 196.6206 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 5.4614 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 94.5385 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 52.8805 |

ตารางที่ 4-84 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 17.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 37 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 4,512.0000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 4,480.0000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 3.1367 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 240.6892 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 6.6856 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 93.3143 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 40.3821 |

ตารางที่ 4-85 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 32 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 4,239.5000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 4,205.5000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 3.2394 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 137.8674 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 3.8292 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 96.1707 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 48.4011 |

ตารางที่ 4-86 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 33 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 4,379.5000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 4,346.5000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 2.7667 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 71.4955 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 1.9859 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 98.0140 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 70.2019 |

ตารางที่ 4-87 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 33 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 4,290.5000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 4,263.0000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 1.8963 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 97.6565 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 2.7125 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 97.2874 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 57.4141 |

ตารางที่ 4-88 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 20.00 น. ถึง 21.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 30 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 4,130.5000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 4,098.0000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 3.1680 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 44.7930 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 1.2441 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 98.7558 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 78.5879 |

ตารางที่ 4-89 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 22.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 26 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 3,413.0000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 3,386.0000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 3.7815 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 77.1885 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 2.1438 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 97.8561 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 73.7413 |

ตารางที่ 4-89 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองในช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 23.00 น.

| | ค่าจากแบบจำลอง |
|---|---|
| จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม (คน) | 22 |
| จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด (คน) | 2,807.5000 |
| จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ (คน) | 2,785.0000 |
| เวลาในการรอคอยของลูกค้าเฉลี่ย (วินาที) | 3.0920 |
| เวลาว่างของพนักงาน/คน (วินาที) | 150.6302 |
| โอกาสที่พนักงานว่าง (%) | 4.6302 |
| โอกาสที่พนักงานทำงาน (%) | 95.8165 |
| โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย (%) | 58.8938 |

สามารถอธิบายผลจากตารางได้ดังนี้

- จำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม คือ จำนวนพนักงานให้บริการที่เพียงพอกับจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการ โดยพนักงานเหล่านี้จะต้องทำงานตลอดเวลา
- จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการทั้งหมด คือ จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการ
- เวลาในการรอคอยของลูกค้าโดยเฉลี่ย คือ เวลารอคอยทั้งหมด/จำนวนลูกค้า
- เวลาว่างของพนักงาน/คน คือ เวลาว่างของพนักงาน/จำนวนพนักงาน
- โอกาสที่พนักงานว่าง คือ เปอร์เซนต์ของเวลาว่างงานของพนักงานใน 1 ชั่วโมง โดยคำนวณจาก (เวลาว่างงานใน 1 ช.ม. / 3600 วินาที)*100
- โอกาสที่พนักงานทำงาน คือ เปอร์เซนต์ของเวลาทำงานของพนักงานใน 1 ชั่วโมง โดยคำนวณจาก (เวลาทำงานใน 1 ช.ม. / 3600 วินาที)*100
- โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย คือ เปอร์เซนต์ที่ลูกค้าจะต้องรอคอยการรับบริการ โดยคำนวณจาก (จำนวนลูกค้าในระบบ / จำนวนลูกค้าในแถวคอย)*100

# บทที่ 5

# สรุปผลการวิเคราะห์แบบจำลอง และข้อเสนอแนะ

## 5.1 ระบบการให้บริการโทรศัพท์ติดตามตัวของ บริษัท ฮัทชิสัน เทเลคอมมิวนิเคชั่นส์ (ประเทศไทย) จำกัด

ผลจากการวิเคราะห์ระบบการทำงานของบริษัทพบว่า ระบบการให้บริการโทรศัพท์ติดตามตัวของบริษัท ฮัทชิสัน เทเลคอมมิวนิเคชั่นส์ (ประเทศไทย) จำกัด ได้มีการร่วมมือกับทางองค์การโทรศัพท์ เมื่อผู้ใช้กดหมายเลขโทรศัพท์ 162 เพื่อใช้บริการฝากข้อความทางองค์การโทรศัพท์ก็จะทำการแปลงหมายเลขดังกล่าว ให้เป็นหมายเลขโทรศัพท์ 7 ตัว (ทางบริษัท ฯ ได้จองหมายเลขเอาไว้จำนวน 300 หมายเลข) เพื่อเข้าสู่ศูนย์รับฝากข้อความของทางบริษัท

ศูนย์รับฝากข้อความของทางบริษัท มีการควบคุมการรับฝากข้อความ โดยเครื่อง ACD (Automatic Call Distribution) ซึ่งเครื่องนี้จะทำหน้าที่รับสัญญาณของผู้ใช้บริการจากทางหมายเลขที่ผ่านชุมสายต่าง ๆ ของทางองค์การโทรศัพท์ เพื่อจัดเรียงสัญญาณที่ได้รับ แล้วจึงส่งสัญญาณไปยังพนักงานรับฝากข้อความที่ว่างอยู่

พนักงานแต่ละคนจะมีช่วงเวลาการทำงานที่ไม่เหมือนกัน โดยทางบริษัทจะกำหนดไว้ว่าพนักงาน ฯ แต่ละคนจะต้องทำงานวันละ 10 ชั่วโมง และจะต้องทำงานในช่วงเวลาเดียวกันนาน 15 วัน จึงจะเปลี่ยนช่วงเวลาการทำงานได้ ดังนั้นจำนวนพนักงานรับฝากข้อความในแต่ละชั่วโมงจะไม่แน่นอนมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอด

## 5.2 สรุปผลการวิเคราะห์ระบบการให้บริการโทรศัพท์ติดตามตัว ของ บริษัท ฮัทชิสัน เทเลคอมมิวนิเคชั่นส์ (ประเทศไทย) จำกัด

จากการวิเคราะห์จำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความ และเวลาที่พนักงานใช้ในการให้บริการโดยเฉลี่ย/พนักงานหนึ่งคนใน 1 ชั่วโมง ในช่วงเวลา8.00 น. ถึง 23.00 น. พบว่าในข้อมูลแต่ละตัวสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง คือช่วงวันทำงาน (วันจันทร์ถึงวันศุกร์) และช่วงวันหยุด (วันหยุดราชการ วันเสาร์และวันอาทิตย์) ซึ่งได้นำมาทำเป็นกราฟเส้นเปรียบเทียบให้เห็นความแตกต่างระหว่างจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้

บริการฝากข้อความในวันทำงานและวันหยุดได้ดังแสดงในรูปที่ 5-1 จะเห็นว่ามีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการในแต่ละชั่วโมงในช่วงวันทำงานและวันหยุด ส่วนเวลาที่พนักงานใช้ในการให้บริการโดยเฉลี่ย/พนักงาน 1 คน ใน 1 ชั่วโมงจะไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างวันทำงานและวันหยุดจึงไม่ได้นำมาทำเป็นกราฟเปรียบเทียบ

นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์หารูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นโดยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ได้ดังนี้

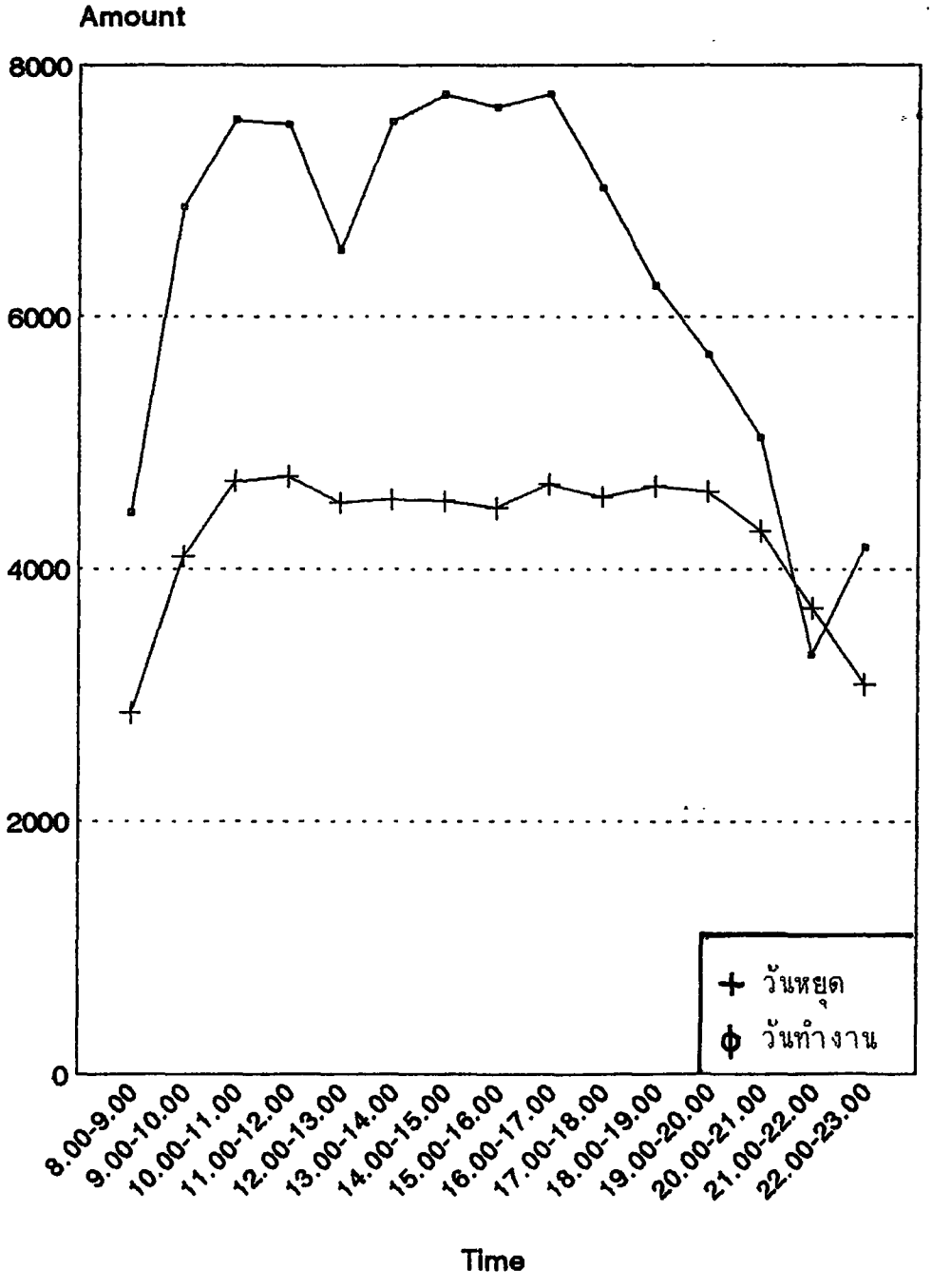
5.1.1 ข้อมูลจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงวันทำงาน จะมีการแจกแจงเป็นแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานดังแสดงในตารางที่ 5-1

5.1.2 ข้อมูลจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงวันหยุดส่วนใหญ่จะไม่มีการแจกแจงเป็นแบบปกติ จึงต้องใช้เทคนิคมอนติคาร์โลช่วยในการสร้างตัวเลขสุ่ม ยกเว้นในช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น. และช่วงเวลา21.00 น. ถึง 22.00 น. จะมีการแจกแจงเป็นแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 5-2

5.1.3 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงวันทำงานจะมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานดังแสดงในตารางที่ 5-3

5.1.4 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คน ในช่วงวันหยุดจะมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานดังแสดงในตารางที่ 5-4 ยกเว้นในช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 18.00 น. ไม่สามารถยอมรับได้ว่ามีการแจกแจงแบบปกติจึงต้องใช้เทคนิคมอนติคาร์โลในการสร้างเลขสุ่มเพื่อใช้ในแบบจำลอง

รูปที่ 5-1 กราฟแสดงจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการ (คน) ในช่วง 8.00 น. ถึง 9.00 น. โดยเปรียบเทียบระหว่างวันทำงานและวันหยุด



ตารางที่ 5-1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 23.00 น. ของวันทำงาน

| ช่วงเวลา | ค่าเฉลี่ย(คน) | ส่วนเบี่ยงเบนฯ(คน) | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|
| 08.00 น. – 09.00 น. | 4,444.5400 | 398.6439 | แจกแจงแบบปกติ |
| 09.00 น. – 10.00 น. | 6,874.5080 | 498.5758 | แจกแจงแบบปกติ |
| 10.00 น. – 11.00 น. | 7,562.3387 | 659.4895 | แจกแจงแบบปกติ |
| 11.00 น. – 12.00 น. | 7,524.9350 | 586.9773 | แจกแจงแบบปกติ |
| 12.00 น. – 13.00 น. | 6,525.8064 | 612.9061 | แจกแจงแบบปกติ |
| 13.00 น. – 14.00 น. | 7,543.1693 | 587.1138 | แจกแจงแบบปกติ |
| 14.00 น. – 15.00 น. | 7,762.8950 | 655.9742 | แจกแจงแบบปกติ |
| 15.00 น. – 16.00 น. | 7,660.0000 | 596.1689 | แจกแจงแบบปกติ |
| 16.00 น. – 17.00 น. | 7,768.8467 | 705.3577 | แจกแจงแบบปกติ |
| 17.00 น. – 18.00 น. | 7,025.3700 | 635.6594 | แจกแจงแบบปกติ |
| 18.00 น. – 19.00 น. | 6,245.5483 | 602.3501 | แจกแจงแบบปกติ |
| 19.00 น. – 20.00 น. | 5,704.9112 | 474.8583 | แจกแจงแบบปกติ |
| 20.00 น. – 21.00 น. | 5,041.1450 | 477.2495 | แจกแจงแบบปกติ |
| 21.00 น. – 22.00 น. | 3,322.1693 | 450.0217 | แจกแจงแบบปกติ |
| 22.00 น. – 23.00 น. | 4,171.3790 | 424.6680 | แจกแจงแบบปกติ |

ตารางที่ 5-2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของจำนวนลูกค้าที่โทรเข้ามาใช้บริการฝากข้อความในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 23.00 น. ของวันหยุด

| ช่วงเวลา | ค่าเฉลี่ย(คน) | ส่วนเบี่ยงเบนฯ (คน) | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|
| 08.00 น. – 09.00 น. | 2,859.8166 | 2,859.8166 | ใช้วิธีมอนติคาร์โล |
| 09.00 น. – 10.00 น. | 4,099.5166 | 1,163.5956 | ใช้วิธีมอนติคาร์โล |
| 10.00 น. – 11.00 น. | 4,696.6160 | 1,366.2630 | ใช้วิธีมอนติคาร์โล |
| 11.00 น. – 12.00 น. | 4,733.1333 | 1,307.2947 | ใช้วิธีมอนติคาร์โล |
| 12.00 น. – 13.00 น. | 4,521.6833 | 968.5208 | ใช้วิธีมอนติคาร์โล |
| 13.00 น. – 14.00 น. | 4,587.7000 | 1,119.3756 | ใช้วิธีมอนติคาร์โล |
| 14.00 น. – 15.00 น. | 4,534.9500 | 1,146.6970 | ใช้วิธีมอนติคาร์โล |
| 15.00 น. – 16.00 น. | 4,479.1333 | 1,139.5747 | ใช้วิธีมอนติคาร์โล |
| 16.00 น. – 17.00 น. | 4,673.0500 | 1,112.2781 | ใช้วิธีมอนติคาร์โล |
| 17.00 น. – 18.00 น. | 4,569.1166 | 1,027.2061 | แจกแจงแบบปกติ |
| 18.00 น. – 19.00 น. | 4,659.1160 | 841.0317 | ใช้วิธีมอนติคาร์โล |
| 19.00 น. – 20.00 น. | 4,613.0666 | 685.8480 | ใช้วิธีมอนติคาร์โล |
| 20.00 น. – 21.00 น. | 4,300.6000 | 641.5238 | ใช้วิธีมอนติคาร์โล |
| 21.00 น. – 22.00 น. | 3,691.5333 | 777.4519 | แจกแจงแบบปกติ |
| 22.00 น. – 23.00 น. | 3,088.3830 | 529.7022 | ใช้วิธีมอนติคาร์โล |

ตารางที่ 5-3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลเวลาในการให้บริการ โดยเฉลี่ยต่อลูกค้า 1 คนในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 23.00 น. ของวันทำงาน

| ช่วงเวลา | ค่าเฉลี่ย(คน) | ส่วนเบี่ยงเบนฯ(คน) | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|
| 08.00 น. – 09.00 น. | 26.0645 | 1.3059 | แจกแจงแบบปกติ |
| 09.00 น. – 10.00 น. | 25.7096 | 1.1762 | แจกแจงแบบปกติ |
| 10.00 น. – 11.00 น. | 26.0967 | 1.0732 | แจกแจงแบบปกติ |
| 11.00 น. – 12.00 น. | 26.3870 | 1.2424 | แจกแจงแบบปกติ |
| 12.00 น. – 13.00 น. | 26.8225 | 1.4201 | แจกแจงแบบปกติ |
| 13.00 น. – 14.00 น. | 26.5887 | 1.1571 | แจกแจงแบบปกติ |
| 14.00 น. – 15.00 น. | 26.8709 | 1.2505 | แจกแจงแบบปกติ |
| 15.00 น. – 16.00 น. | 26.5806 | 1.5714 | แจกแจงแบบปกติ |
| 16.00 น. – 17.00 น. | 26.9032 | 1.6383 | แจกแจงแบบปกติ |
| 17.00 น. – 18.00 น. | 26.9838 | 1.5963 | แจกแจงแบบปกติ |
| 18.00 น. – 19.00 น. | 26.8951 | 1.4855 | แจกแจงแบบปกติ |
| 19.00 น. – 20.00 น. | 26.8790 | 1.3713 | แจกแจงแบบปกติ |
| 20.00 น. – 21.00 น. | 26.4516 | 1.2848 | แจกแจงแบบปกติ |
| 21.00 น. – 22.00 น. | 27.1129 | 1.4657 | แจกแจงแบบปกติ |
| 22.00 น. – 23.00 น. | 26.9274 | 1.5143 | แจกแจงแบบปกติ |

นำผลที่ได้จากตาราง 5-1 ถึง ตาราง 5-4 มาสร้างเป็นข้อมูลและข้อกำหนดในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Pascal เพื่อใช้คำนวณหาจำนวนพนักงานที่เหมาะสมในการบริการกับจำนวนคนที่โทรเข้ามาในแต่ละชั่วโมงได้ดังตารางที่ 5-5

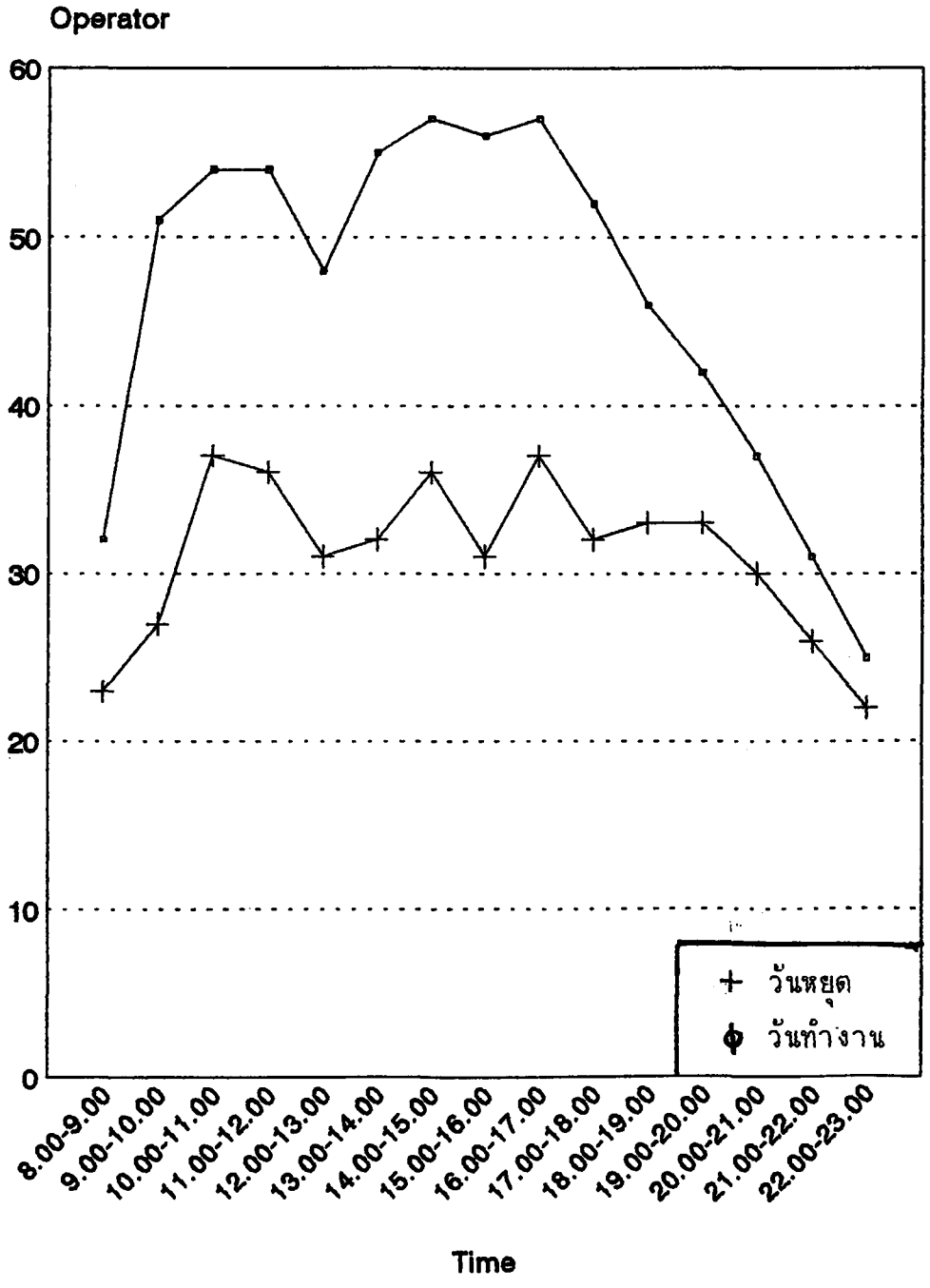
ตารางที่ 5-5 แสดงจำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสมจากแบบจำลอง (คน) ในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 23.00 น.

| ช่วงเวลา | วันหยุด | วันทำงาน |
|---|---|---|
| 08.00 น. – 09.00 น. | 23 | 32 |
| 09.00 น. – 10.00 น. | 27 | 51 |
| 10.00 น. – 11.00 น. | 37 | 54 |
| 11.00 น. – 12.00 น. | 36 | 54 |
| 12.00 น. – 13.00 น. | 31 | 48 |
| 13.00 น. – 14.00 น. | 32 | 55 |
| 14.00 น. – 15.00 น. | 36 | 57 |
| 15.00 น. – 16.00 น. | 31 | 56 |
| 16.00 น. – 17.00 น. | 37 | 57 |
| 17.00 น. – 18.00 น. | 32 | 52 |
| 18.00 น. – 19.00 น. | 33 | 46 |
| 19.00 น. – 20.00 น. | 33 | 42 |
| 20.00 น. – 21.00 น. | 30 | 37 |
| 21.00 น. – 22.00 น. | 26 | 31 |
| 22.00 น. – 23.00 น. | 22 | 25 |

จำนวนพนักงานในแต่ละชั่วโมงในวันหยุดและวันทำงานจะแตกต่างกันดังแสดงตารางที่ 5-5 และรูปที่ 5-2

จำนวนพนักงานที่ได้จากแบบจำลองเป็นกรณีที่พนักงานที่ทำงานตลอด 1 ชั่วโมงซึ่งค่าในระบบจริงอาจจะต้องใช้พนักงานมากกว่านี้ เนื่องจากในการให้บริการจริง ๆ พนักงานไม่สามารถทำงานได้ตลอดเวลา อาจจะมีการพักผ่อนในระหว่างช่วงเวลาบ้าง

รูปที่ 5-2 กราฟแสดงจำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสม(คน)ที่ได้จากแบบจำลองช่วง 8.00 น. ถึง 9.00 น. โดยเปรียบเทียบระหว่างวันทำงานและวันหยุด



**5.3 ข้อเสนอแนะ**

5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการจัดจำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสมในแต่ละชั่วโมง

จากกราฟ 5-1 และ 5-2 สามารถสรุปแนวโน้มของการจัดจำนวนพนักงานให้บริการที่เหมาะสมในชั่วโมงต่าง ๆ ได้ดังนี้

5.3.1.1 วันทำงาน พบว่าในช่วงเวลาทำงาน คือ 8.00 น. ถึง 12.00 น. และ 13.00 น. ถึง 18.00 น. จะใช้จำนวนพนักงานให้บริการสูงกว่าในเวลาพักงาน คือ 12.00 น. ถึง 13.00 น. ซึ่งเป็นเวลาพักเที่ยง และช่วง 18.00 น. ถึง 23.00 น. ซึ่งเป็นเวลาเลิกงาน

5.3.1.2 วันหยุด พบว่าในแต่ละชั่วโมงจะมีจำนวนพนักงานไม่ต่างกันมาก แต่จะน้อยกว่าในช่วงวันทำงาน

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาเพิ่มเติม

5.3.2.1 ในระบบจริงแล้วการจัดจำนวนพนักงานให้บริการให้เหมาะสมจะมีการคำนึงถึงค่าใช้จ่าย ต่าง ๆ ด้วย เช่น ค่าอุปกรณ์ในการให้บริการ ค่าจ้างพนักงาน แต่ในกรณีการที่ศึกษานี้ไม่ได้คำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องจึงอาจทำให้จำนวนพนักงานที่ได้มีความคลาดเคลื่อนจากระบบจริงบ้าง

5.3.2.2 ในการสร้างแบบจำลองให้มีประสิทธิภาพ ควรมีการเก็บข้อมูลจากระบบจริงอาจจะเป็นการสุ่มเก็บเพียง 2-3 วัน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดยิ่งขึ้น เนื่องจากข้อมูลที่ทางบริษัทเก็บรวบรวมเป็นค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากข้อมูลจริง

**5.4 ปัญหาและอุปสรรค**

5.4.1 เนื่องจากข้อมูลเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายที่ทางบริษัทใช้ในการให้บริการเป็นความลับทางธุรกิจ ดังนั้นในการจำลองปัญหาจึงคำนวณจำนวนพนักงานที่เหมาะสม โดยไม่ได้คำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมด้วย

5.4.2 เนื่องจากการแข่งขันทางธุรกิจข้อมูลของทางบริษัทจึงเป็นความลับดังนั้นข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่ทางบริษัทสมมติขึ้นโดยอ้างอิงจากข้อมูลจริงมา จึงไม่สามารถตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองจากระบบงานจริงได้

# บรรณานุกรม


1. กัลยา วานิชย์บัญชา, การวิจัยขั้นดำเนินงานและการประยุกต์, โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ, 2532
2. นายกฤษฎา บุศรา, นางสาววนาลัย คทาวัชรกุล, นายวีระ ธนาเลิศกุล, การจำลองแบบปัญหาระบบแถวคอยของรถยนต์ที่ใช้บริการบนทางด่วนพิเศษสายดาวคะนอง-ท่าเรือ ณ ด่าน เก็บค่าผ่านทางพิเศษ สุขสวัสดิ์, ปัญหาพิเศษ ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2532
3. คณาจารย์ในภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หลักสถิติ, หน้า 88-151, 232-233, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ, 2532
4. ดร.วิชิต หล่อจีระชุณห์กล, AS644 การจำลองแบบปัญหา, หน้า 3.1-3.27 สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, 2529
5. พ.ต.ประพัฒน์ อุทโยภาศ, เรียนฮาร์วาร์ดกราฟิกส์ ด้วยตนเอง, หน้า 13-43, บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2521
6. บุญเลิศ เอี่ยมทัศนา, เรียนรู้ภาษาปาสคาลด้วยเทอร์โบปาสคาล 4.0-5.0, หน้า 13-273, เอช-เอน การพิมพ์ กรุงเทพฯ, 2532
7. ผศ.วิภาวรรณ สิงห์พริ้ง, การวิจัยการดำเนินงาน, หน้า 114-118, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์กรุงเทพฯ, 2529
8. ผศ.อุมาพร จันทศร, เอกสารประกอบคำสอน วิชาสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์, หน้า 8.11-8.16, ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, 2536
9. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, การจำลองแบบปัญหา, หน้า 1-104, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ, 2535
10. Draw Partner, Harvard Graphics 2.3, pp.4.1-8.15, 11.24-11.25, SPC SOFTWARE PUBLISHING, 1990
11. STATISTICAL GRAPHICS CORPORATION, STATGRAPHICS USER'S GUIDE, pp.12.1-12.5, STSC, Inc., 198

# ภาคผนวก ก.

# คู่มือการใช้โปรแกรมการจำลองแบบปัญหา

# วิธีการใช้โปรแกรม

**รายละเอียดเกี่ยวกับโปรแกรมจำลองแบบปัญหาระบบการให้บริการโทรศัพท์ติดตามตัว ของ บริษัท ฮัทชิสัน เทเลคอมมิวนิเคชั่นส์ (ประเทศไทย) จำกัด**

โปรแกรมนี้ได้สร้างขึ้นด้วยภาษาปาสคาล เวอร์ชั่น 5.5 สามารถใช้ได้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ทั่ว ๆ ไป เพื่อใช้คำนวณการจำลองแบบปัญหาระบบการให้บริการโทรศัพท์ติดตามตัว ของ บริษัท ฮัทชิสัน เทเลคอมมิวนิเคชั่นส์ (ประเทศไทย) จำกัด

มีคีย์ควบคุมการทำงานของโปรแกรม ดังนี้

[ESC] เป็นคีย์ใช้ในการยกเลิกการปฏิบัติงานต่าง ๆ ขณะนั้น

[ENTER] เป็นคีย์ใช้รับคำสั่งที่กำหนดให้โปรแกรมปฏิบัติงาน

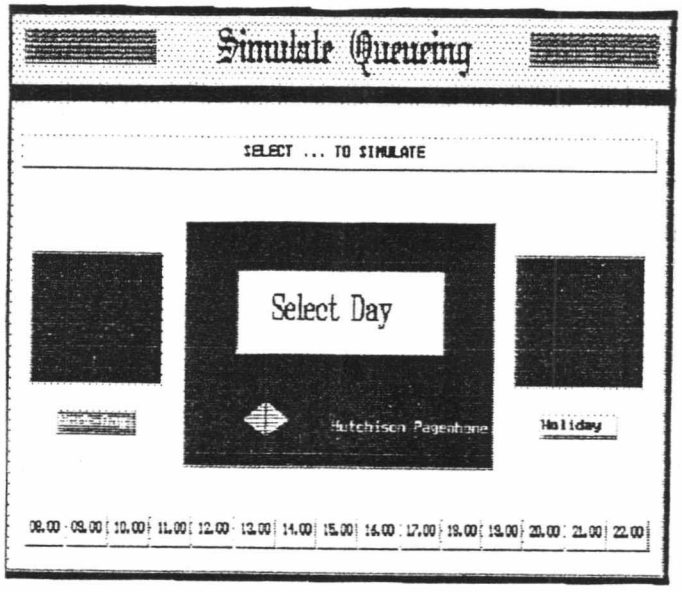
[<- ->] เป็นคีย์ใช้เลือกตัวเลือก

**การเริ่มปฏิบัติงานของโปรแกรม**

เริ่มการปฏิบัติงานด้วยการเรียกใช้โปรแกรม ดังนี้

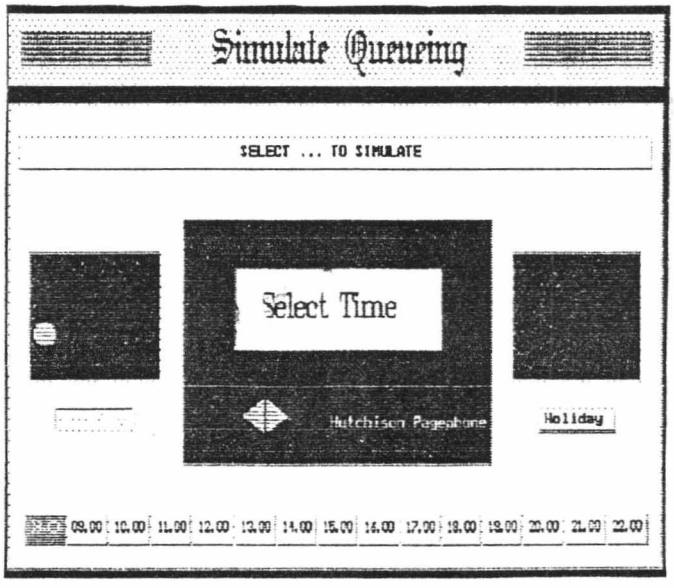
พิมพ์ A:\>SIMULATE.EXE [ENTER]

จะเริ่มเข้าสู่โปรแกรม โดยให้เลือกวัน เป็นวันทำงาน [WORK DAY] หรือ วันหยุด [HOLIDAY] ดังรูป ก-1



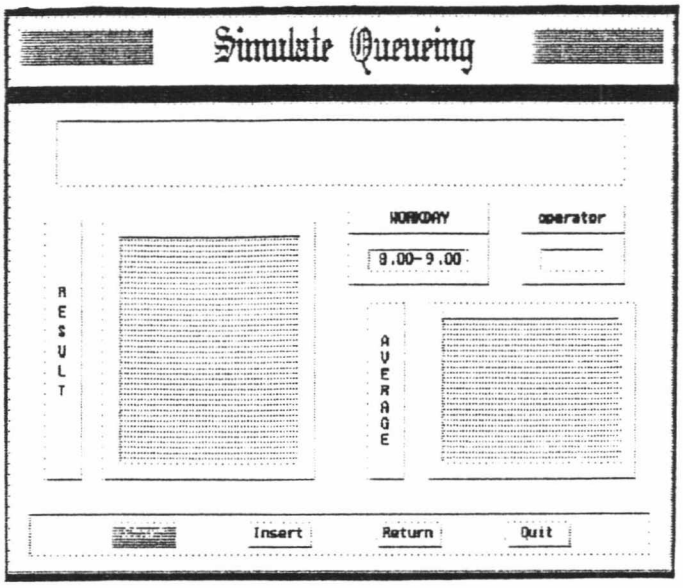

รูปที่ ก-1 แสดงภาพหน้าจอการเลือกวัน

จากนั้นให้เลือกช่วงเวลา เริ่มจากชั่วโมงที่ 08.00 น.ถึง 22.00 น. ดังรูป ก-2



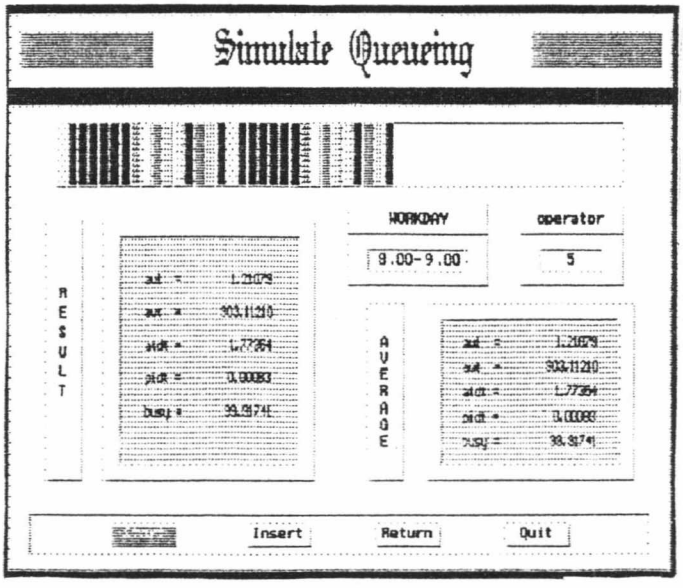

รูปที่ ก-2 แสดงภาพหน้าจอการเลือกเวลา

เมื่อผู้ใช้เลือกวัน และเวลาที่ต้องการจำลองแล้ว การปฏิบัติงานต่อไปของโปรแกรมจะปรากฏ ดังรูป ก-3



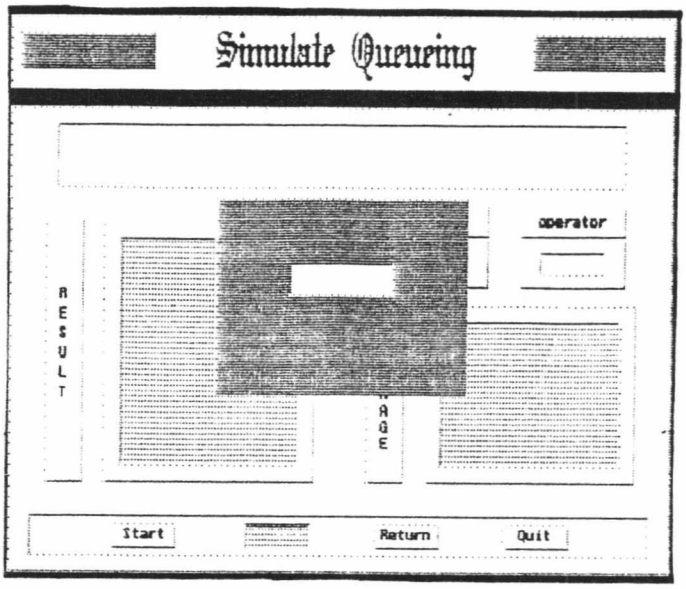

รูปที่ ก-3 แสดงภาพหน้าจอการเริ่มคำนวณตามวัน เวลาที่เลือก

ซึ่งในส่วนนี้ ผู้ใช้สามารถเริ่มการคำนวณด้วยการเลือก [START] โดยจะแสดงผลที่ได้ในแต่ละรอบของการคำนวณทางซ้ายมือ ส่วนทางขวามือเป็นค่าเฉลี่ยของผลที่ได้ทุกรอบ ดังรูป ก-4

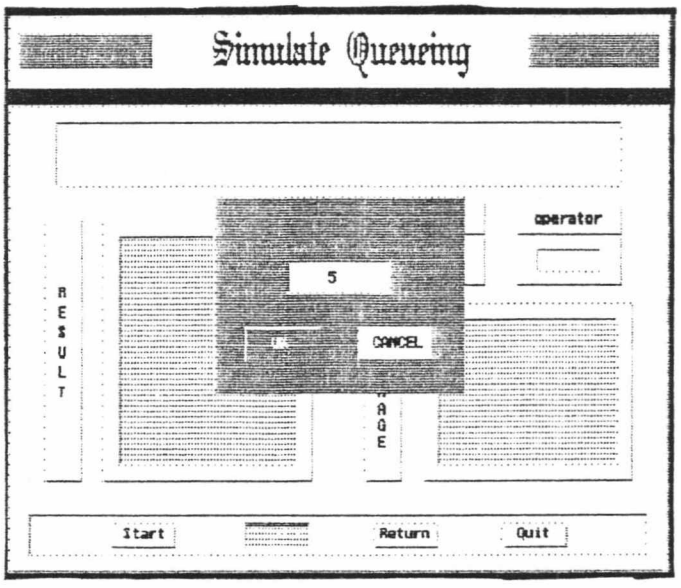



รูปที่ ก-4 แสดงภาพหน้าจอขณะคำนวณ

ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนค่าจำนวนพนักงานให้บริการในแต่ละชั่วโมง ตามที่ต้องการ โดยการเลือก [INSERT] ดังรูป




รูปที่ ก-5 แสดงภาพหน้าจอของการเลือก INSERT




รูปที่ ก-6 แสดงภาพหน้าจอของการกรอกค่าใหม่

สำหรับการกลับสู่หน้าจอแรก เพื่อเลือก วัน และ เวลา ใหม่ สามารถทำได้โดย เลือก [RETURN]

เมื่อผู้ใช้ต้องการเลิกโปรแกรม เลือก [QUIT] เพื่อกลับสู่ DOS PROMPT

# ภาคผนวก ข.

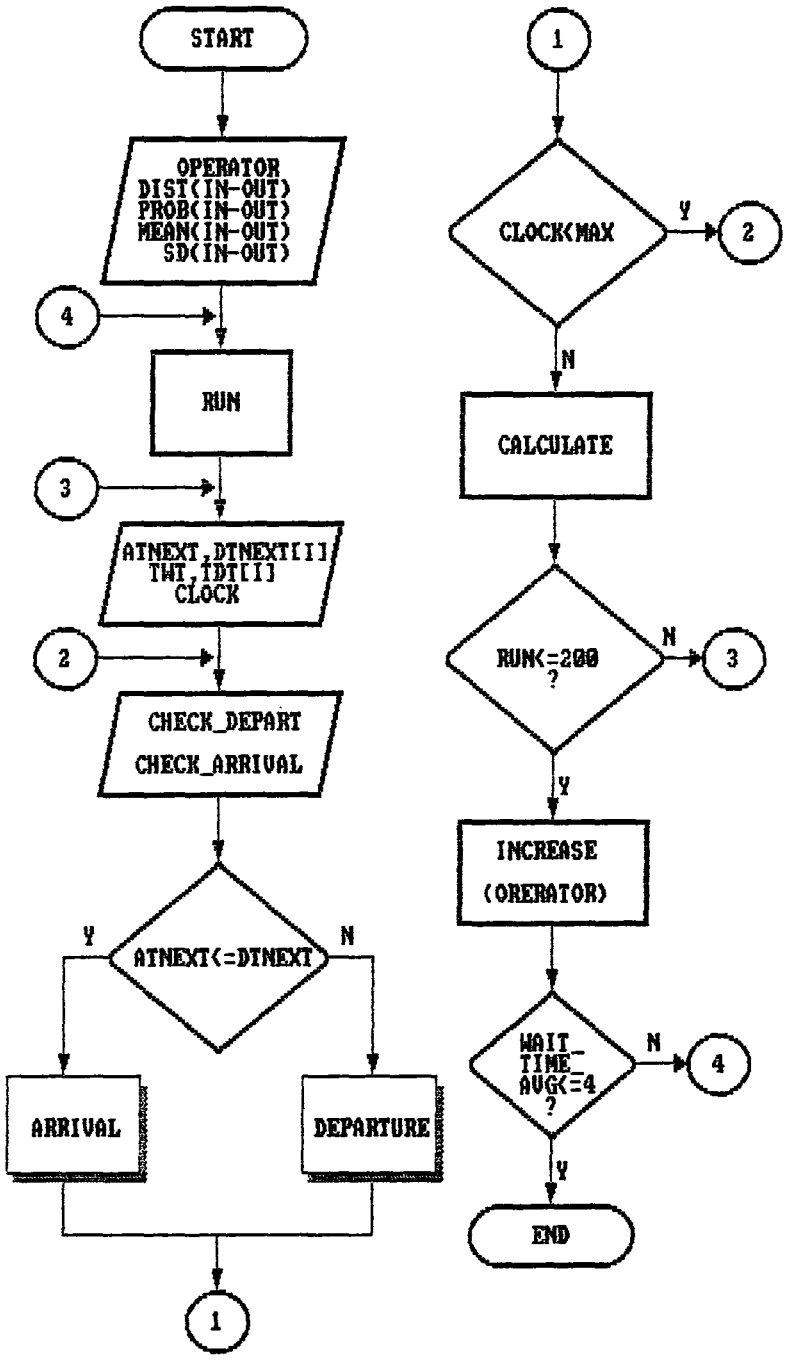
## รายละเอียดเกี่ยวกับตัวแปร ผังงาน และโปรแกรมการจำลองแบบปัญหา

# ตัวแปรที่ใช้ในโปรแกรม

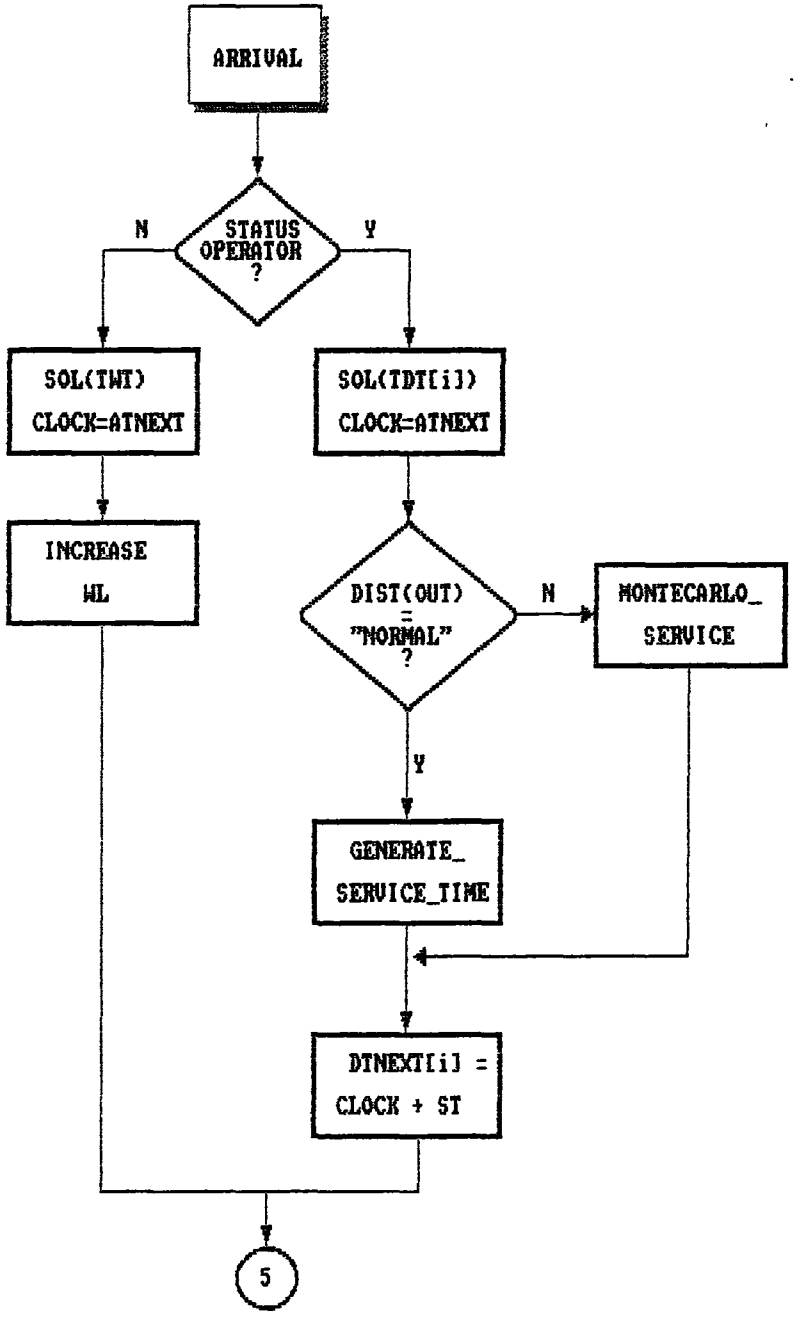
| | | |
|---|---|---|
| wait,wait_avg | - | โอกาสที่ลูกค้าจะต้องคอย |
| tdt,tdt_avg | - | เวลาว่างของพนักงาน |
| awt,awt_avg | - | เวลารอคอยของลูกค้าเฉลี่ย/คน |
| atdt,atdt_avg | - | เวลาว่างของพนักงานเฉลี่ย/คน |
| busy,busy_avg | - | โอกาสที่พนักงานทำงาน |
| pidt,pidt_avg | - | โอกาสที่พนักงานว่าง |
| wl | - | จำนวนลูกค้าในแถวคอย |
| twt | - | เวลารอคอยของลูกค้า |
| set_at | - | ตัวแปรในการคำนวณหา at |
| at | - | ระยะเวลาที่ลูกค้าเข้ามาในแต่ละครั้ง |
| st | - | เวลาที่ให้บริการ |
| clock | - | เวลาที่จำลอง |
| units | - | จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการ |
| ATNEXT | - | เวลาที่เข้ารับบริการของลูกค้าคนถัดไป |
| DTNEXT[i] | - | เวลาที่ออกจากระบบของลูกค้า |
| run | - | จำนวนรอบในการคำนวณผลลัพธ์ |
| status_y | - | สถานภาพของค่าตัวแปร y |
| status[i] | - | สถานภาพของพนักงาน(ว่าง/ไม่ว่าง) |
| check_depart | - | ตัวตรวจสอบการออก |
| check_arrival | - | ตัวตรวจสอบการเข้า |
| check_status_monte | - | ตัวตรวจสอบความน่าจะเป็นของ Monte Carlo |
| check_status_operator | - | ตัวตรวจสอบสถานภาพของพนักงาน |
| operator | - | จำนวนพนักงาน |
| total_arrival | - | จำนวนคนเข้าระบบทั้งหมด |
| total_wl | - | จำนวนคนที่เข้าในแถวคอย |
| dist_in | - | การแจกแจงการเข้ามาของลูกค้า |
| dist_out | - | การแจกแจงการให้บริการของพนักงาน |
| prob_in[i] | - | ความน่าจะเป็นสะสมการเข้ามาของลูกค้า |
| prob_out[i] | - | ความน่าจะเป็นสะสมการให้บริการของพนักงาน |

| | | |
|---|---|---|
| mean_in | - | ค่าเฉลี่ยของจำนวนคนที่เข้ามาที่มีการแจกแจงแบบปกติ |
| mean_out | - | ค่าเฉลี่ยของเวลาให้บริการที่มีการแจกแจงแบบปกติ |
| sd_in | - | ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของจำนวนคนที่เข้ามาที่มีการแจกแจงแบบปกติ |
| sd_out | - | ค่าส่วนเบี่ยนเบนมาตรฐานของเวลาให้บริการที่มีการแจกแจงแบบปกติ |
| mean_monte_in | - | ค่าเฉลี่ยของจำนวนคนที่เข้ามาที่ไม่มีการแจกแจงแบบมาตรฐาน |
| mean_monte_out | - | ค่าเฉลี่ยของเวลาให้บริการที่ไม่มีการแจกแจงแบบมาตรฐาน |
| count,count_monte,i,j | - | ตัวนับ |
| x,x1,x2,y,y1,y2,y3 | - | ตัวแปรในการผลิตเลขสุ่ม |

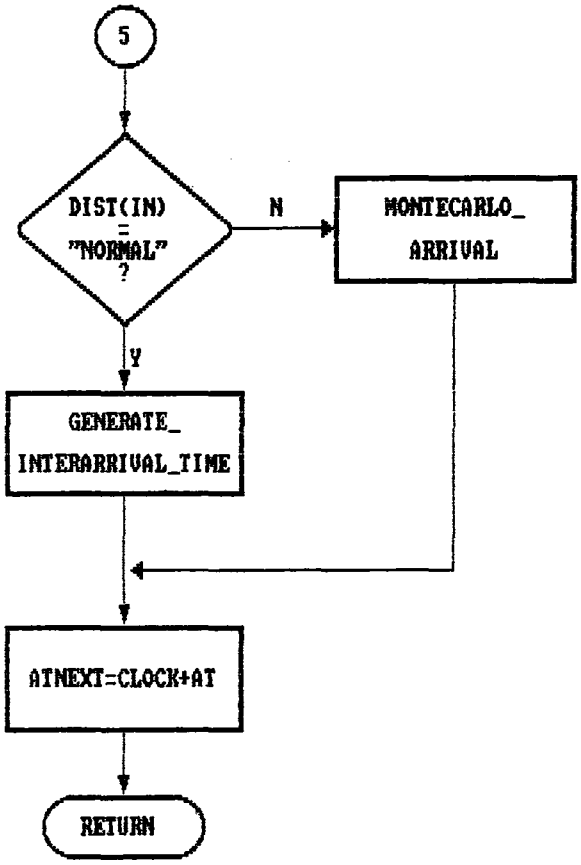
รูปที่ ข-1 ผังงานโปรแกรมหลัก



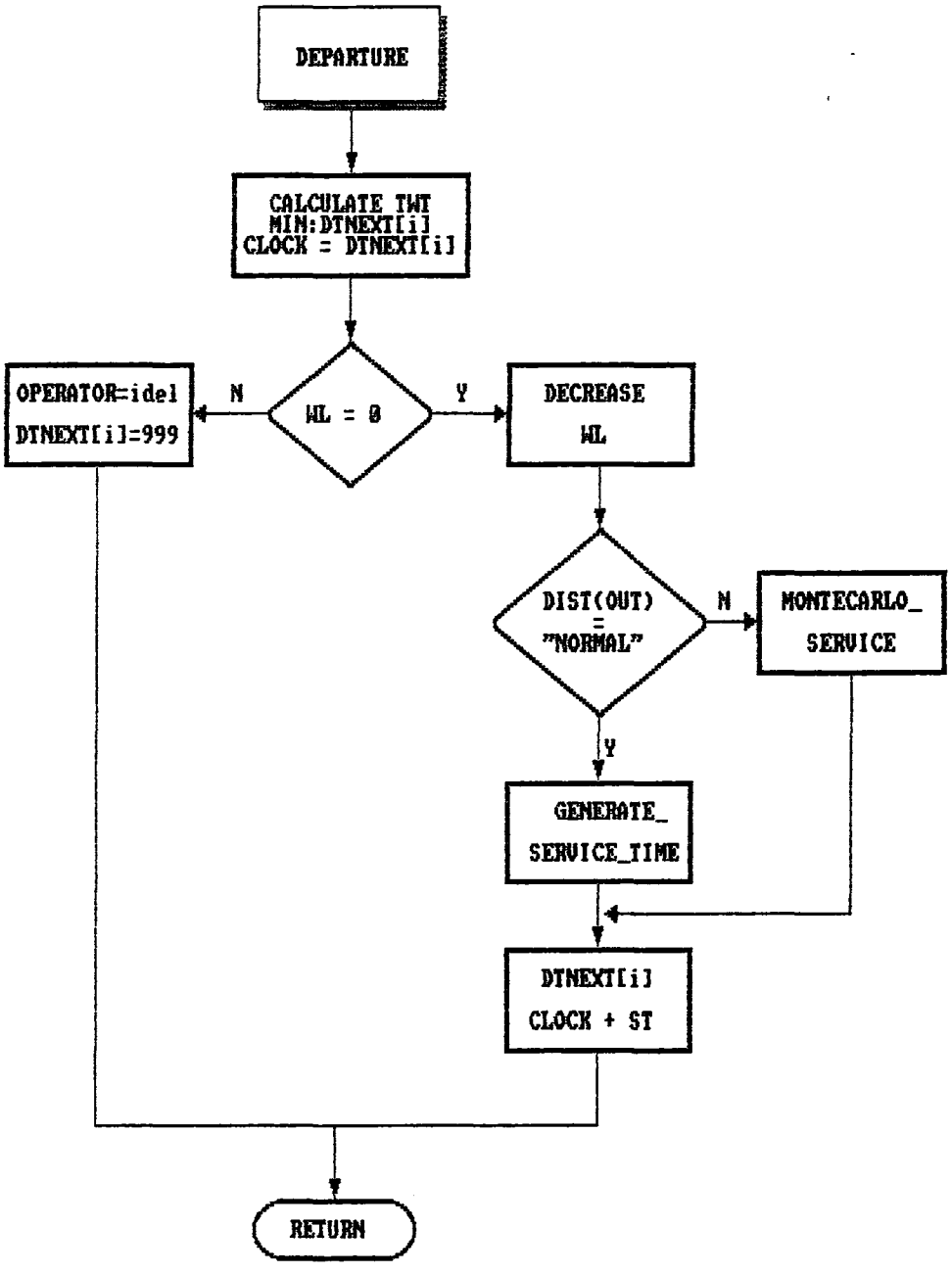
รูปที่ ข-2 ผังงานการเข้ามาของลูกค้า (1)



รูปที่ ข-3 ผังงานการเข้ามาของลูกค้า (2)



รูปที่ ข-4 ผังงานการให้บริการของพนักงาน



# รายละเอียดผังงาน

## ผังแสดงขั้นตอนการจำลองแบบปัญหาระบบการให้บริการโทรศัพท์ติดตามตัว ของบริษัท ฮัทชิสัน เทเลคอมมิวนิเคชั่น (ประเทศไทย) จำกัด

โปรแกรมหลัก

1.กำหนดจำนวนพนักงาน,การแจกแจงการเข้ามาใช้บริการของลูกค้าและการให้บริการของพนักงาน,ค่าเฉลี่ย,ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.ตรวจสอบเวลาระหว่าง ATNEXT และ DTNEXT[i]

2.1 ATNEXT $\leq$ DTNEXT[i] เข้าสู่ PROCEDURE ARRIVAL

2.2 ATNEXT > DTNEXT[i] เข้าสู่ PROCEDURE DEPARTURE

คำนวณค่าเฉลี่ยต่าง ๆ และใช้เวลาในการจำลองจนครบ 1 ชั่วโมง (3600 วินาที)

3.เพิ่มจำนวนรอบขึ้น 1 วนทำตั้งแต่ข้อ 1 จนกว่าจะเท่ากับ 200 รอบ

4.เพิ่มจำนวนพนักงานขึ้น 1 วนทำตั้งแต่ข้อ 1 จนกว่าเวลารอคอยเฉลี่ยของลูกค้าจะไม่เกิน 4 วินาที

PROCEDURE ARRIVAL

ตรวจสอบสถานภาพของพนักงานว่ามีพนักงานว่างหรือไม่

1.ถ้ามีพนักงานว่าง

1.1 คำนวณเวลาว่างของพนักงานสะสม

1.2 ปรับเวลาปัจจุบันตาม ATNEXT

1.3 ตรวจสอบการแจกแจงการให้บริการของพนักงานว่าเป็น Normal หรือไม่

1.3.1 ถ้าการแจกแจงเป็น Normal คำนวณเวลาโดยใช้ PROCEDURE GENERATE_SERVICE_TIME

1.3.2 ถ้าการแจกแจงไม่เป็น Normal คำนวณเวลาโดยใช้ PROCEDURE MONTECARLO_SERVICE

1.4 คำนวณ DTNEXT[i] ของพนักงานคนที่ i โดยรวมเวลาปัจจุบันกับค่าเวลาที่ให้บริการที่คำนวณได้

2.ถ้าไม่มีพนักงานว่าง

2.1 คำนวณเวลารอคอยของลูกค้าสะสม

2.2 ปรับเวลาปัจจุบันตาม ATNEXT

2.3 เพิ่มจำนวนคนในแถวคอยขึ้น 1 คน

3.ประมาณเวลาที่ลูกค้าคนต่อไปจะเข้ามาใช้บริการ โดยตรวจสอบการแจกแจงการเข้ามาใช้บริการของลูกค้าว่าเป็น Normal หรือไม่

3.1 ถ้าการแจกแจงเป็น Normal คำนวณเวลาโดยใช้ PROCEDURE GENERATE_INTERARRIVAL_TIME

3.2 ถ้าการแจกแจงไม่เป็น Normal คำนวณเวลาโดยใช้ PROCEDURE MONTECARLO_ARRIVAL

4.คำนวณค่า ATNEXT โดยรวมเวลาปัจจุบันกับระยะเวลาที่ลูกค้าเข้ามาในแต่ละครั้ง

PROCEDURE DEPARTURE

คำนวณเวลารอคอยของลูกค้าสะสม ปรับเวลาปัจจุบันตาม DTNEXT[i] ที่น้อยที่สุด ตรวจสอบจำนวนลูกค้าในแถวคอย

1.ถ้ามีลูกค้าในแถวคอย

1.1 ลดจำนวนลูกค้าในแถวคอยลง 1 คน

1.2 ตรวจสอบการแจกแจงการให้บริการของพนักงานว่าเป็น Normal หรือไม่

1.2.1 ถ้าการแจกแจงเป็น Normal คำนวณเวลาโดยใช้ PROCEDURE GENERATE_SERVICE_TIME

1.2.2 ถ้าการแจกแจงไม่เป็น Normal คำนวณเวลาโดยใช้ PROCEDURE MONTECARLO_SERVICE

1.3 คำนวณ DTNEXT[i] ของพนักงานคนที่ i โดยรวมเวลาปัจจุบันกับค่าเวลาที่ให้บริการที่คำนวณได้

2.ถ้าไม่มีลูกค้าในแถวคอย

2.1 กำหนดสถานภาพของพนักงานคนนั้นให้ว่าง

2.2 ปรับ DTNEXT[i] ให้ 999

# ภาคผนวก ค.

# โปรแกรมการจำลองแบบปัญหา

# โปรแกรมแบบจำลอง

```
Program simulate;
Uses crt,printer;
Const LOOP = 1000;lst = '';
Var   awt,awt_avg,atdt,atdt_avg                    : real;
      y,y1,y2,y3,x1,x2,set_at,at,st                : real;
      wait,wait_avg,pidt,pidt_avg                  : real;
      busy,busy_avg,total_arrival_avg              : real;
      mean_in,mean_out,sd_in,sd_out                : real;
      total_tdt,tdt_avg                            : real;
      twt,twt_avg,units_avg,wl_avg                 : real;
      ATNEXT                                       : real;
      clock,max                                    : real;
      x,wl,total_wl,total_arrival,units            : longint;
      count,count_monte                            : integer;
      status_y                                     : integer;
      run,i,j                                      : integer;
      operator,operator_new                        : integer;
      times,types                                  : integer;
      check_depart,check_arrival                   : boolean;
      check_status_monte,check_status_operator     : boolean;
      DTNEXT                                       : array[1..LOOP] of real;
      tdt,status                                   : array[1..LOOP] of real;
      prob_in,prob_out                             : array[1..15] of real;
      mean_monte_in,mean_monte_out                 : array[1..15] of real;
      dist_in,dist_out                             : string[10];
```

```
Procedure randoms;
Var k,n :longint;
Begin
     k := 99;
     n := 4096;
     randomize;
     x := random(40906);
     x := x * k;
     x := x mod n;
     y := x / (n-1);
End;
```

* สุ่มค่าตัวเลขจำนวนนับที่มีค่าไม่เกิน 4096 นำมาคำนวณด้วย การใช้เศษเหลือของผลคูณ (Multiplicative Congruential Method) ได้ค่า y มีค่า ระหว่าง 0 ถึง 1

```
Procedure randoms_normal;
Begin
  if status_y = 1 then
  begin
          randoms;
          x1 := y;
          randoms;
          x2  :=  y;
     while (x1 = 1) do
     begin
          randoms;
          x1 := y;
          randoms;
          x2 := y;
     end;
     y1 := sqrt((-2)*(ln(1-x1))) * cos(2*3.14*x2);
     y2 := sqrt((-2)*(ln(1-x1))) * sin(2*3.14*x2);
  end;
```

```
    if status_y = 1 then
      begin
        y3 := y1;
        status_y := 2;
      end
    else
      begin
        y3 := y2;
        status_y := 1;
      end;
End;
```

* ผลิตตัวเลขสุ่มสำหรับการแจกแจงแบบ Normal ด้วยวิธี Log And Trig โดยนำค่าตัวเลขสุ่ม(y) 2 ค่า มาคำนวณ ได้ค่าตัวเลขสุ่มใหม่ 2 ค่าคือ y1,y2
* นำตัวเลขสุ่มที่คำนวณได้ (y1,y2) นำตัวเลขสุ่มที่คำนวณได้ (y1,y2)

```
Procedure generate_interarrival_time;
Begin
    randoms_normal;
    set_at:= (sd_in * y3) + mean_in ;
    at := 3600 / set_at;
End;
```

* นำตัวเลขสุ่มที่ได้จาก randoms_normal หาช่วงเวลาที่ลูกค้าคนต่อไปจะเข้ามารับบริการ

```
Procedure generate_service_time;
Begin
     randoms_normal;
     st := (sd_out * y3) + mean_out ;
End;
```

* นำตัวเลขสุ่มที่ได้จาก randoms_normal หาเวลาที่ใช้ในการบริการลูกค้า

```
Procedure montecarlo_arrival;
Begin
     randoms;
     count_monte := 0;
     check_status_monte := false;
     while (check_status_monte = false) do
       begin
         inc(count_monte);
         if y <= prob_in[count_monte] then
           begin
             set_at := mean_monte_in[count_monte];
             check_status_monte := true;
           end;
       end; at := 3600 / set_at;
End;
```

* เมื่อการมาของลูกค้าไม่เข้ารูปแบบการแจกแจงมาตรฐานใช้เทคนิค Montecarlo หาช่วงเวลาที่ลูกค้าคนต่อไปจะเข้ารับบริการ โดยตรวจสอบตัวเลขสุ่มกับความน่าจะเป็นสะสมของข้อมูลในอดีต

```
Procedure montecarlo_service;
Begin
     randoms;
     count_monte := 0;
     check_status_monte := false;
     while (check_status_monte = false) do
           begin
           inc(count_monte);
           if y <= prob_out[count_monte] then
              begin
              st := mean_monte_out[count_monte];
              check_status_monte := true;
              end;
           end;
End;
```

* เมื่อเวลาที่ใช้บริการของลูกค้าไม่เข้ารูปแบบการแจกแจงมาตรฐานใช้เทคนิค Monte carlo หาเวลาใช้บริการของลูกค้า โดยตรวจสอบตัวเลขสุ่มกับความน่าจะเป็นสะสมของข้อมูลในอดีต

```
Procedure calculate;
Begin
     for i := 1 to operator do
     total_tdt := total_tdt + tdt[i];
     awt   := twt/total_wl;
     atdt  := total_tdt/operator;
     pidt  := 100 * (atdt/clock);
     busy  := 100 * ((clock - atdt)/clock);
     wait  := 100 * (total_wl/total_arrival);
End;
```

* คำนวณค่าผลลัพธ์จากการประมวลผลโปรแกรมใน 1 รอบ

```
Procedure print;
Begin
     clrscr;
     if types = 1 then
     writeln(' work :', times)
     else
     writeln(' holiday :', times);
     writeln('operator      = ', operator:15);
     writeln('total_arrival = ', total_arrival:15);
     writeln('units         = ', units:15);
     writeln('awt           = ', awt:15:5);
     writeln('atdt          = ', atdt:15:5);
     writeln('pidt          = ', pidt:15:5);
     writeln('busy          = ', busy:15:5);
     writeln('wait          = ', wait:15:5);
     writeln('');
End;
```

* นำเสนอผลลัพธ์จากการประมวลผลโปรแกรมใน 1 รอบ

```
Procedure arrival;
Begin
     check_status_operator := false;
     for i := 1 to operator do
     begin
         if status[i] = 0 then check_status_operator := true;
     end;
     if check_status_operator = true then
     begin
          for i := 1 to operator do
```

```
        begin
              if status[i] = 0 then
              tdt[i] := tdt[i] + (ATNEXT - clock);
         end;
         i := 1;
         while status[i] <> 0 do inc(i);
         clock := ATNEXT;status[i] := 1;
         if dist_out = 'normal'
           then generate_service_time
         else if dist_out = 'montecarlo'
           then montecarlo_service;
         DTNEXT[i] := clock + st;
    end
    else
    begin
         twt := twt + (wl * (ATNEXT - clock));
         clock := ATNEXT;inc(wl);inc(total_wl);
    end;
    if dist_in = 'normal' then generate_interarrival_time
    else if dist_in = 'montecarlo' then montecarlo_arrival;
    ATNEXT := clock + at;
      inc(total_arrival);
End;
```

* ตรวจสอบการทำงานของพนักงาน
* ถ้ามีพนักงานคนใดว่างจะเก็บช่วงเวลาที่ว่างสะสมไว้ จัดลูกค้าให้แก่พนักงาน
* ตรวจสอบการแจกแจงและหาเวลาที่ใช้บริการของลูกค้า เพื่อคำนวณเวลาที่ลูกค้าออกจากการใช้บริการ
* ถ้าไม่มีพนักงานคนใดว่างจะเก็บเวลารอคอยสะสมของลูกค้าที่อยู่ในแถวคอยทั้งหมดและเพิ่มจำนวนลูกค้าในแถวคอยขึ้น 1 คน
* ตรวจสอบการแจกแจงและหาเวลาการมาของลูกค้าคนต่อไป และเพิ่มจำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการ

```
Procedure departure;
Begin
     count := 1;
     for i := 1 to operator do
     begin
          if DTNEXT[i] < DTNEXT[count] then count := i;
     end;
     i := count;
     twt := twt + (wl * (DTNEXT[i] - clock));
     clock := DTNEXT[i];
     if wl = 0 then
     begin
          status[i] := 0;
          DTNEXT[i] := 999999;
     end
     else
     begin
          dec(wl);
     if dist_out = 'normal' then generate_service_time
     else if dist_out = 'montecarlo' then montecarlo_service;
          DTNEXT[i] := clock + st;
     end;
     inc(units);
End;
```

* เปรียบเทียบ DTNEXT เพื่อหาลูกค้าที่ออกจากการใช้บริการคนต่อไป
* เก็บเวลารอคอยสะสมของลูกค้าที่อยู่ในแถวคอยทั้งหมด
* ถ้าไม่มีลูกค้าอยู่ในแถวคอยแล้ว กำหนดให้ พนักงานคนนั้นว่าง
* ถ้ามีลูกค้ารออยู่ในแถวคอย จะลดจำนวนลูกค้าในแถวคอยลง 1 คน
* ตรวจสอบการแจกแจงและหาเวลาที่ใช้บริการของลูกค้า เพื่อคำนวณเวลาที่ลูกค้าออกจากการใช้บริการ
* เพิ่มจำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการขึ้น 1 คน

```
Procedure cal_avg;
Begin
     if run = 1 then
        begin
             total_arrival_avg := total_arrival;
             units_avg := units;
             awt_avg   := awt;
             atdt_avg  := atdt;
             pidt_avg  := pidt;
             busy_avg  := busy;
             wait_avg  := wait;
        end;
     total_arrival_avg := (total_arrival + total_arrival_avg)/2;
     units_avg := (units +  units_avg)/2;
     awt_avg   := (awt   +  awt_avg)/2;
     atdt_avg  := (atdt  +  atdt_avg)/2;
     pidt_avg  := (pidt  +  pidt_avg)/2;
     busy_avg  := (busy  +  busy_avg)/2;
     wait_avg  := (wait  +  wait_avg)/2;
End;
```

* คำนวณค่าผลลัพธ์ของการประมวลผลโปรแกรมที่ทำการประมวลผลจำนวน 200 รอบ

```
Procedure print_cal_avg;
Begin
     writeln('operator           = ',operator:15);
     writeln('total_arrival_avg = ',total_arrival_avg:15:5);
     writeln('units_avg          = ',units_avg:15:5);
     writeln('awt_avg            = ',awt_avg:15:5);
     writeln('atdt_avg           = ',atdt_avg:15:5);
     writeln('pidt_avg           = ',pidt_avg:15:5);
     writeln('busy_avg           = ',busy_avg:15:5);
     writeln('wait_avg           = ',wait_avg:15:5);
End;
```

* แสดงผลลัพธ์ของการประมวลผลโปรแกรมที่ทำการประมวลผลจำนวน 200 รอบ

```
Procedure run_simulate;
Begin
   awt_avg := 9999;
   REPEAT
     status_y      := 1;
     j     := 0;
     run   := 1;
    while (run <= 200) do
    begin
     check_status_operator := false;
     twt   := 0;
     total_tdt     := 0;
     wl    := 0;
     total_arrival:= 0;
     total_wl      :=0;
     units := 0;
     clock := 0;
     max    := 3600;
     ATNEXT:= 0;
```

```
    for i := 1 to operator do
    begin
          tdt[i]    := 0;
          status[i] := 0;
          DTNEXT[i] := 999999;
    end;
    while (clock < max) do
    begin
         i := 1;
         check_depart := false;
         check_arrival := false;
         while (check_depart = false) and (check_arrival = false) do
         begin
              if i <= operator then
              begin
                   if ATNEXT > DTNEXT[i] then check_depart := true
                   else inc(i);
              end
              else check_arrival := true;
        end;
         if check_depart = true then departure
         else if check_arrival = true then arrival;
    end;
    calculate;
    print;
    cal_avg;
    inc(run);
   end;
   print_cal_avg;
   inc(operator);
  UNTIL (awt_avg <= 4) ;
End;
```

```
* กำหนดค่าเริ่มต้นให้กับตัวแปรต่าง ๆ
* เปรียบเทียบเวลาเข้าของลูกค้าคนต่อไป (ATNEXT) กับเวลาออกของลูกค้าที่
กำลังใช้บริการ (DTNEXT[I])
    ถ้า  ATNEXT >  DTNEXT[i] จะพิจารณาการออกของลูกค้า
    ถ้า  ATNEXT <= DTNEXT[i] จะพิจารณาการเข้าของลูกค้า
จนกว่าจะครบ 1 ชั่วโมง
* คำนวณค่าผลลัพธ์จากการประมวลผลโปรแกรมใน 1 รอบ
* นำผลลัพธ์ที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย
* คำนวณผลลัพธ์จนครบ 200 รอบ
* แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการเฉลี่ย 200 รอบ
* เพิ่มจำนวนพนักงานจนกว่าเวลาในการรอคอยเฉลี่ยของลูกค้าไม่เกิน 4 วินาที
```

```
Procedure define;
Begin
     if types = 1 then
 begin
     case times of
     8 : begin
          operator := 20;
          dist_in  := 'normal';
          mean_in  := 4444.540;
          sd_in    := 398.6439;
          dist_out := 'normal';
          mean_out := 26.06451;
          sd_out   := 1.305953;
         end;
     9 : begin
          operator := 50;
          dist_in  := 'normal';
          mean_in  := 6874.508;
          sd_in    := 498.5758;
          dist_out := 'normal';
          mean_out := 26.70968;
          sd_out   := 1.176203;
         end;
    10 : begin
          operator := 54;
          dist_in  := 'normal';
          mean_in  := 7562.336;
          sd_in    := 659.4895;
          dist_out := 'normal';
          mean_out := 26.09677;
          sd_out   := 1.073277;
         end;
```

```
11 : begin
      operator := 54;
      dist_in  := 'normal';
      mean_in  := 7524.935;
      sd_in    := 586.9773;
      dist_out := 'normal';
      mean_out := 26.38709;
      sd_out   := 1.242459;
     end;
12 : begin
      operator := 48;
      dist_in  := 'normal';
      mean_in  := 6525.906;
      sd_in    := 612.9061;
      dist_out := 'normal';
      mean_out := 26.82258;
      sd_out   := 1.420179;
     end;
13 : begin
      operator := 55;
      dist_in  := 'normal';
      mean_in  := 7543.169;
      sd_in    := 587.1138;
      dist_out := 'normal';
      mean_out := 26.58870;
      sd_out   := 1.671100;
     end;
14 : begin
      operator := 57;
      dist_in  := 'normal';
      mean_in  := 7762.895;
      sd_in    := 654.9742;
      dist_out := 'normal';
      mean_out := 26.87096;
      sd_out   := 1.250598;
     end;
```

```
15 : begin
      operator := 56;
      dist_in  := 'normal';
      mean_in  := 7660;
      sd_in    := 596.1689;
      dist_out := 'normal';
      mean_out := 26.58064;
      sd_out   := 1.571401;
     end;
16 : begin
      operator := 57;
      dist_in  := 'normal';
      mean_in  := 7768.846;
      sd_in    := 705.3577;
      dist_out := 'normal';
      mean_out := 26.90322;
      sd_out   := 1.638347;
     end;
17 : begin
      operator := 52;
      dist_in  := 'normal';
      mean_in  := 7025.376;
      sd_in    := 635.6594;
      dist_out := 'normal';
      mean_out := 26.98377;
      sd_out   := 1.598395;
     end;
18 : begin
      operator := 46;
      dist_in  := 'normal';
      mean_in  := 6245.548;
      sd_in    := 602.3501;
      dist_out := 'normal';
      mean_out := 26.89516;
      sd_out   := 1.485513;
     end;
```

```
19 : begin
      operator := 42;
      dist_in  := 'normal';
      mean_in  := 5704.911;
      sd_in    := 474.8583;
      dist_out := 'normal';
      mean_out := 26.87903;
      sd_out   := 1.371323;
     end;
20 : begin
      operator := 37;
      dist_in  := 'normal';
      mean_in  := 5041.145;
      sd_in    := 477.2455;
      dist_out := 'normal';
      mean_out := 26.45161;
      sd_out   := 1.284867;
     end;
21 : begin
      operator := 31;
      dist_in  := 'normal';
      mean_in  := 4171.379;
      sd_in    := 424.6680;
      dist_out := 'normal';
      mean_out := 27.11290;
      sd_out   := 1.465790;
     end;
22 : begin
      operator := 25;
      dist_in  := 'normal';
      mean_in  := 3322.169;
      sd_in    := 450.0217;
      dist_out := 'normal';
      mean_out := 26.92741;
      sd_out   := 1.514394;
     end;
```

```
    end;
else if types = 2 then
begin
    case times of
    8 : begin
         operator := 22;
         dist_in    := 'normal';
         mean_in    := 2859.81;
         sd_in      := 690.568;
         dist_out   := 'normal';
         mean_out   := 25.8666;
         sd_out     := 1.43139;
        end;
    9 : begin
         operator   := 25;
         dist_in  := 'montecarlo';
         mean_monte_in[1] := 2572;
         mean_monte_in[2] := 2850;
         mean_monte_in[3] := 3350;
         mean_monte_in[4] := 3850;
         mean_monte_in[5] := 4350;
         mean_monte_in[6] := 4850;
         mean_monte_in[7] := 5350;
         mean_monte_in[8] := 5829;
         prob_in[1] := 0.016666;
         prob_in[2] := 0.383333;
         prob_in[3] := 0.500000;
         prob_in[4] := 0.516666;
         prob_in[5] := 0.550000;
         prob_in[6] := 0.700000;
         prob_in[7] := 0.838333;
         prob_in[8] := 1;
         dist_out   := 'normal';
         mean_out   := 25.5;
         sd_out     := 1.36014;
        end;
```

```
10 : begin
       operator := 30;
       dist_in  := 'montecarlo';
       mean_monte_in[1] := 2950;
       mean_monte_in[2] := 3300;
       mean_monte_in[3] := 3900;
       mean_monte_in[4] := 4500;
       mean_monte_in[5] := 5100;
       mean_monte_in[6] := 5700;
       mean_monte_in[7] := 6300;
       mean_monte_in[8] := 6900;
       mean_monte_in[9] := 7383;
       prob_in[1] := 0.033333;
       prob_in[2] := 0.350000;
       prob_in[3] := 0.466666;
       prob_in[4] := 0.499999;
       prob_in[5] := 0.516666;
       prob_in[6] := 0.750000;
       prob_in[7] := 0.950000;
       prob_in[8] := 0.983333;
       prob_in[9] := 1;
       dist_out   := 'normal';
       mean_out   := 25.73333;
       sd_out     := 1.20922;
     end;
11 : begin
       operator := 30;
       dist_in  := 'montecarlo';
       mean_monte_in[1] := 3080;
       mean_monte_in[2] := 3500;
       mean_monte_in[3] := 4100;
       mean_monte_in[4] := 4700;
       mean_monte_in[5] := 5300;
       mean_monte_in[6] := 5900;
       mean_monte_in[7] := 6468;
```

```
      prob_in[1] := 0.100000;
      prob_in[2] := 0.433333;
      prob_in[3] := 0.483333;
      prob_in[4] := 0.550000;
      prob_in[5] := 0.583333;
      prob_in[6] := 0.816666;
      prob_in[7] := 1;
      dist_out   := 'normal';
      mean_out   := 26.0666;
      sd_out     := 1.27627;
    end;
12 : begin
      operator   := 30;
      dist_in  := 'montecarlo';
      mean_monte_in[1] := 3131;
      mean_monte_in[2] := 3375;
      mean_monte_in[3] := 3725;
      mean_monte_in[4] := 4075;
      mean_monte_in[5] := 4425;
      mean_monte_in[6] := 4775;
      mean_monte_in[7] := 5125;
      mean_monte_in[8] := 5475;
      mean_monte_in[9] := 5825;
      mean_monte_in[10]:= 6149;
      prob_in[1] := 0.050000;
      prob_in[2] := 0.183333;
      prob_in[3] := 0.400000;
      prob_in[4] := 0.466700;
      prob_in[5] := 0.533400;
      prob_in[6] := 0.550100;
      prob_in[7] := 0.600100;
      prob_in[8] := 0.783400;
      prob_in[9] := 0.966700;
      prob_in[10]:= 1;
```

```
      dist_out    := 'normal';
       mean_out    := 26.43333;
       sd_out      := 1.232310;
      end;
13 : begin
       operator := 30;
       dist_in  := 'montecarlo';
       mean_monte_in[1] := 2910;
       mean_monte_in[2] := 3250;
       mean_monte_in[3] := 3750;
       mean_monte_in[4] := 4250;
       mean_monte_in[5] := 4750;
       mean_monte_in[6] := 5250;
       mean_monte_in[7] := 5750;
       mean_monte_in[8] := 6250;
       mean_monte_in[9] := 6512;
       prob_in[1] := 0.016700;
       prob_in[2] := 0.250000;
       prob_in[3] := 0.500000;
       prob_in[4] := 0.550000;
       prob_in[5] := 0.566700;
       prob_in[6] := 0.700000;
       prob_in[7] := 0.916700;
       prob_in[8] := 0.983333;
       prob_in[9] := 1;
       dist_out := 'normal';
       mean_out := 26.56666;
       sd_out    := 1.295710;
      end;
14 : begin
       operator := 32;
       dist_in  := 'montecarlo';
       mean_monte_in[1] := 2868;
       mean_monte_in[2] := 3500;
       mean_monte_in[3] := 4500;
       mean_monte_in[4] := 5500;
```

```
      mean_monte_in[5] := 6500;
      mean_monte_in[6] := 7480;
      prob_in[1] := 0.033333;
      prob_in[2] := 0.500000;
      prob_in[3] := 0.583333;
      prob_in[4] := 0.916666;
      prob_in[5] := 0.983333;
      prob_in[6] := 1;
      dist_out   := 'normal';
      mean_out   := 26.65000;
      sd_out     := 1.36412;
    end;
15 : begin
      operator := 28;
      dist_in  := 'montecarlo';
      mean_monte_in[1] := 2893;
      mean_monte_in[2] := 3250;
      mean_monte_in[3] := 3750;
      mean_monte_in[4] := 4250;
      mean_monte_in[5] := 4750;
      mean_monte_in[6] := 5250;
      mean_monte_in[7] := 5750;
      mean_monte_in[8] := 6250;
      mean_monte_in[9] := 7201;
      prob_in[1] := 0.016700;
      prob_in[2] := 0.250000;
      prob_in[3] := 0.516700;
      prob_in[4] := 0.550000;
      prob_in[5] := 0.566700;
      prob_in[6] := 0.750000;
      prob_in[7] := 0.950000;
      prob_in[8] := 0.983333;
      prob_in[9] := 1;
      dist_out := 'normal';
      mean_out := 26.26666;
      sd_out   := 1.195369;
```

```
     end;
16 : begin
      operator := 30;
      dist_in  := 'montecarlo';
      mean_monte_in[1] := 3258;
      mean_monte_in[2] := 3525;
      mean_monte_in[3] := 3975;
      mean_monte_in[4] := 4425;
      mean_monte_in[5] := 4875;
      mean_monte_in[6] := 5325;
      mean_monte_in[7] := 5775;
      mean_monte_in[8] := 6225;
      mean_monte_in[9] := 6675;
      mean_monte_in[10]:= 7435;
      prob_in[1] := 0.066666;
      prob_in[2] := 0.250000;
      prob_in[3] := 0.516666;
      prob_in[4] := 0.533333;
      prob_in[5] := 0.583333;
      prob_in[6] := 0.700000;
      prob_in[7] := 0.900000;
      prob_in[8] := 0.966666;
      prob_in[9] := 0.983333;
      prob_in[10]:= 1;
      dist_out   := 'normal';
      mean_out   := 26.46666;
      sd_out     := 1.21746;
     end;
17 : begin
      operator   := 31;
      dist_in  := 'montecarlo';
      mean_monte_in[1] := 3013;
      mean_monte_in[2] := 3450;
      mean_monte_in[3] := 3950;
      mean_monte_in[4] := 4450;
      mean_monte_in[5] := 4950;
```

```
      mean_monte_in[6] := 5450;
      mean_monte_in[7] := 5950;
      mean_monte_in[8] := 6450;
      mean_monte_in[9] := 6871;
      prob_in[1] := 0.016700;
      prob_in[2] := 0.316700;
      prob_in[3] := 0.550100;
      prob_in[4] := 0.583400;
      prob_in[5] := 0.666667;
      prob_in[6] := 0.766667;
      prob_in[7] := 0.966667;
      prob_in[8] := 0.983333;
      prob_in[9] := 1;
      dist_out   := 'montecarlo';
      mean_monte_out[1] := 23;
      mean_monte_out[2] := 24;
      mean_monte_out[3] := 25;
      mean_monte_out[4] := 26;
      mean_monte_out[5] := 27;
      mean_monte_out[6] := 28;
      mean_monte_out[7] := 29;
      mean_monte_out[8] := 30;
      prob_out[1] := 0.050000;
      prob_out[2] := 0.150000;
      prob_out[3] := 0.600000;
      prob_out[4] := 0.750000;
      prob_out[5] := 0.883333;
      prob_out[6] := 0.966666;
      prob_out[7] := 0.983333;
      prob_out[8] := 1;
    end;
18 : begin
      operator := 32;
      dist_in  := 'montecarlo';
      mean_monte_in[1] := 3473;
      mean_monte_in[2] := 3650;
```

```
      mean_monte_in[3] := 3950;
      mean_monte_in[4] := 4250;
      mean_monte_in[5] := 4550;
      mean_monte_in[6] := 4850;
      mean_monte_in[7] := 5150;
      mean_monte_in[8] := 5450;
      mean_monte_in[9] := 5750;
      mean_monte_in[10]:= 6041;
      prob_in[1] := 0.016700;
      prob_in[2] := 0.183333;
      prob_in[3] := 0.433333;
      prob_in[4] := 0.516666;
      prob_in[5] := 0.566666;
      prob_in[6] := 0.633333;
      prob_in[7] := 0.700000;
      prob_in[8] := 0.816700;
      prob_in[9] := 0.900000;
      prob_in[10]:= 1;
      dist_out := 'normal';
      mean_out := 26.51888;
      sd_out   := 1.431680;
    end;
19 : begin
      operator := 32;
      dist_in  := 'montecarlo';
      mean_monte_in[1] := 3346;
      mean_monte_in[2] := 3800;
      mean_monte_in[3] := 4400;
      mean_monte_in[4] := 4700;
      mean_monte_in[5] := 5000;
      mean_monte_in[6] := 5300;
      mean_monte_in[7] := 5600;
      mean_monte_in[8] := 5696;
```

```
      prob_in[1] := 0.016700;
      prob_in[2] := 0.266700;
      prob_in[3] := 0.566700;
      prob_in[4] := 0.633400;
      prob_in[5] := 0.700100;
      prob_in[6] := 0.783400;
      prob_in[7] := 0.900000;
      prob_in[8] := 1;
      dist_out := 'normal';
      mean_out := 26.46666;
      sd_out   := 1.087300;
    end;
20 : begin
      operator := 25;
      dist_in  := 'montecarlo';
      mean_monte_in[1] := 3200;
      mean_monte_in[2] := 3350;
      mean_monte_in[3] := 3650;
      mean_monte_in[4] := 3950;
      mean_monte_in[5] := 4250;
      mean_monte_in[6] := 4550;
      mean_monte_in[7] := 4850;
      mean_monte_in[8] := 5150;
      mean_monte_in[9] := 5388;
      prob_in[1] := 0.016700;
      prob_in[2] := 0.083300;
      prob_in[3] := 0.299900;
      prob_in[4] := 0.566600;
      prob_in[5] := 0.633300;
      prob_in[6] := 0.700000;
      prob_in[7] := 0.783300;
      prob_in[8] := 0.966700;
      prob_in[9] := 1;
      dist_out := 'normal';
      mean_out := 26;
      sd_out   := 1.65;
```

```
      end;
21 : begin
      operator := 25;
      dist_in  := 'normal';
      mean_in  := 3691.533;
      sd_in    := 777.4515;
      dist_out := 'normal';
      mean_out := 26.7;
      sd_out   := 1.18743;
     end;
22 : begin
      operator := 21;
      dist_in  := 'montecarlo';
      mean_monte_in[1] := 2160;
      mean_monte_in[2] := 2300;
      mean_monte_in[3] := 2500;
      mean_monte_in[4] := 2700;
      mean_monte_in[5] := 2900;
      mean_monte_in[6] := 3100;
      mean_monte_in[7] := 3300;
      mean_monte_in[8] := 3500;
      mean_monte_in[9] := 3700;
      mean_monte_in[10]:= 3900;
      mean_monte_in[11]:= 4047;
      prob_in[1] := 0.033300;
      prob_in[2] := 0.066700;
      prob_in[3] := 0.266700;
      prob_in[4] := 0.483500;
      prob_in[5] := 0.566600;
      prob_in[6] := 0.633300;
      prob_in[7] := 0.650000;
      prob_in[8] := 0.766700;
      prob_in[9] := 0.883300;
      prob_in[10]:= 0.983300;
      prob_in[11]:= 1;
      dist_out := 'normal';
```

```
            mean_out  := 26.3333;
            sd_out    := 1.45678;
          end;
    end;
 end;
End;


BEGIN
     types := 1;
     repeat
        times := 8;
        repeat
           define;
           run_simulate;
           inc(times);
        until times > 22;
        inc(types);
     until types > 2;
END.
```

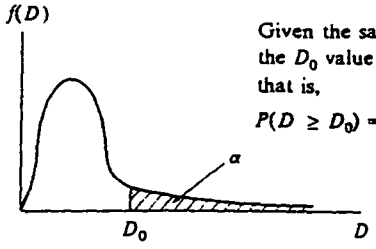
* กำหนดให้โปรแกรมจำลองปัญหา โดยเริ่มตั้งแต่ วันทำงาน 8:00 - 23:00 น. ถึงวันหยุด 8:00 - 23:00 น.

# ภาคผนวก ง.

## ตาราง D แสดงค่าวิกฤต

## ของวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

# ตารางค่า D แสดงค่าวิกฤตของวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ




Given the sample size $n$, the table gives the $D_0$ value with $\alpha$ of the area above it, that is,

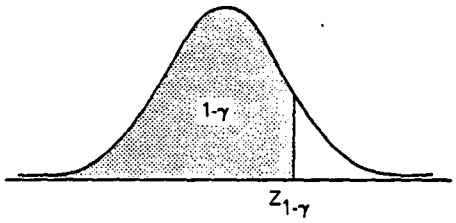
$P(D \geq D_0) = \alpha$

| $n$ | $\alpha$ level | | |
|---|---|---|---|
| | 0.10 | 0.05 | 0.01 |
| 1 | 0.95 | 0.98 | 0.995 |
| 2 | 0.78 | 0.84 | 0.93 |
| 3 | 0.64 | 0.71 | 0.83 |
| 4 | 0.56 | 0.62 | 0.73 |
| 5 | 0.51 | 0.56 | 0.67 |
| 6 | 0.47 | 0.52 | 0.62 |
| 7 | 0.44 | 0.49 | 0.58 |
| 8 | 0.41 | 0.46 | 0.54 |
| 9 | 0.39 | 0.43 | 0.51 |
| 10 | 0.37 | 0.41 | 0.49 |
| 11 | 0.35 | 0.39 | 0.47 |
| 12 | 0.34 | 0.38 | 0.45 |
| 13 | 0.33 | 0.36 | 0.43 |
| 14 | 0.31 | 0.35 | 0.42 |
| 15 | 0.30 | 0.34 | 0.40 |
| 16 | 0.30 | 0.33 | 0.39 |
| 17 | 0.29 | 0.32 | 0.38 |
| 18 | 0.28 | 0.31 | 0.37 |
| 19 | 0.27 | 0.30 | 0.36 |
| 20 | 0.26 | 0.29 | 0.36 |
| 25 | 0.24 | 0.27 | 0.32 |
| 30 | 0.22 | 0.24 | 0.29 |
| 35 | 0.21 | 0.23 | 0.27 |
| 40 | 0.19 | 0.21 | 0.25 |
| 50 | 0.17 | 0.19 | 0.23 |
| > 50 | $\frac{1.22}{\sqrt{n}}$ | $\frac{1.36}{\sqrt{n}}$ | $\frac{1.63}{\sqrt{n}}$ |

# ภาคผนวก จ.

## ตารางค่า z

# ตารางค่า Z




## Cumulative Standard Normal Distribution

| Z | .00 | .01 | .02 | .03 | .04 | .05 | .06 | .07 | .08 | .09 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.0 | .5000 | .5040 | .5080 | .5120 | .5160 | .5199 | .5239 | .5279 | .5319 | .5359 |
| 0.1 | .5398 | .5438 | .5478 | .5517 | .5557 | .5596 | .5636 | .5675 | .5714 | .5753 |
| 0.2 | .5793 | .5832 | .5871 | .5910 | .5948 | .5987 | .6026 | .6064 | .6103 | .6141 |
| 0.3 | .6179 | .6217 | .6255 | .6293 | .6331 | .6368 | .6406 | .6443 | .6480 | .6517 |
| 0.4 | .6554 | .6591 | .6628 | .6664 | .6700 | .6736 | .6772 | .6808 | .6844 | .6879 |
| 0.5 | .6915 | .6950 | .6985 | .7019 | .7054 | .7088 | .7123 | .7157 | .7190 | .7224 |
| 0.6 | .7257 | .7291 | .7324 | .7357 | .7389 | .7422 | .7454 | .7486 | .7517 | .7549 |
| 0.7 | .7580 | .7611 | .7642 | .7673 | .7704 | .7734 | .7764 | .7794 | .7823 | .7852 |
| 0.8 | .7881 | .7910 | .7939 | .7967 | .7995 | .8023 | .8051 | .8078 | .8106 | .8133 |
| 0.9 | .8159 | .8186 | .8212 | .8238 | .8264 | .8289 | .8315 | .8340 | .8365 | .8389 |
| 1.0 | .8413 | .8438 | .8461 | .8485 | .8508 | .8531 | .8554 | .8577 | .8599 | .8621 |
| 1.1 | .8643 | .8665 | .8686 | .8708 | .8729 | .8749 | .8770 | .8790 | .8810 | .8830 |
| 1.2 | .8849 | .8869 | .8888 | .8907 | .8925 | .8944 | .8962 | .8980 | .8997 | .9015 |
| 1.3 | .9032 | .9049 | .9066 | .9082 | .9099 | .9115 | .9131 | .9147 | .9162 | .9177 |
| 1.4 | .9182 | .9207 | .9222 | .9236 | .9251 | .9265 | .9279 | .9292 | .9306 | .9319 |
| 1.5 | .9332 | .9345 | .9357 | .9370 | .9382 | .9394 | .9406 | .9418 | .9429 | .9441 |
| 1.6 | .9452 | .9463 | .9474 | .9484 | .9495 | .9505 | .9515 | .9525 | .9535 | .9545 |
| 1.7 | .9554 | .9564 | .9573 | .9582 | .9591 | .9599 | .9608 | .9616 | .9625 | .9633 |
| 1.8 | .9641 | .9649 | .9656 | .9664 | .9671 | .9678 | .9686 | .9693 | .9699 | .9706 |
| 1.9 | .9713 | .9719 | .9726 | .9732 | .9738 | .9744 | .9750 | .9756 | .9761 | .9767 |
| 2.0 | .9772 | .9778 | .9783 | .9788 | .9793 | .9798 | .9803 | .9808 | .9812 | .9817 |
| 2.1 | .9821 | .9826 | .9830 | .9834 | .9838 | .9842 | .9846 | .9850 | .9854 | .9857 |
| 2.2 | .9861 | .9864 | .9868 | .9871 | .9875 | .9878 | .9881 | .9884 | .9887 | .9890 |
| 2.3 | .9893 | .9896 | .9898 | .9901 | .9904 | .9906 | .9909 | .9911 | .9913 | .9916 |
| 2.4 | .9918 | .9920 | .9922 | .9925 | .9927 | .9929 | .9931 | .9932 | .9934 | .9936 |
| 2.5 | .9938 | .9940 | .9941 | .9943 | .9945 | .9946 | .9948 | .9949 | .9951 | .9952 |
| 2.6 | .9953 | .9955 | .9956 | .9957 | .9959 | .9960 | .9961 | .9962 | .9963 | .9964 |
| 2.7 | .9965 | .9966 | .9967 | .9968 | .9969 | .9970 | .9971 | .9972 | .9973 | .9974 |
| 2.8 | .9974 | .9975 | .9976 | .9977 | .9977 | .9978 | .9979 | .9979 | .9980 | .9981 |
| 2.9 | .9981 | .9982 | .9982 | .9983 | .9984 | .9984 | .9985 | .9985 | .9986 | .9986 |
| 3.0 | .9987 | .9987 | .9987 | .9988 | .9988 | .9989 | .9989 | .9989 | .9990 | .9990 |
| 3.1 | .9990 | .9991 | .9991 | .9991 | .9992 | .9992 | .9992 | .9992 | .9993 | .9993 |
| 3.2 | .9993 | .9993 | .9994 | .9994 | .9994 | .9994 | .9994 | .9995 | .9995 | .9995 |
| 3.3 | .9995 | .9995 | .9995 | .9996 | .9996 | .9996 | .9996 | .9996 | .9996 | .9997 |
| 3.4 | .9997 | .9997 | .9997 | .9997 | .9997 | .9997 | .9997 | .9997 | .9997 | .9998 |
| 3.5 | .9998 | .9998 | .9998 | .9998 | .9998 | .9998 | .9998 | .9998 | .9998 | .9998 |
| 3.6 | .9998 | .9998 | .9999 | .9999 | .9999 | .9999 | .9999 | .9999 | .9999 | .9999 |
| 3.7 | .9999 | .9999 | .9999 | .9999 | .9999 | .9999 | .9999 | .9999 | .9999 | .9999 |
| 3.8 | .9999 | .9999 | .9999 | .9999 | .9999 | .9999 | .9999 | .9999 | .9999 | .9999 |
| 3.9 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |

# ประวัตินักศึกษา

# ประวัตินักศึกษา

| | |
|---|---|
| ชื่อ-นามสกุล | นายชนาวีร์ จงประสิทธิผล |
| วันเดือนปีเกิด | 13 กันยายน 2516 |
| สถานที่เกิด | กรุงเทพฯ |
| สำเร็จชั้นมัธยมต้นจาก | โรงเรียนอัสสัมชัญ ธนบุรี กรุงเทพฯ |
| สำเร็จชั้นมัธยมปลายจาก | โรงเรียนอัสสัมชัญ ธนบุรี กรุงเทพฯ |

| | |
|---|---|
| ชื่อ-นามสกุล | นายประภาส โพธิพันธุ์ |
| วันเดือนปีเกิด | 18 สิงหาคม 2515 |
| สถานที่เกิด | ฉะเชิงเทรา |
| สำเร็จชั้นมัธยมต้นจาก | โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ ฉะเชิงเทรา |
| สำเร็จชั้นมัธยมปลายจาก | โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ ฉะเชิงเทรา |

| | |
|---|---|
| ชื่อ-นามสกุล | นายพงศา อาชายุทธการ |
| วันเดือนปีเกิด | 17 กุมภาพันธ์ 2515 |
| สถานที่เกิด | กรุงเทพฯ |
| สำเร็จชั้นมัธยมต้นจาก | โรงเรียนวัดราชบพิธ กรุงเทพฯ |
| สำเร็จชั้นมัธยมปลายจาก | โรงเรียนวัดบวรมงคล กรุงเทพฯ |

| | |
|---|---|
| ชื่อ-นามสกุล | นางสาววุจิรา บุญสุวรรณ |
| วันเดือนปีเกิด | 8 ธันวาคม 2514 |
| สถานที่เกิด | ชลบุรี |
| สำเร็จชั้นมัธยมต้นจาก | โรงเรียนชลกันยานุกูล ชลบุรี |
| สำเร็จชั้นมัธยมปลายจาก | โรงเรียนชลกันยานุกูล ชลบุรี |