# การประยุกต์ใช้แบบจำลองแถวคอยเพื่อวิเคราะห์กระบวนการให้บริการในห้องฉุกเฉินของโรงพยาบาล

# APPLICATION OF QUEUEING MODEL FOR ANALYZING SERVICE PROCESSES IN THE HOSPITAL EMERGENCY DEPARTMENT

พีรวิชญ์ ยงยิ่งหาญ
นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาคณิตศาสตร์และภูมิสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
E-mail: peeboy48@gmail.com
ธิดารัตน์ อารีรักษ์
สาขาวิชาคณิตศาสตร์และภูมิสารสนเทศ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
E-mail: tidarut@sut.ac.th

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองแถวคอยสำหรับการวิเคราะห์กระบวนการให้บริการในห้องฉุกเฉินของโรงพยาบาล โดยมุ่งเน้นเฉพาะขั้นตอนการลงทะเบียนและการคัดแยกผู้ป่วย รวมถึงเพื่อเปรียบเทียบแนวทางการจัดการจุดบริการระหว่างแบบแยกขั้นตอนการลงทะเบียนและการคัดแยกผู้ป่วย กับแบบรวมขั้นตอนทั้งสองเข้าด้วยกัน เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการ ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้มาจากเว็บไซต์ Kaggle ซึ่งเป็นข้อมูลการเข้ารับบริการของผู้ป่วยในห้องฉุกเฉินของโรงพยาบาล การวิเคราะห์เบื้องต้นได้ทำการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วยการทดสอบคอลโมโกรอฟ-สมีร์นอฟที่ระดับนัยสำคัญ 5% พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง จึงเลือกใช้แบบจำลองแถวคอย M/M/1 : FCFS/∞/∞ ในการวิเคราะห์ระบบการให้บริการ โดยพิจารณาแนวทางการจัดการจุดบริการเป็นสองแนวทาง ได้แก่ จุดบริการแยก และจุดบริการรวม ผลการวิเคราะห์พบว่า ทั้งสองแนวทางสามารถให้บริการได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีอัตราการใช้ทรัพยากรต่ำกว่า 10% แสดงว่าจุดให้บริการไม่ได้ถูกใช้งานเต็มเวลา อย่างไรก็ตาม แนวทางที่ 2 ซึ่งเป็นการรวมจุดบริการ มีอัตราการใช้ทรัพยากรและเวลารอเฉลี่ยสูงกว่าแนวทางที่ 1 เล็กน้อย แต่ช่วยลดจำนวนบุคลากรที่ต้องปฏิบัติงาน และลดการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยระหว่างจุดบริการ ส่งผลให้การบริการมีความต่อเนื่องเหมาะสมกับโรงพยาบาลที่มีข้อจำกัดด้านบุคลากร

**คำสำคัญ:** การจัดการจุดบริการในโรงพยาบาล, คอลโมโกรอฟ-สมีร์นอฟ, แบบจำลองแถวคอย

**Abstract**

This study aims to apply a queueing model to analyze the service process in hospital emergency departments, focusing specifically on the registration and triage stages. It also aims to compare two service point arrangements — a separated model, where registration and triage are handled independently, and a combined model, where both processes are merged — to determine the most appropriate approach for improving service efficiency. The dataset used in this research was obtained from the Kaggle website, which contains records of patients receiving emergency department services. A preliminary analysis was conducted to test the distribution of the data using the Kolmogorov–Smirnov test at a 5% significance level. The results indicated that the data follow an exponential distribution. Therefore, the M/M/1 : FCFS/∞/∞ queueing model was employed to analyze the service system, considering two service point management approaches: separated service points and a combined service point. The findings revealed that both approaches provided efficient service, with a server utilization rate below 10%, indicating that the service points were not fully utilized. However, the combined service point model showed slightly higher server utilization and average waiting time compared to the separated model, but it reduced the number of personnel required and minimized patient movement between service points. Consequently, the combined model offers a more continuous service process and is better suited for hospitals with limited staff resources.

**Keywords:** Hospital Service Point Management, Kolmogorov–Smirnov Test, Queuing Model

**บทนำ**

ประเทศไทยถือเป็นประเทศที่มีระบบบริการสาธารณสุขอยู่ในระดับแนวหน้าของภูมิภาค โดยมีการพัฒนาคุณภาพการให้บริการทางการแพทย์อย่างต่อเนื่อง ทั้งในระดับปฐมภูมิ ทุติยภูมิ และตติยภูมิ เพื่อให้ประชาชนสามารถเข้าถึงบริการทางการแพทย์ได้อย่างทั่วถึง อย่างไรก็ตาม หนึ่งในปัญหาสำคัญที่โรงพยาบาลส่วนใหญ่โดยเฉพาะโรงพยาบาลของรัฐต้องเผชิญอยู่ในปัจจุบัน คือ จำนวนผู้มารับบริการที่มีปริมาณสูงในแต่ละวัน ซึ่งส่งผลให้การบริหารจัดการภายในมีความซับซ้อนและเกิดความล่าช้าในหลายขั้นตอนของการให้บริการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในห้องฉุกเฉิน ซึ่งเป็นหน่วยงานสำคัญที่ต้องให้บริการผู้ป่วยอย่างเร่งด่วนและต่อเนื่อง การเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ป่วย รวมถึงระดับความรุนแรงของอาการเจ็บป่วยที่แตกต่างกัน ส่งผลโดยตรง

ต่อประสิทธิภาพของระบบบริการฉุกเฉิน ทั้งในด้านระยะเวลาในการให้บริการ ความพึงพอใจของผู้ป่วย อัตราการเสียชีวิต ตลอดจนต้นทุนและภาระการใช้ทรัพยากรบุคลากรทางการแพทย์ การเข้าใจระบบแถวคอยภายในห้องฉุกเฉินจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการวางแผนเชิงกลยุทธ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการและการจัดสรรทรัพยากรให้เหมาะสม หนึ่งในจุดที่มักเกิดปัญหาความล่าช้าในกระบวนการให้บริการของโรงพยาบาล คือ จุดลงทะเบียน และจุดคัดแยกผู้ป่วย เนื่องจากเป็นขั้นตอนแรกที่ผู้ป่วยต้องผ่านก่อนเข้ารับการรักษา หากเกิดความล่าช้าในขั้นตอนเหล่านี้ จะส่งผลต่อความหนาแน่นของผู้ป่วยในขั้นตอนถัดไป และกระทบต่อประสิทธิภาพโดยรวมของระบบบริการในห้องฉุกเฉิน สาเหตุของความล่าช้ามักเกิดจากข้อจำกัดด้านจำนวนบุคลากร ช่องทางบริการ และเวลาที่ใช้ในแต่ละกระบวนการ เพื่อลดปัญหาความล่าช้าและเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการ แนวคิดทางทฤษฎีแถวคอยได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการอธิบายและจำลองกระบวนการรอคอยในระบบบริการ โดยพิจารณาปัจจัยสำคัญ เช่น อัตราการมาถึงของผู้ใช้บริการ อัตราการให้บริการ และจำนวนช่องทางการให้บริการ เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์และออกแบบระบบแถวคอยที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการประยุกต์ใช้แบบจำลองแถวคอย เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจัดการจุดบริการในห้องฉุกเฉิน โดยเฉพาะในขั้นตอนการลงทะเบียนและการคัดแยกผู้ป่วย เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการปรับปรุงกระบวนการให้บริการ ลดระยะเวลาการรอคอย และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร ซึ่งจะช่วยยกระดับคุณภาพการให้บริการทางการแพทย์ให้ดียิ่งขึ้น

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1. เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองแถวคอยในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการให้บริการในห้องฉุกเฉินของโรงพยาบาล

2. เพื่อเปรียบเทียบแนวทางการจัดการจุดให้บริการและเสนอแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงกระบวนการให้บริการสำหรับห้องฉุกเฉิน

**ขอบเขตการวิจัย**

ชุดข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้มาจากเว็บไซต์ Kaggle ชื่อชุดข้อมูล ER Wait Time ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาในห้องฉุกเฉินของโรงพยาบาลทั้งหมด 5 แห่ง รวม 5000 ราย และมีตัวแปรทั้งหมด 19 ตัวแปร เช่น รหัสผู้ป่วย ชื่อโรงพยาบาล วันที่และเวลามา เวลาในการลงทะเบียน และเวลาในการคัดแยกผู้ป่วย สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ข้อมูลจากโรงพยาบาลเพียงแห่งเดียว การวิเคราะห์มุ่งเน้นไปที่ขั้นตอนการลงทะเบียนและการคัดแยกผู้ป่วย โดยไม่รวมขั้นตอนการพบแพทย์หรือบริการอื่น ๆ ในห้องฉุกเฉิน การวิเคราะห์ทางสถิติดำเนินการโดยใช้โปรแกรม RStudio สำหรับภาษา R

## ความรู้พื้นฐาน

### 1. ทฤษฎีแถวคอย (Queueing Theory)

1.1 แนวคิดของทฤษฎีแถวคอย

ทฤษฎีแถวคอยเป็นสาขาของคณิตศาสตร์ประยุกต์ที่ศึกษาและวิเคราะห์ระบบที่มีการรอคอยหรือการให้บริการ โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ในระบบ เช่น อัตราการมาถึงของผู้ใช้บริการ อัตราการให้บริการ จำนวนช่องบริการ ระเบียบการจัดลำดับแถวคอย และความยาวของแถวคอย เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการ ระบบแถวคอยพบได้ทั่วไป เช่น การรอรับบริการในโรงพยาบาล การรอชำระเงิน หรือการรอประมวลผลข้อมูลในระบบคอมพิวเตอร์ ทฤษฎีแถวคอยจึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้สามารถจำลองสถานการณ์ วิเคราะห์ และวางแผนเชิงกลยุทธ์เพื่อให้ระบบบริการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 องค์ประกอบของระบบแถวคอย

- กระบวนการรับข้อมูล (Input Process) หมายถึง ลักษณะและรูปแบบของการมาถึงของผู้ใช้บริการ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการเกิดแถวคอยในกระบวนการให้บริการ โดยทั่วไปมักสมมติว่าการมาถึงของผู้ใช้บริการเป็นกระบวนการสุ่มที่อธิบายได้ด้วยการแจกแจงแบบปัวซอง ซึ่งสะท้อนถึงจำนวนผู้ใช้บริการที่มาถึงระบบภายในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งที่ไม่แน่นอนและเป็นอิสระต่อกัน ทั้งนี้ อัตราการมาถึง (Arrival Rate) หมายถึงจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่มาถึงระบบต่อหนึ่งหน่วยเวลา ในขณะที่ช่วงเวลาระหว่างการมาถึง (Interarrival Time) หรือเวลาที่ผู้ใช้บริการแต่ละคนเดินทางมาถึงระบบมักสมมติว่ามีการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง

- แถวคอย (Queue) หมายถึง บริเวณที่ผู้ใช้บริการต้องมารอก่อนที่จะได้รับบริการ โดยแถวคอยสามารถมีขนาดจำกัดหรือไม่จำกัดก็ได้ขึ้นอยู่กับลักษณะของระบบและข้อจำกัดทางกายภาพ อย่างไรก็ตาม เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ ระบบแถวคอยส่วนใหญ่มักสมมติให้มีความยาวไม่จำกัด

- กลไกการให้บริการ (Service Mechanism) หมายถึง กระบวนการที่ผู้ใช้บริการได้รับบริการจากช่องให้บริการ (Servers) ซึ่งอาจมีหนึ่งหรือหลายช่องทาง โดยทั่วไปนิยมกำหนดให้เวลาการให้บริการ (Service Time) มีการการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง เพื่อสะท้อนความไม่แน่นอนของระยะเวลาในการให้บริการ ทั้งนี้ประสิทธิภาพของระบบขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการมาถึงของผู้ใช้บริการและอัตราการให้บริการ หากอัตราการมาถึงสูงกว่าอัตราการให้บริการ ระบบจะเกิดการสะสมของผู้ใช้บริการในแถวคอยและเวลาในการรอเพิ่มขึ้น ในทางกลับกัน หากอัตราการให้บริการสูงกว่าอัตราการมาถึง ระบบจะเข้าสู่ภาวะคงที่ ซึ่งเป็นสภาวะที่จำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยไม่เปลี่ยนแปลงในระยะยาว และเป็นเงื่อนไขสำคัญในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบแถวคอย

- ระเบียบการจัดลำดับแถวคอย (Queue Discipline) หมายถึง กฎเกณฑ์ที่กำหนดลำดับการให้บริการผู้ใช้บริการในระบบแถวคอย รูปแบบที่นิยมใช้ ได้แก่ แบบมาก่อนได้ก่อน (First Come, First-

Served: FCFS) ซึ่งเป็นรูปแบบพื้นฐานและใช้แพร่หลายที่สุด แบบมาหลังได้ก่อน (Last-Come, First-Served: LCFS) และแบบจัดลำดับตามความสำคัญ (Priority Queue)

1.3 สัญกรณ์ของเคนดัล (Kendall Notation)

เพื่อให้สามารถจำแนกระบบแถวคอยได้อย่างเป็นมาตรฐาน เดวิด จี. เคนดัล (David G. Kendall) ได้เสนอรูปแบบการเขียนสัญกรณ์ของระบบแถวคอยในรูปแบบ X/Y/Z ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในงานวิจัยและการประยุกต์ทางทฤษฎีแถวคอย โดยมีความหมายดังนี้

X หมายถึง การแจกแจงของช่วงเวลาการมาถึงของผู้ใช้บริการแต่ละคน

Y หมายถึง การแจกแจงของเวลาการให้บริการ

Z หมายถึง จำนวนช่องให้บริการทั้งหมด

ทั้งนี้ ตัวอักษรที่ใช้แทนประเภทการแจกแจงในสัญกรณ์ดังกล่าว ได้แก่ M หมายถึง การแจกแจงแบบปัวซอง หรือการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง D หมายถึง เวลาคงที่ และ G หมายถึง การแจกแจงแบบทั่วไป เช่น แบบจำลอง M/M/1 หมายถึง ระบบที่มีกระบวนการมาถึงและการให้บริการเป็นแบบเลขชี้กำลัง และมีช่องบริการหนึ่งช่อง ซึ่งเป็นแบบจำลองพื้นฐานที่นิยมใช้ศึกษาพฤติกรรมของระบบแถวคอย

1.4 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพ (Performance Metrics)

การประเมินประสิทธิภาพของระบบแถวคอยมักดำเนินการภายใต้ภาวะคงที่ ซึ่งหมายถึงสภาวะที่ระบบมีความเสถียร และค่าทางสถิติของระบบไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ตัวชี้วัดที่สำคัญของระบบแถวคอยแสดงได้ดังตาราง

| ตัวชี้วัด | ความหมาย |
|---|---|
| อัตราการใช้ทรัพยากร (Server Utilization) | สัดส่วนของเวลาที่ช่องบริการถูกใช้งานจริงเมื่อเทียบกับเวลาทั้งหมด |
| จำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่อยู่ในระบบทั้งหมด (Average Number in System: L) | จำนวนผู้ใช้บริการที่อยู่ในระบบในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง รวมทั้งผู้ที่กำลังได้รับบริการและผู้ที่กำลังรอ |
| จำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอย (Average Number in Queue: Lq) | จำนวนผู้ใช้บริการที่รอรับบริการโดยยังไม่ได้เข้าสู่ช่องบริการ |
| เวลาเฉลี่ยที่ผู้ใช้บริการอยู่ในระบบทั้งหมด (Average Time in System: W) | ระยะเวลาทั้งหมดที่ผู้ใช้บริการใช้ตั้งแต่เข้าสู่ระบบจนกระทั่งได้รับบริการเสร็จสิ้น |
| เวลาเฉลี่ยที่ผู้ใช้บริการใช้รอในแถวคอย (Average Waiting Time in Queue: Wq) | ระยะเวลาที่ผู้ใช้บริการใช้ในการรอก่อนเข้าสู่ช่องบริการ |

ตัวชี้วัดเหล่านี้เป็นพื้นฐานสำคัญในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบบริการ ช่วยประเมินภาระงานของบุคลากร และวางแผนการปรับปรุงระบบให้มีความสมดุลระหว่างการใช้ทรัพยากรและความพึงพอใจของผู้รับบริการ (Hillier & Lieberman, 2005; Saini et al. 2024.; Verma, 2025)

**2. การทดสอบคอลโมโกรอฟ-สมีร์นอฟ (Kolmogorov–Smirnov Test)**

การทดสอบคอลโมโกรอฟ-สมีร์นอฟเป็นการทดสอบภาวะสารูปดี (Goodness-of-Fit Test) แบบไม่อิงพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับทดสอบการแจกแจงของข้อมูลว่าสอดคล้องกับการแจกแจงที่กำหนดไว้ ซึ่งสามารถตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบได้ดังนี้

สมมติฐานว่าง ($H_0$): ข้อมูลมีการแจกแจงตามที่กำหนด

สมมติฐานแย้ง ($H_a$): ข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงตามที่กำหนด

ตัวสถิติทดสอบสามารถนิยามได้ดังนี้

$$D = \sup_x |F(x) - F_n(x)|$$

โดยที่ $F(x)$ คือ ฟังก์ชันการแจกแจงภายใต้สมมติฐานว่าง

และ $F_n(x)$ คือ ฟังก์ชันการแจกแจงเชิงประจักษ์ (Empirical Distribution Function)

ค่าที่คำนวณได้จะถูกนำไปใช้หาค่า p-value หากค่า p-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ (Significance Level) จะสรุปได้ว่าข้อมูลไม่สอดคล้องกับการแจกแจงที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญ ในทางกลับกัน หากค่า p-value มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับระดับนัยสำคัญ ข้อมูลจะถือว่ามีการแจกแจงสอดคล้องกับการแจกแจงที่กำหนด (GeeksforGeeks, 2025; Berger & Zhou, 2014)

**วิธีดำเนินการวิจัย**

เพื่อวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพการให้บริการในห้องฉุกเฉินของโรงพยาบาลอย่างเป็นระบบ งานวิจัยนี้จึงออกแบบขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

**1. การจัดเตรียมข้อมูล** ผู้วิจัยเลือกใช้ชุดข้อมูลจากโรงพยาบาลเพียงแห่งเดียว โดยเลือกเฉพาะรหัสผู้ป่วย วันที่และเวลาเข้ารับบริการ เวลาในการลงทะเบียน และเวลาในการคัดแยกผู้ป่วย พร้อมทั้งได้สร้างตัวแปรใหม่โดยรวมเวลาในการลงทะเบียนกับเวลาในการคัดแยกผู้ป่วยเข้าด้วยกัน

**2. การวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูล** ผู้วิจัยได้นำชุดข้อมูลระยะเวลาการให้บริการของแต่ละจุดบริการในห้องฉุกเฉินซึ่งประกอบไปด้วย ช่วงเวลาการมาถึงของผู้ป่วยแต่ละราย (Interarrival Time) ระยะเวลาที่ใช้ในการลงทะเบียน (Registration Time) ระยะเวลาที่ใช้ในการคัดแยกผู้ป่วย (Triage Time) และระยะเวลารวมของการลงทะเบียนและคัดแยกผู้ป่วย (Registration & Triage Time) โดยจำแนกข้อมูล

เป็นรายเดือน จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวมาทดสอบความสอดคล้องกับการแจกแจงแบบเลขชี้กำลังด้วยการทดสอบคอลโมโกรอฟ-สมีร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 5% โดยใช้โปรแกรม RStudio

**3. การสร้างแบบจำลองแถวคอย** งานวิจัยนี้สมมติให้ช่วงเวลาการมาถึงของผู้ป่วยและระยะเวลาการให้บริการในแต่ละขั้นตอนมีการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง โดยมีช่องให้บริการเพียงหนึ่งช่อง และใช้ลำดับการให้บริการแบบ FCFS พร้อมทั้งสมมติว่าแถวคอยและจำนวนประชากรไม่จำกัด (∞/∞) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้แบบจำลอง M/M/1 : FCFS/∞/∞ ในการประเมินประสิทธิภาพการให้บริการและเวลารอของผู้ป่วย

**4. การพิจารณาแนวทางการจัดการจุดบริการ** ผู้วิจัยแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 แนวทาง ดังนี้

แนวทางที่ 1: จุดบริการแยก — จุดลงทะเบียนและจุดคัดแยกผู้ป่วยแยกออกเป็นสองจุดบริการ ผู้ป่วยต้องผ่านขั้นตอนการลงทะเบียนก่อน จากนั้นจึงไปยังจุดคัดแยกผู้ป่วยต่อไป

แนวทางที่ 2: จุดบริการรวม — จุดลงทะเบียนและจุดคัดแยกผู้ป่วยรวมเป็นจุดเดียวกัน บุคลากรจะเริ่มจากการลงทะเบียนผู้ป่วย จากนั้นคัดแยกผู้ป่วยทันทีในขั้นตอนเดียว

**5. การวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์** ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพของระบบโดยใช้ตัวชี้วัด ได้แก่ อัตราการใช้ทรัพยากร จำนวนผู้ป่วยเฉลี่ยในระบบ (L) จำนวนผู้ป่วยเฉลี่ยที่รอในแถวคอย ($L_q$) เวลาเฉลี่ยในระบบ (W) และเวลาเฉลี่ยที่รอในแถวคอย ($W_q$)

## ผลการวิจัย

ขั้นตอนการตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูลกับการแจกแจงแบบเลขชี้กำลังด้วยการทดสอบคอลโมโกรอฟ-สมีร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญ 5% ผลลัพธ์แสดงในตาราง 1 ซึ่งระบุค่า p-value ของแต่ละเดือน

ตารางที่ 1 แสดงค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p-value) จากการทดสอบด้วยวิธีคอลโมโกรอฟ-สมีร์นอฟ

| เดือน | p-value | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Interarrival Time | Registration Time | Triage Time | Registration & Triage Time |
| 1 | 0.6189 | 0.7323 | 0.1485 | 0.2104 |
| 2 | 0.5354 | 0.4670 | 0.8425 | 0.9425 |
| 3 | 0.9277 | 0.8365 | 0.8078 | 0.9059 |
| 4 | 0.7245 | 0.2659 | 0.6156 | 0.4511 |
| 5 | 0.4090 | 0.2390 | 0.7185 | 0.6887 |
| 6 | 0.7713 | 0.4159 | 0.06816 | 0.3202 |
| 7 | 0.3443 | 0.3378 | 0.9171 | 0.6378 |

| เดือน | p-value | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Interarrival Time | Registration Time | Triage Time | Registration & Triage Time |
| 8 | 0.2739 | 0.6265 | 0.3589 | 0.7191 |
| 9 | 0.1806 | 0.3302 | 0.07476 | 0.1789 |
| 10 | 0.6843 | 0.2790 | 0.2208 | 0.2297 |
| 11 | 0.8572 | 0.4416 | 0.6561 | 0.7992 |
| 12 | 0.7071 | 0.2557 | 0.7185 | 0.6241 |

จากตารางที่ 1 พบว่าค่า p-value สำหรับระยะเวลาของแต่ละขั้นตอนในแต่ละเดือนมีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าระยะเวลาของแต่ละขั้นตอนในห้องฉุกเฉินของทุกเดือนมีการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง

ต่อมาได้วิเคราะห์แนวทางการจัดการจุดบริการในห้องฉุกเฉินโดยใช้แบบจำลองแถวคอย M/M/1 : FCFS/∞/∞ เพื่อประเมินเวลารอและประสิทธิภาพการให้บริการ โดยตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างตัวชี้วัดของระบบแถวคอยในเดือนที่ 1 และเดือนที่ 7

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ตัวชี้วัดของแบบจำลองแถวคอยสำหรับแต่ละแนวทางในเดือนที่ 1 และเดือนที่ 7

| ตัวชี้วัด | เดือนที่ 1 | | เดือนที่ 7 | |
|---|---|---|---|---|
| | แนวทางที่ 1 | แนวทางที่ 2 | แนวทางที่ 1 | แนวทางที่ 2 |
| อัตราการใช้ทรัพยากร | 0.063 | 0.092 | 0.046 | 0.069 |
| จำนวนผู้ป่วยเฉลี่ยในระบบ | 0.097 คน/นาที | 0.101 คน/นาที | 0.072 คน/นาที | 0.074 คน/นาที |
| จำนวนผู้ป่วยเฉลี่ยที่รอในแถวคอย | 0.005 คน/นาที | 0.009 คน/นาที | 0.003 คน/นาที | 0.005 คน/นาที |
| เวลาเฉลี่ยในระบบ | 0.769 นาที/คน | 0.802 นาที/คน | 0.709 นาที/คน | 0.732 นาที/คน |
| เวลาเฉลี่ยที่รอในแถวคอย | 0.041 นาที/คน | 0.074 นาที/คน | 0.027 นาที/คน | 0.051 นาที/คน |

จากตารางที่ 2 พบว่าอัตราการใช้ทรัพยากรของทั้งสองแนวทางในเดือนที่ 1 และเดือนที่ 7 อยู่ในระดับต่ำ แสดงให้เห็นว่าจุดให้บริการไม่ได้ถูกใช้งานต่อเนื่องตลอดเวลา โดยแนวทางที่ 2 มีอัตราการใช้ทรัพยากรสูงกว่าแนวทางที่ 1 เล็กน้อย ทั้งจำนวนผู้ป่วยเฉลี่ยในระบบและจำนวนผู้ป่วยเฉลี่ยที่รอในแถวคอยมีค่าใกล้เคียงกัน โดยแนวทางที่ 2 มีค่ามากกว่าเพียงเล็กน้อย ส่วนเวลาเฉลี่ยในระบบและเวลาเฉลี่ยที่รอในแถวคอยแม้จะสูงกว่าเล็กน้อย แต่ยังอยู่ในระดับต่ำ สะท้อนว่าระบบสามารถให้บริการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โดยไม่เกิดความแออัด ทั้งนี้ แนวโน้มผลการวิเคราะห์ตลอด 12 เดือนมีความสอดคล้องกับผลในเดือนที่ 1 และเดือนที่ 7

**สรุปและอภิปรายผลการวิจัย**

การประยุกต์แบบจำลองแถวคอยในการวิเคราะห์กระบวนการให้บริการในห้องฉุกเฉินของโรงพยาบาล โดยมุ่งเน้นขั้นตอนการลงทะเบียนและคัดแยกผู้ป่วย พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบเลขชี้กำลังที่ระดับนัยสำคัญ 5% จึงใช้แบบจำลอง M/M/1 : FCFS/∞/∞ ในการจำลองสถานการณ์ ผลการเปรียบเทียบระหว่างแนวทางการจัดการจุดบริการแบบแยกและแบบรวมพบว่า ทั้งสองแนวทางสามารถให้บริการได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่เกิดความล่าช้า อัตราการใช้ทรัพยากรของบุคลากรอยู่ในระดับต่ำไม่เกิน 10% แสดงถึงศักยภาพในการรองรับผู้ป่วยเพิ่มเติม แนวทางแบบรวมมีอัตราการใช้ทรัพยากรสูงกว่าเล็กน้อย แต่ช่วยลดจำนวนบุคลากร ลดการเคลื่อนย้ายผู้ป่วย และเพิ่มความต่อเนื่องของกระบวนการ แม้เวลาเฉลี่ยในระบบและการรอแถวจะสูงขึ้นเล็กน้อยแต่ยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ดังนั้น แนวทางแบบรวมเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้จริง โดยเฉพาะในโรงพยาบาลที่มีข้อจำกัดด้านบุคลากร

**ข้อเสนอแนะ**

งานวิจัยในอนาคตควรพิจารณาใช้แบบจำลองแถวคอยที่สอดคล้องกับข้อมูลจริงมากขึ้น เช่น M/G/1, G/M/1 หรือ G/G/1 เพื่อรองรับกรณีที่ช่วงเวลาการมาถึงและเวลาให้บริการไม่เป็นแบบเลขชี้กำลัง การใช้แบบจำลองเหล่านี้จะช่วยให้การวิเคราะห์ประสิทธิภาพ การใช้ทรัพยากร และเวลารอของผู้ป่วยสะท้อนความเป็นจริงมากขึ้น แม้ว่างานวิจัยนี้ใช้ชุดข้อมูลสาธารณะที่อาจไม่สะท้อนบริบทของโรงพยาบาลในประเทศไทยโดยตรง ผลการศึกษายังสามารถเป็นแนวทางเบื้องต้นสำหรับการปรับปรุงกระบวนการให้บริการ หากมีการเก็บข้อมูลจริงเพิ่มเติมในอนาคต

**เอกสารอ้างอิง**

Berger, V. W., & Zhou, Y. (2014). Kolmogorov–smirnov test: Overview. *Wiley statsref: Statistics reference online*. https://doi.org/10.1002/9781118445112.stat06558

GeeksforGeeks. (2025, July 11). *Kolmogorov-Smirnov Test (KS Test)*. https://www.geeksforgeeks.org/machine-learning/kolmogorov-smirnov-test-ks-test/

Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2005). *Introduction to Operations Research* (9th ed.). McGraw-Hill Education.

Saini, B., Singh, D., & Sharma, K. (2024). Application of Queueing Theory to Analyze the Performance Metrics of Manufacturing Systems. *Asian Research Journal of Mathematics*, *20*(12), 84-95. https://doi.org/10.9734/arjom/2024/v20i12876

Verma, R. K. (2025). Applications of queuing theory in day-to-day life: An analytical review. *Journal of Mathematical Problems, Equations and Statistics*, *6*(1), 32-36. https://doi.org/10.22271/math.2025.v6.i1a.172