การศึกษาเพื่อการประยุกต์ใช้ทฤษฎีแถวคอย ในร้านค้าปลีกรูปแบบใหม่

The Study of Applying Queuing Theory in Modern Trade

นิธิภัทร กมลสุข
หัวหน้าสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป
คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
E-mail: nithipatkam@pim.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาระบบการชำระค่าสินค้าของร้านค้าปลีกสมัยใหม่ จำนวน 4 สาขาในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล ช่วงเวลาที่มีผู้รับบริการเข้ามาซื้อสินค้าเป็นจำนวนมากในแต่ละวัน โดยได้จำลองแบบตามจำนวนหน่วยให้บริการต่างๆ เพื่อนำมาประเมินประสิทธิภาพของระบบจาก เวลารอรับบริการเฉลี่ย จำนวนผู้รอรับบริการเฉลี่ยในแถว และสัดส่วนเวลาว่างของหน่วยให้บริการ ซึ่งผลการจำลองแบบ อย่างอิสระกัน 100 ครั้ง แสดงให้เห็นว่า **สาขาที่หนึ่ง** มีเวลารอคอยเฉลี่ยของผู้รับบริการเฉพาะระบบที่ 1 ไม่ต่างจากระบบที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญ (P>0.01) **สาขาที่สอง** พบว่า เวลารอรับบริการเฉลี่ยทุกระบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.01) แต่จำนวนผู้รับบริการเฉลี่ยในแถวทุกระบบมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.01) และจำนวนสัดส่วนเวลาว่างเฉพาะระบบที่ 1 กับระบบที่ 2 เท่านั้นที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ **สาขาที่สาม** พบว่าเฉพาะเวลารอรับบริการเฉลี่ยของระบบที่ 1 กับระบบอื่นเท่านั้นที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) และเฉพาะสัดส่วนเวลาว่างของระบบที่ 2 และ 3 เท่านั้นที่มีค่าไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.01) และที่**สาขาที่สี่** พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างเวลารอรับบริการเฉลี่ยในระบบที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญ (P>0.01) ในขณะที่จำนวนผู้รอรับบริการเฉลี่ยในทุกระบบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.01) และพบว่าสัดส่วนเวลาว่างของระบบที่ 1 กับระบบที่ 2 ระบบที่ 2 กับระบบที่ 3 และระบบที่ 3 กับระบบที่ 4 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) หรืออาจกล่าวได้ว่าการเพิ่มขึ้นของหน่วยให้บริการทุกๆ หนึ่งหน่วยจะไม่ทำให้สัดส่วนเวลาว่างมีค่าเปลี่ยนแปลง

คำสำคัญ: ทฤษฎีแถวคอย การจำลองระบบ ร้านค้าปลีกรูปแบบใหม่

Abstract

This research is to study the Modern Trade's payment system for 4 branches in Bangkok metropolitan areas at the peak time. The Models were simulated in order to compare their efficiency of average waiting time, average customers in queue and ratio of idle servers. The result gathered from 100 independent simulation times showed that for the **first branch,** there was no significant difference between averages waiting times of system 1 and system 2 and system 3 (P > 0.01). At the **second branch,** there was no significant difference between average waiting times for all systems (P>0.01) but there was significant difference between average customers in queue (P<0.01). In addition, the ratio of idle servers was no significantly difference between system 1 and system 2. The **third branch,** there was significant difference between averages waiting times of system 1 and the others (P<0.01). And the only ratio idle servers were no significant difference between system 2 and system 3 (P >0.01). And the **fourth branch** was no significant difference between only averages waiting times of system 1 and system 2 (P>0.01). There was significant difference between averages customers in queue for all systems (P<0.01). And there was no significant difference between the ratio idle servers of system 1 and system 2, system 2 and system 3, system 3 and system 4 (P>0.05) or addition every one sever did not change the ratio idle servers.

Keywords: Queuing Theory, Simulation, Modern Trade

บทนำ

การเติบโตของธุรกิจค้าปลีกในประเทศไทย โดยเฉพาะการขยายตัวของร้านค้าปลีกรูปแบบใหม่ (Modern Trade) ทำให้เกิดการสร้างงาน และนำรายได้เข้าสู่ประเทศที่ถือว่าเป็นรายได้หลักที่สำคัญ ภายใต้สภาวะวิกฤติทางเศรษฐกิจในปัจจุบัน จากการประมาณตัวเลขของคณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ประเมินตัวเลขการค้าปลีกที่ผ่านร้านค้าปลีกรูปแบบใหม่ ตั้งแต่ปี 2545 ที่มีมูลค่า 288,000 ล้านบาท และเพิ่มเป็น 633,000 ล้านบาท ในปี 2550 ขณะที่ในปี 2553 จะมีมูลค่าสูงถึง 1 ล้านล้านบาท จากผลประเมินมูลค่าของธุรกิจค้าปลีกรูปแบบใหม่นี้ แสดงให้เห็นถึงการเติบโตอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการแข่งขันของร้านค้าปลีกรูปแบบใหม่ ที่เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งจะเห็นได้จากร้านค้าปลีกรูปแบบใหม่ เช่น ร้าน 7-Eleven Lotus Express หรือ Family Mart ที่ขยายสาขาเพื่อให้เข้าถึงผู้บริโภคได้มากที่สุด ซึ่งผลการขยายตัวของร้านค้าปลีกรูปแบบใหม่ดังกล่าว ทำให้มีการนำกลยุทธ์มาใช้ในการแข่งขัน เพื่อดึงดูดผู้บริโภคมากมายจนเกิดความภักดี (Brand Loyalty) ต่อร้านค้าปลีกนั้นๆ กลยุทธ์ที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ การสร้างความพึงพอใจให้กับผู้รับบริการหรือผู้บริโภค เช่น การจัดสินค้าที่ตรงใจผู้บริโภค ความสะดวกสบายในการเลือกซื้อสินค้า ความสะดวกในการเดินทาง หรือแม้กระทั่งการให้บริการของพนักงานก็เป็นส่วนสำคัญไม่แพ้กัน เพราะถ้าพนักงานสามารถบริการด้วยความสุภาพ ให้บริการด้วยความรวดเร็ว

ก็จะสร้างความประทับใจให้กับผู้รับบริการ แต่ถ้าผู้รับบริการต้องใช้เวลารอคอยเพื่อชำระค่าสินค้าหรือรอรับบริการเป็นเวลานานก็อาจจะสร้างความเบื่อหน่าย ทำให้เปลี่ยนใจไปใช้บริการกับร้านค้าปลีกหรือร้านสะดวกซื้อ (Convenience Store) อื่น ที่ถือว่าเป็นความล้มเหลวในการสร้างความภักดีต่อร้านค้าปลีกนั้นๆ

ดังนั้นเพื่อเป็นการสร้างความพึงพอใจให้กับผู้รับบริการ หรือผู้รับบริการในร้านค้าปลีกสมัยใหม่นี้ ผู้วิจัยจึงได้นำทฤษฎีแถวคอย (Queuing Theory) มาประยุกต์ใช้ เพื่อวิเคราะห์หาจำนวนหน่วยให้บริการที่เหมาะสม และเพียงพอกับอัตราการเข้ามารับบริการของผู้รับบริการ ทำให้ผู้รับบริการเกิดความพึงพอใจต่อการให้บริการ ทั้งเป็นแนวทางในการจัดระบบการให้บริการที่ลดต้นทุนของร้านค้าปลีกนั้นๆ โดยการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกร้านค้าปลีกรูปแบบใหม่ในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑลขนาดใหญ่ ที่มีผู้รับบริการเข้ามาซื้อสินค้าเป็นจำนวนมากในช่วงเวลาต่างๆ ตามการสังเกตของผู้วิจัยและข้อมูลของแต่ละร้าน ภายใต้วัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาระบบแถวคอยของการให้บริการในร้านค้าปลีกสมัยใหม่
2. เพื่อจำลองระบบแถวคอยของการให้บริการในร้านค้าปลีกสมัยใหม่
3. เพื่อหาจำนวนช่องทางการชำระค่าสินค้าและบริการที่เหมาะสมที่สุด

ขอบเขตของการวิจัย

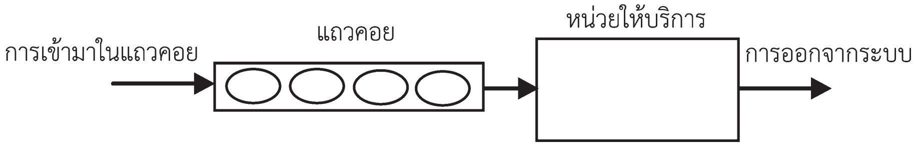
1. เป็นการศึกษาเฉพาะในช่วงเวลาที่ผู้รับบริการเข้ามาซื้อสินค้าเป็นจำนวนมากในแต่ละวัน ที่ได้จากการสังเกตของผู้วิจัย และจากข้อมูลของแต่ละร้าน เป็นเวลา 10 วัน ที่สุ่มมาจากเดือนพฤศจิกายน 2553 โดย

ร้านที่ 1 ตั้งแต่เวลา 18.00 น. ถึง 20.00 น.
ร้านที่ 2 ตั้งแต่เวลา 18.00 น. ถึง 20.00 น.
ร้านที่ 3 ตั้งแต่เวลา 7.30 น. ถึง 9.30 น.
ร้านที่ 4 ตั้งแต่เวลา 22.00 น. ถึง 24.00 น.

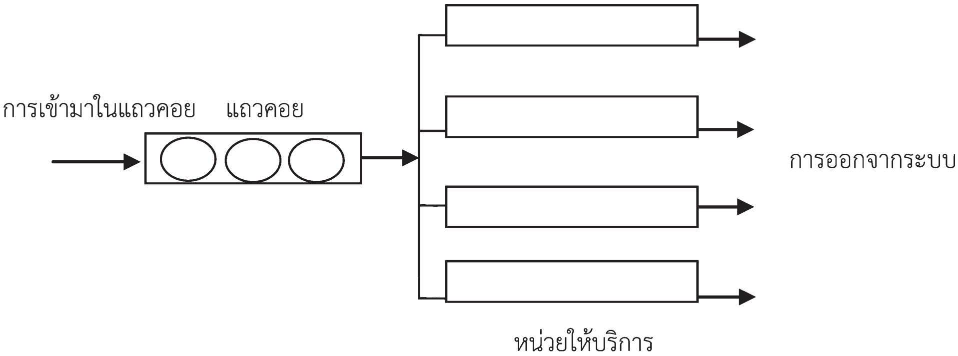
2. เป็นการศึกษาเฉพาะระบบการให้บริการชำระค่าสินค้าที่หน้าจุดชำระค่าสินค้าและบริการเท่านั้น ไม่รวมระบบที่ผู้รับบริการอยู่ระหว่างรอการประกอบหรือปรุงอาหาร เช่น รออุ่นอาหารสำเร็จรูปแช่แข็ง เป็นต้น
3. เป็นการศึกษาระบบการให้บริการ 4 ระบบ ได้แก่

ระบบที่ 1 คือ มีหน่วยให้บริการ 1 หน่วย
ระบบที่ 2 คือ มีหน่วยให้บริการ 2 หน่วย
ระบบที่ 3 คือ มีหน่วยให้บริการ 3 หน่วย
ระบบที่ 4 คือ มีหน่วยให้บริการ 4 หน่วย

4. สมมติให้ประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานที่จุดชำระค่าสินค้าแต่ละจุดมีค่าเท่ากัน
5. ระบบการให้บริการเป็นแบบ FCFS (First Come First Service) หรือผู้มารับบริการที่มาถึงก่อนจะได้รับบริการก่อน
6. ระบบจะสิ้นสุดเมื่อผู้มารับบริการได้รับบริการหรือชำระค่าสินค้าแล้วเสร็จ โดยจะไม่พิจารณาในกรณีที่ผู้รับบริการออกจากแถวคอยไปก่อนที่จะชำระค่าสินค้าหรือรับบริการ
7. ตัวแบบแถวคอยที่ศึกษาเป็นตัวแบบแถวคอยปัวส์ซอง (Poisson Queue) ที่มีหนึ่งแถว มีหน่วยให้บริการหน่วยเดียว (Single Queue, Single Server) ตามรูปที่ 1 และระบบแถวคอยที่มีหนึ่งแถว มีผู้ให้บริการหลายคนในแบบคู่ขนาน (Single Queue, Multiple Servers in Parallel) คือระบบแถวคอยที่มีผู้ให้บริการมากกว่า 1 หน่วย ผู้รับบริการสามารถเปลี่ยนแถวได้ทุกเวลาหากพบว่าแถวใดว่าง ตามรูปที่ 2



รูปที่ 1: แสดงระบบแถวคอยแบบมีหนึ่งแถว มีหน่วยให้บริการหน่วยเดียว



รูปที่ 2: แสดงระบบแถวคอยแบบมีหนึ่งแถว มีหน่วยให้บริการหลายหน่วยแบบขนาน

ทบทวนวรรณกรรม

ตัวแบบแถวคอยปัวส์ซอง

เป็นตัวแบบแถวคอยที่มีข้อสมมติว่า ช่วงเวลาห่างระหว่างผู้เข้ามาและเวลาบริการ ต่างมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล หรือสมมติว่าอัตราการเข้ามา (จำนวนผู้รับบริการเข้ามาต่อหนึ่งหน่วยเวลา) และอัตราการบริการ (จำนวนผู้รับบริการได้รับบริการแล้วเสร็จต่อหนึ่งหน่วยเวลา) ต่างมีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง (มานพ วราภักดิ์, 2552) ซึ่งสามารถแสดงได้ดังนี้

การแจกแจงของอัตราการเข้ามาหรือการเข้าสู่ระบบ (Distribution of Arrivals) เมื่อสมมติที่เวลา $t = 0$ ไม่มีผู้รับบริการในระบบ ให้ λ เป็นอัตราการเข้ามาโดยเฉลี่ยของผู้รับบริการต่อ 1 หน่วยเวลาและให้ $X(t)$ เป็นจำนวนผู้รับบริการในระบบช่วงเวลา t ใดๆ จะได้ฟังก์ชันความน่าจะเป็นที่มีผู้รับบริการ n คนในระบบช่วงเวลา t เมื่อ $t > 0$ คือ

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

เมื่อ n = 1,2,3, ... (Taha H.A, 2007)

นั่นคือ $X(t)$ เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง ที่มีค่าเฉลี่ย λt และความแปรปรวนเป็น λt

การแจกแจงช่วงเวลาระหว่างการเข้าสู่ระบบ (Distribution of Inter Arrival Times) เมื่อสมมติให้ t เป็นช่วงเวลาระหว่างการมาสู่ระบบ ของผู้รับบริการอย่างต่อเนื่อง t มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลที่มีค่าเฉลี่ย $1/\lambda$ และความแปรปรวน $1/\lambda^2$ ดังนั้นฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นของช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาสู่ระบบ คือ

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \;\; ; \;\; t > 0 \, , \, \lambda > 0$$

การแจกแจงจำนวนผู้รับบริการที่ออกจากระบบ (Distribution of Departures) สมมติมีผู้รับบริการในระบบทั้งหมด N หน่วย ที่เวลา $t = 0$ และไม่มีผู้รับบริการเข้ามาอีก ให้ μ เป็นอัตราการออกจากระบบของผู้รับบริการ ที่ได้รับบริการแล้วเสร็จต่อ 1 หน่วยเวลา และ $X(t)$ เป็นจำนวนผู้รับบริการในระบบช่วงเวลาใดๆ จะได้ฟังก์ชันความน่าจะเป็นที่มีผู้รับบริการ n คนอยู่ในระบบช่วงเวลา t , $t > 0$ คือ

$$P(X(t) = n) = P_n(t) = \frac{(\mu t)e^{-\mu t}}{(N-n)!}$$

เมื่อ $n = 1,2,3, \ldots , N$

เนื่องจาก $\sum_{n=0}^{N} P_n(t) = 1$ เมื่อ $n = 0$

จะได้ $P_0(t) = 1 - \sum_{n=1}^{N} P_n(t)$ นั่นคือ X(t) เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปัวส์ซองที่มีค่าเฉลี่ย μt และความแปรปรวนเป็น μt (สายสุรางค์ โชติพานิช, 2547)

การแจกแจงเวลาที่ใช้ในการให้บริการ (Distribution of Service Time) ถ้าให้ t เป็นเวลาที่ใช้ในการให้บริการ t มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลที่มีค่าเฉลี่ย $1/\mu$ และความแปรปรวน $1/\mu^2$ ดังนั้นฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ให้บริการ คือ $g(t) = \mu e^{-\mu t}$; $t > 0$, $\mu > 0$

เทคนิคการจำลองแบบ

เทคนิคการจำลองแบบ เป็นเครื่องมือในการศึกษาออกแบบ และทำนายพฤติกรรมของระบบงาน ตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ด้วยการทดลองซ้ำๆ กับตัวแบบจำลอง (Simulated Model) หรือระบบจำลองในการหาคำตอบหรือผลลัพธ์ที่ต้องการ

Shannon (1975) ได้ให้คำจำกัดความที่ได้รับการยอมรับว่า “การจำลองแบบปัญหา คือกระบวนการออกแบบจำลองของระบบจริง (Real Systems) และจึงดำเนินการทดลองใช้แบบจำลองนั้น เพื่อการเรียนรู้ของระบบงาน หรือเพื่อประเมินการใช้กลยุทธ์ (Strategies) ต่างๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้

จากคำจำกัดความดังกล่าวจะเห็นได้ว่า กระบวนการจำลองแบบปัญหา แบ่งเป็นสองส่วน คือ การสร้างแบบจำลอง และการนำแบบจำลองมาใช้งานเชิงวิเคราะห์ โดยแบบจำลองที่ใช้จำลองปัญหานี้ อาจจำลองเป็นระบบหรือแนวความคิดในลักษณะหนึ่งลักษณะใด โดยไม่จำเป็นต้องเหมือน (Identical) กับระบบงานจริง แต่ต้องสามารถช่วยให้เข้าใจระบบงานจริง เพื่อประโยชน์ในการอธิบายพฤติกรรมและเพื่อปรับปรุงการดำเนินงานของระบบงานจริง (ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 2542)

กระบวนการจำลองแบบ

การจำลองแบบประเภทหนึ่ง คือ การใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ตั้งปัญหาและการใช้คำจำกัดความของระบบงาน (Problem Formulation and System Definition) เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาระบบ การกำหนดขอบเขตข้อจำกัดต่างๆ และวิธีวัดผลของระบบงาน

2. สร้างแบบจำลอง (Model Formulation) จากลักษณะของระบบงานที่ต้องการศึกษา ที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบงาน ให้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการศึกษา

3. จัดเตรียมข้อมูล (Data Preparation) ที่จำเป็นสำหรับแบบจำลองและจัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปใช้งานกับแบบจำลองได้

4. การแปลงรูปแบบจำลอง (Model Translation) เป็นขั้นตอนการแปลงแบบจำลองให้อยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

5. ทดสอบความถูกต้อง (Validation) ขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ เพื่อให้ผู้เขียนโปรแกรมและผู้ใช้แบบจำลองมั่นใจว่า แบบจำลองที่ได้นั้นสามารถใช้แทนระบบงานจริงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาได้

6. การออกแบบการทดลอง (Experimental Designed) เป็นการออกแบบการทดลองที่ทำให้แบบจำลอง สามารถให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาผลลัพธ์ได้ตามต้องการ

7. การวางแผนการใช้งานแบบจำลอง (Tactical Planning) เป็นการวางแผนว่าจะใช้งานแบบจำลองในการทดลองอย่างไร จึงจะได้ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์เพียงพอ (ด้วยระดับความเชื่อมั่นในการวิเคราะห์ที่เหมาะสม)

8. การดำเนินการทดลอง (Experimentation) เป็นการคำนวณหาข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการและความไวของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากแบบจำลอง

9. การตีความผลการทดลอง (Interpretation) จากผลการทดลองว่า ระบบงานจริงมีปัญหาอย่างไร และแก้ปัญหาจะได้ผลอย่างไร

10. การนำไปใช้งาน (Implementation) ซึ่งสามารถนำผลการจำลองที่ดีที่สุดไปใช้กับระบบงานจริง

11. การจัดทำเป็นเอกสารการใช้งาน (Documentation) เป็นการบันทึกกิจกรรมการจัดทำแบบจำลอง โครงสร้างแบบจำลอง วิธีการใช้งานและผลที่ได้จากการใช้งาน เพื่อประโยชน์สำหรับผู้ที่จะนำแบบจำลองไปใช้งาน และประโยชน์ในการปรับปรุงดัดแปลงแบบจำลอง เมื่อระบบเกิดการเปลี่ยนแปลง

การสร้างเลขสุ่ม

เลขสุ่มมีความจำเป็นอย่างมากต่อการจำลองปัญหาเกือบทั้งหมดของระบบในการจำลองแบบจะต้องมีการกำหนดเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระบบให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด เหตุการณ์เหล่านี้ ถูกสร้างขึ้นมาโดยอาศัยค่าของตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบต่างๆ ซึ่งต้องอาศัยเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอ โดยเลขสุ่มที่ดีจะมีสมบัติดังนี้

1. มีการกระจายของความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ
2. ตัวเลขที่ได้ต้องเป็นอิสระกัน
3. สามารถสร้างเลขสุ่มแบบซ้ำเดิมได้
4. ขนาดความยาวของอนุกรมตัวเลขต้องยาวเพียงพอสำหรับการใช้งาน
5. ต้องใช้เวลาสั้นๆ ในการสร้างเลขสุ่ม
6. ต้องใช้หน่วยความจำคอมพิวเตอร์น้อย

วิธีที่นิยมใช้ในการสร้างเลขสุ่ม คือ วิธีเศษเหลือของผลคูณ (Multiplicative Congruential Method) ซึ่งใช้สูตร

$$Z_{i+1} = aZ_i (\mathrm{mod}\ m) \quad ; \quad i = 1,2,3, \ldots$$

โดยที่ a และ m เป็นเลขที่ไม่เป็นลบ คำนวณเลขคล้ายสุ่ม u_{i+1} มีค่าในช่วง (0,1) จาก

$$u_{i+1} = \frac{Z_{i+1}}{m} \quad ; \quad i = 0,1,2, \ldots$$

นำเลขคล้ายสุ่มมาสร้างตัวแปรสุ่มด้วยวิธีการแปลงผกผัน (Inverse Transform Technique) วิธีการแปลงผกผันสามารถใช้ได้กับตัวอย่างที่มีการแจกแจงได้หลากหลาย

ให้ x เป็นตัวแปรสุ่มที่มีฟังก์ชันการแจกแจงสะสม $F_x(X)$ สามารถหาฟังก์ชันผกผัน $F_x^{-1}(u)$ สำหรับ u ในช่วง (0,1) วิธี Inverse Transform จะสร้างค่าตัวแปรสุ่ม x ที่มีการแจกแจง $F_x(.)$ ได้เป็น $x = F_x^{-1}(u)$ (Matthew N.O. Sadiku, 2007)

การทดสอบเลขสุ่ม

การทดสอบ Run test เป็นการทดสอบความเป็นเลขสุ่ม ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ตั้งสมมติฐาน ซึ่งสามารถเขียนได้เป็น

H_0 : เลขสุ่มที่สร้างขึ้นมีความเป็นอิสระกันและเป็นเลขสุ่ม

H_1 : เลขสุ่มที่สร้างขึ้นไม่เป็นอิสระกันและไม่เป็นเลขสุ่ม

2. กำหนดค่าระดับนัยสำคัญสำหรับการทดสอบ

3. กำหนดเครื่องหมาย + หรือ – ของตัวเลขใดๆ พิจารณาจากค่าของตัวเลขตัวถัดไปถ้าตัวเลขตัวถัดไปมีค่ามากกว่าตัวเลขนั้น ตัวเลขนั้นจะมีค่าเป็น + แต่ถ้าตัวเลขถัดไปมีค่าน้อยกว่าตัวเลขนั้นจะมีค่าเป็น – ให้

n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

r = จำนวน run

โดยลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของ r เป็นแบบปกติ และใช้ z เป็นสถิติสำหรับทดสอบ โดยที่

$$z = \frac{r - E(r)}{\sqrt{var(r)}}$$

$$E(r) = \frac{2n - 1}{3} \text{ และ } Var(r) = \frac{1}{90}(16n - 29)$$

ถ้า $|Z| > Z_{\alpha/2}$ จะปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ α แสดงว่า ตัวเลขสุ่มที่สร้างขึ้นไม่เป็นอิสระหรือไม่เป็นเลขสุ่ม

การทดสอบรูปแบบการแจกแจงของข้อมูล

การพิจารณาการแจกแจงของข้อมูล ในเบื้องต้นอาจพิจารณาจากกราฟ ซึ่งจะช่วยให้สามารถคาดคะเนลักษณะการแจกแจงของข้อมูลได้ แล้วจึงนำมาทดสอบความเหมาะสมของลักษณะการแจกแจงที่สนใจด้วยวิธีทางสถิติ ตามสมมติฐาน

H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงตามที่กำหนด

H_1 : ข้อมูลมีการแจกแจงไม่เป็นไปตามที่กำหนด

การทดสอบการแจกแจงของข้อมูลสามารถทำได้ภายใต้การทดสอบดังนี้

การทดสอบไคสแควร์

การทดสอบการแจกแจงของข้อมูลแบบไคสแควร์นั้นสามารถใช้ทดสอบได้ทั้งการแจกแจงแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง โดยมีข้อสมมติว่าแต่ละค่าเป็นอิสระกัน การทดสอบทำได้โดย แบ่งข้อมูลเป็น k ช่วงซึ่งมีตัวสถิติที่ใช้ทดสอบ คือ

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

เมื่อ O_i = จำนวนข้อมูลที่ตกในช่วงที่ i

n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

$P_i = \frac{1}{k}$

การทดสอบ โคโมโกรอฟ สเมอร์นอฟ

หลักเกณฑ์ของการทดสอบโคโมโกรอฟ สเมอร์นอฟ (Kolmogorov – Smirnov Test) ในการทดสอบการแจกแจงของประชากร คือ การเปรียบเทียบความน่าจะเป็นสะสมของตัวอย่าง (S(x)) กับ ความน่าจะเป็นสะสมภายใต้สมมติฐานว่าง (F(x))

ถ้าสมมติฐานว่างจริง S(x) และ F(x) จะมีค่าใกล้เคียงกันทุกค่าของ x แต่ถ้าสมมติฐานว่างไม่จริง คือ ประชากรไม่ได้มีการแจกแจงตามที่คาดไว้ค่า S(x) และ F(x) จะแตกต่างกันมาก สำหรับบางค่าของ x

โดยที่ $F(x) = \int_{-\infty}^{x} f(x)\,dx$

สถิติทดสอบ $D = \max|F(x)-S(x)|$ (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2550)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วิเคราะห์ระบบจากลักษณะการแจกแจงของการเข้าสู่ระบบของผู้รับบริการ จากจำนวนผู้รับบริการที่เข้ามารับบริการทุก 5 นาทีอย่างต่อเนื่อง และวิเคราะห์การแจกแจงของอัตราการให้บริการจากจำนวนผู้รับบริการที่มารับบริการ ณ จุดชำระค่าสินค้า

2. สร้างแบบจำลองการทำงานของระบบ ที่มีจำนวนหน่วยให้บริการตั้งแต่ 1 หน่วย จนถึงหน่วยให้บริการสูงสุดที่ศึกษา คือ 4 หน่วย ด้วยโปรแกรมภาษา Visual Basic ภายใต้ข้อสมมติ ดังนี้

2.1 การให้บริการหรือการปฏิบัติงานในหน่วยให้บริการถือว่าไม่มีข้อผิดพลาด จึงเป็นการทำงานที่ไม่มีการย้อนกลับไปทำงานใหม่และผู้ที่เข้ามาในระบบต้องเข้ารับบริการทุกคน

2.2 อัตราการเข้ามาของผู้รับบริการและเวลาระหว่างการเข้ามามีการแจกแจงตามระบบงานจริง

2.3 เวลาเริ่มต้นของระบบเป็นวินาทีที่ศูนย์ โดยกำหนดให้เริ่มต้นไม่มีผู้รับบริการอยู่ในระบบ

3. จำลองแบบที่สร้างขึ้นอย่างอิสระกัน 100 ครั้ง ในแต่ละครั้งคำนวณค่าสถิติที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพของระบบได้แก่ เวลารอรับบริการเฉลี่ย จำนวนผู้รับบริการเฉลี่ย และสัดส่วนเวลาว่างโดยเฉลี่ย ถ้าให้ค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพของระบบนี้แทนด้วย μ ดังนั้น เมื่อจำลองระบบอย่างอิสระกัน n ครั้ง (ในที่นี้ n = 100) โดยใช้ขนาดตัวอย่าง 100 รายการ จะได้ x_i เป็นข้อมูลหรือผลจากการจำลองระบบ ซึ่งสามารถตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติด้วยวิธี Normal Probability Plot หรือวิธีโคโมโกรอฟ สเมอร์นอฟ ถ้าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติหรือใกล้เคียงแบบปกติ จะหาช่วงความเชื่อมั่น $(1-\alpha)100\%$ ของค่า μ ได้จาก $\bar{x} \pm Z\frac{a}{2}\frac{s}{\sqrt{n}}$ เมื่อ $\bar{x}$ แทนค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ $\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$ และ S เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ประมาณจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรมีค่าเท่ากับ $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ ส่วน $Z\frac{\alpha}{2}$ ค่าปกติมาตรฐาน ที่มีพื้นที่หางด้านขวาเป็น $\frac{\alpha}{2}$ ในกรณีที่ข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติ จะแปลงข้อมูลให้มี

การแจกแจงใกล้เคียงแบบปกติโดยการแปลงลอการิทึม (Logarithm) แล้วหาช่วงความเชื่อมั่น (1-α)100% ของค่า μ ได้จาก $\exp\left(y_i - Z\frac{\alpha}{2}\frac{S_i}{\sqrt{n}}\right)$ และ $\exp\left(y_i + Z\frac{\alpha}{2}\frac{S_i}{\sqrt{n}}\right)$ โดยที่ y_i มีค่าเท่ากับ $\ln(x_i)$

4. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละระบบจากค่าสถิติที่ประมาณได้ในข้อ 3

ผลการวิจัย

การทดสอบการแจกแจงการเข้ามารับบริการ

การหาอัตราการเข้ามารับบริการ จะพิจารณาจากจำนวนผู้รับบริการที่เข้ามาต่อแถวเพื่อรอรับบริการ หรือชำระค่าสินค้า โดยได้บันทึกจำนวนผู้รับบริการที่เข้ามาทุกๆ 5 นาที เป็นเวลา 10 วัน ดังนี้

ร้านที่ 1 พบว่า มีจำนวนผู้รับบริการทั้งสิ้น 2,898 คน เมื่อทดสอบการแจกแจงของอัตราการเข้ามารับบริการด้วยการทดสอบไคสแควร์ได้ค่า $\chi^2 = 15.08 < \chi^2_{15}$ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่า อัตราการเข้ามารับบริการมีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง ที่มีค่าเฉลี่ย 14.75 คน/5 นาที หรือ 2.95 คน/นาที และจากทฤษฎีจะได้ช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาของผู้รับบริการแต่ละคนมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0.41 นาที หรือ 24.6 วินาที

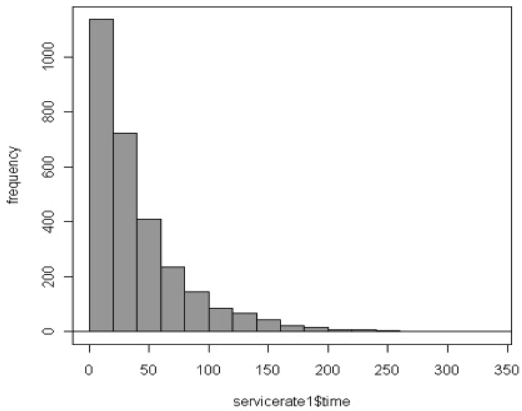
ร้านที่ 2 พบว่า มีจำนวนผู้มารอรับบริการทั้งสิ้น 1,861 คน เมื่อทดสอบการแจกแจงของอัตราการเข้ามารับบริการได้ค่า χ^2 =9.99 < χ^2_{12} ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่า อัตราการเข้ามารับบริการของผู้รับบริการมีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง ที่มีค่าเฉลี่ย 7.75 คน/5 นาที หรือ 1.55 คน/นาที และช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาของผู้รับบริการแต่ละคนมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0.65 นาที หรือ 39 วินาที

ร้านที่ 3 พบว่า มีจำนวนผู้รับบริการทั้งสิ้น 3,541 คน เมื่อทดสอบอัตราการเข้ามารับบริการ ชำระค่าสินค้า ได้ค่า χ^2 = 12.59 < χ^2_{14} ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่า อัตราการเข้ามารับบริการของผู้รับบริการมีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง ที่มีค่าเฉลี่ย 12.08 คน/5 นาที หรือ 2.42 คน/นาที และช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาของผู้รับบริการแต่ละคนมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0.34 นาที หรือ 20.4 วินาที

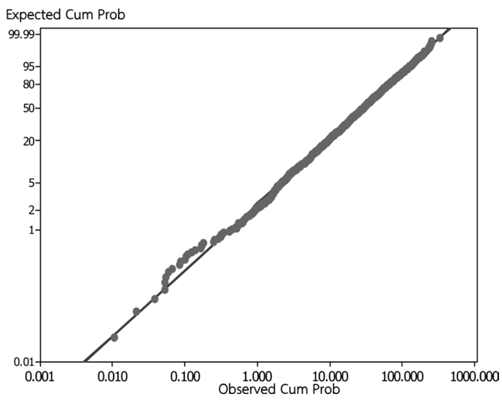
ร้านที่ 4 พบว่า มีจำนวนผู้รับบริการทั้งสิ้น 3,700 คน ทำการทดสอบอัตราการเข้ามาชำระค่าสินค้าได้ค่า χ^2 = 12.59 < χ^2_{15} ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่า อัตราการเข้ามารับบริการของผู้รับบริการมีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง ที่มีค่าเฉลี่ย 15.47 คน/5 นาที หรือ 3.09 คน/นาที และช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาของผู้รับบริการแต่ละคนมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0.32 นาที หรือ 19.2 วินาที

การทดสอบการแจกแจงเวลาให้บริการ

เมื่อพิจารณารูปแบบการแจกแจงของเวลาการให้บริการจากฮิสโทแกรมและ Exponential Probability Plots ของร้านที่ 1 ดังรูปที่ 3 และ 4

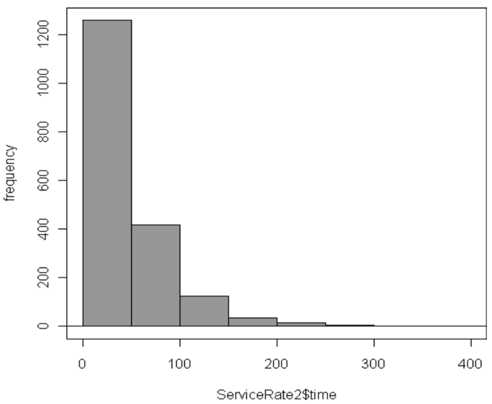


รูปที่ 3: แสดงฮิสโทแกรมของเวลาให้บริการร้านที่ 1

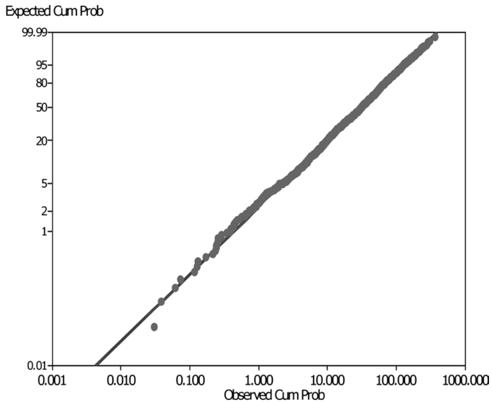


รูปที่ 4: แสดง Exponential Probability Plots ร้านที่ 1

จากการทดสอบการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า ร้านที่1 ผลการทดสอบจะให้ค่าสถิติทดสอบ Z = 0.691 และค่า P = 0.726 แสดงว่า เวลาให้บริการในร้านนี้ มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ที่มีค่าเฉลี่ย 40.325 วินาที หรือสามารถให้บริการผู้รับบริการได้ 1.49 คนต่อนาที เมื่อพิจารณารูปแบบการแจกแจงของเวลาการให้บริการจากฮิสโทแกรม และ Exponential Probability Plots ของร้านที่ 2 ดังรูปที่ 5 และ 6



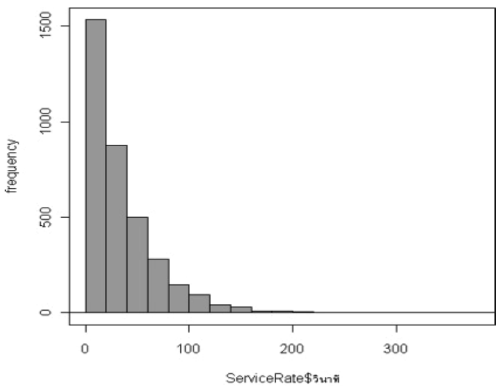
รูปที่ 5: แสดงฮิสโทแกรมของเวลาให้บริการร้านที่ 2



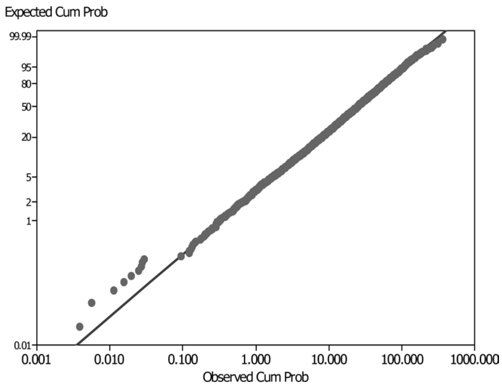
รูปที่ 6: แสดง Exponential Probability Plots ร้านที่ 2

ผลการทดสอบจะให้ค่าสถิติทดสอบ Z = 0.718 และค่า P = 0.681 แสดงว่า เวลาให้บริการ สาขานี้ มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลที่มีค่าเฉลี่ย 43.08 วินาที หรือสามารถให้บริการผู้รับบริการได้ 1.39 คน/นาที

เมื่อพิจารณารูปแบบการแจกแจงของเวลา การให้บริการจากฮิสโทแกรม และExponential Probability Plots ของร้านที่ 3 ดังรูปที่ 7 และ 8

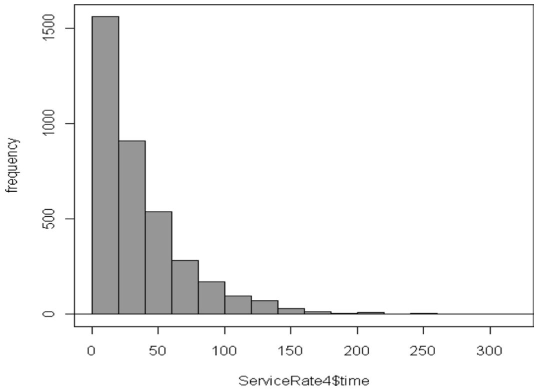


รูปที่ 7: แสดงฮิสโทแกรมของเวลาให้บริการร้านที่ 3

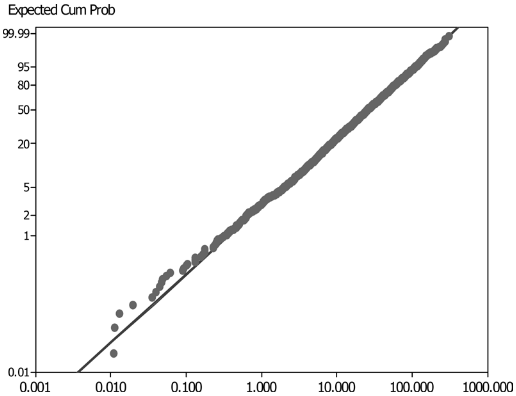


รูปที่ 8: แสดง Exponential Probability Plots ร้านที่ 3

ผลการทดสอบจะให้ค่าสถิติทดสอบ Z = 0.402 และค่า P = 0.997 แสดงว่าเวลาให้บริการสาขานี้ มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลที่มีค่าเฉลี่ย 34.97 วินาที หรือสามารถให้บริการผู้รับบริการได้ 1.72 คนต่อนาที และเมื่อพิจารณารูปแบบการแจกแจงของเวลาการให้บริการจากฮิสโทแกรม และ Exponential Probability Plots ของร้านที่ 4 ดังรูปที่ 9 และ 10



รูปที่ 9: แสดงฮิสโทแกรมของเวลาให้บริการร้านที่ 4



รูปที่ 10: แสดง Exponential Probability Plots ร้านที่ 4

ผลการทดสอบจะให้ค่าสถิติทดสอบ Z = 0.574 และค่า P = 0.897 แสดงว่าเวลาให้บริการในสาขานี้ มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลที่มีค่าเฉลี่ย 36.278 วินาที หรือสามารถให้บริการผู้รับบริการได้ 1.65 คนต่อนาที

ผลการจำลองแบบและการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบจากเวลารอรับบริการเฉลี่ย จำนวนผู้รับบริการเฉลี่ย และจำนวนสัดส่วนเวลาว่างเฉลี่ยของหน่วยให้บริการ แต่ละระบบสำหรับทุกร้าน จากการทดสอบ t (t-test) พร้อมทั้งค่าสถิติของโคโมโกรอฟ สเมอร์นอฟ (KS) ที่ใช้ทดสอบการแจกแจงของข้อมูล และช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงตามตารางที่ 1-8

ตารางที่ 1: แสดงผลการวิเคราะห์เวลารอรับบริการเฉลี่ยทุกระบบของร้านที่ 1

ระบบที่	KS	ช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ย (วินาที)	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (ค่า P-value)			
			1	2	3	4
1	0.522	36.658 - 40.833		0.191^{ns}	0.045^{ns}	0.000^{**}
2	0.609	33.291 - 37.835			0.000^{**}	0.000^{**}
3	0.680	26.748 - 30.131				0.000^{**}
4	0.563	18.361 - 22.775				

ตารางที่ 2: แสดงผลการวิเคราะห์จำนวนผู้รอรับบริการเฉลี่ย ทุกระบบของร้านที่ 1

ระบบที่	KS	ช่วงความเชื่อมั่นของ	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (ค่า P-value)			
		ค่าเฉลี่ย	1	2	3	4
1	0.709	4.823 - 5.322		0.000^{**}	0.000^{**}	0.000^{**}
2	0.812	4.004 - 4.355			0.003^{**}	0.000^{**}
3	0.988	3.531 - 3.978				0.000^{**}
4	0.607	2.059 - 2.368				

ตารางที่ 3: แสดงผลการวิเคราะห์เวลารอรับบริการเฉลี่ยทุกระบบของร้านที่ 2

ระบบที่	KS	ช่วงความเชื่อมั่นของ	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (ค่า P-value)		
		ค่าเฉลี่ย	1	2	3
1	0.731	26.367 - 31.288		0.313^{ns}	0.212^{ns}
2	0.449	25.248 - 29.262			0.907^{ns}
3	0.540	25.524 - 28.684			

ตารางที่ 4: แสดงผลการวิเคราะห์จำนวนผู้รับบริการเฉลี่ยของร้านที่ 2

ระบบที่	KS	ช่วงความเชื่อมั่นของ	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (ค่า P-value)		
		ค่าเฉลี่ย	1	2	3
1	0.660	3.795 - 4.232		0.000^{**}	0.000^{**}
2	0.628	3.089 - 3.167			0.000^{**}
3	0.608	1.098 - 1.102			

ตารางที่ 5: แสดงผลการวิเคราะห์เวลารอรับบริการเฉลี่ยทุกระบบของร้านที่ 3

ระบบที่	KS	ช่วงความเชื่อมั่นของ	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (ค่า P-value)			
		ค่าเฉลี่ย	1	2	3	4
1	0.421	23.249 - 27.436		0.008^{**}	0.002^{**}	0.001^{**}
2	0.662	21.339 - 25.882			0.189^{ns}	0.186^{ns}
3	0.411	23.597 - 27.137				0.051^{ns}
4	0.631	18.820 - 23.735				

ตารางที่ 6: แสดงผลการวิเคราะห์จำนวนผู้รับบริการเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอยของร้านที่ 3

ระบบที่	KS	ช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ย	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (ค่า P-value)			
			1	2	3	4
1	0.585	6.869 - 7.604		0.000**	0.000**	0.000**
2	0.536	4.908 - 5.031			0.000**	0.000**
3	0.761	3.688 - 3.722				0.000**
4	0.616	1.032 - 1.050				

ตารางที่ 7: แสดงผลการวิเคราะห์เวลารอรับบริการเฉลี่ยทุกระบบของร้านที่ 4

ระบบที่	KS	ช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ย	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (ค่า P-value)			
			1	2	3	4
1	0.548	19.723 - 25.336		0.230ns	0.000**	0.000**
2	0.669	18.680 - 22.301			0.000**	0.000**
3	0.510	13.109 - 16.284				0.000**
4	0.615	8.133 - 10.422				

ตารางที่ 8: แสดงผลการวิเคราะห์จำนวนผู้รอรับบริการเฉลี่ยทุกระบบของร้านที่ 4

ระบบที่	KS	ช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ย	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (ค่า P-value)			
			1	2	3	4
1	0.911	6.847 – 6.967		0.000**	0.000**	0.000**
2	0.503	4.178 – 4.287			0.000**	0.000**
3	0.592	2.178 – 2.621				0.000**
4	0.890	1.687 – 1.776				

หมายเหตุ ns ไม่มีนัยสำคัญ ** มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

การวิเคราะห์สัดส่วนเวลาว่างโดยเฉลี่ย

นอกจากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบจากเวลารอรับบริการเฉลี่ย และจำนวนผู้รอรับบริการเฉลี่ยในแถวคอยแล้ว ยังสามารถพิจารณาประสิทธิภาพของระบบจากสัดส่วนเวลาว่างโดยเฉลี่ยของระบบซึ่งจากการจำลองแบบ 100 ครั้ง ได้ข้อมูลสัดส่วนเวลาว่างโดยเฉลี่ยของผู้ให้บริการ นำสัดส่วนเวลาว่างโดยเฉลี่ยของผู้ให้บริการที่ได้มาทดสอบ t เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับทุกระบบจะแสดงได้ตามตารางที่ 9-12

ตารางที่ 9: แสดงผลการวิเคราะห์สัดส่วนเวลาว่างโดยเฉลี่ยของระบบทุกระบบของร้านที่ 1

ระบบที่	ช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ย	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย(ค่า P-value)			
		1	2	3	4
1	0.259 - 0.274		0.000**	0.000**	0.000**
2	0.195 - 0.197			0.000**	0.000**
3	0.304 - 0.305				0.000**
4	0.367 - 0.374				

ตารางที่ 10: แสดงผลการวิเคราะห์สัดส่วนเวลาว่างโดยเฉลี่ยของระบบทุกระบบของร้านที่ 2

ระบบที่	ช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ย	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย(ค่า P-value)		
		1	2	3
1	0.280 - 0.283		0.705ns	0.000**
2	0.280 - 0.282			0.000**
3	0.426 - 0.436			

ตารางที่ 11: แสดงผลการวิเคราะห์สัดส่วนเวลาว่างโดยเฉลี่ยของระบบทุกระบบของร้านที่ 3

ระบบที่	ช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ย	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย(ค่า P-value)			
		1	2	3	4
1	0.116 - 0.118		0.000**	0.000**	0.000**
2	0.155 - 0.164			0.423ns	0.000**
3	0.158 - 0.167				0.000**
4	0.298 - 0.300				

ตารางที่ 12: แสดงผลการวิเคราะห์สัดส่วนเวลาว่างโดยเฉลี่ยของระบบทุกระบบของร้านที่ 4

ระบบที่	ช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ย	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย(ค่า P-value)			
		1	2	3	4
1	0.116 - 0.118		0.951ns	0.000**	0.000**
2	0.117 - 0.120			0.423ns	0.000**
3	0.315 - 0.321				0.608ns
4	0.316 - 0.322				

หมายเหตุ ns ไม่มีนัยสำคัญ ** มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาเพื่อประยุกต์ใช้ทฤษฎีแถวคอยในร้านค้าปลีกสมัยใหม่ครั้งนี้ เป็นการศึกษาระบบการให้บริการชำระค่าสินค้าและบริการของร้านค้าปลีก ในช่วงเวลาที่มีผู้รับบริการเข้ามาซื้อสินค้าเป็นจำนวนมากในแต่ละวัน จำนวน 4 ร้าน เมื่อเก็บรวบรวมลักษณะต่างๆ ของระบบเป็นเวลา 10 วัน พบว่า จำนวนผู้รับบริการในร้านที่ 1 ถึง 4 คือ 2,898 คน 1,861 คน 3,541 คน และ 3,700 คน ตามลำดับ การแจกแจงของอัตราการเข้ามารับบริการทุกๆ 5 นาที ของทุกร้าน เป็นแบบปัวส์ซอง และเวลาให้บริการของพนักงานในร้านทุกร้าน มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ดังแสดงตามตารางที่ 13

ตารางที่ 13: แสดงอัตราการเข้ารับบริการและให้บริการ

สาขาที่	อัตราการเข้ามารับบริการ (คน/นาที)	อัตราการให้บริการ (คน/นาที)
1	2.95	1.49
2	1.55	1.39
3	2.42	1.72
4	3.09	1.65

ผลการจำลองแบบ อย่างอิสระต่อกัน 100 ครั้ง โดยใช้ระบบการให้บริการ 4 ระบบ ได้แก่ ระบบที่ 1 คือ มีหน่วยให้บริการ 1 หน่วย ระบบที่ 2 คือ มีหน่วยให้บริการ 2 หน่วย ระบบที่ 3 คือ มีหน่วยให้บริการ 3 หน่วย และระบบที่ 4 คือ มีหน่วยให้บริการ 4 หน่วย และประเมินประสิทธิภาพของระบบภายหลังจากการจำลองจากค่าสถิติ คือ เวลารอรับบริการเฉลี่ย จำนวนผู้รอรับบริการเฉลี่ยในแถว และสัดส่วนเวลาว่างโดยเฉลี่ย

พบว่าจาก**ร้านที่ 1** เมื่อเปรียบเทียบเวลารอรับบริการเฉลี่ยของระบบที่ 1 กับระบบที่ 2 และ 3 มีค่าไม่แตกต่างกัน อันเนื่องมาจากเป็นแบบจำลองที่ผู้รับบริการสามารถเปลี่ยนแถว เพื่อชำระค่าสินค้าได้ตลอดเวลาเมื่อเห็นว่าแถวใดสั้นกว่า แต่เมื่อพิจารณาจำนวนผู้รอรับบริการและสัดส่วนเวลาว่างโดยเฉลี่ย ทุกระบบมีค่าแตกต่างกัน โดยระบบที่ 1 และระบบที่ 4 มีค่าต่างจากระบบอื่นอย่างชัดเจน ซึ่งถ้าเป็นการทำงานใน 1 ระบบจะมีจำนวนผู้รับบริการและเวลาที่ใช้รอรับบริการมากที่อาจส่งผลถึงความพึงพอใจต่อการรับบริการของผู้รับบริการได้ ส่วนระบบที่ 4 พบว่า มีสัดส่วนเวลาว่างมากแสดงให้เห็นว่าใช้หน่วยบริการ ไม่เต็มประสิทธิภาพ จึงพิจารณาเฉพาะระบบที่ 2 และระบบที่ 3 ที่มีค่าสถิติใกล้เคียงกัน โดยระบบที่ 3 มีจำนวนผู้รอรับบริการเฉลี่ยต่างจากระบบที่ 2 เพียง คนเดียว แต่ถ้าจัดให้มี 3 หน่วยให้บริการ สัดส่วนเวลาว่างจะมากขึ้นประมาณ 1 เท่าตัว ดังนั้นจำนวนหน่วยบริการที่มีความเหมาะสมที่สุดคือ 2 หน่วย

ร้านที่ 2 พบว่า เวลารอรับบริการเฉลี่ยทุกระบบไม่มีความแตกต่างกัน แต่จำนวนผู้รับบริการเฉลี่ยในแถวทุกระบบมีค่าแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า จำนวนหน่วยให้บริการไม่มีผลต่อเวลารอรับบริการของผู้รับบริการในขณะที่จะมีผลต่อจำนวนผู้รอรับบริการซึ่งถ้ากำหนดจำนวนหน่วยให้มากขึ้น จำนวนผู้รอรับบริการจะลดลงประมาณเท่าตัว และเมื่อพิจารณาจากสัดส่วนเวลาว่างระบบที่ 1 และ 2 มีค่าไม่แตกต่างกัน

ในขณะที่ระบบที่ 3 และ 4 จะมีสัดส่วนเวลาว่างมากกว่าระบบที่ 1 และ 2 มากเกือบเท่าตัว ดังนั้นหากพิจารณาปัจจัย ที่มีผลต่อการพิจารณาจำนวนหน่วยให้บริการ คือ จำนวนผู้รับบริการเฉลี่ยและสัดส่วนเวลาว่างโดยเฉลี่ย ควรกำหนดให้มีหน่วยให้บริการจำนวน 1 หรือ 2 หน่วยเท่านั้น

ร้านที่ 3 พบว่า จากการประเมินประสิทธิภาพของระบบที่จำลองขึ้นตั้งแต่ 1 หน่วยให้บริการจนถึงหน่วยให้บริการสูงสุด 3 หน่วยนี้ ทำให้เห็นว่า เวลารอรับบริการเฉลี่ยของผู้รับบริการมีค่าไม่แตกต่างกัน ยกเว้นเมื่อมีหน่วยให้บริการเพียงหน่วยเดียว อันเนื่องมาจากระบบที่จำลองขึ้น ผู้รับบริการสามารถเปลี่ยนหน่วยให้บริการได้ เมื่อเห็นว่าหน่วยให้บริการใด มีจำนวนผู้รอรับบริการในแถวน้อยที่สุด จึงทำให้เวลารอรับบริการในแถวไม่แตกต่างกัน ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบจากจำนวนผู้รับบริการโดยเฉลี่ยที่รออยู่ในแถว พบว่า ทุกระบบมีค่าแตกต่างกัน ซึ่งเมื่อพิจารณาจากค่าสถิติแสดงให้เห็นว่าหากต้องการให้ มีผู้รับบริการรออยู่ในแถวน้อยกว่าจะต้องเพิ่มหน่วยให้บริการมากขึ้น แต่ถึงอย่างไรก็ตามจะต้องพิจารณาถึงความคุ้มค่าของการลงทุนด้วย เพราะหากเพิ่มจำนวนหน่วยให้บริการมากเกินไป คือเพิ่มให้มีหน่วยบริการ 4 หน่วยจะพบว่า สัดส่วนเวลาว่างจะมากกว่าระบบที่มีหน่วยให้บริการ 2 ถึง 3 หน่วยเกือบเท่าตัว ในขณะที่หากเปรียบเทียบเฉพาะที่มีหน่วยให้บริการ 2 กับ 3 หน่วย พบว่า สัดส่วนเวลาว่างและเวลารอรับบริการเฉลี่ยมีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นหน่วยให้บริการที่เหมาะสมที่สุดควรกำหนดให้มี 2 หน่วยเท่านั้น

ร้านที่ 4 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างเวลารอรับบริการเฉลี่ยในระบบที่ 1 และ 2 ในขณะที่จำนวนผู้รอรับบริการเฉลี่ยในทุกระบบมีความแตกต่างกัน และพบว่า สัดส่วนเวลาว่างของระบบที่ 1 กับระบบที่ 2 ระบบที่ 2 กับระบบที่ 3 และระบบที่ 3 กับระบบที่ 4 มีค่าไม่แตกต่างกัน หรืออาจกล่าวได้ว่าการเพิ่มขึ้นของหน่วยให้บริการทุกๆ หนึ่งหน่วยจะไม่ทำให้สัดส่วนเวลาว่างของผู้ให้บริการมีค่าเปลี่ยนแปลง โดยที่ในระบบที่ 3 กับ 4 มีสัดส่วนเวลาว่างมากกว่าระบบที่ 1 และ 2 มาก ซึ่งวิเคราะห์ได้ว่า ถ้าพิจารณาเฉพาะเวลารอรับบริการเฉลี่ยและสัดส่วนเวลาว่างเฉลี่ยควรจัดให้มี 1 หน่วยให้บริการ แต่ถ้าคำนึงถึงปัจจัยทั้งหมดควรจัดให้มี 2 หน่วยให้บริการ จึงจะมีประสิทธิภาพและลงทุนน้อยที่สุด

บรรณานุกรม

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2550). *การวิเคราะห์สถิติ: สถิติสำหรับการบริหารและวิจัย*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มานพ วราภักดิ์. (2552). *การวิจัยดำเนินการ*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิมลวรรณ ปัทมรัตน์. (2545). *การวิเคราะห์ระบบแถวคอยในการให้บริการลูกค้าของที่ทำการไปรษณีย์โทรเลข*. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. (2542). *สถิติสำหรับงานวิศวกรรม*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สายสุรางค์ โชติพานิช. (2547). *การวิเคราะห์ระบบแถวคอยของการเข้ารับบริการเจาะเลือดโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Sadiku, Matthew N.O. (2007). A tutorial on simulation of queuing models. *Electrical Engineering Education, 9*(36), 102-120.

Shannon, R.E. (1975). *Systems simulation: The art and science*. New York: Prentice-Hall.

Taha, H. A. (2007). *Operations research: An introduction.* Singapore: Pearson Education International.

Nithipat Kamolsuk received his Master of Science in 2004 from the Department of Science, Kasetsart University, Bangkok, Thailand and Bachelor of Science in 2000 from the Department of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand. Nithipat Kamolsuk is currently the lecturer and the chairperson of the Department of General Science, Panyapiwat Institute of Management, Thailand. His research interest covers applied mathematics and statistics.