การวิเคราะห์ระบบแถวคอย : กรณีศึกษาการรับสมัครนักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ

Queuing Analysis The Study of Student's Admission System at Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, North Bangkok Campus

นายดำรงฤทธิ์ พลสุวัตถิ์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณ ปี พ.ศ. 2551
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือจากหลายท่าน คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ร.ศ. ดวงสุดา เตโชติรส อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผ.ศ. วัลลภ ภูผา คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนการทำงานวิจัยของอาจารย์ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร มาตั้งแต่เริ่มต้น ขอขอบคุณ อาจารย์กฤษฎา เหล็กดี อาจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ ที่ให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ นักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาวิศวอุตสาหการ ที่ช่วยในเรื่องการเก็บข้อมูล เป็นอย่างดี

ท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ได้ให้ทุนสนับสนุน จนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัย

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อ หาอัตราการมาสมัครเข้าศึกษาที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ อัตราการให้บริการของเจ้าหน้าที่รับสมัคร วิเคราะห์ระบบแถวคอย และเพื่อนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ในการปรับปรุงการรับสมัครให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น กลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาระดับ ปวส. สายช่างอุตสาหกรรม จำนวน 1,722 คนที่เข้ามาสมัครเรียนในแผนกต่างๆ รวม 10 แผนก ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 และ 2551 โดยเก็บข้อมูลการสมัครทุกๆ 10 นาที ในแต่ละช่วงเวลาๆ ละ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 09.00-16.00 น. รวม 6 ช่วงเวลา จำนวน 6 วัน

ผลการวิจัยพบว่าจำนวนนักศึกษาที่มาสมัครทุกช่วงเวลามีการแจกแจงแบบพัวซอง โดยที่ช่วงเวลาที่ 2 มีอัตราการ เข้ามาสมัครมากที่สุดคือ 1.29 และช่วงเวลาที่ 6 มีอัตราการ เข้ามาสมัครน้อยที่สุดคือ 0.06 คนต่อนาที อัตราการให้บริการทุกจุดให้บริการมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล โดยที่อัตราในการกรอกข้อมูลของนักศึกษาลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (จุดให้บริการที่ 2) มีค่าสูงสุดคือ 0.67 นาทีต่อคน หรือ 1.49 คนต่อนาที การวิเคราะห์ระบบแถวคอยในงานวิจัยนี้ได้ใช้ตัวแบบแถวคอยแบบโครงข่ายที่เป็นแบบอนุกรม พบว่า จุดให้บริการที่ 1 ในช่วงเวลาที่ 2 มีจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 150 คน/ชั่วโมง ส่วนในช่วงเวลาที่ 6 เกือบจะไม่มีจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยเลย และเช่นเดียวกันจุดบริการที่ 1 ในช่วงเวลาที่ 2 มีจำนวนผู้มารับบริการในแถวคอยโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 107.40 คน/ชั่วโมง ในเรื่องเวลารอคอยของผู้มารับบริการ จุดบริการที่ 1 เวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมีค่ามากที่สุดคือ 1.92 นาที/คน และเช่นเดียวกัน จุดบริการที่ 1 เวลารอคอยของผู้มารับบริการในแถว โดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 1.37 นาที/คน และจุดบริการที่ 1, 2, และ 3 ในช่วงเวลาที่ 6 ความน่าจะเป็นที่จะไม่มีผู้มารับบริการในระบบมีค่ามาก คือ 0.97, 0.95 และ 0.98 ตามลำดับ งานวิจัยนี้ได้กำหนดค่าจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ย ที่เหมาะสมไว้คือไม่ควรเกิน 60 คน/ชั่วโมง และไม่ต่ำกว่า 30 คน/ชั่วโมง และเวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ย ไม่ควรเกิน 1 นาที/คน และไม่ควรต่ำกว่า 0.5 นาที/คน โดยพิจารณาเฉพาะจุดที่มีผู้ให้บริการมากกว่า 1 คน จากการวิเคราะห์ระบบแถวคอยพบว่าในจุดให้บริการที่ 1 ของช่วงเวลาที่ 2 ที่ 3 และ 4 ควรเพิ่มจำนวนผู้ให้บริการอีก 1 คน และในช่วงเวลาที่ 6 ควรลดจำนวนผู้ให้บริการลง 1 คน

คำสำคัญ: อัตราการมาสมัคร อัตราการให้บริการ การวิเคราะห์ระบบแถวคอย

Abstract

The objectives of the study were to find the arrival rate of applicants who applied to study at Rajamangala university of Technology Pra Nakhon, North Bangkok Campus, the service rate of admission officers, and to analyze queuing system in order to improve the admission system. The sample was 1,722 technical students who applied to study in 10 divisions in 2007 and 2008. The application data was collected every 10 minutes in each one-hour period from 09.00 am. to 16.00 pm. for 6 days.

The study found that the distribution of the number of applicants was Poisson distribution. The highest arrival rate, 1.29 students/min, was at the second period and the lowest arrival rate, 0.06 students/min, was at the sixth period. The distribution of service time at each station was exponential distribution. The highest service rate, 0.67 min/student or 1.49 students/min, was at the second station, entering data into a computer. Queuing analysis in this study was series network. The analysis found that the highest expected number of applicants in the system, 150 students/hour, was at the first station in the second period, and in the sixth period there was almost none. The highest expected number of applicants in the queuing system, 107.40 students/hour, was at the first station in the second period. The highest expected waiting time in the system, 1.92 min/student and in the queuing system, 1.37 min/student were at the first station. The probabilities of none of applicants in the system at the first, the second and the third station in the sixth period were high, 0.97,0.95, and 0.98 respectively. The proper value of the expected number of applicants in the system set in this study was not more than 60 students/hour and not less than 30 students/hour. The proper value of the waiting time in the system was not more than 1 min/student and not less than 0.5 min/students for stations with more than one servers. The analysis found that at the first station one more server should be added in the second, the third and the forth period, and one less server should be reduced in the sixth period.

Keyword: arrival rate, service rate, queuing analysis

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
ขอบเขตของการวิจัย	2
สมมุติฐานในการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
ทฤษฎีแถวคอย	3
การทดสอบลักษณะของการแจกแจง	17
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	20
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	20
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	20
วิธีการดำเนินการศึกษา	22
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	23
ตัวแบบที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบแถวคอย	23
ประเมิณผลวิจัย	24
บทที่ 4 ผลการจัย	25
หาอัตราการเข้ามาสมัคร และทดสอบการแจกแจงจำนวนนักศึกษาที่เข้ามาสมัครในแต่ละช่วงเวลา	25
หาอัตราการให้บริการ และทดสอบการแจกแจงของเวลาการให้บริการของเจ้าหน้าที่	39
การวิเคราะห์ระบบแถวคอย	51

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การปรับปรุงระบบแถวคอยให้เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลา	57
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	60
สรุปผลการวิจัย	60
อภิปรายผล	63
ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย	64
ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป	64
บรรณานุกรม	65
ประวัติคณะผู้วิจัย	66

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและสำคัญของปัญหา

การเข้าแถวคอยในปัจจุบันถือว่าเป็นปัญหาที่สำคัญอีกปัญหาหนึ่งสำหรับงานด้านการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม และในด้านการให้บริการเกือบทุกประเภท เช่นระบบแถวคอยในงานการผลิตสินค้าในแต่ละสถานี การเข้าแถวคอยในการจ่ายค่าไฟฟ้าของประชาชน การเข้าแถวคอยในการตรวจรักษาที่โรงพยาบาล การเข้าแถวคอยในการทำ ธุรกรรมที่ธนาคาร การเข้าแถวคอยในร้านตัดผมและอื่นๆอีกมากมายโดยสาเหตุมาจากอัตราการมา ของผู้มาใช้บริการกับอัตราการให้บริการของผู้ให้บริการ มีความไม่สมดุลกัน ส่งผลทำให้มีการรอคอยเกิดขึ้น และ ทำให้เกิดความสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจเป็นอย่างมากโดยสามารถพิจารณาได้จาก ค่าใช้จ่ายของผู้มาใช้บริการ และ ผู้ให้บริการ

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการวิเคราะห์ระบบแถวคอยในการรับสมัครนักศึกษาในระดับ ปวส. สายช่างอุตสาหกรรม ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ เนื่องจากบางจุดในการให้บริการมีแถวคอยยาวบางช่วงเวลา เช่น ช่วงเวลาตั้งแต่ 10.00-14.00 น. ทำให้นักศึกษาและผู้ปกครองที่มาสมัครรับสมัครนักศึกษาต้องคอยเป็นเวลานาน แต่บางจุดให้บริการในบางช่วงเวลาไม่มีการรอคอยเกิดขึ้นเลย ทำให้ผู้ให้บริการว่างงาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาระบบแถวคอยในการรับสมัครนักศึกษา จากตัวอย่าง จำนวน 2 ปีการศึกษา ซึ่งได้แก่ ปีการศึกษา 2550 และปีการศึกษา 2551 เพื่อหาจำนวนที่เหมาะสมที่สุดของผู้ให้บริการในแต่ละจุด เพื่อให้เกิดความสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจน้อยที่สุด และ ทำให้นักศึกษาและผู้ปกครองของนักศึกษามีความพึงพอใจมากที่สุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาหาอัตราการมารับบริการของนักศึกษาที่มาสมัครเข้าศึกษาที่มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระ นครเหนือ
2. เพื่อศึกษาหาอัตราการให้บริการของเจ้าหน้าที่รับสมัครนักศึกษาในแต่ละจุดให้บริการ

3. เพื่อวิเคราะห์ระบบแถวคอยในการรับสมัครนักศึกษาในแต่ละช่วงเวลา และนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ในการปรับปรุงการรับสมัครนักศึกษาให้มีความเหมาะสมมากที่สุด

ขอบเขตของโครงการวิจัย

ประชากร/ตัวอย่าง

ประชากรคือ นักศึกษาที่มาสมัครเข้าเรียนในระดับ ปวส. สายช่างอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือ นักศึกษาที่มาสมัครเข้าศึกษาในภาคเรียนที่1ของปีการศึกษา 2550 และ 2551

สมมุติฐานในการวิจัย

นักศึกษาที่เข้ามาสมัครต้องจบ ปวช สายช่างอุตสาหกรรมจากทั่วประเทศ ไม่จำกัดจำนวนผู้มารับบริการ ซึ่งอัตราการมารับบริการเป็นแบบสุ่ม และมีการแจกแจงแบบปัวพัวซอง โดยที่มีระเบียบของแถวคอยคือ ผู้มารับบริการก่อนจะได้รับบริการก่อน และเวลาของเจ้าหน้าที่ให้บริการในแต่ละจุดให้บริการเป็นแบบสุ่ม และมีการแจกแจงแบบเอ็กโปรเนนเชียล มีหน่วยบริการตั้งแต่หนึ่งหน่วยขึ้นไป

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงอัตราการมาเข้ารับบริการของนักศึกษา และ อัตราการให้บริการของเจ้าหน้าที่รับสมัคร
2. นำผลที่ได้จากวิเคราะห์ระบบแถวคอยในการรับสมัครนักศึกษาไปใช้ในการปรับปรุงการรับสมัครนักศึกษาให้มีความเหมาะสมมากที่สุด
3. รูปแบบการวิเคราะห์ระบบแถวคอยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ระบบแถวคอยในงานด้านอื่นได้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการวิเคราะห์ระบบแถวคอยในการรับสมัครนักศึกษาระดับ ปวส. สายช่างอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือในครั้งนี้ผู้ศึกษาได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามหัวข้อดังต่อไปนี้

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีแถวคอย

แถวคอยเป็นสถานการณ์ที่พบกันอยู่เสมอในชีวิตประจำวันของมนุษย์จากตัวอย่าง เช่น แถวคอยในซุปเปอร์มาร์เก็ต แถวคอยในการทำธุรกรรมที่ธนาคาร Work in Progress ในประบวนการผลิต หรือแถวคอยการเชื่อมต่อโครงข่ายทางคอมพิวเตอร์ในระบบของคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปแล้วโครงสร้างพื้นฐานของแถวคอยสามารถแสดงได้ด้วยรูปต่อไปนี้

ภาพที่ 1 โครงสร้างพื้นฐานของแถวคอย

2.1.1 รูปแบบของระบบแถวคอย

2.1.1.1 รูปแบบการเข้ารับบริการ (Arrival Pattern)

สามารถแสดงได้ด้วยการแจกแจงของเวลาระหว่างการเข้ารอรับการบริการ (Distribution of Time between Successive Arrival) หรืออัตราจำนวนผู้เข้ารอรับบริการต่อหนึ่งหน่วยเวลา (Arrival Rate) ลูกค้าที่เข้ามารับบริการอาจจะมาเป็นกลุ่ม

บ้าง เดี่ยวบ้าง ทำให้ช่วงเวลาของการเข้ามามีความแตกต่างกัน ดังนั้น การแจกแจงการเข้าสู่ระบบอาจมีลักษณะเป็นแบบพัวซอง (poission) แบบเออร์แลงก์ (erlang) แบบสม่ำเสมอ (uniform) หรือแบบอื่นๆ

ลักษณะผู้เข้ารับบริการสามารถแบ่งได้เป็นแบบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- Bulk or Batches Arrival หมายถึง การที่ผู้รับบริการมาเป็นกลุ่ม (มากกว่าหนึ่งคนขึ้นไป) ที่เวลาใด ๆ
- Balk หมายถึง การที่ผู้เข้าบริการพบว่า ระบบบริการไม่ว่างและไม่มีที่ว่างในแถวคอยให้รอ จึงตัดสินใจที่จะไม่รอรับบริการ
- Jockey หมายถึง ปรากฏการณ์ที่ผู้เข้ารับบริการในแถวคอนหนึ่งสลับสับเปลี่ยนตำแหน่งการรอคอยกับแถวคอยอื่น
- Renege หมายถึง การที่ผู้เข้ารับบริการรอคอยอยู่ในแถวคอยเป็นระยะเวลาหนึ่ง และยังไม่ได้รับบริการ จึงตัดสินใจล้มเลิกความต้องการรับบริการ และออกจากแถวคอยไป
- Stationary หมายถึง กรณีที่แจกแจงของจำนวนผู้เข้ารับบริการมีลักษณะคงที่
- Non-Stationary หมายถึง กรณีที่การแจกแจงของจำนวนผู้เข้ารับบริการมีการเปลี่ยนแปลง (ตัวอย่างเช่น จำนวนคนรอรถเมล์จะมีลักษณะการแจกแจงไม่คงที่ในเวลาต่าง ๆ กัน)

2.1.1.2 รูปแบบเวลาที่ให้บริการ (Service Time Pattern)

เป็นการแจกแจงของเวลาให้บริการจากผู้ให้บริการ (Server) ของระบบสำหรับผู้เข้ารับบริการแต่ละคน ซึ่งจะขึ้นกับลักษณะของระบบบริการ และอาจเป็นได้ทั้งแบบ Stationary และ Non-Stationary เวลาที่ให้บริการลูกค้าอาจมีความแตกต่างกันขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างซึ่งการแจกแจงของเวลาที่ให้บริการนั้นอาจมีลักษณะเป็นแบบสม่ำเสมอ เออร์แลงก์ เอ็กโปเนนเชียล (exponential) หรือแบบอื่นๆ

2.1.1.3 ระเบียบของแถวคอย (Queue Discipline)

หมายถึง กฎเกณฑ์ในการเลือกผู้รอรับบริการในแถวคอยเพื่อเข้ารับการบริการ ตัวอย่างเช่น มาก่อนได้รับบริการก่อน (First-in-First-out (FIFO)) มาหลังได้รับบริการ

ก่อน (Last-in-First-Out (LIFO)) , ระดับความสำคัญของผู้รอรับบริการ(Priority) และการเข้าแทรกเพื่อรับบริการ (Preemption) ฯลฯ

2.1.1.4 ความจุของระบบ (System Capacity)

หมายถึง ปริมาณสูงสุดของจำนวนผู้รอรับบริการรวมกับผู้กำลังรับบริการในระบบแถวคอยที่ยอมให้มีได้ ซึ่งถ้ามีค่าเกินกว่านี้จะเกิดปรากฏการณ์ Balk ขึ้น

2.1.2 การวิเคราะห์ระบบแถวคอย

การศึกษาเกี่ยวกับเรื่องแถวคอยมีจุดประสงค์หลักคือ เรียนรู้และวิเคราะห์พฤติกรรมตอบสนองของระบบแถวคอยที่มีต่อผู้เข้ารับบริการ โดยพิจารณาถึงพารามิเตอร์ต่าง ๆ ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพของระบบดังต่อไปนี้

- เวลารอคอย (Waiting Time)
- คาบเวลาทำงาน (Busy Period)
- เวลาว่าง (Total Time)
- ความยาวของแถวคอย (Queue Length)

และมีจุดมุ่งหมายคือ การหาความสมดุลระหว่างความสามารถในการให้บริการ (จำนวนผู้ให้บริการ) ค่าใช้จ่าย เวลารอคอย ความยาวของแถวคอย และกฎเกณฑ์การเลือกผู้เข้ารับบริการ

2.1.3 ลักษณะของแถวคอย

ลักษณะของแถวคอยสามารถแบ่งแยกได้เป็นสองลักษณะคือ แถวคอยแบบชั้นเดียว (Single Stage Queue) และแถวคอยแบบ โครงข่าย (Network Queue) ตัวอย่างแถวคอยแบบชั้นเดียวเป็นดังแสดงในรูปแถวคอยพื้นฐานคือมีผู้เข้ารับบริการ ระบบบริการอยู่เพียงขั้นตอนเดียว ซึ่งเมื่อผู้รับบริการเสร็จภารกิจแล้วก็จะออกจากระบบไป สำหรับแถวคอยแบบโครงข่ายนั้นจะใช้แทนระบบบริการที่มีหลายชั้น

2.1.3.1 แถวคอยแบบชั้นเดียว

โดยทั่วไปแล้วสำหรับแถวคอยแบบชั้นเดียวจะนิยมแสดงโครงสร้างของแถวคอยด้วยสัญลักษณ์ดังต่อไปนี้

A/B/C/D/E/F โดยที่

A แทนการแจกแจงของเวลาการปรากฏระหว่างผู้เข้ารับบริการแต่ละคน (Interarrival Time Distribution)

B แทนการแจกแจงของเวลาที่ใช้ในการบริการ (Service Time Distribution)

C แทนจำนวนผู้ให้บริการ (No of Servers)

D แทนความจุของระบบ

E แทนระเบียบของแถวคอย

F แทนแหล่งที่มาของผู้มาใช้บริการหรือลูกค้า

สำหรับในตำแหน่ง A และ B นิยมใช้ตัวอักษรต่าง ๆ ต่อไปนี้

M แทนการแจกแจงแบบพัวซอง และแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

D แทนข้อมูลแบบแน่นอน (Deterministic)

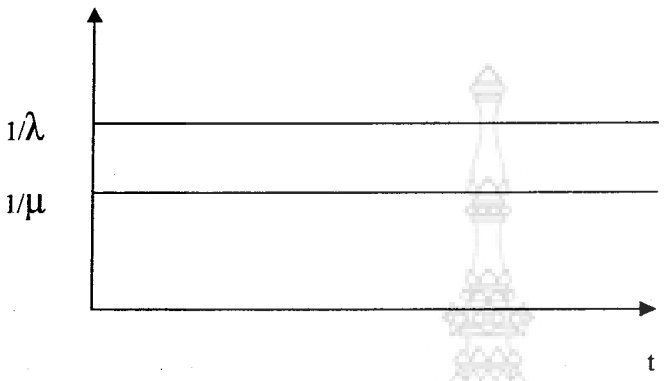
E_k แทนการแจกแจงแบบเออร์แรงอันดับที่ k

G_1 แทนการแจกแจงทั่วไปของช่วงเวลาระหว่างการมา (Interarrival Time)

G แทนการแจกแจงทั่วไปของ Service Time

สัญลักษณ์ดังกล่าว ผู้ที่คิดค้นเป็นคนแรก คือ D.G. Kendall คิดขึ้นในปี ค.ศ. 1953 ในรูปแบบ (A / B / C) และต่อมาในปี ค.ศ. 1966 A.M. Lee ได้เพิ่มเติมสัญลักษณ์เข้าไปอีกสองตำแหน่ง คือ ในตำแหน่ง D และ E และหลังจากนั้น H.A.Taha ได้เพิ่มสัญลักษณ์ตำแหน่ง F เข้าไป ดังรูปแบบข้างต้น ตัวอย่างที่พบบ่อยครั้งได้แก่ M/M/1, M/M/C/K, GI/G/1 ฯลฯ แถวคอยแบบชั้นเดียวสามารถแบ่งได้เป็นอีก 2 รูปแบบ โดยขึ้นกับจำนวนผู้ให้บริการ ถ้าจำนวนผู้ให้บริการมีเพียงคนเดียวจะเรียกว่า แถวคอยเดี่ยว (Single-line-Single-Server Queue) ถ้ามีผู้ให้บริการมากกว่าหนึ่งคนขึ้นไปจะเรียกว่า Multi -- Servers -- Single – line – Queue ตัวอย่างแถวคอยเดี่ยวที่รู้จักกันดีได้แก่

1) แถวคอยแบบ D/D/1 (Deterministic Queuing Modcls)



ภาพที่ 2 แถวคอยแบบ D/D/1

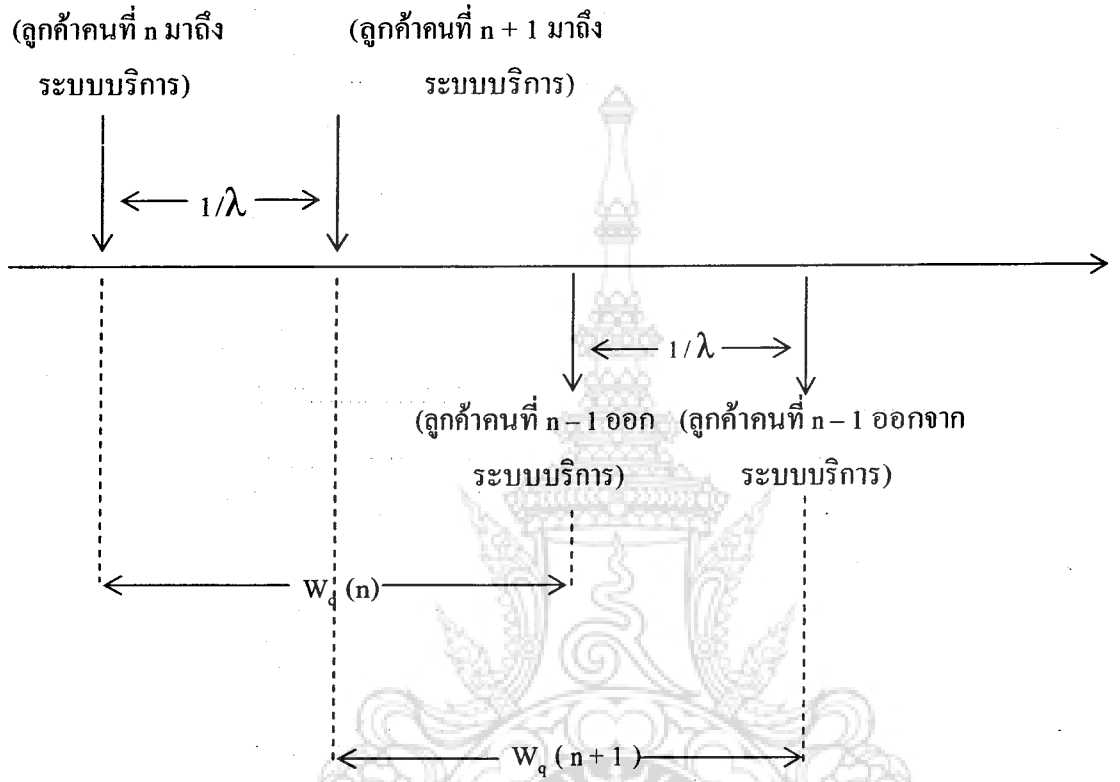
กำหนดให้ $1/\lambda$ แทน Interarrival Time และ $1/\mu$ แทน Service Time สำหรับผู้เข้ารับบริการแต่ละคนซึ่งมีค่าคงที่ ตัวอย่างของแถวคอยลักษณะนี้ได้แก่ การไหลของชิ้นงานภายในระบบสายประกอบการผลิต (Material Flows in an assembly Line) ถ้าให้ n(t) แทนจำนวนผู้เข้ารอรับบริการ ในแถวคอยที่เวลา t และ W_a (n) แทนเวลารอคอยของผู้เข้ารอรับบริการคนที่ n จะเห็นได้ว่า n(t) = (จำนวนผู้เข้ามาใช้ระบบบริการจากเวลา $0-t$ } - จำนวน{ จำนวนผู้ออกจากระบบบริการ จากเวลา $0-t$ }- 1 (จำนวนคนที่กำลังรับบริการอยู่)

$$n(t) = \frac{t}{1/\lambda} - \frac{t - i/\lambda}{1/\lambda} - 1$$

$$n(t) = \lfloor \lambda t \rfloor - \lfloor \mu t - \mu/\lambda \rfloor - 1$$

โดยที่ [X] แทนค่าตัวเลขจำนวนเต็มที่มีค่ามากที่สุดและมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ X

ในกรณีของ $W_q(n)$ ให้พิจารณาการเข้ามารับบริการของลูกค้าที่ n และคนที่ n + 1 ดังแสดงในรูปต่อไปนี้



ภาพที่ 3 การเข้ามารับบริการของลูกค้า

จากรูป

$$W_q(n+1) = \text{Max}\,[\,W_q(n) + 1/\mu - 1/\lambda\,,\,0\,]$$

ถ้า $n(0) = 0$

ดังนั้น $W_q(1) = 0$

และถ้า $1/\mu \leq 1/\lambda$ $W_q(n) = 0$, $\forall n$

และถ้า $1/\mu \leq 1/\lambda$ $W_q(n) \longrightarrow \infty$, $n \longrightarrow \infty$

2) การวิเคราะห์แถวคอยแบบ M/M/1

แถวคอยชนิดนี้จะตั้งข้อสมมุติพื้นฐานว่ารูปแบบการมามีลักษณการเกิดแบบขบวนการบัวซอง และรูปแบบการให้บริการจะมีการแจกแจงทางสถิติแบบเอ็กโปรเนนเชียล

นิยามพื้นฐานของขบวนการบัวซองมีทั้งหมด 3 ข้อดังต่อไปนี้

1. ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ หนึ่งในเหตุการณ์ระหว่างเวลา t จนถึง t $+\Delta t$ มีค่าเท่ากับ $\lambda t + \sigma(\Delta t)$ โดยที่ λ เป็นค่าคงที่แทนอัตราการเกิดเหตุการณ์ต่อหนึ่งหน่วยเวลาและ

$$\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\sigma(\Delta t)}{\Delta t} = 0 \quad (\sigma(\Delta t) = \text{omitting function})$$

2. ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์มากกว่าหนึ่งเหตุกาณ์ระหว่างเวลา t จนถึง t + Δt มีค่าน้อยมาก ($\sigma(\Delta t)$) จนสามารถตัดทิ้งได้

3. จำนวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ไม่ซ้อนกัน (Nonoverlapping Intervals) เป็นอิสระต่อกันทางสถิติ (Statistically Independence)

จากนิยามทั้ง 3 ข้อนี้ จะนำมาวิเคราะห์ (Arrival Pattern โดยกำหนดให้ $P_n(t)$ แทนความน่าจะเป็นที่จะเกิด n เหตุการณ์ (Arrivals) ในช่วงระยะเวลา t ($n \geq 0$ และเป็นเลขจำนวนเต็ม)

ถ้า $n = 0$

$$P_o(t) = -\lambda P_o(t)$$

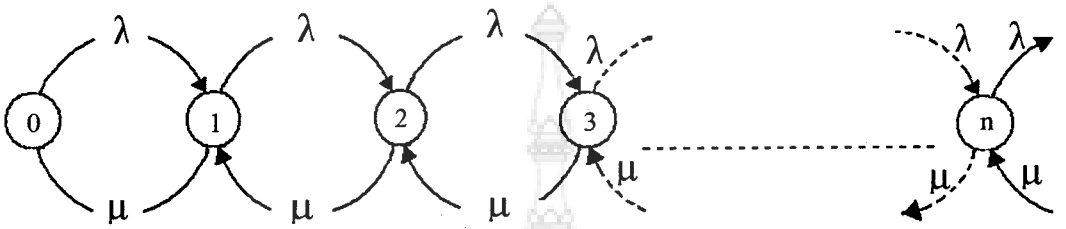
ในทำนองเดียวกัน ถ้า $n > 0$

$$P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!}, n > 0$$

ดังนั้น $P_0 = (1 - p)$

และ $P_n = p^n\ (1-p)$

ซึ่งสามารถแทนได้ด้วยลักษณะของแผนภูมิการไหล (Flow Graph) ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4 แผนภูมิการไหลของแถวคอยแบบ M/M/1

การวิเคราะห์เพื่อหาพารามิเตอร์ต่าง ๆของแถวคอยโดยใช้ค่า P_o และ P_n กำหนดให้ L แทนค่าคาดหวัง (Expected Value) ของจำนวนลูกค้าในระบบบริการ (N) (จำนวนคนบนแถวคอยรวมกับคนที่กำลังรับบริการอยู่) ที่สภาวะคงตัว จะเห็นได้ว่า

$$L = \frac{p}{1-p} = \frac{\lambda}{\mu-\lambda}$$

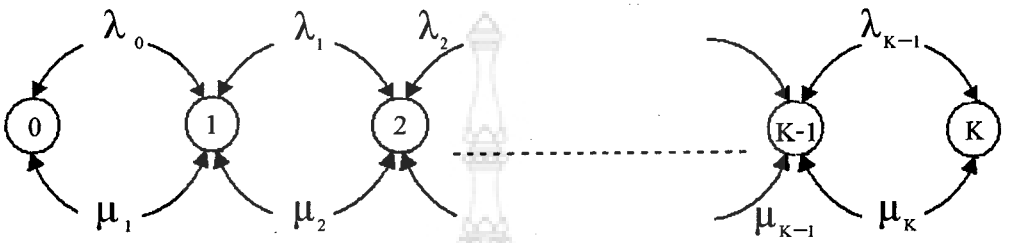
$$L_q = \frac{p^2}{1-p} = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)}$$

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)}$$

$$W = \frac{1}{\mu-\lambda}$$

3) การวิเคราะห์แถวคอยแบบ M/M/C/K

ในรูปทั่วไปของแถวคอยแบบ M/M/C/K อาจจะพิจารณาได้จากลักษณะของโครงข่ายงานต่อไปนี้



ภาพที่ 5 แผนภูมิการไหลของรูปทั่วไปของแถวคอยแบบ M/M/C/K

และแบ่งลักษณะการวิเคราะห์ออกเป็นแบบต่าง ๆ ได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

- ระบบแถวคอยแบบ M/M/C

ในกรณีนี้ $\lambda_n = \lambda$

$$\mu_n = n\mu \quad , i \le n \le C$$

$$= C\mu \quad , n > C$$

และ $K \rightarrow \infty$

ซึ่งสามารถเขียนสมการเชิงเส้นของสภาวะคงตัว (ใช้หลักการเดียวกับแถวคอยแบบ M/M/1) ดังนี้

$$\lambda_o P_o - \mu_1 P_1 = 0$$

$$-\lambda_o P_o + (\lambda_1 + \mu_1)P_1 - \mu_2 P_2 = 0$$

.

.

$$-\lambda_{t-1} P_{i-1} + (\lambda_1 + \mu_1)P_1 - \mu_{i+1} P_{i+1} = 0, i = 1, 2, \ldots\ldots, \infty$$

.

.

และอาศัยการวิเคราะห์ในทำนองเดียวกัน จะได้รูปฟอร์มทั่วไปของ P_n

$$P_n = \frac{\lambda_0\lambda_1\lambda_2\lambda_3.....\lambda_{n-1}P_o}{\mu_1\mu_2\mu_3....\mu_n} = \prod_{i=1}^{n}\frac{\lambda_{i-1}}{\mu_1}P_o$$

ในกรณีนี้ถ้าแทนค่า λ_n และ μ_n ลงไปในสูตรจะได้ผลลัพธ์ต่อมาคือ

$$P_n = \frac{\lambda^n}{n!\mu}P_o \qquad , 1 \le n \le C$$

$$\frac{\lambda^n}{C^{n-c}C!\mu^n}P_o \ , \ n > c$$

การหาค่า P_o จะอาศัยสมการ $\sum_{i=0}^{\infty}P_i = 1$ และได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

$$Po = \left[\sum_{n=0}^{C-1}\frac{1}{n!}(\lambda/\mu)^n + \frac{1}{C!}(\lambda/\mu)^c\frac{(C\mu)}{C\mu-\lambda}\right]^1, \frac{\lambda}{C\mu} < 1$$

ทำการหาค่า L_q โดยอาศัยความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$L_q = \sum_{n=C}^{\infty}(n-C)P_n$$

$$L_q = \frac{(\lambda/\mu)^c}{(C-1)!}\frac{\lambda\mu}{(C\mu-\lambda)^2}P_o$$

สำหรับพารามิเตอร์อื่น ๆ เช่น W_q W และ L สามารถหาค่าได้โดยใช้ Little's Formula ดังนี้

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

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

$$L = \lambda W$$

- ระบบแถวคอยแบบ M/M/∞

แถวคอยในลักษณะนี้เรียกว่า Self-Service Model กล่าวคือ ระบบบริการจะไม่มีวันเกิดแถวคอยขึ้น (เพราะ C = ∞) และในกรณีนี้

$$\lambda_n = \lambda \quad , n \geq 0$$

$$\mu_n = n\mu \quad , n \geq 1$$

โดยอาศัยการวิเคราะห์ในทำนองเดียวกันกับตัวแบบแถวคอยอื่น ๆ ที่ผ่านมาจะได้ผลลัพธ์ในสภาวะตัวดังต่อไปนี้

$$P_n = \frac{\lambda^n}{n!\mu^n} P_o \quad , \ n = 1, 2, 3, \ldots\ldots$$

$$P_o = \frac{e^{-p} p^n}{n!} \quad , \ p = \lambda/\mu$$

$$W = 1/\mu \text{ (ไม่มีเวลารอคอย)}$$

- ระบบแถวคอยแบบ M/M/C/K

ในกรณีนี้ จะกำหนดให้ K มีค่าที่นับได้ และ $C \leq K$

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

$$\mu_n = \begin{cases} n\mu & 0 \leq n \leq C \\ C\mu & C \leq n \leq K \end{cases}$$

ในทำนองเดียวกัน ผลลัพธ์ต่าง ๆ ในสภาวะคงตัวสามารถ Derive ออกมาเป็นสูตรต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

$$P_n = \frac{1}{n!} p^n p, \quad , 0 \leq n \leq C \ , \ \rho = \lambda/\mu$$

$$P_n = \frac{1}{n!} p^n p_o , C \leq n \leq K$$

$$P_o = \left[\sum_{n=0}^{c-1} \frac{1}{n!} p^n + \frac{p^c}{C!} \frac{(1-(P/C)^{k-c+1})}{1-(P/C)} \right]^{-1} \quad , \ \frac{\lambda}{C\mu} \neq 1$$

$$P_o = \left[\sum_{n=0}^{c-1} \frac{1}{n!}p^n + \frac{p^c}{C!}(K-C+1)\right]^{-1} \quad , \frac{\lambda}{c\mu} = 1$$

$$L_q = \frac{P_o(C\gamma)^c\gamma}{C!(1-\gamma)^2}\left[1-\gamma^{k-c+!} - (1-\gamma)(K-C+1)(\gamma)^{k-c}, \gamma = \frac{\lambda}{c\mu}\right]$$

$$W_q = L_q/[\lambda(1-P_k)]$$

$$W = W_q + 1/\mu, \; L = \lambda(1-P_k)W$$

4) แถวคอยแบบอื่น ๆ

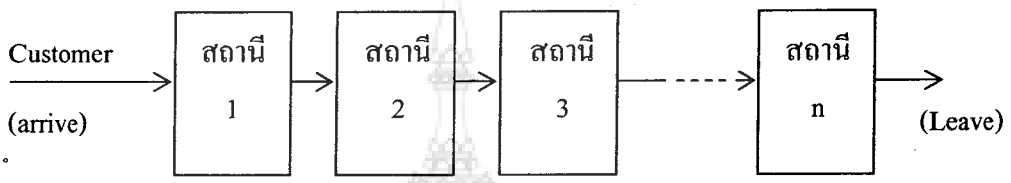
ที่ได้กล่าวผ่านมาแล้วนั้น เป็นการวิเคราะห์แถวคอยในลักษณะของมาร์คอเวียน (Markovian Queue) ซึ่งตั้งอยู่บนสมมติฐานของอัตราการมาที่เป็นแบบพัวซอง (Poisson Arrival Process) และเวลาในการให้บริการแบบเอ็กโปเนนเชียล (Exponential Service Time) ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์แถวคอยประเภทอื่น ๆ ยังมีอีกมากมาย ต่อไปจะเป็นการสรุปผลลัพธ์ของแถวคอยบางประเภทเพิ่มเติม โดยจะไม่แสดงการวิเคราะห์ เช่น ระบบแถวคอยแบบ M/G/1 ระบบแถวคอยแบบที่มีการลำดับของลูกค้า (Priority Queue) และแถวคอยแบบ Erlang M/ E_k /1 เป็นต้น

2.1.3.2 แถวคอยแบบโครงข่าย (Queuing Network)

องค์ประกอบย่อยที่สำคัญของระบบแถวคอยแบบโครงข่ายแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะคือ แถวอนุกรม (Series) ขนาน (Parallel) และ ลักษณะวนรอบ (Cyclic) ในการวิเคราะห์แถวคอยแบบอนุกรม ซึ่งจะสามารถนำไปดัดแปลงใช้ในกรณีของแถวคอยแบบขนาน และลักษณะวนรอบดังตัวอย่างต่อไปนี้

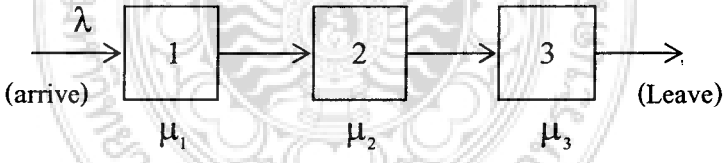
1) แถวคอยแบบอนุกรม (Series or Tandem Queue)

แถวคอยที่มีลักษณะเป็นอนุกรมหมายถึงการที่ผู้เข้ามารับบริการต้องผ่านขั้นตอนการรับบริการตามลำดับในหลาย ๆ ระบบซึ่งต่อเชื่อมกันในลักษณะอนุกรมดังแสดงได้ในภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 6 แผนภูมิการไหลของแถวคอยแบบอนุกรม

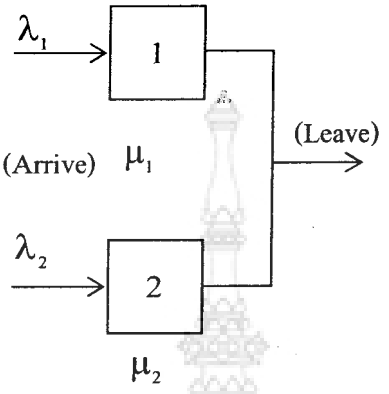
สำหรับการวิเคราะห์แถวคอยประเภทนี้ ภายใต้นิยามของ ขบวนการป๋วซอง จะตั้งอยู่บนข้อสมมุติว่าแถวคอยที่อยู่หน้าแต่ละสถานีบริการจะมีจำนวนจำกัด (finite buffer size) เพื่อจะช่วยให้ระบบสมการดิฟเฟอร์เรนเชียลที่เกิดขึ้นมีจำนวนจำกัดและสามารถอาศัยเทคนิคทางพีชคณิตเชิงเส้นหรือเทคนิคเชิงตัวเลขในการแก้สมการเพื่อหาคำตอบที่ต้องการ ให้พิจารณาตัวอย่างแถวคอยดังรูปต่อไปนี้



ภาพที่ 7 แสดงอัตราการเข้ามาของลูกค้าและอัตราการให้บริการของแถวคอยแบบอนุกรม

การวิเคราะห์แถวคอยประเภทนี้จะต้องอาศัยการกำหนดตัวแปรสเตท (State Variables) ซึ่งเกี่ยวข้องกับความน่าจะเป็นของเหตุการณ์นี้ต่างที่จะเกิดขึ้นและความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสเตทซึ่งสามารถใช้แทนได้ด้วยโครงขายงานที่มีลักษณะคล้ายกับในการวิเคราะห์แถวคอยเดี่ยวที่ผ่านมา

- แถวคอยขนาน (Parallel Queue)

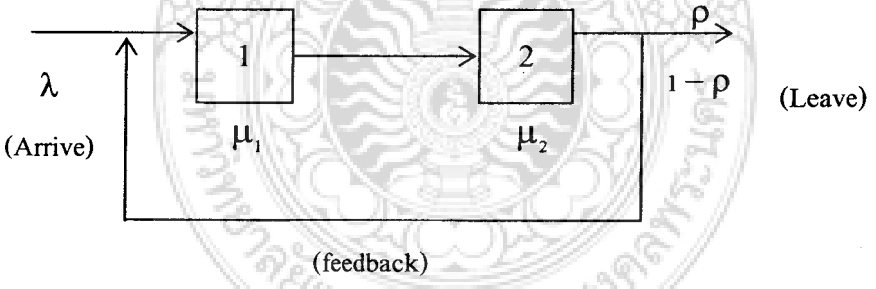


ภาพที่ 8 แสดงอัตราการเข้ามาของลูกค้าและอัตราการให้บริการของแถวคอยแบบขนาน

λ_1, λ_2 แทน Arrival Rate ของแต่ละแถวคอย

μ_1, μ_2 แทน Service Rate ของแต่ละระบบบริการ

- แถวคอยแบบวนรอบ (Cyclic Queue)



ภาพที่ 9 แสดงอัตราการเข้ามาของลูกค้าและอัตราการให้บริการของแถวคอยแบบวนรอบ

จากรูปจะเห็นได้ว่า เป็นแถวคอยที่มี Arrival Rate เท่ากับ λ ผ่านระบบบริการ 2 ระบบต่อที่มี Service Rate μ_1, μ_2 และเชื่อมอนุกรมกันอยู่ โดยที่หลังจากเสร็จสิ้นการรับบริการในสถานีที่ 2 ลูกถ้าจะถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มที่ 1 จะเดินทางออกจากระบบด้วยความน่าจะเป็น p ในขณะที่กลุ่มที่ 2 จะเดินย้อนกลับไปที่

สถานี 1 เพื่อเริ่มเข้ารับบริการใหม่ ด้วยความน่าจะเป็น 1-p แถวคอยในลักษณะนี้มักจะใช้แทนระบบที่มีการบริการ Rework สินค้าชำรุด หรือการบริการที่ไม่ได้คุณภาพตามต้องการ เสร็จแล้วลูกค้าเหล่านั้นต้องย้อนกลับมาเข้าระบบบริการอีกครั้งหนึ่ง

2.2 การทดสอบลักษณะของการแจกแจง

หรือที่เรียกว่าการทดสอบภาวะสารรูปสนิทดี (Goodness of Fit Test) ซึ่งมีวิธีทดสอบอยู่ 2 วิธีหลัก ได้แก่ วิธีพาราเมตริก และวิธีนอนพาราเมตริก ในทั้งสองวิธีหลักนี้สามารถแบ่งวิธีทดสอบได้อีกหลายอีกวิธีอีกเช่นกันในที่นี้จะยกตัวอย่างการทดสอบภาวะสารรูปสนิทดีโดยวิธีวิธีนอนพาราเมตริกของของวิธีโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟ (The Kolmogorov – Smirnov Goodness of Fit Test) ซึ่งเป็นวิธีการเปรียบเทียบฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของตัวอย่างกับฟังก์ชั่นการแจกแจงสะสมทางทฤษฎีบางทฤษฎีว่าตรงกันหรือไม่ สามารถแสดงฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของตัวแปรสุ่ม X คือ

$$f(x) = P(X \le x)$$

ซึ่ง $f_T(x)$ แทนฟังก์ชั่นการแจกแจงสะสมทางทฤษฎี

$f_S(x)$ แทนฟังก์ชั่นการแจกแจงสะสมของตัวอย่าง

โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นคือ

- ขนาดตัวอย่างได้มาจากการสุ่ม
- $f_T(x)$ มีการแจกแจงแบบต่อเนื่อง

ข้อสมมติฐานทางสถิติ

ถ้าฟังก์ชั่นการแจกแจงสะสมของตัวอย่างมีค่าไกล้เคียงฟังก์ชั่นการแจกแจงสะสมทางทฤษฎีก็จะยอมรับสมมติฐานหลักทางสถิติ ว่าตัวอย่างที่ได้ มาจากประชากรที่มีฟังก์ชั่นการแจก

แจงสะสมทางทฤษฎี แต่ถ้ามีความแตกต่างกันก็จะปฏิเสธสมมติฐานหลักทางสถิติ สมมติฐานทางสถิติแสดงได้ดังนี้

$$H_0 : F_s(x) = F_T(x) \quad ,-\infty < x < \infty$$

$$H_0 : F_s(x) \neq F_T(x) \quad ,\text{มี } x \text{ อย่างน้อย 1 ตัว}$$

สถิติที่ใช้ในการทดสอบ

สำหรับความแตกต่างระหว่างฟังก์ชั่นการแจกแจงสะสมของตัวอย่างกับฟังก์ชั่นการแจกแจงสะสมทางทฤษฎี สามารถวัดค่าได้ด้วย สถิติ D ซึ่งคือค่าที่มีความแตกต่างสูงสุด

$$D = \sup_x \left| F_s(x) - F_T(x) \right|$$

โดยที่เราจะปฏิเสธ H_0 ก็ต่อเมื่อ ถ้าค่าสถิติ D มีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากตาราง Quantiles of the Kolmogorov Test Statistic ที่ระดับนัยสำคัญ α ที่ขนาดตัวอย่าง N

2.2.1 ฟังก์ชั่นการแจกแจง

ฟังก์ชั่นการแจกแจงทางสถิตนั้นมีมากมาย แต่สำหรับในงานวิจัยนี้จะขอยกตัวอย่างฟังก์ชั่นการแจกแจงที่ใช้กันมาในระบบแถวคอยโดยเกี่ยวข้องกับลักษณะการมาของผู้ใช้บริการและลักษระการให้บริการซึ่งได้แก่

2.2.1.1 การแจกแจงแบบพัวซอง

เป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นของจำนวนลูกค้าที่มารับบริการที่มีมีฟังก์ชั่นของความน่าจะเป็นคือ

$$P_n(t) = \frac{e^{-(\lambda t)}(\lambda t)^n}{n!}$$

เมื่อ e เป็นค่าคงที่ = 2.718 (e = 2.7182818....)

λt หมายถึง จำนวนลูกค้าเฉลี่ย ที่มารับบริการ ในช่วงเวลา t เช่น 5 นาที , 10 นาที, 1 ชั่วโมง

P_n (t) หมายถึง ความน่าจะเป็นที่จะมีลูกค้ามาใช้บริการ n คน ในช่วงเวลา t

2.2.1.2 การแจกแจงแบบเอ็กโปเนนเชียล

เป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นของการให้บริการลูกค้าที่มารับบริการที่มีฟังก์ชั่นของความน่าจะเป็นคือ

$$f(t) = \frac{1}{\mu} e^{-\mu} \qquad t > o$$

$f(t)$ = ความน่าจะเป็น

μ = อัตราการให้บริการ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปรีชา มโนคุ้น (2540) ได้ศึกษาการปรับปรุงกระบวนการแถวคอยสำหรับเคาน์เตอร์เงินฝากของธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัก (มหาชน) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาความล่าช้าของการให้บริการ โดยใช้แผนภูมิก้างปลาวิเคราะห์หาสาเหตุ และการวิเคราะห์ระบบแถวคอยแก้ไขสาเหตุที่ได้

ศันสนีย์ ชาตตระกูล (2542) ได้ศึกษาการนำคลังข้อมูลมาประยุกต์เข้ากับระบบการตัดสินใจสำหรับโรงพยาบาล ของแผนกอายุรกรรม โรงพยาบาลนครธน เพื่อหาจำนวนแพทย์ที่เหมาะสมกับจำนวนผู้ป่วย โดยใช้การวิเคราะห์แถวคอยแบบ M/M/1 และ M/M/C และนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาระบบคลังข้อมูลของโปรแกรมไมโครซอฟแอคเซส หลังจากนั้นนำผลที่ได้เสนอผู้บริหารเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจวางแผนลดเวลารอคอยของผู้ป่วยและกำหนดจำนวนแพทย์ที่เหมาะสม

M. D. Rossetti, G. F. Trzcinski, and S. A. Syverud. (1999) ได้ศึกษาการใช้แบบจำลองระบบแถวคอยเพื่อวิเคราะห์ทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับจัดตารางการทำงานของแพทย์ในห้องฉุกเฉิน ศูนย์การแพทย์ มหาวิทยาลัยเวอร์จิเนีย โดยการสร้างแบบจำลองมา 4 ทางเลือก และใช้โปรแกรม Arena สร้างแบบจำลอง เพื่อวัดค่าระยะเวลาผู้ป่วยที่อยู่ในระบบโดยเฉลี่ย สัดส่วนเวลาการทำงานของแพทย์

ผลที่ได้พบว่า ทางเลือกที่ 3 เป็นทางเลือกที่ดีที่สุด สามารถจัดสัดส่วนเวลาการทำงานของแพทย์ โดยลดระยะเวลาผู้ป่วยอยู่ในระบบโดยเฉลี่ย ลงเหลือ 14.50 นาทีต่อราย

M. L. Weng, and A. A. Houshmand. (1999) ได้ศึกษาการสร้างแบบจำลองการเข้ารับการตรวจของผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาลวิทยาลัยซินซินาติ โดยเก็บข้อมูลอัตราการเข้ามาและการให้บริการ ค่าใช้จ่ายในการให้บริการผู้ป่วยต่อรายในแต่ละแผนก และใช้โปรแกรม Arena สร้างแบบจำลอง เพื่อหาลักษณะการแจกแจง และสร้างทางเลือกในการจัดจำนวนแพทย์ที่ออกตรวจมา 3 ทางเลือก ผลที่ได้พบว่า ลักษณะการเข้ามาของผู้ป่วยมีการแจกแจงแบบพวซองที่ไม่คงที่ (Nonstationary Poisson) ลักษณะของเวลาให้บริการมีการแจกแจงหลายแบบ เช่น เบต้า (Beta) แกมม่า (Gamma) แทรงกูล่าร์ (Triangular)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษาการวิเคราะห์ระบบแถวคอยในการรับสมัครนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ ผู้ศึกษาได้กำหนดวิธีการศึกษาไว้ตามขั้นตอนดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

3.3 วิธีดำเนินการศึกษา

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.5 ตัวแบบที่ใช้วิเคราะห์ระบบแถวคอย

3.6 ประเมินผลและข้อเสนอแนะ

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรคือ นักศึกษาที่มาสมัครเข้าศึกษาต่อในระดับ ปวส. สายช่างอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่นักศึกษาที่มาสมัครเข้าศึกษาต่อในระดับ ปวส. สายช่างอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือที่เข้ามาสมัครเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 และปีการศึกษา 2551

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

3.2.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ Notebook

3.2.2 โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS สำหรับวิเคราะห์ข้อมูล

3.2.3 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Tora สำหรับการวิเคราะห์ระบบแถวคอย

3.3 วิธีการดำเนินการศึกษา

3.3.1 เก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมจำนวนนักศึกษาที่เข้ามารับสมัคร ข้อมูลเวลาของเจ้าหน้าที่ให้บริการตรวจหลักฐาน ข้อมูลเวลาของเจ้าหน้าที่บันทึกข้อมูลลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และข้อมูลเวลาของเจ้าหน้าที่ในการออกใบเสร็จรับเงิน ตั้งแต่เวลา 09.00 -16.00 น. ของวันทำการ คือ ตั้งแต่วันที่ 13 มีนาคม 2550 ถึงวันที่ 15 มีนาคม 2550 และวันที่ 12 มีนาคม 2551 ถึงวันที่ 14 มีนาคม 2551 เป็นเวลา 6 วัน โดยมีขั้นตอนการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

3.3.1.1 นับจำนวนนักศึกษาที่เข้ามารับสมัคร ทุกๆช่วงเวลา 10 นาที ตั้งแต่เวลา 09.00 -16.00 น. เป็นเวลา 6 วัน

3.3.1.2 บันทึกเวลาเจ้าหน้าที่ตรวจหลักฐานของนักศึกษาในแต่ละคน ตั้งแต่ เวลา 09.00 -16.00 น. ของทุกวันที่รับสมัครโดยใช้วิธีสุ่มตัวอย่าง จำนวน 120 ตัวอย่าง (จุดให้บริการ 1)

3.3.1.3 บันทึกเวลาของเจ้าหน้าที่เพื่อบันทึกข้อมูลของนักศึกษาในแต่ละคนลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ เวลา 09.00 -16.00 ของทุกวันที่รับสมัครโดยใช้วิธีสุ่มตัวอย่าง จำนวน 120 ตัวอย่าง (จุดให้บริการ 2)

3.3.1.4 บันทึกเวลาของเจ้าหน้าที่ในการรับเงินค่าสมัคร และออกใบเสร็จให้กับนักศึกษาในแต่ละคนตั้งแต่ เวลา 09.00 -16.00 น. ของทุกวันที่รับสมัครโดยใช้วิธีสุ่มตัวอย่าง จำนวน 120 ตัวอย่าง (จุดให้บริการ 3)

3.3.2 ทดสอบข้อมูลและหารูปแบบของการแจกแจง

3.3.2.1 นำข้อมูลจำนวนนักศึกษาที่มาสมัครทั้งหมดมาหาลักษณะการแจกแจง โดยแบ่งช่วงเวลาในการทดสอบ ช่วงเวลาละ 1 ชั่วโมง รวมเป็น 6 ช่วงเวลา คือ ตั้งแต่ เวลา 09.00 - 16.00 น. หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.3.2.2 นำข้อมูลเวลาของเจ้าหน้าที่ตรวจหลักฐานของนักศึกษาในแต่ละคนที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง จำนวน 120 ตัวอย่าง มาหาลักษณะการแจกแจง หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.3.2.3 นำข้อมูลเวลาเวลาของเจ้าหน้าที่บันทึกข้อมูลของนักศึกษาในแต่ละคนลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง จำนวน 120 ตัวอย่าง มาหาลักษณะการแจกแจง หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.3.2.4 นำข้อมูลเวลาของเจ้าหน้าที่ในการรับเงินค่าสมัครและออกใบเสร็จให้กับนักศึกษาในแต่ละคนที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง จำนวน 120 ตัวอย่าง มาหาลักษณะการแจกแจง หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.3.3 วิเคราะห์ระบบแถวคอยและหาระบบแถวคอยที่เหมาะสม

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติข้างต้น ซึ่งได้แก่ อัตราการเข้ามาสมัคร อัตราการให้บริการแต่ละจุดบริการ มาวิเคราะห์ระบบแถวคอยแบบโครงข่ายที่ เป็นแบบอนุกรมซึ่งเป็นการวิเคราะห์ระบบแถวคอยในลักษณะแถวคอยแบบมาร์คอเวียนโดยการวิเคราะห์ระบบแถวคอยของแต่ละช่วงเวลา (6 ช่วงเวลา) เพื่อหาค่า จำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ย (L_s) จำนวนผู้มารับบริการในแถวคอยโดยเฉลี่ย (L_q) เวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ย (W_s) เวลารอคอยของผู้มารับบริการในแถวโดยเฉลี่ย (W_q) และความน่าจะเป็นที่ไม่มีผู้มารับบริการในระบบ หรือความน่าจะเป็นที่ระบบจะว่างงาน (p_0) หลังจากนั้นนำข้อมูลระบบแถวคอยที่คำนวณได้ มาวิเคราะห์เพื่อคำนวณหา จำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ย จำนวนผู้มารับบริการในแถวคอยโดยเฉลี่ย เวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ย เวลารอคอยของผู้มารับบริการในแถวโดยเฉลี่ย และความน่าจะเป็นที่ไม่มีผู้มารับบริการในระบบ หรือความน่าจะเป็นที่ระบบจะว่างงานในแต่ละช่วงเวลาใหม่เพื่อให้ได้ค่าระบบแถวคอยที่เหมาะสม

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้โปรแกรม SPSS for Windows เพื่อทดสอบภาวะสารูปสนิทดี (Goodness of Fit Test) โดยใช้วิธี นอนพาราเมตริก (Nonparametric) ของโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟ (The Kolmogorov-Smirnov) เพื่อหาลักษณะการแจกแจงของจำนวนนักศึกษาที่มาสมัครในแต่ละช่วงเวลา รูปแบบการแจกแจงเวลาการให้บริการของเจ้าหน้าที่ในแต่ละจุดให้บริการ

3.5 ตัวแบบที่ใช้วิเคราะห์ระบบแถวคอย

ตัวแบบที่ใช้ในการวิเคราะห์จะใช้ตัวแบบแถวคอยแบบโครงข่าย (Queuing Network) ที่เป็นแบบอนุกรม โดยมีจุดให้บริการมากกว่า 1 จุด ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ในลักษณะของแถวคอยแบบมาร์คอเวียน (Markovian Queue) ตั้งอยู่บนสมมติฐานของ อัตราการมาที่เป็นแบบพัวซอง (Poisson Arrival Process) และ อัตราของเวลาการให้บริการที่เป็นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential Service Time) และมีจำนวนผู้ให้บริการตั้งแต่ 1 คน ขึ้นไป

3.6 **ประเมินผลการวิจัย**

นำผลการวิเคราะห์มาพิจารณาเพื่อหาข้อสรุปและเสนอแนะ

สถานที่เก็บรวบรวมข้อมูล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งตั้งอยู่ที่วิทยาเขตพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สถานที่ใช้ในการวิจัย

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งตั้งอยู่ที่วิทยาเขตพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ระยะเวลาในการวิจัย

เริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่ มีนาคม 2550 สิ้นสุดการวิจัย เดือนตุลาคม 2551

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลระบบแถวคอยของการรับสมัครนักศึกษาระดับ ปวส. สายช่างอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ มีรายละเอียดดังนี้

หาอัตราการเข้ามาสมัคร และทดสอบการแจกแจงจำนวนนักศึกษา

หาอัตราการให้บริการ และทดสอบการแจกแจงของเวลาการให้บริการของเจ้าหน้าที่

4.1 หาอัตราการเข้ามาสมัคร และทดสอบการแจกแจงจำนวนนักศึกษาที่เข้ามาสมัครในแต่ละช่วงเวลา

ในงานวิจัยนี้ได้บันทึกจำนวนนักศึกษาที่มาสมัครเข้าศึกษาในระดับ ปวส. สายช่างอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ จำนวน 2 ปีการศึกษา ได้แก่ ปีการศึกษา 2550 และปีการศึกษา 2551 ซึ่งในแต่ละปีได้เปิดรับสมัครจำนวน 3 วัน โดยทำการบันทึกจำนวนนักศึกษาที่เข้ามาสมัครตั้งแต่ 09.00 น. ถึง 16.00 น. ในการเก็บข้อมูลได้ทำการบันทึกจำนวนนักศึกษาที่มาสมัครทุกๆ 10 นาที ในแต่ละช่วงเวลา และกำหนดให้ในแต่ละช่วงเวลาเท่ากับ 1 ชม. ดังนั้นจะมีช่วงเวลาทั้งหมดจำนวน 6 ช่วงเวลา สำหรับปีการศึกษา 2550 มีนักศึกษาเข้ามาสมัครจำนวน 872 คน ปีการศึกษา 2551 มีนักศึกษาเข้ามาสมัครจำนวน 850 คน รวมนักศึกษาที่เข้ามาสมัครทั้งสิ้นจำนวน 1722 คน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนนักศึกษาที่เข้ามาสมัคร ทุกๆ 10 นาที ในแต่ละช่วงเวลา ตั้งแต่เวลา 09.00 น. ถึง 16.00 น.

(หน่วย: คน)

เวลา	ปี 2550			ปี 2551		
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3
9.00-9.10	11	16	15	11	9	11
9.11-9.20	5	5	6	8	9	7
9.21-9.30	6	6	5	5	5	5
9.31-9.40	5	3	5	5	5	5
9.41-9.50	6	4	5	4	6	4
9.51-10.00	6	3	5	6	4	4
10.01-10.10	8	6	8	8	7	7
10.11-10.20	13	11	12	11	11	12
10.21-10.30	14	13	15	13	13	13
10.31-10.40	16	14	15	17	14	15
10.41-10.50	10	16	17	10	15	16
10.51-11.00	20	11	15	19	13	15
11.01-11.10	16	13	14	15	13	13
11.11-11.20	14	13	16	14	13	13
11.21-11.30	11	10	12	11	9	12
11.31-11.40	10	9	10	9	9	9
11.41-11.50	9	8	11	9	9	9
11.51-12.00	9	6	4	8	7	5

ตารางที่ 1 (ต่อ)

(หน่วย: คน)

เวลา	ปี 2550			ปี 2551		
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3
13.00-13.10	22	21	27	18	19	13
13.11-13.20	10	11	16	11	10	15
13.21-13.30	9	8	11	9	8	11
13.31-13.40	13	11	9	11	9	9
13.41-13.50	5	6	5	5	7	9
13.51-14.00	5	7	3	7	9	7
14.01-14.10	6	7	8	7	6	7
14.11-14.20	7	7	6	7	7	7
14.21-14.30	8	8	7	8	7	9
14.31-14.40	5	8	7	7	5	7
14.41-14.50	4	6	5	6	7	5
14.51-15.00	6	6	8	6	6	7
15.01-15.10	0	3	3	2	3	3
15.11-15.20	0	2	0	1	2	2
15.21-15.30	0	0	0	0	0	0
15.31-15.40	0	0	0	0	0	0
15.41-15.50	0	0	0	0	0	0
15.51-16.00	0	0	0	0	0	0

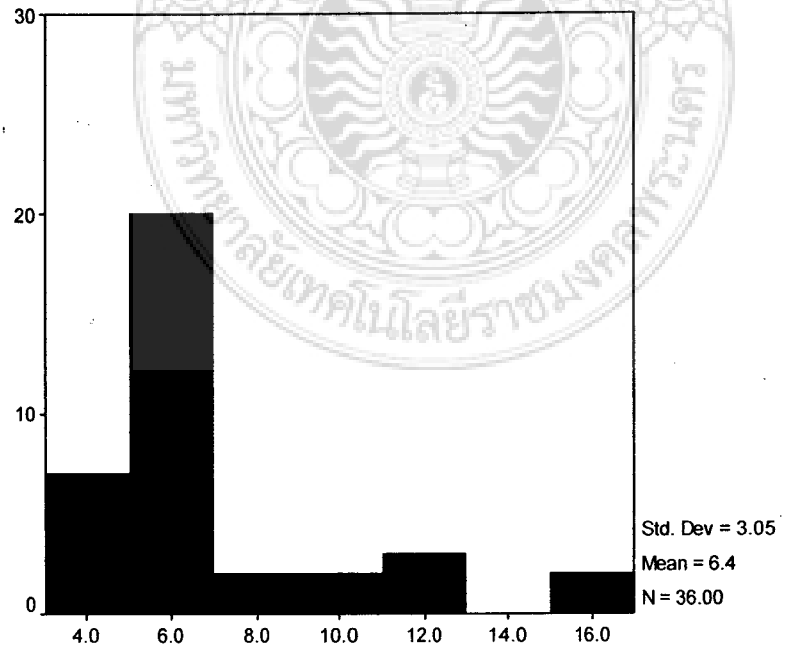
จากข้อมูลที่ได้ นำมาหาอัตราการเข้ามาสมัคร(ค่าเฉลี่ย) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และรูปแบบการแจกแจง โดยใช้โปรแกรม SPSS โดยนำข้อมูลมาสร้างตารางแจกแจงความถี่ พล็อตกราฟฮิสโตแกรม และทดสอบภาวะสารรูปสนิทดี โดยใช้วิธี นอนพาราเมตริกของวิธีโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟ เพื่อหารูปแบบการแจกแจงของจำนวนนักศึกษาที่มาสมัครในแต่ละช่วงเวลา

4.1.1 หาอัตราการเข้ามาสมัคร และทดสอบการแจกแจงการเข้ามาสมัครของนักศึกษาในช่วงเวลาที่ 1 ตั้งแต่เวลา 09.00 ถึง 10.00 น.

ทดสอบการแจกแจงการเข้ามาสมัครของนักศึกษาในช่วงเวลาที่ 1 ว่ามีการแจกแจงแบบใด ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้คาดคะเนว่าการเข้ามาสมัครของนักศึกษาในช่วงเวลาที่ 1 มีการแจกแจงแบบพัวซอง

ตารางที่ 2 ตารางแจกแจงความถี่ของนักศึกษาที่มาสมัครใน ช่วงเวลาที่ 1 ตั้งแต่เวลา 09.00 ถึง 10.00 น.

		Frequency	Cumulative Frequency	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3.00	2	2.0	5.6	5.6
	4.00	5	7.0	13.9	19.4
	5.00	13	20.0	36.1	55.6
	6.00	7	27.0	19.4	75.0
	7.00	1	28.0	2.8	77.8
	8.00	1	29.0	2.8	80.6
	9.00	2	31.0	5.6	86.1
	11.00	3	34.0	8.3	94.4
	15.00	1	35.0	2.8	97.2
	16.00	1	36.0	2.8	100.0
	Total	36		100.0	



ภาพที่ 10 กราฟฮิสโตแกรมของนักศึกษาที่มาสมัครในช่วงเวลาที่ 1

การทดสอบภาวะสารูปสนิทดี โดยใช้วิธี นอนพาราเมตริกของวิธีโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมติฐานคือ

H_0 : อัตราการเข้ามาสมัครมีการแจกแจงแบบพัวซอง

H_1 : อัตราการเข้ามาสมัครมีการแจกแจงแบบอื่น

ซึ่งได้ผลจากการทดสอบโดยใช้โปรแกรม SPSS คือ

ตารางที่ 3 ผลทดสอบการแจกแจงของนักศึกษาที่มาสมัครใน ช่วงเวลาที่ 1

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		PERIOD1
N		36
Poisson Parameter[a,b]	Mean	6.3889
Most Extreme Differences	Absolute	.206
	Positive	.206
	Negative	-.078
Kolmogorov-Smirnov Z		1.235
Asymp. Sig. (2-tailed)		.094

a. Test distribution is Poisson.

b. Calculated from data.

สรุปผลการทดสอบในช่วงเวลาที่ 1

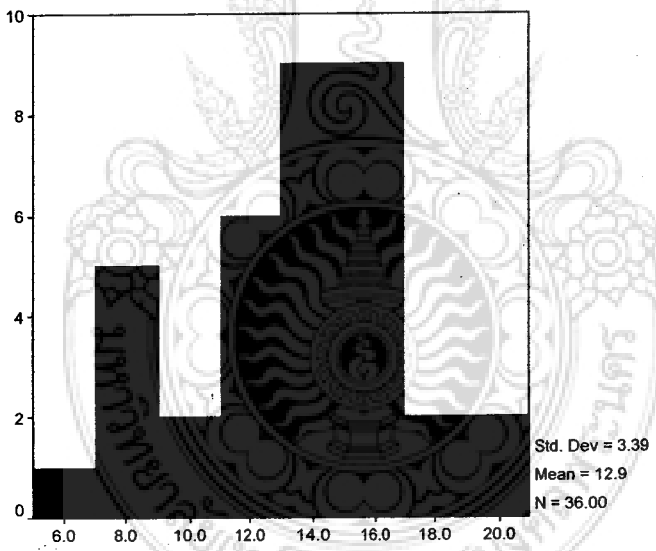
อัตราการเข้ามาสมัครของนักศึกษาในช่วงเวลาที่ 1 โดยพิจารณาจากกราฟฮิสโตแกรมซึ่งยังไม่สามารถสรุปได้แน่นอนว่าอัตราการเข้ามาสมัครมีการแจกแจงแบบพัวซอง และพิจารณาจากการทดสอบด้วยวิธีโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ค่า P = 0.094 และค่า Z = 1.235 สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก แสดงว่า อัตราการเข้ามาสมัครมีการแจกแจงแบบพัวซอง โดยมีค่าเฉลี่ย 6.39 คน/10 นาที หรือ 0.64 คน/ นาที

4.1.2 หาอัตราการเข้ามาสมัคร และทดสอบการแจกแจงการเข้ามาสมัครของนักศึกษาในช่วงเวลาที่ 2 ตั้งแต่เวลา 10.01 ถึง 11.00 น.

ทดสอบการแจกแจงการเข้ามาสมัครของนักศึกษาในช่วงเวลาที่ 2 ว่ามีการแจกแจงแบบใด ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้คาดคะเนว่าการเข้ามาสมัครของนักศึกษาในช่วงเวลาที่ 2 มีการแจกแจงแบบพัวซอง

ตารางที่ 4 ตารางแจกแจงความถี่ของนักศึกษาที่มาสมัครใน ช่วงเวลาที่ 2

		Frequency	Cumulative Frequency	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	6.00	1	1.0	2.8	2.8
	7.00	2	3.0	5.6	8.3
	8.00	3	6.0	8.3	16.7
	10.00	2	8.0	5.6	22.2
	11.00	4	12.0	11.1	33.3
	12.00	2	14.0	5.6	38.9
	13.00	6	20.0	16.7	55.6
	14.00	3	23.0	8.3	63.9
	15.00	6	29.0	16.7	80.6
	16.00	3	32.0	8.3	88.9
	17.00	2	34.0	5.6	94.4
	19.00	1	35.0	2.8	97.2
	20.00	1	36.0	2.8	100.0
	Total	36		100.0	



ภาพที่ 11 กราฟฮิสโตแกรมของนักศึกษาที่มาสมัครในช่วงเวลาที่ 2

การทดสอบภาวะสารูปสนิทดี โดยใช้วิธี นอนพาราเมตริกของวิธีโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมติฐานคือ

H_0 : อัตราการเข้ามาสมัครมีการแจกแจงแบบพัวซอง

H_1 : อัตราการเข้ามาสมัครมีการแจกแจงแบบอื่น

ซึ่งได้ผลจากการทดสอบโดยใช้โปรแกรม SPSS คือ

ตารางที่ 5 ผลทดสอบการแจกแจงของนักศึกษาที่มาสมัครใน ช่วงเวลาที่ 2

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		PERIOD2
N		36
Poisson Parameter[a,b]	Mean	12.8611
Most Extreme Differences	Absolute	.090
	Positive	.060
	Negative	-.090
Kolmogorov-Smirnov Z		.537
Asymp. Sig. (2-tailed)		.935

a. Test distribution is Poisson.

b. Calculated from data.

สรุปผลการทดสอบในช่วงเวลาที่ 2

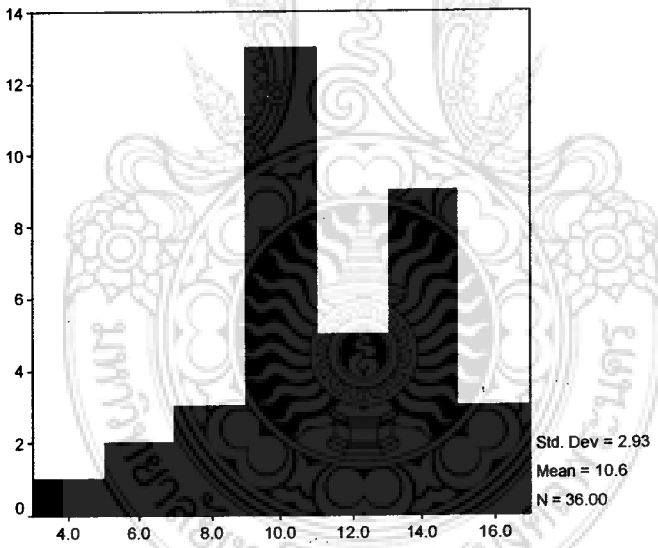
อัตราการเข้ามาสมัครของนักศึกษาในช่วงเวลาที่ 2 เมื่อพิจารณาจากกราฟฮิสโตแกรมพบว่าการแจกแจงของข้อมูลมีลักษณะใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบพัวซอง และพิจารณาจากการทดสอบด้วยวิธีโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ค่า P = 0.935 และค่า Z = 0.537 สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก แสดงว่า อัตราการเข้ามาสมัครมีการแจกแจงแบบพัวซอง โดยมีค่าเฉลี่ย 12.86 คน/10 นาที หรือ 1.29 คน/นาที

4.1.3 หาอัตราการเข้ามาสมัคร และทดสอบการแจกแจงการเข้ามาสมัครของนักศึกษาในช่วงเวลาที่ 3 ตั้งแต่เวลา 11.01 ถึง 12.00 น.

ทดสอบการแจกแจงการเข้ามาสมัครของนักศึกษาในช่วงเวลาที่ 3 ว่ามีการแจกแจงแบบใด ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้คาดคะเนว่าการเข้ามาสมัครของนักศึกษาในช่วงเวลาที่ 3 มีการแจกแจงแบบพัวซอง

ตารางที่ 6 ตารางแจกแจงความถี่ของนักศึกษาที่มาสมัครใน ช่วงเวลาที่ 3

		Frequency	Cumulative Frequency	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	4.00	1	1.0	2.8	2.8
	5.00	1	2.0	2.8	5.6
	6.00	1	3.0	2.8	8.3
	7.00	1	4.0	2.8	11.1
	8.00	2	6.0	5.6	16.7
	9.00	10	16.0	27.8	44.4
	10.00	3	19.0	8.3	52.8
	11.00	3	22.0	8.3	61.1
	12.00	2	24.0	5.6	66.7
	13.00	6	30.0	16.7	83.3
	14.00	3	33.0	8.3	91.7
	15.00	1	34.0	2.8	94.4
	16.00	2	36.0	5.6	100.0
	Total	36		100.0	



ภาพที่ 12 กราฟฮิสโตแกรมของนักศึกษาที่มาสมัครในช่วงเวลาที่ 3

การทดสอบภาวะสารูปสนิทดี โดยใช้วิธี นอนพาราเมตริกของวิธีโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมติฐานคือ

H_0 : อัตราการเข้ามาสมัครมีการแจกแจงแบบพัวซอง

H_1 : อัตราการเข้ามาสมัครมีการแจกแจงแบบอื่น

ซึ่งได้ผลจากการทดสอบโดยใช้โปรแกรม SPSS คือ

ตารางที่ 7 ผลทดสอบการแจกแจงของนักศึกษาที่มาสมัครใน ช่วงเวลาที่ 3

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		PERIOD3
N		36
Poisson Parameter[a,b]	Mean	10.6111
Most Extreme Differences	Absolute	.102
	Positive	.060
	Negative	-.102
Kolmogorov-Smirnov Z		.610
Asymp. Sig. (2-tailed)		.851

a. Test distribution is Poisson.

b. Calculated from data.

สรุปผลการทดสอบในช่วงเวลาที่ 3

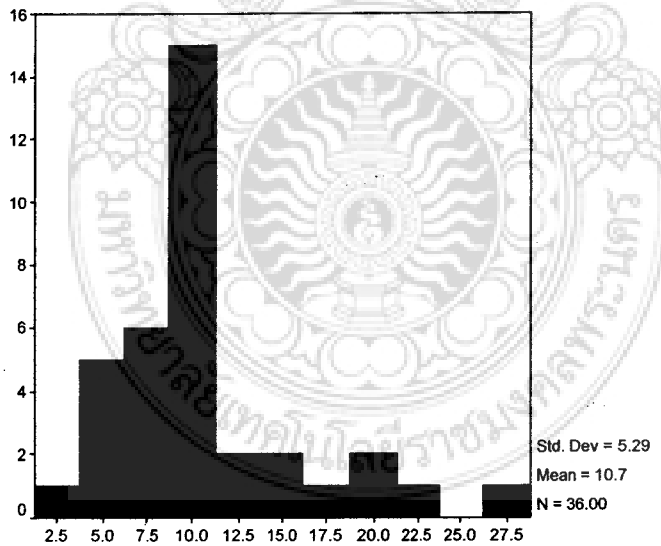
อัตราการเข้ามาสมัครของนักศึกษาในช่วงเวลาที่ 3 อัตราการเข้ามาสมัครของนักศึกษาในช่วงเวลาที่ 3 เมื่อพิจารณาจากกราฟฮิสโตแกรมพบว่าการแจกแจงของข้อมูลมีลักษณะใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบพัวซอง และพิจารณาจากการทดสอบด้วยวิธีโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ค่า P = 0.851 และค่า Z = 0.610 สรุปได้ว่ายอมรับสมมติฐานหลัก แสดงว่า อัตราการเข้ามาสมัครมีการแจกแจงแบบพัวซอง โดยมีค่าเฉลี่ย 10.61 คน/10 นาที หรือ 1.06 คน/นาที

4.1.4 หาอัตราการเข้ามาสมัคร และทดสอบการแจกแจงการเข้ามาสมัครของนักศึกษาในช่วงเวลาที่ 4 ตั้งแต่เวลา 13.00 ถึง 14.00 น.

ทดสอบการแจกแจงการเข้ามาสมัครของนักศึกษาในช่วงเวลาที่ 4 ว่ามีการแจกแจงแบบใด ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้คาดคะเนว่าการเข้ามาสมัครของนักศึกษาในช่วงเวลาที่ 4 มีการแจกแจงแบบพัวซอง

ตารางที่ 8 ตารางแจกแจงความถี่ของนักศึกษาที่มาสมัครใน ช่วงเวลาที่ 4

		Frequency	Cumulative Frequency	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	3.00	1	1.0	2.8	2.8
	5.00	4	5.0	11.1	13.9
	6.00	1	6.0	2.8	16.7
	7.00	4	10.0	11.1	27.8
	8.00	2	12.0	5.6	33.3
	9.00	7	19.0	19.4	52.8
	10.00	2	21.0	5.6	58.3
	11.00	6	27.0	16.7	75.0
	13.00	2	29.0	5.6	80.6
	15.00	1	30.0	2.8	83.3
	16.00	1	31.0	2.8	86.1
	18.00	1	32.0	2.8	88.9
	19.00	1	33.0	2.8	91.7
	21.00	1	34.0	2.8	94.4
	22.00	1	35.0	2.8	97.2
	27.00	1	36.0	2.8	100.0
	Total	36		100.0	



ภาพที่ 13 กราฟฮิสโตแกรมของนักศึกษาที่มาสมัครในช่วงเวลาที่ 4

การทดสอบภาวะสารูปสนิทดี โดยใช้วิธี นอนพาราเมตริกของวิธีโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมติฐานคือ

H_0 : อัตราการเข้ามาสมัครมีการแจกแจงแบบพัวซอง

H_1 : อัตราการเข้ามาสมัครมีการแจกแจงแบบอื่น

ซึ่งได้ผลจากการทดสอบโดยใช้โปรแกรม SPSS คือ

ตารางที่ 9 ผลทดสอบการแจกแจงของนักศึกษาที่มาสมัครใน ช่วงเวลาที่ 4

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		PERIOD4
N		36
Poisson Parameter[a,b]	Mean	10.7222
Most Extreme Differences	Absolute	.156
	Positive	.156
	Negative	-.113
Kolmogorov-Smirnov Z		.938
Asymp. Sig. (2-tailed)		.342

a. Test distribution is Poisson.

b. Calculated from data.

สรุปผลการทดสอบในช่วงเวลาที่ 4

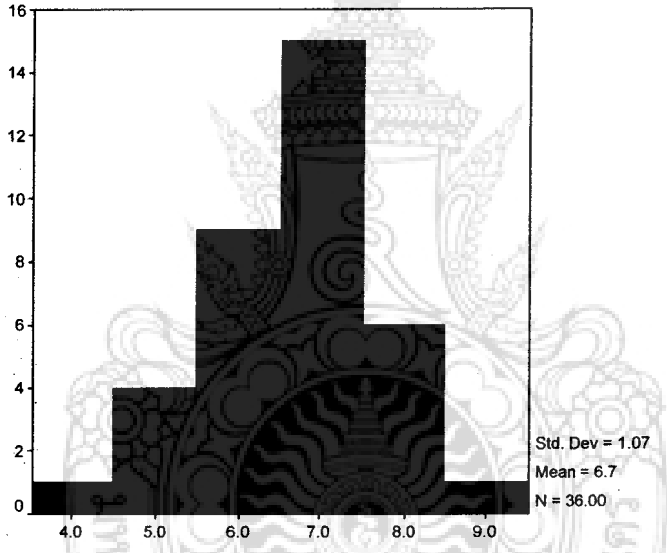
อัตราการเข้ามาสมัครของนักศึกษาในช่วงเวลาที่ 4 อัตราการเข้ามาสมัครของนักศึกษา เมื่อพิจารณาจากกราฟฮิสโตแกรมพบว่าการแจกแจงของข้อมูลมีลักษณะใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบพัวซอง และพิจารณาจากการทดสอบด้วยวิธีโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ค่า P = 0.342 และค่า Z = 0.938 สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก แสดงว่า อัตราการเข้ามาสมัครมีการแจกแจงแบบพัวซอง โดยมีค่าเฉลี่ย 10.72 คน/10 นาที หรือ 1.07 คน/นาที

4.1.5 หาอัตราการเข้ามาสมัคร และทดสอบการแจกแจงการเข้ามาสมัครของนักศึกษาในช่วงเวลาที่ 5 ตั้งแต่เวลา 14.01 ถึง 15.00 น.

ทดสอบการแจกแจงการเข้ามาสมัครของนักศึกษาในช่วงเวลาที่ 5 ว่ามีการแจกแจงแบบใด ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้คาดคะเนว่าการเข้ามาสมัครของนักศึกษาในช่วงเวลาที่ 5 มีการแจกแจงแบบพัวซอง

ตารางที่ 10 ตารางแจกแจงความถี่ของนักศึกษาที่มาสมัครใน ช่วงเวลาที่ 5

		Frequency	Cumulative Frequency	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	4.00	1	1.0	2.8	2.8
	5.00	4	5.0	11.1	13.9
	6.00	9	14.0	25.0	38.9
	7.00	15	29.0	41.7	80.6
	8.00	6	35.0	16.7	97.2
	9.00	1	36.0	2.8	100.0
	Total	36		100.0	



ภาพที่ 14 กราฟฮิสโตแกรมของนักศึกษาที่มาสมัครในช่วงเวลาที่ 5

การทดสอบภาวะสารรูปสนิทดี โดยใช้วิธี นอนพาราเมตริกของวิธีโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมติฐานคือ

H_0 : อัตราการเข้ามาสมัครมีการแจกแจงแบบพัวซอง

H_1 : อัตราการเข้ามาสมัครมีการแจกแจงแบบอื่น

ซึ่งได้ผลจากการทดสอบโดยใช้โปรแกรม SPSS คือ

ตารางที่ 11 ผลทดสอบการแจกแจงของนักศึกษาที่มาสมัครใน ช่วงเวลาที่ 5

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		PERIOD5
N		36
Poisson Parameter[a,b]	Mean	6.6667
Most Extreme Differences	Absolute	.206
	Positive	.201
	Negative	-.206
Kolmogorov-Smirnov Z		1.238
Asymp. Sig. (2-tailed)		.093

a. Test distribution is Poisson.

b. Calculated from data.

สรุปผลการทดสอบในช่วงเวลาที่ 5

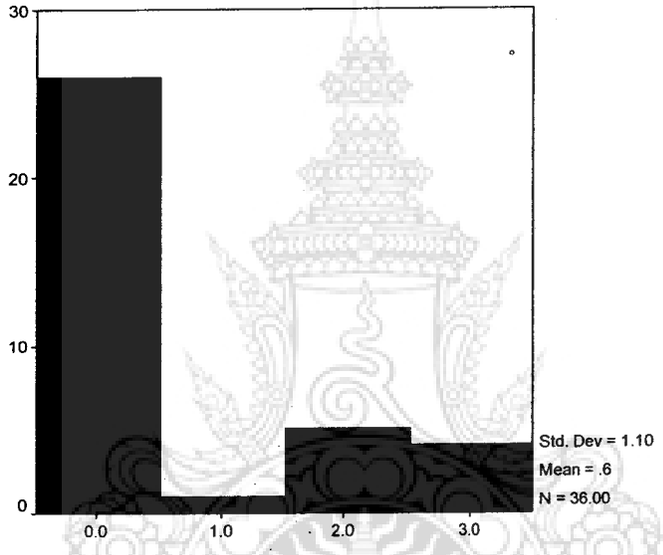
อัตราการเข้ามาสมัครของนักศึกษาในช่วงเวลาที่ 5 เมื่อพิจารณาจากกราฟฮิสโตแกรมซึ่งยังไม่สามารถสรุปได้แน่นอนว่าอัตราการเข้ามาสมัครมีการแจกแจงแบบพัวซอง และพิจารณาจากการทดสอบด้วยวิธีโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ค่า P = 0.093 และค่า Z = 1.238 สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก แสดงว่า อัตราการเข้ามาสมัครมีการแจกแจงแบบพัวซอง โดยมีค่าเฉลี่ย 6.67 คน/10 นาที หรือ 0.67 คน/ นาที

4.1.6 หาอัตราการเข้ามาสมัคร และทดสอบการแจกแจงการเข้ามาสมัครของนักศึกษาในช่วงเวลาที่ 6 ตั้งแต่เวลา 15.01 ถึง 16.00 น.

ทดสอบการแจกแจงการเข้ามาสมัครของนักศึกษาในช่วงเวลาที่ 6 ว่ามีการแจกแจงแบบใด ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้คาดคะเนว่าการเข้ามาสมัครของนักศึกษาในช่วงเวลาที่ 6 มีการแจกแจงแบบพัวซอง

ตารางที่ 12 ตารางแจกแจงความถี่ของนักศึกษาที่มาสมัครใน ช่วงเวลาที่ 6

		Frequency	Cumulative Frequency	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	.00	26	26.0	72.2	72.2
	1.00	1	27.0	2.8	75.0
	2.00	5	32.0	13.9	88.9
	3.00	4	36.0	11.1	100.0
	Total	36		100.0	



ภาพที่ 15 กราฟฮิสโตแกรมของนักศึกษาที่มาสมัครในช่วงเวลาที่ 6

การทดสอบภาวะสารูปสนิทดี โดยใช้วิธี นอนพาราเมตริกของวิธีโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมติฐานคือ

H_0 : อัตราการเข้ามาสมัครมีการแจกแจงแบบพัวซอง

H_1 : อัตราการเข้ามาสมัครมีการแจกแจงแบบอื่น

ซึ่งได้ผลจากการทดสอบโดยใช้โปรแกรม SPSS คือ

ตารางที่ 13 ผลทดสอบการแจกแจงของนักศึกษาที่มาสมัครใน ช่วงเวลาที่ 6

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		PERIOD6
N		36
Poisson Parameter[a,b]	Mean	.6389
Most Extreme Differences	Absolute	.194
	Positive	.194
	Negative	-.115
Kolmogorov-Smirnov Z		1.166
Asymp. Sig. (2-tailed)		.132

a. Test distribution is Poisson.

b. Calculated from data.

สรุปผลการทดสอบในช่วงเวลาที่ 6

อัตราการเข้ามาสมัครของนักศึกษาในช่วงเวลาที่ 6 เมื่อพิจารณาจากกราฟฮิสโตแกรมซึ่งยังไม่สามารถสรุปได้แน่นอนว่าอัตราการเข้ามาสมัครมีการแจกแจงแบบพัวซอง และพิจารณาจากการทดสอบด้วยวิธีโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ค่า P = 0.132 และค่า Z = 1.166 สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก แสดงว่า อัตราการเข้ามาสมัครมีการแจกแจงแบบพัวซอง โดยมีค่าเฉลี่ย 0.64 คน/10 นาที หรือ 0.06 คน/ นาที

หาอัตราการให้บริการ และทดสอบการแจกแจงของเวลาการให้บริการของเจ้าหน้าที่

4.2 หาอัตราการให้บริการ และทดสอบการแจกแจงของเวลาการตรวจหลักฐาน (จุดให้บริการจุดที่ 1)

ข้อมูลการบันทึกเวลาเจ้าหน้าที่ตรวจหลักฐานของนักศึกษาในแต่ละคนตั้งแต่ เวลา 09.00 -16.00 น. ของทุกวันที่รับสมัคร โดยใช้วิธีสุ่มตัวอย่าง จำนวน 120 ตัวอย่าง แสดงได้ดังตารางข้างล่าง

ตารางที่ 14 เวลาเจ้าหน้าที่ตรวจหลักฐานของนักศึกษาโดยวิธีสุ่มจำนวน 120 ตัวอย่าง

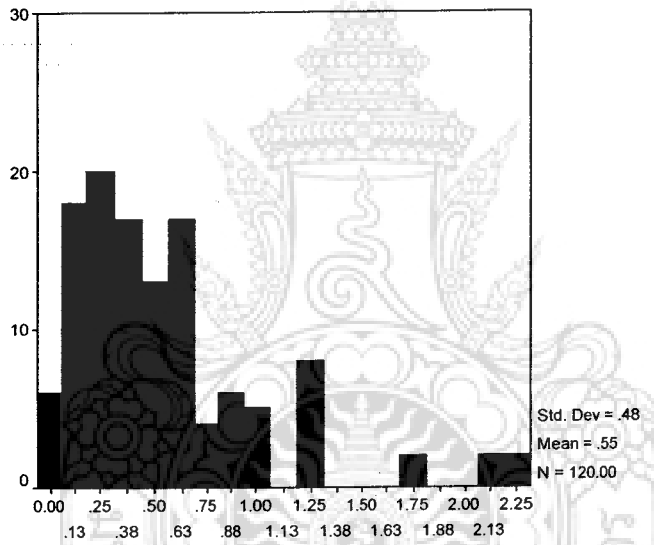
(หน่วย: นาที)

		Frequency	Cumulative Frequency	Percent	Cumulative Percent
Time	.05	3	3.0	2.5	2.5
	.06	4	7.0	3.3	5.8
	.07	4	11.0	3.3	9.2
	.08	3	14.0	2.5	11.7
	.09	4	18.0	3.3	15.0
	.11	2	20.0	1.7	16.7
	.13	2	22.0	1.7	18.3
	.18	2	24.0	1.7	20.0
	.19	1	25.0	.8	20.8
	.20	1	26.0	.8	21.7
	.21	2	28.0	1.7	23.3
	.22	3	31.0	2.5	25.8
	.23	1	32.0	.8	26.7
	.24	2	34.0	1.7	28.3
	.25	2	36.0	1.7	30.0
	.26	3	39.0	2.5	32.5
	.28	2	41.0	1.7	34.2
	.29	1	42.0	.8	35.0
	.30	2	44.0	1.7	36.7
	.31	1	45.0	.8	37.5
	.32	1	46.0	.8	38.3
	.33	1	47.0	.8	39.2
	.34	1	48.0	.8	40.0
	.35	1	49.0	.8	40.8
	.37	2	51.0	1.7	42.5
	.38	2	53.0	1.7	44.2
	.39	3	56.0	2.5	46.7
	.40	1	57.0	.8	47.5
	.41	1	58.0	.8	48.3
	.42	1	59.0	.8	49.2
	.43	2	61.0	1.7	50.8
	.45	2	63.0	1.7	52.5
	.46	2	65.0	1.7	54.2
	.49	2	67.0	1.7	55.8
	.52	1	68.0	.8	56.7
	.54	1	69.0	.8	57.5
	.55	4	73.0	3.3	60.8
	.56	1	74.0	.8	61.7
	.57	2	76.0	1.7	63.3
	.59	1	77.0	.8	64.2
	.60	3	80.0	2.5	66.7
	.61	2	82.0	1.7	68.3
	.62	1	83.0	.8	69.2
	.63	2	85.0	1.7	70.8
	.65	1	86.0	.8	71.7
	.66	3	89.0	2.5	74.2
	.67	1	90.0	.8	75.0
	.68	1	91.0	.8	75.8
	.74	1	92.0	.8	76.7
	.75	1	93.0	.8	77.5
	.81	2	95.0	1.7	79.2
	.83	1	96.0	.8	80.0
	.85	1	97.0	.8	80.8
	.86	1	98.0	.8	81.7
	.87	2	100.0	1.7	83.3
	.89	1	101.0	.8	84.2
	.94	1	102.0	.8	85.0
	.96	2	104.0	1.7	86.7
	1.04	2	106.0	1.7	88.3
	1.24	4	110.0	3.3	91.7
	1.25	2	112.0	1.7	93.3
	1.29	2	114.0	1.7	95.0
	1.81	2	116.0	1.7	96.7
	2.13	2	118.0	1.7	98.3
	2.20	2	120.0	1.7	100.0
	Total	120	120.0	100.0	

จากข้อมูลข้างต้น นำมาหาอัตราการให้บริการตรวจหลักฐานของเจ้าหน้าที่ (ค่าเฉลี่ย) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และรูปแบบการแจกแจง โดยใช้โปรแกรม SPSS พล็อตกราฟฮิสโตแกรม และทดสอบภาวะสารรูปสนิทดี โดยใช้วิธี นอนพาราเมตริกของวิธีโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟ เพื่อหารูปแบบการแจกแจงของเวลาการให้บริการตรวจหลักฐาน

4.2.1 ทดสอบการแจกแจงเวลาการให้บริการตรวจหลักฐานของเจ้าหน้าที่

ทดสอบการแจกแจงของเวลาการให้บริการตรวจหลักฐานว่ามีการแจกแจง แบบใด ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้คาดคะเนว่าเวลาการให้บริการตรวจหลักฐานมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล



ภาพที่ 16 กราฟฮิสโตแกรมของเวลาการให้บริการตรวจหลักฐาน

การทดสอบภาวะสารรูปสนิทดี โดยใช้วิธี นอนพาราเมตริกของวิธีโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมติฐานคือ

H_0 : อัตราเวลาการให้บริการตรวจหลักฐานมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

H_1 : อัตราเวลาการให้บริการตรวจหลักฐานมีการแจกแจงแบบอื่น

ซึ่งได้ผลจากการทดสอบโดยใช้โปรแกรม SPSS คือ

ตารางที่ 15 - 16 ผลทดสอบการแจกแจงของเวลาการให้บริการตรวจหลักฐาน

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		NODE1
N		120
Exponential parameter[a,b]	Mean	.5510
Most Extreme Differences	Absolute	.098
	Positive	.050
	Negative	-.098
Kolmogorov-Smirnov Z		1.071
Asymp. Sig. (2-tailed)		.202

a. Test Distribution is Exponential.

b. Calculated from data.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		NODE1
N		120
Normal Parameters[a,b]	Mean	.5510
	Std. Deviation	.4767
Most Extreme Differences	Absolute	.153
	Positive	.153
	Negative	-.147
Kolmogorov-Smirnov Z		1.675
Asymp. Sig. (2-tailed)		.007

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

สรุปผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาการให้บริการตรวจหลักฐาน

อัตราของเวลาการให้บริการตรวจหลักฐาน เมื่อพิจารณาจากกราฟฮิสโตแกรม พบว่าการแจกแจงของข้อมูลมีลักษณะใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลและพิจารณาจากการทดสอบด้วยวิธีโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยเลือกการทดสอบการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลได้ค่า P = 0.202 และค่า Z = 1.071 และลองเลือกการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ ได้ค่า P = 0.007 และค่า Z = 1.675 สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก แสดงว่า อัตราของเวลาการให้บริการตรวจหลักฐานมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล โดยมีค่าเฉลี่ย 0.55 นาที/คน หรือ 1.82 คน/นาที

4.3 หาอัตราการให้บริการ และทดสอบการแจกแจงของเวลาการกรอกข้อมูลของนักศึกษาลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (จุดให้บริการจุดที่ 2)

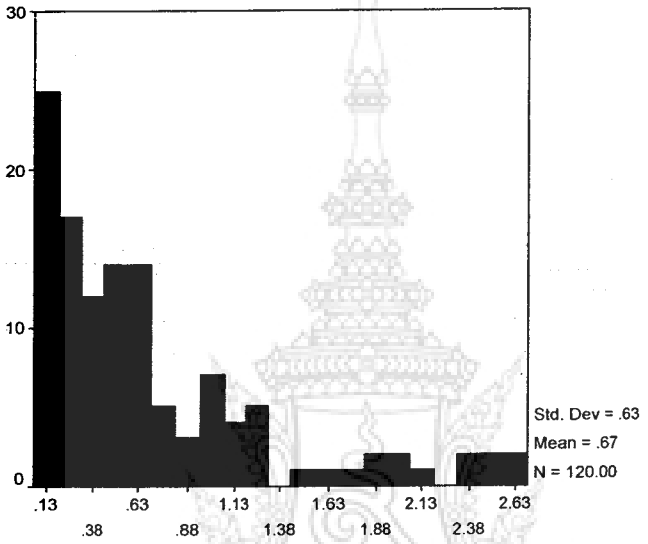
ข้อมูลการบันทึกเวลาเจ้าหน้าที่กรอกข้อมูลของนักศึกษาลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของนักศึกษาในแต่ละคนตั้งแต่ เวลา 09.00 -16.00 น. ของทุกวันที่รับสมัครโดยใช้วิธีสุ่มตัวอย่างจำนวน 120 ตัวอย่าง แสดงได้ดังตารางข้างล่าง

ตารางที่ 17 เวลาการกรอกข้อมูลของนักศึกษาลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยวิธีสุ่มจำนวน 120 ตัวอย่าง (หน่วย: นาที)

		Frequency	Cumulative Frequency	Percent	Cumulative Percent
Time	.07	2	2.0	1.7	1.7
	.09	4	6.0	3.3	5.0
	.10	3	9.0	2.5	7.5
	.11	2	11.0	1.7	9.2
	.12	6	17.0	5.0	14.2
	.14	1	18.0	.8	15.0
	.15	2	20.0	1.7	16.7
	.16	2	22.0	1.7	18.3
	.17	1	23.0	.8	19.2
	.18	2	25.0	1.7	20.8
	.19	2	27.0	1.7	22.5
	.20	3	30.0	2.5	25.0
	.21	1	31.0	.8	25.8
	.22	1	32.0	.8	26.7
	.23	1	33.0	.8	27.5
	.24	2	35.0	1.7	29.2
	.27	1	36.0	.8	30.0
	.29	3	39.0	2.5	32.5
	.30	2	40.0	1.7	34.2
	.31	2	42.0	1.7	35.8
	.33	2	44.0	1.7	37.5
	.34	2	46.0	1.7	39.2
	.35	2	48.0	1.7	40.8
	.37	1	49.0	.8	41.7
	.38	2	51.0	1.7	43.3
	.39	1	52.0	.8	44.2
	.43	1	53.0	.8	45.0
	.44	2	55.0	1.7	46.7
	.45	1	56.0	.8	47.5
	.46	1	57.0	.8	48.3
	.47	3	60.0	2.5	50.8
	.48	1	61.0	.8	51.7
	.50	1	62.0	.8	52.5
	.51	3	65.0	2.5	55.0
	.54	1	66.0	.8	55.8
	.55	1	67.0	.8	56.7
	.57	1	68.0	.8	57.5
	.59	2	70.0	1.7	59.2
	.61	2	72.0	1.7	60.8
	.63	1	73.0	.8	61.7
	.64	1	74.0	.8	62.5
	.66	3	77.0	2.5	65.0
	.67	2	79.0	1.7	66.7
	.68	1	80.0	.8	67.5
	.69	1	81.0	.8	68.3
	.71	1	82.0	.8	69.2
	.75	1	83.0	.8	70.0
	.76	1	84.0	.8	70.8
	.80	1	85.0	.8	71.7
	.81	1	86.0	.8	72.5
	.83	1	87.0	.8	73.3
	.84	1	88.0	.8	74.2
	.86	1	89.0	.8	75.0
	.95	1	90.0	.8	75.8
	.96	1	91.0	.8	76.7
	.99	3	94.0	2.5	79.2
	1.00	1	95.0	.8	80.0
	1.05	1	96.0	.8	80.8
	1.11	1	97.0	.8	81.7
	1.12	2	99.0	1.7	83.3
	1.15	1	100.0	.8	84.2
	1.19	1	101.0	.8	85.0
	1.21	1	102.0	.8	85.8
	1.23	2	105.0	1.7	87.5
	1.29	1	106.0	.8	88.3
	1.48	1	107.0	.8	89.2
	1.67	1	108.0	.8	90.0
	1.81	1	109.0	.8	90.8
	1.90	1	110.0	.8	91.7
	1.93	1	111.0	.8	92.5
	1.95	1	112.0	.8	93.3
	2.03	1	113.0	.8	94.2
	2.07	1	114.0	.8	95.0
	2.39	2	116.0	1.7	96.7
	2.54	2	118.0	1.7	98.3
	2.57	2	120.0	1.7	100.0
	Total	120	120.0	100.0	

4.3.1 ทดสอบการแจกแจงเวลาการกรอกข้อมูลของนักศึกษาลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ทดสอบการแจกแจงของเวลาการกรอกข้อมูลของนักศึกษาลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ว่ามีการแจกแจงแบบใด ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้คาดคะเนว่าเวลาการกรอกข้อมูลของนักศึกษาลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล



ภาพที่ 17 กราฟฮิสโตแกรมของเวลาการกรอกข้อมูลของนักศึกษาลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การทดสอบภาวะสารูปสนิทดี โดยใช้วิธี นอนพาราเมตริกของวิธีโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมติฐานคือ

H_0 : อัตราเวลาการกรอกข้อมูลของนักศึกษาลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

H_1 : อัตราเวลาการกรอกข้อมูลของนักศึกษาลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีการแจกแจงแบบอื่น

ซึ่งได้ผลจากการทดสอบโดยใช้โปรแกรม SPSS คือ

ตารางที่ 18 - 19 ผลทดสอบการแจกแจงของเวลาการกรอกข้อมูลของนักศึกษาลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		NODE2
N		120
Exponential parameter[a,b]	Mean	.6748
Most Extreme Differences	Absolute	.105
	Positive	.046
	Negative	-.105
Kolmogorov-Smirnov Z		1.156
Asymp. Sig. (2-tailed)		.138

a. Test Distribution is Exponential.

b. Calculated from data.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		NODE2
N		120
Normal Parameters[a,b]	Mean	.6748
	Std. Deviation	.6301
Most Extreme Differences	Absolute	.177
	Positive	.177
	Negative	-.168
Kolmogorov-Smirnov Z		1.936
Asymp. Sig. (2-tailed)		.001

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

สรุปผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาการกรอกข้อมูลของนักศึกษาลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

อัตราของเวลาการกรอกข้อมูลของนักศึกษาลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เมื่อพิจารณาจากกราฟฮิสโตแกรมพบว่าการแจกแจงของข้อมูลมีลักษณะใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลและพิจารณาจากการทดสอบด้วยวิธีโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยเลือกการทดสอบการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลได้ค่า P = 0.138 และค่า Z = 1.156 และลองเลือกการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ ได้ค่า P = 0.001 และค่า Z = 1.936 สรุปได้ว่ายอมรับสมมติฐานหลัก แสดงว่า อัตราของเวลาการกรอกข้อมูลของนักศึกษาลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลโดยมีค่าเฉลี่ย 0.67 นาที/คน หรือ 1.49 คน/นาที

4.4 หาอัตราการให้บริการ และทดสอบการแจกแจงของเวลาการรับเงิน และออกใบเสร็จรับเงินค่าสมัครสอบ (จุดให้บริการจุดที่ 3)

ข้อมูลการบันทึกเวลาเจ้าหน้าที่รับเงิน และออกใบเสร็จรับเงิน ให้กับนักศึกษาแต่ละคน ตั้งแต่ เวลา 09.00 -16.00 น. ของทุกวันที่รับสมัครโดยใช้วิธีสุ่มตัวอย่าง จำนวน 120 ตัวอย่าง แสดงได้ดังตารางข้างล่าง

ตารางที่ 20 เวลาเจ้าหน้าที่รับเงิน และออกใบเสร็จรับเงินโดยวิธีสุ่มจำนวน 120 ตัวอย่าง

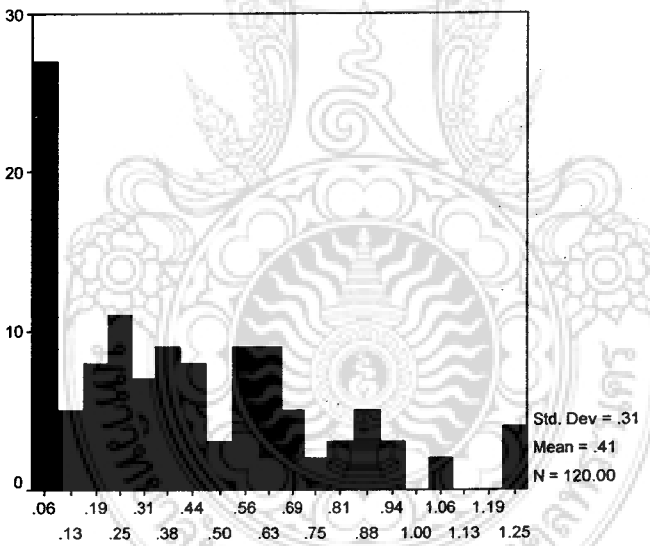
(หน่วย: นาที)

		Frequency	Cumulative Frequency	Percent	Cumulative Percent
Time	.05	4	4.0	3.3	3.3
	.06	8	12.0	6.7	10.0
	.07	6	18.0	5.0	15.0
	.08	3	21.0	2.5	17.5
	.09	6	27.0	5.0	22.5
	.10	1	28.0	.8	23.3
	.11	2	30.0	1.7	25.0
	.13	2	32.0	1.7	26.7
	.18	2	34.0	1.7	28.3
	.19	1	35.0	.8	29.2
	.20	1	36.0	.8	30.0
	.21	2	38.0	1.7	31.7
	.22	3	41.0	2.5	34.2
	.23	1	42.0	.8	35.0
	.24	2	44.0	1.7	36.7
	.25	2	46.0	1.7	38.3
	.26	3	49.0	2.5	40.8
	.28	2	51.0	1.7	42.5
	.29	1	52.0	.8	43.3
	.30	2	54.0	1.7	45.0
	.31	1	55.0	.8	45.8
	.32	1	56.0	.8	46.7
	.33	1	57.0	.8	47.5
	.34	1	58.0	.8	48.3
	.35	1	59.0	.8	49.2
	.37	2	61.0	1.7	50.8
	.38	2	63.0	1.7	52.5
	.39	3	66.0	2.5	55.0
	.40	1	67.0	.8	55.8
	.41	1	68.0	.8	56.7
	.42	1	69.0	.8	57.5
	.43	2	71.0	1.7	59.2
	.45	2	73.0	1.7	60.8
	.46	2	75.0	1.7	62.5
	.49	2	77.0	1.7	64.2
	.52	1	78.0	.8	65.0
	.54	1	79.0	.8	65.8
	.55	4	83.0	3.3	69.2
	.56	1	84.0	.8	70.0
	.57	2	86.0	1.7	71.7
	.59	1	87.0	.8	72.5
	.60	3	90.0	2.5	75.0
	.61	2	92.0	1.7	76.7
	.62	1	93.0	.8	77.5
	.63	2	95.0	1.7	79.2
	.65	1	96.0	.8	80.0
	.66	3	99.0	2.5	82.5
	.67	1	100.0	.8	83.3
	.68	1	101.0	.8	84.2
	.74	1	102.0	.8	85.0
	.75	1	103.0	.8	85.8
	.81	2	105.0	1.7	87.5
	.83	1	106.0	.8	88.3
	.85	1	107.0	.8	89.2
	.86	1	108.0	.8	90.0
	.87	2	110.0	1.7	91.7
	.89	1	111.0	.8	92.5
	.94	1	112.0	.8	93.3
	.96	2	114.0	1.7	95.0
	1.04	2	116.0	1.7	96.7
	1.24	4	120.0	3.3	100.0
	Total	120	120.0	100.0	

จากข้อมูลข้างต้น นำมาหาอัตราการให้บริการรับเงินค่าสมัคร และออกใบเสร็จของเจ้าหน้าที่ (ค่าเฉลี่ย) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และรูปแบบการแจกแจง โดยใช้โปรแกรม SPSS พล็อตกราฟฮิสโตแกรม และทดสอบภาวะสารรูปสนิทดี โดยใช้วิธี นอนพาราเมตริกของวิธีโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟ เพื่อหารูปแบบการแจกแจงของเวลาการให้บริการรับเงินค่าสมัคร และออกใบเสร็จของเจ้าหน้าที่

4.4.1 ทดสอบการแจกแจงเวลาการการให้บริการรับเงินค่าสมัคร และออกใบเสร็จของเจ้าหน้าที่

ทดสอบการแจกแจงของเวลาการการให้บริการรับเงินค่าสมัคร และออกใบเสร็จของเจ้าหน้าที่ว่ามีการแจกแจง แบบใด ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้คาดคะเนว่าเวลาการการให้บริการรับเงินค่าสมัคร และออกใบเสร็จของเจ้าหน้าที่ มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล



ภาพที่ 18 กราฟฮิสโตแกรมของเวลาการให้บริการรับเงินค่าสมัคร และออกใบเสร็จของเจ้าหน้าที่

การทดสอบภาวะสารรูปสนิทดี โดยใช้วิธี นอนพาราเมตริกของวิธีโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมติฐานคือ

H_0 : อัตราเวลาการให้บริการรับเงินค่าสมัคร ออกบัตรสอบ และออก

ใบเสร็จมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

H_1 : อัตราเวลาการให้บริการรับเงินค่าสมัคร ออกบัตรสอบ และออกใบเสร็จมีการแจกแจงแบบอื่น

ซึ่งได้ผลจากการทดสอบโดยใช้โปรแกรม SPSS คือ

ตารางที่ 21 – 22 ผลทดสอบการแจกแจงของเวลาการให้บริการรับเงินค่าสมัคร และออกใบเสร็จของเจ้าหน้าที่

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		NODE3
N		120
Exponential parameter[a,b]	Mean	.4123
Most Extreme Differences	Absolute	.117
	Positive	.050
	Negative	-.117
Kolmogorov-Smirnov Z		1.279
Asymp. Sig. (2-tailed)		.076

a. Test Distribution is Exponential.

b. Calculated from data.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		NODE3
N		120
Normal Parameters[a,b]	Mean	.4123
	Std. Deviation	.3098
Most Extreme Differences	Absolute	.122
	Positive	.095
	Negative	-.122
Kolmogorov-Smirnov Z		1.335
Asymp. Sig. (2-tailed)		.057

a. Test distribution is Normal.

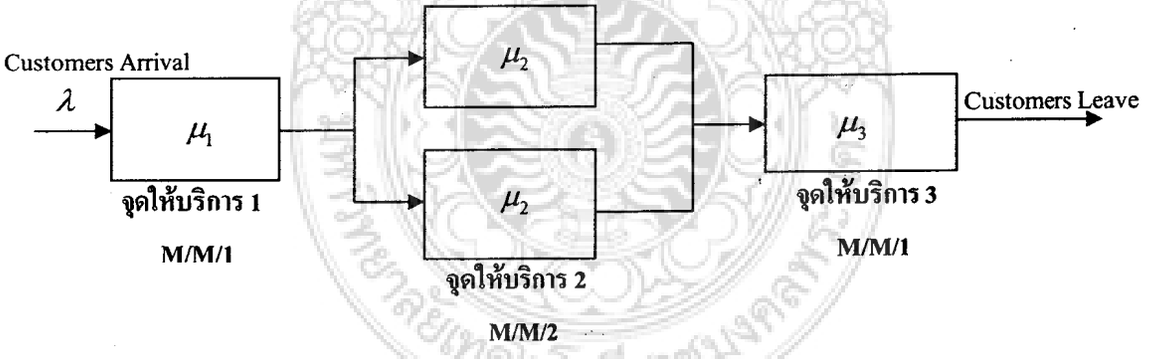
b. Calculated from data.

สรุปผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาการให้บริการรับเงินค่าสมัคร และออกใบเสร็จของ เจ้าหน้าที่

อัตราของเวลาการให้บริการรับเงินค่าสมัคร และออกใบเสร็จ เมื่อพิจารณาจากกราฟฮิสโตแกรมพบว่าการแจกแจงของข้อมูลมีลักษณะใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลและแบบปกติ เมื่อทดสอบด้วยวิธีโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยเลือกการทดสอบการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลได้ค่า P = 0.076 และค่า Z = 1.279 และลองเลือกการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ ได้ค่า P = 0.057 และค่า Z = 1.335 สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก แสดงว่า อัตราของเวลาการให้บริการรับเงินค่าสมัคร และออกใบเสร็จ มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล และแบบปกติในขณะเดียวกัน แต่ค่า Z ของการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลมีค่าน้อยกว่า จึงเลือกการแจกแจงของข้อมูลเป็นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล โดยมีค่าเฉลี่ย 0.41 นาที/คน หรือ 2.44 คน/ นาที

4.5 การวิเคราะห์ระบบแถวคอย

ตัวแบบที่ใช้ในการวิเคราะห์แถวคอยในงานวิจัยนี้ได้ใช้ตัวแบบระบบแถวคอยแบบโครงข่าย (Queuing Network) ที่เป็นแบบอนุกรม ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ระบบแถวคอยในลักษณะของแถวคอยแบบมาร์คอเวียน (Markovian Queue) ดังแสดง



ภาพที่ 19 ตัวแบบระบบแถวคอยที่เป็นโครงข่ายแบบอนุกรมในงานวิจัย

ซึ่งสามารถแสดงค่าของความน่าจะเป็นในรูปแบบของลูกโซ่มาร์คอฟ (Markov Chain) ได้คือ โดยที่

จุดที่ลูกค้าเข้ามา แทน สเตท 0

จุดให้บริการที่ 1 แทน สเตท 1

จุดให้บริการที่ 2 แทน สเตท 2

จุดให้บริการที่ 3 แทน สเตท 3

จุดที่ลูกค้าออกไป แทน สเตท 4

ตารางที่ 23 ค่าของความน่าจะเป็นในรูปแบบของลูกโซ่มาร์คอฟ

State	0	1	2	3	4
0	0	1	0	0	0
1	0	0	1	0	0
2	0	0	0	1	0
3	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	1

ซึ่งตั้งอยู่บนสมมติฐานของ

1. อัตราการมารับบริการเป็นแบบสุ่ม ที่เป็นการแจกแจงแบบปัวพัวซอง
2. อัตราของเวลาการให้บริการเป็นแบบสุ่ม ที่เป็นการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล
3. ผู้มารับบริการก่อนจะได้รับบริการก่อน
4. ไม่จำกัดจำนวนผู้มารับบริการ
5. ไม่จำกัดแหล่งที่มาของผู้มารับบริการ
6. มีหน่วยบริการตั้งแต่หนึ่งหน่วยขึ้นไป

สัญลักษณ์

λ = อัตราการเข้ามารับบริการ

μ = อัตราการให้บริการ

C = จำนวนผู้ให้บริการ

L_s = จำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ย

L_q = จำนวนผู้มารับบริการในแถวคอยโดยเฉลี่ย

W_s = เวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ย

W_q = เวลารอคอยของผู้มารับบริการในแถวโดยเฉลี่ย

P_0 = ความน่าจะเป็นที่ไม่มีผู้มารับบริการในระบบ

P_n = ความน่าจะเป็นที่จะมีผู้มารับบริการ n คนในระบบ

4.5.1 คำนวนระบบแถวคอยในแต่ละช่วงเวลา

ช่วงเวลาที่ 1

$\lambda = 0.64$ คน/นาที , $\mu_1 = 1.82$ คน/นาที , $\mu_2 = 1.49$ คน/นาที , $\mu_3 = 2.44$ คน/นาที

ตารางที่ 24 การวิเคราะห์ระบบแถวคอยของช่วงเวลาที่ 1

สัญญลักษณ์ / จุดบริการ	C	L_s	L_q	W_s	W_q	P_0
1	1	0.56	0.20	0.85	0.31	0.64
2	2	0.46	0.02	0.70	0.03	0.61
3	1	0.36	0.10	0.56	0.15	0.73

จากตารางพบว่าระบบแถวคอยในช่วงเวลาที่ 1 ซึ่งมีจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 0.56 คน/นาที หรือ 33.60 คน/ชั่วโมงได้แก่จุดบริการที่ 1 จำนวนผู้มารับบริการในแถวคอยโดยเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 12 คน/ชั่วโมง ได้แก่จุดบริการที่ 1 เวลารอคอยของผู้มารับบริการใน ระบบโดยเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 0.85 นาที/คนหรือ 51 วินาที/คนได้แก่จุดบริการที่ 1 และเวลารอคอยของผู้มารับบริการในแถวคอยโดยเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่จุดบริการที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.31 นาที/คนหรือประมาณ 19 วินาที/คน

ช่วงเวลาที่ 2

$\lambda = 1.29$ คน/นาที , $\mu_1 = 1.82$ คน/นาที , $\mu_2 = 1.49$ คน/นาที , $\mu_3 = 2.44$ คน/นาที

ตารางที่ 25 การวิเคราะห์ระบบแถวคอยของช่วงเวลาที่ 2

สัญญลักษณ์ / จุดบริการ	C	L_s	L_q	W_s	W_q	P_0
1	1	2.50	1.79	1.92	1.37	0.29
2	2	1.06	0.21	0.83	0.16	0.39
3	1	1.12	0.61	0.88	0.47	0.46

จากตารางพบว่าระบบแถวคอยในช่วงเวลาที่ 2 ซึ่งมีจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 150 คน/ชั่วโมงซึ่งได้แก่จุดบริการที่ 1 และจุดบริการที่ 2 และ 3

มีค่าประมาณ 60 คน/ชั่วโมง จำนวนผู้มารับบริการในแถวคอยโดยเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่จุดบริการที่ 1 คือ 107 คน/ชั่วโมง เวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่จุดบริการที่ 1 คือ 1.92 นาที/คนหรือ 115.20 วินาที/คน และเวลารอคอยของผู้มารับบริการในแถวคอยโดยเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่จุดบริการที่ 1 คือ 1.37 นาที/คนหรือประมาณ 82.20 วินาที/คน

ช่วงเวลาที่ 3

$\lambda = 1.06$ คน/นาที , $\mu_1 = 1.82$ คน/นาที , $\mu_2 = 1.49$ คน/นาที , $\mu_3 = 2.44$ คน/นาที

ตารางที่ 26 การวิเคราะห์ระบบแถวคอยของช่วงเวลาที่ 3

สัญญลักษณ์ / จุดบริการ	C	L_s	L_q	W_s	W_q	P_0
1	1	1.40	0.81	1.32	0.76	0.41
2	2	0.81	0.10	0.77	0.10	0.47
3	1	0.77	0.33	0.72	0.31	0.56

จากตารางพบว่าระบบแถวคอยในช่วงเวลาที่ 3 ซึ่งมีจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 84 คน/ชั่วโมงซึ่งได้แก่จุดบริการที่ 1 และจุดบริการที่ 2 และ 3 มีค่าประมาณ 48 คน/ชั่วโมง จำนวนผู้มารับบริการในแถวคอยโดยเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่จุดบริการที่ 1 คือ 48.60 คน/ชั่วโมง เวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่จุดบริการที่ 1 คือ 1.32 นาที/คนหรือ 79.20 วินาที/คน และเวลารอคอยของผู้มารับบริการในแถวคอยโดยเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่จุดบริการที่ 1 คือ 0.80 นาที/คนหรือ 48 วินาที/คน

ช่วงเวลาที่ 4

$\lambda = 1.07$ คน/นาที , $\mu_1 = 1.82$ คน/นาที , $\mu_2 = 1.49$ คน/นาที , $\mu_3 = 2.44$ คน/นาที

ตารางที่ 27 การวิเคราะห์ระบบแถวคอยของช่วงเวลาที่ 4

สัญญลักษณ์ / จุดบริการ	C	L_s	L_q	W_s	W_q	P_0
1	1	1.43	0.84	1.33	0.78	0.41
2	2	0.82	0.11	0.77	0.10	0.47
3	1	0.78	0.34	0.73	0.32	0.56

จากตารางพบว่าระบบแถวคอยในช่วงเวลาที่ 4 ซึ่งมีจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 85.80 คน/ชั่วโมงซึ่งได้แก่จุดบริการที่ 1 และจุดบริการที่ 2 และ 3 มีค่าประมาณ 48 คน/ชั่วโมง จำนวนผู้มารับบริการในแถวคอยโดยเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่จุดบริการที่ 1 คือ 50.40 คน/ชั่วโมง เวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่จุดบริการที่ 1 คือ 1.33 นาที/คนหรือ 79.80 วินาที/คน และเวลารอคอยของผู้มารับบริการในแถวคอยโดยเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่จุดบริการที่ 1 คือ 0.78 นาที/คนหรือ 46.80 วินาที/คน

ช่วงเวลาที่ 5

$\lambda = 0.67$ คน/นาที , $\mu_1 = 1.82$ คน/นาที , $\mu_2 = 1.49$ คน/นาที , $\mu_3 = 2.44$ คน/นาที

ตารางที่ 28 การวิเคราะห์ระบบแถวคอยของช่วงเวลาที่ 5

สัญญลักษณ์ / จุดบริการ	C	L_s	L_q	W_s	W_q	P_0
1	1	0.57	0.21	0.86	0.31	0.64
2	2	0.47	0.02	0.71	0.03	0.64
3	1	0.37	0.10	0.56	0.15	0.72

จากตารางพบว่าระบบแถวคอยในช่วงเวลาที่ 5 ซึ่งมีจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 34.20 คน/ชั่วโมงซึ่งได้แก่จุดบริการที่ 1 และจุดบริการที่ 2 และ 3 มีค่าประมาณ 24 คน/ชั่วโมง จำนวนผู้มารับบริการในแถวคอยโดยเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่จุดบริการที่ 1 คือ 12.60 คน/ชั่วโมง เวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่จุดบริการที่ 1 คือ 0.86 นาที/คนหรือ 51.60 วินาที/คน และเวลารอคอยของผู้มารับบริการในแถวคอยโดยเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่จุดบริการที่ 1 คือ 0.31 นาที/คนหรือ 18.60 วินาที/คน

ช่วงเวลาที่ 6

$\lambda = 0.06$ คน/นาที , $\mu_1 = 1.82$ คน/นาที , $\mu_2 = 1.49$ คน/นาที , $\mu_3 = 2.44$ คน/นาที

ตารางที่ 29 การวิเคราะห์ระบบแถวคอยของช่วงเวลาที่ 6

สัญญลักษณ์ / จุดบริการ	C	L_s	L_q	W_s	W_q	P_0
1	1	0.03	0.00	0.57	0.02	0.97
2	2	0.04	0.00	0.67	0.00	0.96
3	1	0.03	0.00	0.42	0.01	0.98

จากตารางพบว่าระบบแถวคอยในช่วงเวลาที่ 6 ซึ่งมีจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมากที่สุดไกล้เคียงกันทั้ง 3 จุดให้บริการ มีค่าเพียง 2 คน/ชั่วโมง จำนวนผู้มารับบริการในแถวคอยโดยเฉลี่ยแทบไม่มี เวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 0.57 นาที/คนหรือ 34.20 วินาที/คนได้แก่จุดบริการที่ 2 และเวลารอคอยของผู้มารับบริการในแถวคอยโดยเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่จุดบริการที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.02 นาที/คนหรือประมาณ 1.20 วินาที/คน มีความน่าจะเป็นที่ไม่มีผู้มารับบริการในระบบมากที่สุดคือ 0.97, 0.95, 0.98 ในจุดให้บริการที่ 1, 2, 3, ตามลำดับ

ดังนั้นจะเห็นว่า ช่วงเวลาที่ 2 จุดให้บริการที่ 1 มีจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 150 คน/ชั่วโมง และ 93.60, 87.60 คน/ชั่วโมง ในช่วงเวลาที่ 4 และในช่วงเวลาที่ 3 ตามลำดับ ส่วนในช่วงเวลาที่ 6 แทบจะไม่มีจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยเลย ช่วงเวลาที่ 2 จุดให้บริการที่ 1 มีจำนวนผู้มารับบริการในแถวคอยโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 107.40 คน/ชั่วโมง และ 50.40, 48.60 คน/ชั่วโมง ในช่วงเวลาที่ 4 และ ในช่วงเวลาที่ 3 ตามลำดับ เวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมากที่สุดเท่าคือ 1.92 นาที/คน หรือ 115.20 วินาที/คนได้แก่จุดบริการที่ 1 และ 1.33, 1.32 นาที/คนในช่วงเวลาที่ 4 และในช่วงเวลาที่ 3 ตามลำดับ สำหรับในส่วนของเวลารอคอยของผู้มารับบริการในแถวโดยเฉลี่ยมากที่สุดเท่าคือ 1.37 นาที/คน หรือ 82.20 วินาที/คนได้แก่จุดบริการที่ 1 และ 0.78, 0.76 นาที/คนในช่วงเวลาที่ 4 และในช่วงเวลาที่ 3 ตามลำดับ และในช่วงเวลาที่ 6 มีความน่าจะเป็นที่ไม่มีผู้มารับบริการในระบบมากที่สุด คือ 0.97, 0.95, 0.98 ในจุดให้บริการที่ 1, 2, 3, ตามลำดับ

ในงานวิจัยนี้ได้ลองตั้งเป้าของค่าที่น่าจะเหมาะสมไว้ไม่ควรเกิน 60 คน/ชั่วโมง และไม่ควรต่ำกว่า 30 คน/ชั่วโมง ในส่วนของจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ย สำหรับในส่วนของเวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยไม่ควรเกิน 1 นาที/

คน และไม่ควรต่ำกว่า 0.5 นาที/คน ซึ่งถ้าเกินกว่าค่าที่ตั้งไว้ ก็จะทำการเพิ่มจำนวนผู้ให้บริการ และถ้าต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ ก็จะทำการลดจำนวนผู้ให้บริการลงในส่วนของจุดที่ให้บริการที่มีผู้ให้บริการมากกว่า 1 คน ดังแสดงการปรับปรุงระบบแถวคอยที่เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลาดังนี้

การปรับปรุงระบบแถวคอยให้เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลา

ช่วงเวลาที่ 1

เนื่องจากระบบแถวคอยของช่วงเวลาที่ 1 มีจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 33.60 คน/ชั่วโมงได้แก่จุดบริการที่ 1 และจุดให้บริการอื่นๆมีจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมากกว่า 30 คน/ชั่วโมง เวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 0.85 นาที/คนหรือ 51 วินาที/คนได้แก่จุดบริการที่ 1 และจุดให้บริการอื่นๆมีเวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมากกว่า 0.5 คน/นาที ดั้งนั้นจึงไม่มีการเพิ่มและลดจำนวนผู้ให้บริการ

ช่วงเวลาที่ 2

เพิ่มจำนวนผู้ให้บริการในจุดบริการที่ 1 เป็น 2 คน และจุดให้บริการอื่นๆคงเดิม ทำให้จำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยในจุดบริการที่ 1 ลดลงเหลือ 48.6 คน/ชั่วโมง ส่วนจุดให้บริการจุดที่ 2 และ 3 มีค่าเกิน 60 คน/ชั่วโมง อยู่เล็กน้อย ดังนั้นจึงไม่เพิ่มจำนวนผู้ให้บริการเพราะถ้าเพิ่มจะทำให้ค่าของจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยต่ำกว่า 30 คน/ชั่วโมง มากซึ่งจะทำให้มีโอกาสที่จะทำให้เกิดการว่างงานสูง ส่วนเวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยในจุดบริการที่ 1 ลดลงเหลือ 0.63 นาที/คนหรือ 37.80 วินาที/คน ดังแสดงในตารางข้างล่าง

ตารางที่ 30 การปรับปรุงระบบแถวคอยของช่วงเวลาที่ 2

สัญญลักษณ์ / จุดบริการ	C	L_s	L_q	W_s	W_q	P_0
1	2	0.81	0.10	0.63	0.08	0.48
2	2	1.06	0.21	0.83	0.16	0.39
3	1	1.12	0.61	0.88	0.47	0.46

ช่วงเวลาที่ 3

เพิ่มจำนวนผู้ให้บริการในจุดบริการที่ 1 เป็น 2 คน และจุดให้บริการอื่นๆคงเดิม ทำให้จำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยในจุดบริการที่ 1 ลดลงเหลือ 38.40 คน/ชั่วโมง ส่วนจุดให้บริการจุดที่ 2 และ 3 มีค่าเท่าเดิมส่วนเวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยในจุดบริการที่ 1 ลดลงเหลือ 0.60 นาที/คนหรือ 36 วินาที/คน ดังแสดงในตารางข้างล่าง

ตารางที่ 31 การปรับปรุงระบบแถวคอยของช่วงเวลาที่ 3

สัญญลักษณ์ / จุดบริการ	C	L_s	L_q	W_s	W_q	P_0
1	2	0.64	0.05	0.60	0.05	0.54
2	2	0.81	0.10	0.77	0.10	0.47
3	1	0.77	0.33	0.72	0.31	0.56

ช่วงเวลาที่ 4

เพิ่มจำนวนผู้ให้บริการในจุดบริการที่ 1 เป็น 2 คน และจุดให้บริการอื่นๆคงเดิม ทำให้จำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยในจุดบริการที่ 1 ลดลงเหลือ 38.40 คน/ชั่วโมง ส่วนจุดให้บริการจุดที่ 2 และ 3 มีค่าเท่าเดิม ส่วนเวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยในจุดบริการที่ 1 ลดลงเหลือ 0.60 นาที/คนหรือ 36 วินาที/คน ดังแสดงในตารางข้างล่าง

ตารางที่ 32 การปรับปรุงระบบแถวคอยของช่วงเวลาที่ 4

สัญญลักษณ์ / จุดบริการ	C	L_s	L_q	W_s	W_q	P_0
2	2	0.64	0.06	0.60	0.05	0.55
2	2	0.82	0.11	0.77	0.10	0.47
3	1	0.78	0.34	0.73	0.32	0.56

ช่วงเวลาที่ 5

เนื่องจากระบบแถวคอยของช่วงเวลาที่ 5 จุดบริการที่ 1 มีจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 34.20 คน/ชั่วโมง และจุดให้บริการในจุดที่ 2 และ 3 มี

จำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยต่ำกว่า 30 คน/ชั่วโมง จุดบริการที่ 1 มีเวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 0.86 นาที/คนหรือ 51.60 วินาที/คน และจุดให้บริการอื่นๆมีเวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมากกว่า 0.5 คน/นาที ดั้งนั้นจึงลองลดจำนวนผู้ให้บริการในจุดที่ 2 ลงเหลือ 1 คน เพราะในจุดนี้มีจำนวนผู้ให้บริการ 2 คน คำนวนระบบแถวคอยได้ค่าจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยเท่ากับ 48.60 คน/ชั่วโมง แต่ค่าเวลารอคอยของผู้มารับบริการใน ระบบโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.21 นาที/คน ดังนั้นจึงไม่ควรลดจำนวนผู้ให้บริการในจุดที่ 2 ดังแสดงในตารางข้างล่าง

ตารางที่ 33 การปรับปรุงระบบแถวคอยของช่วงเวลาที่ 5

สัญญลักษณ์ / จุดบริการ	C	L_s	L_q	W_s	W_q	P_0
1	1	0.57	0.21	0.86	0.31	0.64
2	1	0.81	0.37	1.21	0.54	0.54
3	1	0.37	0.10	0.56	0.15	0.72

ช่วงเวลาที่ 6

ลดจำนวนผู้ให้บริการในจุดบริการที่ 2 ลงเหลือ 1 คน และจุดให้บริการอื่นๆคงเดิมเนื่องจากมีจำนวนผู้ให้บริการจุดละ 1 คนเท่านั้น แต่จำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยใน จุดบริการที่ 2 ก็ยังมีค่าเท่าเดิม ส่วนเวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยของจุดบริการที่ 2 เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 0.67 นาที/คน เป็น 0.70 นาที/คน เพราะในช่วงเวลานี้แทบจะไม่มีจำนวนนักศึกษาเข้ามาสมัครเลย ดังนั้นในช่วงเวลานี้จึงควรจัดจำนวนผู้ให้บริการในแต่ละจุดแค่เพียง 1 คนก็พอ

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิเคราะห์ระบบแถวคอยกรณีศึกษาการรับสมัครนักศึกษาในระดับ ปวส. สายช่างอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อหาอัตราการเข้ามาสมัคร ลักษณะการแจกแจงของจำนวนนักศึกษาที่มาสมัครในแต่ละช่วงเวลา อัตราการให้บริการ ลักษณะการแจกแจงของเวลาที่เจ้าหน้าที่รับสมัครให้บริการนักศึกษาในแต่ละจุดให้บริการของแต่ละช่วงเวลา วิเคราะห์ระบบแถวคอยทั้งระบบของการรับสมัครนักศึกษาแต่ละช่วงเวลา เพื่อปรับปรุงระบบแถวคอยให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักศึกษาระดับ ปวส. สายช่างอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือที่เข้ามาสมัครเรียนในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2550 และปีการศึกษา 2551 ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

5.1 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาระดับ ปวส. สายช่างอุตสาหกรรม จำนวน 1,722 คนที่เข้ามาสมัครเรียนในแผนกต่างๆ รวม 10 แผนก ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 ตั้งแต่เวลา 09.00 – 16.00 น. จำนวน 3 วัน และ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 ตั้งแต่เวลา 09.00 – 16.00 น. จำนวน 3 วัน

5.2 อัตราการเข้ามาสมัคร และลักษณะการแจกแจงของจำนวนนักศึกษาที่มาสมัครในแต่ละช่วงเวลา

ในการหาอัตราการเข้ามาสมัคร และทดสอบการแจกแจงของจำนวนนักศึกษาที่มาสมัครนั้นได้ทำการบันทึกจำนวนนักศึกษาที่เข้ามาสมัครตั้งแต่เวลา 09.00 น. ถึง 16.00 น. โดย เก็บข้อมูลจำนวนนักศึกษาที่มาสมัครทุกๆ 10 นาที ของแต่ละช่วงเวลา ซึ่งกำหนดให้แต่ละช่วงเวลามีค่าเท่ากับ 1 ชั่วโมง ดังนั้นจะมีช่วงเวลาทั้งหมด 6 ช่วงเวลา เช่น ช่วงเวลาที่ 1 ตั้งแต่ 09.00 – 10.00 น. เป็นต้น หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาหาอัตราการเข้ามารับสมัคร ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบรูปแบบการแจกแจง โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows สร้างตารางแจกแจงความถี่ กราฟฮิสโตแกรม และทดสอบภาวะสารูปสนิทดี โดยใช้วิธีนอนพาราเมตริกของโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟของแต่ละช่วงเวลา ซึ่งผลที่ได้ คือจำนวนนักศึกษาที่มาสมัครทุกช่วงเวลามีการแจกแจงแบบพัวซองโดยที่ช่วงเวลาที่ 1 มีอัตราการ เข้ามาสมัครเท่ากับ 0.64 คนต่อนาที ช่วงเวลาที่ 2 มีอัตราการเข้ามาสมัครเท่ากับ 1.29 คนต่อนาที ช่วงเวลาที่ 3 มีอัตราการเข้ามาสมัครเท่ากับ 1.06 คนต่อนาที

ช่วงเวลาที่ 4 มีอัตราการเข้ามารับสมัครเท่ากับ 1.07 คนต่อนาที ช่วงเวลาที่ 5 มีอัตราการเข้ามาสมัครเท่ากับ 0.67 คนต่อนาที และช่วงเวลาที่ 6 มีอัตราการเข้ามาสมัครเท่ากับ 0.06 คนต่อนาที

5.3 อัตราการให้บริการ และลักษณะการแจกแจงของเวลาการให้บริการ

ในการหาอัตราการให้บริการ และทดสอบการแจกแจงของเวลาการให้บริการนั้นได้ทำการบันทึกเวลาการทำงานของเจ้าหน้าที่โดยการสุ่มตัวเวลาที่ให้บริการนักศึกษาจำนวน120 คน นำข้อมูลที่ได้มาหาอัตราการให้บริการ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและทดสอบรูปแบบการแจกแจงโดยใช้โปรแกรม SPSS สร้างตารางแจกแจงความถี่ กราฟฮิสโตแกรม และทดสอบภาวะสารูปสนิทดีโดยใช้วิธีนอนพาราเมตริกของโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟของแต่ละช่วงเวลา ซึ่งผลที่ได้คือ การแจกแจงของเวลาการตรวจหลักฐาน(จุดให้บริการ ที่ 1) มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล โดยมีอัตราการให้บริการเท่ากับ 0.55 นาทีต่อคน หรือ 1.82 คนต่อนาที การแจกแจงของเวลาการกรอกข้อมูลของนักศึกษาลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (จุดให้บริการที่ 2) มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล โดยมีอัตราการให้บริการเท่ากับ 0.67 นาทีต่อคน หรือ 1.49 คนต่อนาที การแจกแจงของ เวลาการรับเงิน และออกใบเสร็จรับเงิน (จุดให้บริการที่ 3) มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล โดยมีอัตราการให้บริการเท่ากับ 0.41 นาทีต่อคน หรือ 2.44 คนต่อนาที

5.4 ระบบแถวคอยในแต่ละช่วงเวลา

การวิเคราะห์ระบบแถวคอยในงานวิจัยนี้ได้ใช้ตัวแบบแถวคอยแบบโครงข่ายที่เป็นแบบอนุกรมซึ่งเป็นการวิเคราะห์ระบบแถวคอยในลักษณะแถวคอยแบบมาร์คอเวียน โดยการวิเคราะห์ระบบแถวคอยของแต่ละช่วงเวลา (6 ช่วงเวลา) เพื่อหาค่า จำนวนผู้มารับบริการในแถวคอยโดยเฉลี่ย จำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ย เวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ย เวลารอคอยของผู้มารับบริการในแถวคอยโดยเฉลี่ย และความน่าจะเป็นที่จะไม่มีผู้มารับบริการในระบบหรือ ความน่าจะเป็นที่ระบบจะว่างงาน ผลที่ได้คือ ในเรื่องจำนวนผู้มารับบริการ จุดให้บริการที่ 1 ในช่วงเวลาที่ 2 มีจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 150 คน/ชั่วโมง รองลงมาคือช่วงเวลาที่ 4 (93.60 คน/ชั่วโมง) และ ช่วงเวลาที่ 3 (87.60 คน/ชั่วโมง) ตามลำดับ ส่วนในช่วงเวลาที่ 6 เกือบจะไม่มีจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยเลย และเช่นเดียวกันจุดบริการที่ 1 ในช่วงเวลาที่ 2 มีจำนวนผู้มารับบริการในแถวคอยโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 107.40 คน/ชั่วโมง รองลงมาคือช่วงเวลาที่ 4 (50.40 คน/ชั่วโมง) และช่วงเวลาที่ 3 (48.60 คน/ชั่วโมง) ตามลำดับ ในเรื่องเวลารอคอยของผู้มารับบริการ จุดบริการที่ 1 เวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมากที่สุดเท่าคือ 1.92 นาที/คน หรือ 115.20 วินาที/คน รองลงมาคือ ช่วงเวลาที่ 4 (1.33 นาที/คน) และ ช่วงเวลาที่ 3 (1.32 นาที/คน) ตามลำดับ และเช่นเดียวกัน จุดบริการที่ 1 เวลารอคอยของผู้

มารับบริการในแถวโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 1.37 นาที/คน หรือ 82.20 วินาที/คนได้แก่ รองลงมาคือ ในช่วงเวลาที่ 4 (0.78 นาที/คน) และช่วงเวลาที่ 3 (0.76 นาที/คน) ตามลำดับ และจุดบริการที่ 1 ที่ 2 และที่ 3 ในช่วงเวลาที่ 6 ความน่าจะเป็นที่จะไม่มีผู้มารับบริการในระบบมีค่ามาก คือ 0.97, 0.95 และ 0.98 ตามลำดับ

5.5 ระบบแถวคอยที่เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลา

งานวิจัยนี้ได้กำหนดค่าจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ย ที่เหมาะสมไว้คือไม่ควรเกิน 60 คน/ชั่วโมง และไม่ต่ำกว่า 30 คน/ชั่วโมง และเวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ย ไม่ควรเกิน 1 นาที/คน และไม่ควรต่ำกว่า 0.5 นาที/คน ซึ่งถ้าผลการวิเคราะห์ในส่วนของจุดที่ได้ค่าจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ย สูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ ก็จะทำการเพิ่มจำนวนผู้ให้บริการ และถ้าต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ ก็จะทำการลดจำนวนผู้ให้บริการลง โดยพิจารณาเฉพาะจุดที่มีผู้ให้บริการมากกว่า 1 คน จากการวิเคราะห์ระบบแถวคอยพบว่าจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ย ในจุดให้บริการที่ 1 ของช่วงเวลาที่ 2 ที่ 3 และ 4 มีค่าเกิน 60 คน/ชั่วโมง และเวลา รอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยเกิน 1 นาที/คน ดังนั้นจึงควรเพิ่มจำนวนผู้ให้บริการอีก 1 คน ซึ่งจะทำให้ได้ค่าจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยที่เหมาะสมคือ ในช่วงเวลาที่ 2 มีค่า 48.60 คน/ชั่วโมง และในช่วงเวลาที่ 3 และ4 มีค่า 38.40 คน/ชั่วโมง ค่าเวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ย ในช่วงเวลาที่ 2 มีค่า 0.63 นาที/คน และในช่วงเวลาที่ 3 และ4 มีค่า 0.60 นาที/คน และถ้าลดจำนวนผู้ให้บริการลง 1 คน ในจุดให้บริการที่ 2 ของช่วงเวลาที่ 6 เนื่องจากจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่า 30 คน/ชั่วโมง และ เวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยต่ำกว่า 0.5 นาที/คน ผลที่ได้คือ ค่าจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยมีค่าเท่าเดิม ค่าเวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 0.67 นาที/คน เป็น 0.70 นาที/คน เพราะในช่วงเวลานี้แทบจะไม่มีจำนวนนักศึกษาเข้ามาสมัครเลย ดังนั้นในช่วงเวลานี้จึงควรจัดจำนวนผู้ให้บริการในแต่ละจุดแค่เพียง 1 คนเท่านั้น

อภิปรายผลการวิจัย

1. อัตราการเข้ามาสมัคร ลักษณะการแจกแจงของจำนวนนักศึกษาที่มาสมัครในแต่ละช่วงเวลา อัตราการให้บริการ และลักษณะการแจกแจงของเวลาการให้บริการ

จำนวนนักศึกษาที่มาสมัครทุกช่วงเวลามีการแจกแจงแบบพัวซอง โดยช่วงเวลาที่ 2 มีอัตราการเข้ามาสมัครมากที่สุดคือ 1.29 และช่วงเวลาที่ 6 มีอัตราการเข้ามาสมัครน้อยที่สุด 0.06 คนต่อนาที และเวลาในการให้บริการทุกจุดบริการมีแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลโดยที่ จุดให้บริการที่ 2 มีอัตรา

การให้บริการมากที่สุดคือ 0.67 นาทีต่อคน หรือ 1.49 คนต่อนาที จะเห็นว่าจำนวนนักศึกษาที่มาสมัครทุกช่วงเวลามีการแจกแจงแบบพัวซองและเวลาในการให้บริการทุกจุดบริการมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลนั้นสอดคล้องกับทฤษฎีแถวคอยที่กล่าวว่า จำนวนผู้ที่มารับบริการมีการแจกแจงแบบพัวซอง และเวลาในการให้บริการทุกจุดบริการมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ช่วงเวลาที่ 2 (เวลา 9.00-10.00 น.) มีอัตราการเข้ามาสมัครมากที่สุด ที่เป็นดังนี้อาจเป็นเพราะว่าเป็นช่วงเวลาที่ไม่เช้าเกินไปและไม่สายเกิน เป็นช่วงเวลาที่การจราจรในกรุงเทพฯ เริ่มติดขัดน้อยลง ผู้มาสมัครจำนวนมากจึงเดินทางมาในช่วงเวลาดังกล่าว ส่วนในช่วงเวลาที่ 6 (เวลา 15.00-16.00 น.) มีอัตราการเข้ามาสมัครน้อยที่สุด อาจเป็นเพราะว่าช่วงเวลาที่ 6 เป็นช่วงเวลาใกล้ปิดรับสมัคร ผู้สมัครอาจไม่แน่ใจเรื่องเวลาที่ใช้ในการเดินทางมาสมัคร และเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการสมัคร เพื่อป้องกันปัญหามาสมัครไม่ทัน หรือปัญหาที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการสมัครเช่น ความครบถ้วนของเอกสารประกอบการสมัคร หรือวิธีการชำระเงินค่าสมัคร ผู้สมัครส่วนใหญ่จึงเลือกที่จะไม่มาสมัครในช่วงเวลาดังกล่าว

2. ระบบแถวคอยในแต่ละช่วงเวลา

จุดให้บริการที่ 1 ในช่วงเวลาที่ 2 มีจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ย และจำนวนผู้มารับบริการในแถวคอยโดยเฉลี่ยมีค่ามากที่สุด ส่วนในช่วงเวลาที่ 6 เกือบจะไม่มีจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยเลย สำหรับเวลารอคอยของผู้มารับบริการ จุดบริการที่ 1 เวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ย และเวลารอคอยของผู้มารับบริการในแถวคอยโดยเฉลี่ยมีค่ามากที่สุด และจุดบริการที่ 1 ที่ 2 และที่ 3 ในช่วงเวลาที่ 6 ความน่าจะเป็นที่จะไม่มีผู้มารับบริการในระบบมีค่ามาก จะเห็นว่าผลการวิเคราะห์ระบบแถวคอยเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับอัตราการเข้ามาสมัครและอัตราการให้บริการ

3. ระบบแถวคอยที่เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลา

งานวิจัยนี้ได้กำหนดค่าจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ย ที่เหมาะสมไว้คือไม่ควรเกิน 60 คน/ชั่วโมง และไม่ต่ำกว่า 30 คน/ชั่วโมง และเวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยไม่ควรเกิน 1 นาที/คน และไม่ควรต่ำกว่า 0.5 นาที/คน จุดให้บริการที่ 1 ของช่วงเวลาที่ 2 ที่ 3 และควรเพิ่มจำนวนผู้ ให้บริการอีก 1 คน และจุดให้บริการที่ 2 ของช่วงเวลาที่ 6 ควรลดจำนวนคนให้บริการลง 1 คน จะเห็นว่าถ้าเพิ่มจำนวนผู้ให้บริการอีก 1 คน จะทำให้ได้ค่าจำนวนผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยที่เหมาะสมคือ การเพิ่มจำนวนผู้ให้บริการในจุดบริการและช่วงบริการดังกล่าวจะช่วยให้ผู้รับบริการได้รับความพึงพอใจมากขึ้นเนื่องจากเวลาที่เสียไปสำหรับการรอคอยลดลงซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญของทุกองค์กรที่ให้บริการ ที่ต้องการให้ผู้รับบริการมีความพึงพอใจสูงสุด ใน

ขณะเดียวกันการลดจำนวนผู้ให้บริการลงในช่วงเวลาที่ 6 จะทำให้ผู้บริการผู้นั้นสามารถไปทำงานส่วนอื่นได้ ซึ่งนับเป็นการใช้บุคลากรอย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ในการวิจัยครั้งต่อๆไป อาจจะใช้การวิเคราะห์แถวคอยแบบอื่นๆ ที่ต่อเนื่องจากแบบอนุกรม เช่น แบบขนาน แบบวนรอบ ซึ่งเป็นแบบที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

2. นำการวิเคราะห์แถวคอยไปประยุกต์ใช้งานทางด้านอื่นๆ โดยเฉพาะด้านอุตสาหกรรม

บรรณานุกรม

ปรีชา มโนคุ้น (2540) **"การปรับปรุงแถวคอยสำหรับเค้าน์เตอร์เงินฝาก,ถอนเงิน และรับเงินรางวัลสลากของธนาคารออมสิน"** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พีรยุทธ์ ชาญเศรษฐิกุล (2535). **แถวคอยและการจำลองสถานการณ์,** หนังสือคำสอน ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์:กรุงเทพฯ.

วิชัย สุรเชิดเกียรติ และคณะ. **การวิจัยปฏิบัติงาน .** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์เอมพันธ์.

วิสาข์ เกษประทุม (2545). **สถิตินอนพาราเมตริก.** พ.ศ. พัฒนา : กรุงเทพฯ.

ศันสนีย์ ชาตตระกูล (2542) **"การพัฒนาคลังข้อมูลเพื่อระบบสนับสนุนการตัดสินใจ กรณีศึกษา: ระบบแถวคอย แผนกอายุรกรรม โรงพยาบาลนครธน"** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล.

Hillier F, S., and G. J. Lieberman (2001). **Introduction to Operation Research.** 7th ed, McGraw – Hill New York.

M. D. Rossetti, G. F. Trzcinski, and S. A. Syverud (1999) **"Emergency Department Simulation and Determination of Optimal Attending Physician Staffing Schedles"** Winter Simulation Conference Proceedings, ed. Farrington,P.A.,Nembhard. D. T., and Even, G. W.

M. L. Weng, and A. A. Houshmand (1999). **"Healthcare Simulation: A Case Study at a Local Clinic"** Winter Simulation Conference Proceedings, ed. Farrington,P.A.,Nembhard. D. T., and Even, G. W.

Taha, H. A (2003). **Operation Research An Introduction.** 5th ed.Macmilian New York.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล: นายดำรงฤทธิ์ พลสุวัตถิ์
(Mr. Damrongrit Balasuvatthi)

ตำแหน่ง: อาจารย์ระดับ 7 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
วิทยาเขตพระนครเหนือ

การศึกษา: ค.อ.บ. วิศวกรรมเขียนแบบและออกแบบการผลิต สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
ค.อ.ม. บริหารอาชีวะและเทคนิคศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร