

การบริหารจัดการคิวแบบเรียลไทม์บนหลักความเสมอภาค เพื่อลดระยะเวลาการรอคอยโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

สุดารัตน์ จันทิมา¹

เจษฎา โพธิ์จันทร์^{2*}

Received 13 April 2023

Revised 13 July 2023

Accepted 25 July 2023

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การบริหารจัดการคิวแบบเรียลไทม์บนหลักความเสมอภาคในการลดระยะเวลาการรอคอยของผู้ใช้บริการ และเพื่อเสนอแนะแนวทางการบริหารจัดการคิวแบบเรียลไทม์บนหลักความเสมอภาคในการลดระยะเวลาการรอคอยของผู้ใช้บริการ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีเดิม (จับบัตรคิวใหม่ในวันใช้บริการ/กรณีแบบมาก่อนได้ก่อน) และกรณีใหม่ (ตามบัตรคิวนัด/กรณีแบบเรียลไทม์บนหลักความเสมอภาค) ซึ่งทางผู้วิจัยได้นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการวิเคราะห์ระยะเวลาการรอคอยของทั้งสองกรณีด้วยเครื่องมือ VBA ใน Microsoft Excel

ผลการศึกษาพบว่า การจัดคิวตารางนัดหมายตามบัตรคิวนัด หรือกรณีแบบเรียลไทม์บนหลักความเสมอภาค (กรณีใหม่) จะมีระยะเวลาในการรอคอยที่น้อยที่สุด ซึ่งสามารถช่วยลดระยะเวลาการรอคอยได้มากถึงร้อยละ 95.3 จึงทำให้ผู้ที่เข้ามาใช้บริการไม่ต้องรอคิวนาน อีกทั้งยังสามารถลดการแออัดในพื้นที่จากการรอคิวที่ยาวนานได้อีกด้วย นอกจากนี้การบริหารจัดการคิวยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลายงาน เช่น การบริหารจัดการคิวในร้านอาหาร การจัดการตารางการเดินทาง การจัดการคิวตรวจลงหน้า เป็นต้น รวมถึงยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ ในการพัฒนาต่อยอดเป็นรูปแบบแอปพลิเคชัน เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกและความรวดเร็วในการดำเนินงานในอนาคตอีกด้วย

คำสำคัญ: การบริหารจัดการเวลา การลดระยะเวลาการรอคอย แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

^{1 2} คณะโลจิสติกส์และดิจิทัลซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยนเรศวร เลขที่ 99 หมู่ 9 ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

E-mail : sudaratch64@nu.ac.th

* Corresponding author email: jessadapo@nu.ac.th

REAL-TIME QUEUE MANAGEMENT BASE ON EQUALITY TO REDUCE WAITING TIME BY USING MATHEMATICAL MODEL

Sudarat Chantima¹

Jessada Pochan^{2*}

Abstract

This study aims to develop a mathematical model of real-time queue management based on the equality principle to reduce customers' waiting time and recommend guidelines for real-time queue management. The study dealt with two cases of customers: the original case (taking a new queue card on the day of service/case on a first-come, first-served basis) and the new case (according to the appointment queue card/case in real-time on the principle of equality). A mathematical model was used to analyze the waiting times between two cases using VBA tools in Microsoft Excel.

The results found that there will be the least waiting time in the new case of scheduling appointments according to the queue card or in the case of real-time on the parity principle. This can help reduce the waiting time by as much as 95.3% so that people who come to receive the service do not have to wait in long queues. It can also reduce congestion in the area resulting from long queues. In addition, queue management can also be applied to various tasks, such as managing queues in restaurants, scheduling travel, scheduling queues for pre-checks, etc. And eventually, it can be used or further developed as an application to facilitate the speed of operations in the future.

Keywords: Time Management, Reduction of Waiting time, Mathematical Model

^{1 2} Faculty of Logistics and Digital Supply Chain, Naresuan University, 99 Moo. 9, Thapho, Mueang, Phitsanulok 65000

E-mail : sudaratch64@nu.ac.th

* Corresponding author email: jessadapo@nu.ac.th

บทนำ

การดำเนินงานในชีวิตประจำวันนั้นมีความเกี่ยวข้องและมีความสอดคล้องกับตารางเวลาในชีวิตประจำวันทั้งสิ้น โดยเวลาเป็นปัจจัยสำคัญในการดำเนินงานในแต่ละวัน ซึ่งการจัดตารางเวลาเป็นสิ่งสำคัญ และพบเจอทั่วไปในชีวิตประจำวัน เช่น การจัดตารางเรียน การจัดตารางการจราจร การจัดตารางการเดินทาง เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบเจอปัญหาในการจัดตารางในแต่ละประเภทอีกด้วย ในการจัดตารางมีรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป โดยสามารถแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มใหญ่ประกอบด้วย ปัญหาการจัดตารางการแข่งขันกีฬา (Bartsch, Drexler, & Kroger, 2006) ปัญหาการจัดตารางการทำงานของพนักงาน (Meisels & Schaerf, 2003) ปัญหาการจัดตารางการเดินทางขนส่ง (Cacchiani & Toth, 2012) ปัญหาการจัดตารางการผลิต (Hicks & Pongcharoen, 2006) และปัญหาการจัดตารางทางการศึกษา (Educational Timetabling problem) (Pongcharoen, Promtet, Yenradee, & Hicks, 2008) ซึ่งปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้มีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันอย่างมาก นอกจากนี้ปัญหาการจัดตารางในแต่ละประเภทยังพบลักษณะของปัญหา (Application Areas) ที่แตกต่างกันออกไป เช่น ปัญหาการจัดตารางการทำงานของพนักงานจะเห็นได้ว่า พยาบาล หมอ พนักงานขับรถ หรือ พนักงานในสายการผลิต (Production Employee) ล้วนมีปัญหาการจัดตารางการทำงานด้วยกันทั้งสิ้น เพียงแต่มีเป้าประสงค์ (Objective) ของการจัดตารางในแต่ละแบบอาจจะคล้ายหรือแตกต่างกันออกไป ในบางงานวิจัยต้องการจัดตาราง เพื่อทำให้เกิดกำไรมากที่สุด (Maximization: Max) แต่บางงานวิจัยต้องการจัดตาราง ซึ่งพบการละเมิดข้อบังคับของผู้ใช้ตารางให้น้อยที่สุด (Minimization: Min) เป็นต้น โดยการจัดตารางในทางปฏิบัติมีรูปแบบที่หลากหลาย ในแต่ละประเภทยังมีข้อจำกัดและความคล้ายคลึงกัน โดยแต่ละวิธีนั้นจะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไป เพื่อการหาคำตอบที่ดีที่สุด และในการหาคำตอบที่ดีที่สุดบางวิธีจะมีความเหมาะสมในการแก้ไขปัญหบางประเภทเท่านั้น นอกจากนี้ปัญหาในการจัดตารางบางประเภทอาจมีข้อจำกัดหรือมีความซับซ้อนมากขึ้น จึงทำให้บางวิธีไม่สามารถแก้ไขปัญหที่เกิดจากความซับซ้อนได้ จึงเลือกใช้วิธีอื่นในการแก้ไขปัญหการจัดตาราง โดยส่วนใหญ่มักจะใช้วิธีเมตาฮิวริสติกส์ เนื่องจากเป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลาย อีกทั้งยังเป็นแนวทางสำหรับแก้ปัญหแบบ NP Hard Problems โดยอาศัยหลักการประมาณค่าในการค้นหาคำตอบที่มีคุณภาพภายในเวลาที่ยอมรับได้ (Lewis, 2008) สามารถแก้ไขปัญหามีขนาดใหญ่ และมีความซับซ้อนสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และประสิทธิผล (Talbi, 2009) ดังนั้นในการจัดตารางแต่ละรูปแบบควรเลือกให้เหมาะสมกับงาน เพื่อประสิทธิภาพในการทำงาน รวมไปถึงศึกษาข้อจำกัด เพื่อนำมาเปรียบเทียบข้อแตกต่างในแต่ละประเภท และเลือกใช้วิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการดำเนินงาน โดยปัญหาการจัดตารางบางประเภทในสภาพแวดล้อมความเป็นจริงนั้นค่อนข้างมีความซับซ้อนมาก เนื่องจากมีปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดความซับซ้อนซึ่งเวลามักมีผลกับความต้องการใช้งานที่คาบเกี่ยวกัน (Overlap) อีกด้วย

ในปัจจุบันการเข้ารับการตรวจรักษาในโรงพยาบาลของรัฐ ผู้ป่วยต้องใช้เวลาในการรอคอยเป็นเวลานาน เนื่องจากมีผู้ป่วยหรือผู้เข้ารับบริการเป็นจำนวนมาก โดยทั่วไปผู้ป่วยต้องเดินทางไปโรงพยาบาลตั้งแต่เช้า เพื่อทำการรับบัตรคิวเป็นลำดับต้น ๆ และเมื่อได้รับบัตรคิวแล้วต้องรอคอยการเข้ารับการรักษาเป็นเวลานานขึ้นอยู่กับคิวที่ได้รับผู้ป่วยบางท่านอาจต้องวางแผนการเดินทางเนื่องจากมีระยะทางที่ไกลจากโรงพยาบาลที่จะเข้าทำการรักษา บางท่านต้องเดินทางไปทำการรับบัตรคิวในช่วงเวลาที่เช้ามาก หรืออาจมีการรับบัตรคิวก่อนวันเข้ารับการรักษา เพื่อให้ได้รับการตรวจและรักษาเป็นลำดับคิวต้น ๆ แต่กว่าจะได้เข้ารับ

การรักษาหรือการตรวจนั้นก็ใช้ระยะเวลานาน และสิ้นเปลืองเวลาในการรอคอย บางท่านอาจใช้เวลาในการรอคอยที่นานถึง 6-8 ชั่วโมงในการนั่งรอคิว และเป็นการเสียเวลาอย่างยิ่ง และอาจส่งผลกระทบต่อความตึงเครียด และส่งผลกระทบต่อเวลาการทำงานได้

ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นถึงปัญหาการบริหารจัดการคิวในโรงพยาบาล เนื่องจากการเข้ามารับบริการแต่ละครั้ง ผู้ป่วยหรือผู้ที่มารับบริการนั้นจะต้องมีการจับบัตรคิวก่อนเข้ามารับบริการเสมอ ซึ่งปัญหาที่พบในการบริหารจัดการคิวในโรงพยาบาลส่วนใหญ่จะเปิดให้ทำการจับบัตรคิวได้ก่อนเวลานัดหมาย จึงทำให้ผู้ป่วยหรือผู้ที่เข้ามาใช้บริการมาก่อนเวลาเป็นจำนวนมากที่เข้ามารอทำการรักษา เพื่อที่จะทำการจับบัตรคิวให้เป็นลำดับคิวต้น ๆ ของการนัดหมาย จึงส่งผลให้พื้นที่โรงพยาบาลมีความแออัดเนื่องจากมีพื้นที่จำกัด และบางกรณีที่มีบัตรนัดหมายตามเวลาที่ต้องมาทำการจับบัตรคิวก่อนเข้ารับบริการ ถึงแม้ว่าจะมีบัตรนัดหมายแล้วก็ตาม ซึ่งทำให้ผู้ใช้บริการบางคนเสียเวลากับการรอคอยที่ยาวนาน เสียผลประโยชน์กับการรอคอยอย่างมาก เนื่องจากมีผู้เข้ามาใช้บริการเป็นจำนวนมากที่รอรับบริการ หรือบางกรณีมีการเรียกคิวแล้วแต่ผู้รับบริการยังเดินทางมาไม่ถึงหรือมีการทำภาระกิจส่วนตัว เมื่อถึงคิวแล้วไม่มีการตอบรับ จึงทำให้ผู้ใช้บริการนั้นเสียสิทธิ์ และต้องทำการเรียงลำดับคิวใหม่ในลำดับสุดท้ายจนกว่าจะมีการเรียกคิวอีกครั้ง เพื่อเข้ามารับบริการใหม่ โดยปัญหาดังกล่าวข้างต้นที่กล่าวมานั้นทำให้เกิดความแออัด การรอคอยที่ยาวนาน หรือเกิดคอขวดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งระหว่างรอเข้ารับบริการ ผู้วิจัยจึงเห็นว่าควรมีการจัดตารางในการเรียงลำดับการเรียกคิวให้เหมาะสมบนหลักความเสมอภาค เพื่อลดระยะเวลาในการรอคอยในการเข้ารับบริการดังกล่าว

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การบริหารจัดการคิวแบบเรียลไทม์บนหลักความเสมอภาคในการลดระยะเวลาในการรอคอยของผู้ใช้บริการ
2. เพื่อเสนอแนะแนวทางการบริหารจัดการคิวแบบเรียลไทม์บนหลักความเสมอภาคในการลดระยะเวลาการรอคอยของผู้ใช้บริการ

สมมติฐานการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยนั้นจะต้องนำชุดข้อมูลที่ได้จากการเลือกแบบสุ่มมาทำการวิเคราะห์ เนื่องด้วยสถานะการณ์โควิดยังไม่คลี่คลาย อีกทั้งโรงพยาบาลส่วนใหญ่ยังมีมาตรการความปลอดภัยที่สูงอย่างยิ่งจึงทำให้การจัดเก็บข้อมูลในโรงพยาบาลส่วนใหญ่จึงทำได้ค่อนข้างยาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำข้อมูลแบบสุ่มมาทำการวิเคราะห์ เพื่อทำการทดสอบแบบจำลองโดยการวิเคราะห์แบบวนซ้ำจำนวนทั้งสิ้น 100 รอบ ซึ่งได้ทำการจัดสุ่มชุดข้อมูลแบบช่วงในระยะเวลา 2 ชั่วโมง

โดยการดำเนินงานวิจัยนี้จะนำผลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ ซึ่งประกอบด้วย

1. ขั้นตอนการให้บริการในโรงพยาบาล
2. ข้อมูลจำนวนผู้ใช้บริการ

3. ข้อมูลช่วงเวลานัดหมายภายใน 2 ชั่วโมง (ช่วงเวลาในการนัดหมายของผู้ป่วยนั้นมีเวลาที่แตกต่างกันออกไป เช่น คนแรกมีเวลานัดที่ 9:00 น. คนที่สอง 9:10 น. คนที่สาม 9:20 ตามลำดับ)
4. ข้อมูลช่วงเวลารายงานตัว ตั้งแต่ 09:00–11:00 น. ช่วงเวลาในการรายงานตัวของผู้ใช้บริการ ซึ่งในการรายงานตัวนั้นผู้ป่วยต้องมารายงานตัวก่อน 11:00 น.
5. ข้อมูลเวลาในการเรียกคิว
6. กำหนดให้ระยะเวลาที่ได้รับการรักษาของผู้ใช้บริการแต่ละรายมีค่าเฉลี่ยคงที่ และสอดคล้องกับเวลาที่เรียกแต่ละคิวเมื่อเข้าพบแพทย์

การทบทวนวรรณกรรม

แนวคิดเกี่ยวกับการบริหารจัดการคิว

ในการดำเนินงานในชีวิตประจำวันการจัดตารางการทำงานมีความเกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันอย่างมาก อีกทั้งยังพบเจอปัญหาการจัดตารางต่าง ๆ เช่น ปัญหาการจัดตารางการแข่งขันกีฬา ปัญหาการจัดตารางการทำงานของพนักงาน ปัญหาการจัดตารางการเดินทางขนส่ง ปัญหาการจัดตารางการผลิต และปัญหาการจัดตารางทางการศึกษา เป็นต้น นอกจากนี้ปัญหาในการจัดตารางในแต่ละประเภทยังมีข้อบังคับและข้อจำกัดของปัญหาในแต่ละประเภทที่แตกต่างกันออกไป และยังมีความคล้ายคลึงกันอีกด้วย ดังนั้นในการพัฒนาโปรแกรมในการจัดตารางต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเป็นประเด็นที่สำคัญ เนื่องจากปัญหาการจัดตารางต่าง ๆ โดยทั่วไปจะมีลักษณะเป็นแบบ Combinatorial Optimization (CO) (Blum & Roli, 2003; Daskalaki, Birbas, & Housos, 2004) และยังถูกจัดเป็นปัญหาแบบ Non-Deterministic Polynomial (NP) Hard Problem (Rossi-Doria et al., 2003; Socha, Sampels, & Manfrin, 2003) หมายความว่า เมื่อขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยแต่เวลาที่ต้องการในการแก้ปัญหาจะเพิ่มขึ้นอย่างทวีคูณ (Pongcharoen et al., 2008) ดังนั้นในหลายงานวิจัยปัจจุบันจึงให้ความสนใจเกี่ยวกับการนำวิธีการแก้ปัญหาขนาดใหญ่ และซับซ้อนที่มีประสิทธิภาพมาประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรมสำเร็จรูปมากยิ่งขึ้น (Meyers & Orlin, 2007) ประกอบด้วยวิธีการแบบแม่นยำ (Exact Methods) และวิธีการแบบประมาณค่า (Approximate Methods) เช่น วิธีการจำลองสถานการณ์ (Simulation) วิธีการในกลุ่มของเมต้าฮิวริสติกส์ (Metaheuristics) เป็นต้น

โครงสร้างข้อมูล (Data Structure)

โครงสร้างข้อมูลหรือลักษณะเฉพาะของชุดข้อมูลที่ใช้ในระบบคอมพิวเตอร์ เกิดจากการนำชนิดข้อมูลต่าง ๆ มารวมกันจนกลายเป็นโครงสร้าง ซึ่งคิว (Queue) ถือเป็นชุดข้อมูลชนิดหนึ่งที่เรียงต่อกัน และจัดลำดับการเก็บข้อมูลแบบเข้าก่อนและนำออกก่อน มักเรียกว่าไฟโฟ (FIFO = First In First Out) อาจมองว่าข้อมูลเข้าใหม่จะมาเรียงต่อท้าย หากเรียกใช้ก็นำข้อมูลที่เคยเข้ามาก่อนออกไปใช้ก่อน ดังนั้นข้อมูลที่เข้ามาก่อนจะอยู่หน้าสุด และพร้อมจะออกเร็วที่สุด โดย Queue เป็น Linear Data Structure มีความคล้ายกับ Stack ซึ่ง Queue อยู่บนพื้นฐานของหลักการแบบ First In First Out นั้นหมายความว่าอะไรที่เข้าไปก่อน ก็จะต้องออกก่อน เช่น การจ่ายเงิน การต่อแถวเข้าใช้บริการ เป็นต้น ในเชิงการบริหารการปฏิบัติการ เปรียบเทียบได้กับสินค้าที่เข้ามา

ก่อนก็จะเป็นสินค้าที่ถูกนำออกไปใช้ก่อน เพื่อให้การทำงานสำหรับคนบริหารคลังสินค้าทำได้ง่ายขึ้น และสามารถลดปัญหาสินค้าเสื่อมสภาพจากการเก็บเป็นเวลานานได้อีกด้วย (สมจิตต์ ลิขิตถาวร, 2550)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันทั้งสิ้น ส่วนใหญ่มักจะนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการทำงาน เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ที่เข้ามาใช้บริการ อีกทั้งการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในโรงพยาบาล โดยมุ่งเน้นให้ผู้ป่วยได้รับความปลอดภัย และเกิดความพึงพอใจต่อการได้รับบริการ ทั้งนี้เพื่อให้บริการเหมาะสมมีคุณภาพได้มาตรฐานมีความสอดคล้องกับความต้องการกับสภาวะสภาพการเจ็บป่วยของผู้รับบริการ เพื่อให้ผู้รับบริการได้รับการตอบสนอง มีความพึงพอใจ โดยไม่เกิดผลกระทบ และภาวะแทรกซ้อนแก่ผู้มารับบริการท่านอื่น (ธัญกร เอี้ยวชีโป และวิไลลักษณ์ เลิศเมธากุล, 2560) นอกจากนี้เทคโนโลยีดิจิทัลถูกนำมาปรับใช้และพัฒนากิจการบริหารจัดการ หรือมีบทบาทในการทำงานของมนุษย์อย่างการนำปัญญาประดิษฐ์ หรือ Artificial Intelligence (AI) เข้ามาประยุกต์ใช้ทำให้ช่วยลดภาระการทำงานของบุคลากรทางการแพทย์ และในโรงพยาบาลส่วนใหญ่มีการปรับตัวและพัฒนากิจการบริหารจัดการโดยการนำเครื่องมือ หรือเทคโนโลยีเข้ามามีใช้ในการดำเนินงาน เช่น ระบบคิวอัจฉริยะ แอปพลิเคชันของโรงพยาบาล เว็บไซต์ และ LINE Bot เป็นต้น (สพุดี กิตติวรเวช, สมใจ พุทธิพิทักษ์ผล และเพชรเมณี วิริยะสืบพงศ์, 2555)

วิธีดำเนินการวิจัย

การบริหารจัดการคิวแบบเรียลไทม์บนหลักความเสมอภาค เพื่อลดระยะเวลาการรอคอยโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มีรูปแบบกระบวนการดำเนินงานวิจัย ในส่วนประกอบของกระบวนการดำเนินงานมีทั้งหมดจำนวน 3 ส่วน ประกอบด้วย 1) ปัจจัยนำเข้า (Input) 2) กระบวนการ (Processes) และ 3) ผลผลิต (Outputs) ดังภาพที่ 1 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ปัจจัยนำเข้า (Input)

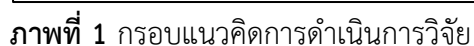
ปัจจัยนำเข้าข้อมูลถือเป็นข้อมูลสำคัญในการนำไปวิเคราะห์การทำงานของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งข้อมูลนำเข้าในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย ฐานข้อมูลทางวิชาการ ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง ผลการเก็บและรวบรวมข้อมูล ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง

2. กระบวนการ (Processes)

กระบวนการดำเนินงานในส่วนนี้จะก่อให้เกิดความเชื่อมโยง เพื่อจุดมุ่งหมายของผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นจากการดำเนินงาน ซึ่งมีทั้งหมดจำนวน 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2) การเก็บและรวบรวมข้อมูล 3) การพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 4) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบ และ 5) สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

3. ผลผลิต (Outputs)

ผลผลิตที่ได้จากการดำเนินงานวิจัยนี้ประกอบด้วย ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง ผลการเก็บและรวบรวมข้อมูล ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง และผลการเปรียบเทียบข้อมูลจากการวิเคราะห์



ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การบริหารจัดการคิวแบบเรียลไทม์บนหลักความเสมอภาค เพื่อลดระยะเวลาการรอคอยโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มีรูปแบบกระบวนการดำเนินงานวิจัย ในส่วนประกอบของกระบวนการดำเนินงานมีทั้งหมดจำนวน 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2) การเก็บและรวบรวมข้อมูล 3) การพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 4) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบ และ 5) สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

- ## 1. การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นการทบทวนและรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ในการดำเนินงานวิจัย เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการวางแผนแนวทางการดำเนินงาน ซึ่งประกอบด้วย 1) การทบทวนแนวคิดที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย และ 2) การทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง โดยในส่วนการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะทำให้ทราบถึงข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

- ## 2. การเก็บและรวบรวมข้อมูล

เป็นการเก็บและรวบรวมข้อมูลในการดำเนินงานวิจัย ซึ่งในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้นประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ 1) ข้อมูลปฐมภูมิเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาแบบจำลองประกอบด้วยข้อมูลหลัก คือ ขั้นตอนการให้บริการในโรงพยาบาล ข้อมูลจำนวนผู้เข้าใช้บริการ ข้อมูลช่วงเวลานัดหมาย ข้อมูลช่วงเวลารายงานตัว ข้อมูลเวลาในการเรียกคิว และ 2) การสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในระดับบุคคล เพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลในช่วงเวลาที่เหมาะสม

- ### 3. พัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

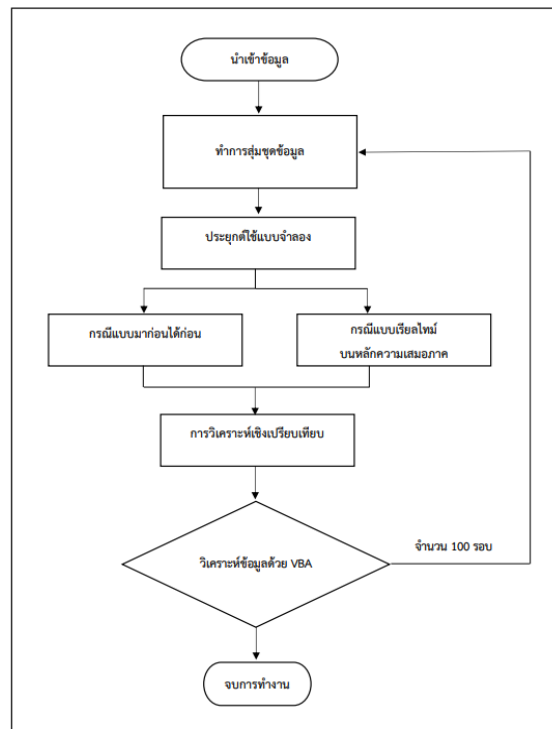
ในส่วนการพัฒนานั้นจะนำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมทั้งหมดนำไปพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการดำเนินการวิจัย โดยจะทำการเปรียบเทียบ 2 กรณี คือ กรณีแบบมาก่อนได้ก่อน และกรณีแบบเรียลไทม์บนหลักความเสมอภาค และจะนำไปสู่การทดสอบแบบจำลอง โดยการวิเคราะห์แบบวนซ้ำจำนวน 100 รอบ ดังภาพที่ 2

4. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบ

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบประกอบด้วยค่าสถิติเชิงพรรณนา และเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของข้อมูล เพื่อจะนำไปสู่ผลการเปรียบเทียบข้อมูลจากการวิเคราะห์ระหว่าง 2 กรณี คือ กรณีแบบมาก่อนได้ก่อน และกรณีแบบเรียลไทม์บนหลักความเสมอภาค

5. การสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เป็นการนำผลการดำเนินการจากการวิเคราะห์ข้อมูลมาทำการสรุปผลและทำการเปรียบเทียบในแต่ละกรณี เพื่อให้เห็นความแตกต่างและผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เพื่อนำไปสู่แนวทางหรือข้อเสนอแนะในการประยุกต์ใช้งานในโรงพยาบาลในอนาคตได้



ภาพที่ 2 แผนผังการทดสอบแบบจำลองโดยการวิเคราะห์แบบวนซ้ำจำนวน 100 รอบ

แบบจำลองการจัดคิวตารางนัดหมาย (กรณีเดิม)

Objective Function: $\text{Min } (T_{\text{Total}}) = T_{\text{Waiting}}$

Subject to: $T_{\text{Waiting}} = T_{\text{Real}} - T_{\text{Reporting}}$, $T_{\text{Reporting}} \geq T_{\text{Appointment}}$

$T_{\text{Waiting}} = T_{\text{Real}} - T_{\text{Appointment}}$, $T_{\text{Reporting}} < T_{\text{Appointment}}$

$T_{\text{Total}} = \text{Fitness of Total Time}$ (ทั้งหมด)

$T_{\text{Appointment}} = \text{Fitness of Appointment Time}$ (เวลานัดหมาย)

T_{Waiting}	= Fitness of Waiting Time	(เวลารอคอย)
T_{Real}	= Real Time	(เวลาจริง)
$T_{\text{Reporting}}$	= Reporting Time	(เวลารายงานตัว/ยืนยันการมาถึง)

แบบจำลองการจัดคิวตารางนัดหมาย (กรณีใหม่)

Objective Function: $\text{Min } (T_{\text{Total}}) = T_{\text{Appointment}} + T_{\text{Punctuality}} - T_{\text{Waiting}}$

Subject to: $T_{\text{Appointment}}, T_{\text{Punctuality}}, T_{\text{Waiting}} \geq 0$

$T_{\text{Punctuality}} = T_{\text{Reporting}} - T_{\text{Appointment}}$	, $T_{\text{Reporting}} \geq T_{\text{Appointment}}$
$T_{\text{Punctuality}} = 0$	, $T_{\text{Reporting}} < T_{\text{Appointment}}$
$T_{\text{Waiting}} = T_{\text{Real}} - T_{\text{Reporting}}$	, $T_{\text{Reporting}} \geq T_{\text{Appointment}}$
$T_{\text{Waiting}} = T_{\text{Real}} - T_{\text{Appointment}}$	, $T_{\text{Reporting}} < T_{\text{Appointment}}$
$T_{\text{Total}} = \text{Fitness of Total Time}$	(ทั้งหมด)
$T_{\text{Appointment}} = \text{Fitness of Appointment Time}$	(เวลานัดหมาย)
$T_{\text{Punctuality}} = \text{Fitness of Punctuality}$	(ความตรงต่อเวลา)
$T_{\text{Waiting}} = \text{Fitness of Waiting Time}$	(เวลารอคอย)
$T_{\text{Real}} = \text{Real Time}$	(เวลาจริง)
$T_{\text{Reporting}} = \text{Reporting Time}$	(เวลารายงานตัว/ยืนยันการมาถึง)

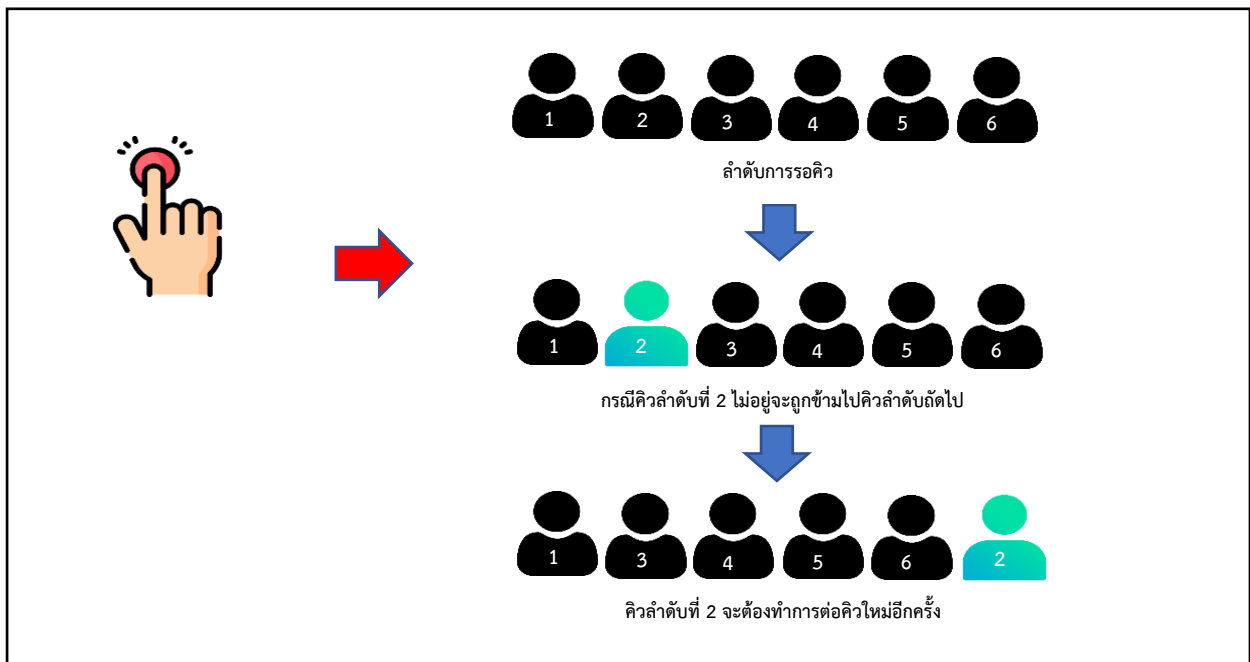
ผลการศึกษา

ผลจากการวิเคราะห์การดำเนินงานวิจัยในการบริหารจัดการคิวนั้นสามารถนำมาทำการประยุกต์ให้งานได้หลากหลาย อีกทั้งยังสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นรูปแบบแอปพลิเคชัน เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกความรวดเร็วในการดำเนินงานอีกด้วย ซึ่งในงานวิจัยการบริหารจัดการคิวแบบเรียลไทม์บนหลักความเสมอภาคเพื่อลดระยะเวลาการรอคอยโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ทางผู้วิจัยได้นำ VBA ใน Microsoft Excel มาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ จำนวนทั้งสิ้น 100 รอบ เพื่อต้องการทดสอบแบบจำลอง โดยได้ผลวิเคราะห์ทั้ง 2 กรณีมีดังนี้

1. กรณีเดิม (จับบัตรคิวใหม่ในวันใช้บริการ/กรณีแบบมาก่อนได้ก่อน)

ในกรณีเดิมจะทำการจับบัตรคิวใหม่ในวันใช้บริการ โดยไม่คำนึงถึงคิวจากเวลานัดหมาย ซึ่งกำหนดให้ผู้ที่มีรายงานตัวก่อนจะได้เข้ารับบริการก่อน ตามลำดับ โดยไม่มีบัตรคิวที่ได้ทำการจองล่วงหน้า ซึ่งกรณีดังกล่าวนี้ผู้ที่เข้ามาใช้บริการส่วนใหญ่จะเดินทางเข้ามาใช้บริการในเวลาเดียวกันทั้งสิ้น อีกทั้งผู้ที่เข้ามาใช้บริการนั้นจะเดินทางมารอการรับบัตรคิวก่อนเวลานัดหมาย เช่น เดินทางมาจับบัตรคิวนัดหมายล่วงหน้าในเวลาเช้านี้ หรือในช่วงเวลาเช้ามืด เพื่อให้ตนเองเป็นคิวลำดับแรก ๆ จึงทำให้ผู้ที่เข้ามาใช้บริการบางท่านใช้ระยะเวลาการรอคอยที่ยาวนานมากถึง 6-7 ชั่วโมง ซึ่งทำให้เสียเวลาในการรอคอยอย่างมาก และหากผู้ที่เข้ามาใช้บริการได้ทำการจับบัตรคิวเป็นลำดับแรก ๆ แล้วแต่ท่านไม่ได้รออยู่หน้าห้องตรวจ ซึ่งอาจจะมีธุระส่วนตัว แต่เมื่อกลับเข้ามานั้นทำให้เกิดการเรียกคิวลำดับถัดไป (ข้ามคิว) แล้วนำคิวของท่านไปต่อลำดับ

สุดท้าย ทั้งนี้อาจทำให้เกิดระยะเวลาการรอคอยที่มากขึ้นกว่าเดิม และอาจไม่เป็นธรรมกับท่านเพียงเพราะมาช้าเพียงไม่กี่นาทีเท่านั้น ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ลำดับการจัดคิวกรณีเดิม (แบบจับบัตรคิวใหม่ในวันใช้บริการ/กรณีแบบมาก่อนได้ก่อน)

2. กรณีใหม่ (ตามบัตรคิวนัด/เรียลไทม์บนหลักความเสมอภาค)

ในกรณีใหม่นั้นไม่มีการจับบัตรคิวใหม่ในวันใช้บริการ โดยจะจัดคิวจากการยึดเวลาตามบัตรคิวนัด ซึ่งคำนวณคิวและการเรียกตามแบบจำลองการจัดคิวตามตารางนัดหมาย ในกรณีดังกล่าวนี้เป็นบัตรคิวที่ได้ทำการนัดหมายของผู้ที่เข้ามาใช้บริการตามคิวนัด ซึ่งในงานวิจัยการบริหารจัดการคิวแบบเรียลไทม์บนหลักความเสมอภาค เพื่อลดระยะเวลาการรอคอยโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มีจุดประสงค์หลักในการพัฒนา คือ ต้องการให้มีระยะเวลาการรอคอยการรับบริการในโรงพยาบาลที่น้อยที่สุด หรือให้ผู้ใช้บริการเดินทางมาในระยะเวลาที่ใกล้เคียงกับเวลานัดหมาย เพื่อไม่ให้ผู้ที่มาใช้บริการนั้นไม่เสียเวลาในการรอคอยที่นานจนเกินไป และสามารถใช้เวลาให้เกิดความคุ้มค่าอีกด้วย ดังภาพที่ 4

	2	3	4	6	7	9	1	5	8	10
เวลานัด	9:10 น.	9:20 น.	9:30 น.	9:50 น.	10:00 น.	10:20 น.	9:00 น.	9:40 น.	10:10 น.	10:30 น.
เวลารายงานตัว	8:33 น.	8:56 น.	9:16 น.	8:33 น.	9:30 น.	9:30 น.	9:58 น.	10:10 น.	10:17 น.	10:02 น.
เวลาเรียก	9:00 น.	9:10 น.	9:20 น.	9:30 น.	9:40 น.	9:50 น.	10:00 น.	10:10 น.	10:20 น.	10:30 น.

ภาพที่ 4 ลำดับการจัดคิวกรณีใหม่ (ตามบัตรคิวนัด)

ตารางที่ 1 การจัดคิวตารางนัดหมายและการวิเคราะห์เวลารอคิวกรณีเดิม (ตัวอย่างแต่ละรอบ)

ลำดับที่นัด	ชื่อ-นามสกุล (ผู้ถูกนัด)	เวลานัดหมาย	เวลารายงานตัว	เวลาเรียก	เวลารอคอยจริง (นาที)
1	BBBB	9:10 น.	8:33 น.	9:00 น.	27
2	FFFF	9:50 น.	8:33 น.	9:10 น.	37
3	MMMM	11:00 น.	8:39 น.	9:20 น.	41
4	OOOO	11:20 น.	8:44 น.	9:30 น.	46
5	PPPP	11:30 น.	8:47 น.	9:40 น.	53
6	CCCC	9:20 น.	8:56 น.	9:50 น.	54
7	KKKK	10:40 น.	9:12 น.	10:00 น.	48
8	DDDD	9:30 น.	9:16 น.	10:10 น.	54
9	LLLL	10:50 น.	9:17 น.	10:20 น.	63
10	RRRR	11:50 น.	9:22 น.	10:30 น.	68
11	GGGG	10:00 น.	9:30 น.	10:40 น.	70
12	IIII	10:20 น.	9:30 น.	10:50 น.	80
13	AAAA	9:00 น.	9:58 น.	11:00 น.	62
14	JJJJ	10:30 น.	10:02 น.	11:10 น.	68
15	EEEE	9:40 น.	10:10 น.	11:20 น.	70
16	HHHH	10:10 น.	10:17 น.	11:30 น.	73
17	QQQQ	11:40 น.	10:21 น.	11:40 น.	79
18	NNNN	11:10 น.	10:27 น.	11:50 น.	83
SUM					1,076
AVE.					60
Max					83
Min					27

ตารางที่ 2 การจัดคิวตารางนัดหมายและการวิเคราะห์เวลารอคิวกรณีใหม่ (ตัวอย่างแต่ละรอบ)

ลำดับที่นัด	ชื่อ-นามสกุล (ผู้ถูกนัด)	เวลานัดหมาย	เวลารายงานตัว	เวลาเรียก	เวลารอคอยจริง (นาที)	เวลารอคอยนับจากเวลานัด (นาที)
1	BBBB	9:10 น.	8:33 น.	9:00 น.	27	0
2	CCCC	9:20 น.	8:56 น.	9:10 น.	14	0
3	DDDD	9:30 น.	9:16 น.	9:20 น.	4	0
4	FFFF	9:50 น.	8:33 น.	9:30 น.	57	0
5	GGGG	10:00 น.	9:30 น.	9:40 น.	10	0
6	IIII	10:20 น.	9:30 น.	9:50 น.	20	0
7	AAAA	9:00 น.	9:58 น.	10:00 น.	2	2
8	EEEE	9:40 น.	10:10 น.	10:10 น.	0	0
9	HHHH	10:10 น.	10:17 น.	10:20 น.	3	3

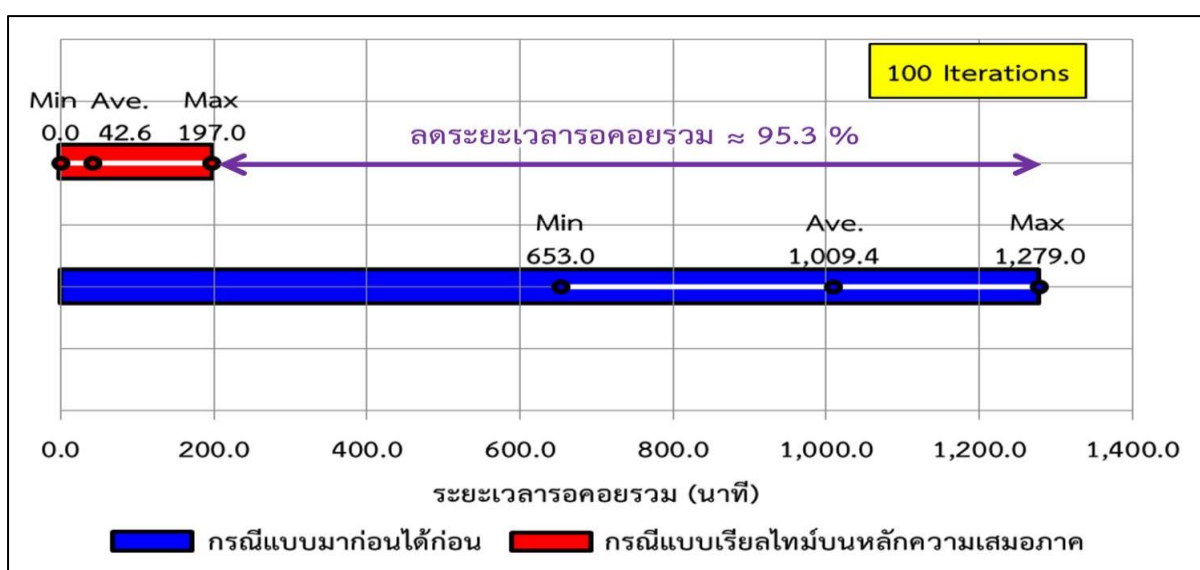
ตารางที่ 2 การจัดคิวตารางนัดหมายและการวิเคราะห์เวลารอคิวกรณีใหม่ (ตัวอย่างแต่ละรอบ) (ต่อ)

ลำดับที่นัด	ชื่อ-นามสกุล (ผู้ถูกนัด)	เวลานัด หมาย	เวลารายงานตัว	เวลาเรียก	เวลารอคอยจริง (นาที)	เวลารอคอย นับจากเวลานัด (นาที)
10	JJJJ	10:30 น.	10:02 น.	10:30 น.	28	0
11	KKKK	10:40 น.	9:12 น.	10:40 น.	88	0
12	LLLL	10:50 น.	9:17 น.	10:50 น.	93	0
13	MMMM	11:00 น.	8:39 น.	11:00 น.	141	0
14	NNNN	11:10 น.	10:27 น.	11:10 น.	43	0
15	OOOO	11:20 น.	8:44 น.	11:20 น.	156	0
16	PPPP	11:30 น.	8:47 น.	11:30 น.	163	0
17	QQQQ	11:40 น.	10:21 น.	11:40 น.	79	0
18	RRRR	11:50 น.	9:22 น.	11:50 น.	148	0
		SUM			1,076	5
		AVE.			63	3
		Max			163	3
		Min			0	0

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การจัดคิวตารางนัดหมายและการวิเคราะห์เวลารอคิวทั้ง 2 กรณี
จำนวน 100 รอบ (Iteration)

Round	W/O (จับบัตรคิวใหม่)					W (ตามคิวนัด)					Saving
	เวลารอคอย (จริง)					เวลารอคอย (นับจากเวลานัด)					
	คนรอ (%)	รวม (นาที)	สูงสุด (นาที)	ต่ำสุด (นาที)	เฉลี่ย (นาที/คน)	คนรอ (%)	รวม (นาที)	สูงสุด (นาที)	ต่ำสุด (นาที)	เฉลี่ย (นาที/คน)	
1	100.0	897.0	86.0	26.0	49.8	38.9	61.0	11.0	0.0	8.7	93.2
2	100.0	856.0	82.0	13.0	47.6	22.2	30.0	8.0	0.0	7.5	96.5
3	100.0	1,108.0	81.0	29.0	61.6	27.8	37.0	11.0	0.0	7.4	96.7
4	100.0	1,142.0	95.0	21.0	63.4	11.1	5.0	3.0	0.0	2.5	99.6
5	100.0	848.0	90.0	15.0	47.1	22.2	26.0	10.0	0.0	6.5	96.9
⋮											
จำนวน 100 รอบ (Iteration)											
98	100.0	1,174.0	97.0	27.0	65.2	5.6	9.0	9.0	0.0	9.0	99.2
99	100.0	923.0	93.0	18.0	51.3	16.7	16.0	10.0	0.0	5.3	98.3
100	100.0	1,238.0	108.0	29.0	68.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
MAX	100.0	1,279.0	115.0	30.0	71.1	55.6	197.0	40.0	0.0	25.0	100.0
MIN	100.0	653.0	81.0	3.0	36.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	77.9
AVE.	100.0	1,009.4	89.7	21.7	56.1	23.8	42.6	13.2	0.0	8.4	95.3
S.D.	0.0	142.2	7.8	6.3	7.9	12.7	40.5	8.4	0.0	4.6	4.9

จากตารางที่ 1 การจัดคิวตารางนัดหมายและการวิเคราะห์เวลารอคิวกรณีเดิม (จับบัตรคิวใหม่ในวันใช้บริการ) สามารถสังเกตได้ว่ามีระยะเวลาการรอคอยเฉลี่ย โดยรวมทั้งหมดประมาณ 60 นาที ระยะเวลาการรอคอยมากที่สุด 83 นาที และระยะเวลาการรอคือน้อยที่สุด 27 นาที นอกจากนี้การจัดคิวตารางนัดหมายและการวิเคราะห์เวลารอคิวกรณีใหม่ (ตามบัตรคิวนัด) พบว่า มีระยะเวลาการรอคอยเฉลี่ยโดยรวมทั้งหมดประมาณ 3 นาที ระยะเวลาการรอคอยมากที่สุด 3 นาที และระยะเวลาการรอคือน้อยที่สุด 0 นาที (ตารางที่ 2) ซึ่งเมื่อนำทั้งสองกรณีมาทำการเปรียบเทียบกันจะพบว่า กรณีใหม่ (ตามบัตรคิวนัด) นั้นจะมีระยะเวลาในการรอคอยที่น้อยที่สุด แสดงดังในตารางที่ 3 โดยสามารถช่วยลดระยะเวลาการรอคอยได้อย่างมากถึงร้อยละ 95.3 จึงทำให้ผู้ที่เข้ามารับบริการไม่ต้องรอนาน อีกทั้งยังสามารถลดการแออัดในพื้นที่จากการรอคิวที่ยาวนานได้อีกด้วย โดยผลการเปรียบเทียบระยะเวลาการรอคอยรวมในการจัดคิวทั้งสองรูปแบบ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาการรอคอยรวมของการจัดคิวทั้งสองกรณี

สรุปผลและการอภิปรายผล

เนื่องจากในปัจจุบันมีผู้เข้ารับบริการในโรงพยาบาลแต่ละวันมีจำนวนมาก ทั้งในรูปแบบผู้ป่วยตามบัตรคิวนัดและผู้ป่วยทั่วไป ซึ่งในการบริการก่อนเข้าพบแพทย์ในแต่ละครั้งนั้นจะต้องทำการจับบัตรคิวทุกครั้งก่อนเข้ารับบริการ ซึ่งผู้ป่วยส่วนใหญ่มีความประสงค์ที่จะเข้ารับบริการเป็นลำดับคิวต้น ๆ จึงทำให้ผู้ที่เข้ารับบริการมักจะรีบมาจับบัตรคิวล่วงหน้า เพื่อรอรับการบริการดังกล่าวโดยปัญหาดังกล่าวข้างต้นที่กล่าวมานั้นทำให้เกิดความแออัด การรอคอยที่ยาวนานในระหว่างรอเข้ารับบริการ อีกทั้งผู้ป่วยที่มาตรงตามเวลานัดนั้นยังเกิดการรอคอยที่ยาวนานอีกด้วย ผู้วิจัยจึงเห็นว่าควรมีการจัดตารางในการเรียงลำดับการเรียกคิวให้เหมาะสมบนหลักความเสมอภาค เพื่อลดระยะเวลาในการรอคอยในการเข้ารับบริการดังกล่าว

โดยการดำเนินงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาในเรื่องการบริหารจัดการคิวแบบเรียลไทม์บนหลักความเสมอภาค เพื่อลดระยะเวลาการรอคอยโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 2 กรณี คือ กรณีเดิม (จับบัตรคิวใหม่ในวันใช้บริการ) และกรณีใหม่ (ตามบัตรคิวนัด) จากการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลอง

ทางคณิตศาสตร์ พบว่า การจัดคิวตารางนัดหมายและการวิเคราะห์เวลารอคิวกรณีใหม่ (ตามบัตรคิวนัด) สามารถช่วยให้มีระยะเวลาการรอคอยเฉลี่ยที่น้อยกว่ากรณีเดิม ซึ่งสามารถช่วยลดระยะเวลาการรอคอยได้อย่างมากถึงร้อยละ 95.3 จึงทำให้ผู้ที่เข้ามาใช้บริการไม่ต้องรอคิวยาวนาน อีกทั้งผู้ที่เข้ารับบริการตามบัตรนัดนั้นสามารถเดินทางมารับการบริการได้ตามเวลานัดหมายโดยไม่ต้องรอคิวยาวนาน จึงสามารถลดระยะเวลาได้อย่างมาก อีกทั้งยังช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้บริการและสามารถสร้างความพึงพอใจให้กับผู้ใช้บริการได้อีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

ในการดำเนินงานวิจัยการบริหารจัดการคิวแบบเรียลไทม์บนหลักความเสมอภาค เพื่อลดระยะเวลาการรอคอยโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานได้หลายหลาย ทั้งเรื่องของการจัดตารางในโรงพยาบาล การจัดตารางในการเดินทาง การจัดตารางในร้านอาหาร เป็นต้น ซึ่งขึ้นอยู่กับสถานที่ เวลาของบริบทนั้น ๆ อีกทั้งยังสามารถดำเนินการต่อยอดการนำเทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์ใช้งานเพื่อให้เกิดความเรียลไทม์บนแอปพลิเคชันบนมือถือ เพื่อให้เกิดความสะดวกสบายต่อผู้ใช้งาน อีกทั้งยังสามารถลดระยะเวลาการรอคอยที่จะก่อให้เกิดความแออัดในพื้นที่นั้นได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

ธัญกร เอี้ยวชีโป และวิไลลักษณ์ เลิศเมธากุล. (2560). การพัฒนาระบบคิว งานผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลทุ่งหว้า.

สืบค้นจาก http://km.stno.moph.go.th/media/r2r/การพัฒนาระบบคิว%20งานผู้ป่วยนอก%20โรงพยาบาลทุ่งหว้า%20ธัญกร%20เอี้ยวชีโป_2017_12_19/R2Rการพัฒนาระบบคิว%20งานผู้ป่วยนอก%20โรงพยาบาลทุ่งหว้า.pdf

สมจิตต์ ลิขิตถาวร. (2550). โครงสร้างข้อมูลและการวิเคราะห์อัลกอริทึมด้วยซี Data structures and algorithm analysis in C. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.

สพุดี กิตติวราเวช, สมใจ พงษ์พิทักษ์ผล และเพชรเมธี วิริยะสืบพงศ์. (2555). การพัฒนาระบบการจองคิวตรวจล่วงหน้างานผู้ป่วยนอกศูนย์สุขภาพ สังกัดวิทยาลัยแพทย์และการสาธารณสุขมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 14(1), 1-9.

Bartsch, T., Drexler, A., & Kroger, S. (2006). Scheduling the professional soccer leagues of Austria and Germany. *Computers & Operations Research*, 33(7), 1907-1937.

Blum, C., & Roli, A. (2003). Metaheuristics in combinatorial optimization: Overview and conceptual comparison. *ACM Computing Surveys*, 35(3), 268-308.

Cacchiani, V., & Toth, P. (2012). Nominal and robust train timetabling problems. *European Journal of Operational Research*, 219(3), 727-737.

Daskalaki, S., Birbas, T., & Housos, E. (2004). An integer programming formulation for a case study in university timetabling. *European Journal of Operational Research*, 153(1), 117-135.

- Hicks, C., & Pongcharoen, P. (2006). Dispatching rules for production scheduling in the capital goods industry. **International Journal of Production Economics**, 104(1), 154-163.
- Lewis, R. (2008). A survey of metaheuristic-based techniques for University Timetabling problems. **OR Spectrum**, 30(1), 167-190.
- Meisels, A., & Schaerf, A. (2003). Modelling and solving employee timetabling problems. **Annals of Mathematics and Artificial Intelligence**, 39(1-2), 41-59.
- Meyers, C., & Orlin, J. B. (2007). Very Large-Scale Neighborhood Search Techniques in Timetabling Problems. In **Burke, E.K., Rudová, H. (eds) Practice and Theory of Automated Timetabling VI. PATAT 2006. Lecture Notes in Computer Science, 3867**. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Pongcharoen, P., Promtet, W., Yenradee, P., & Hicks, C. (2008). Stochastic optimization timetabling tool for university course scheduling. **International Journal of Production Economics**, 112(2), 903-918.
- Rossi-Doria, O., Sampels, M., Birattari, M., Chiarandini, M., Dorigo, M., Gambardella, L. M., Knowles, J., Manfrin, M., Mastrolilli, M., Paechter, B., Paquete, L., & Stützle, T. (2003). A Comparison of the Performance of Different Metaheuristics on the Timetabling Problem. In **Burke, E., De Causmaecker, P. (eds) Practice and Theory of Automated Timetabling IV. PATAT 2002. Lecture Notes in Computer Science, 2740**, Berlin, Heidelberg: Springer.
- Socha, K., Sampels, M., & Manfrin, M. (2003). Ant Algorithms for the University Course Timetabling Problem with Regard to the State-of-the-Art. In **Cagnoni, S., et al. Applications of Evolutionary Computing. EvoWorkshops 2003. Lecture Notes in Computer Science, 2611**, Berlin, Heidelberg: Springer.
- Talbi, E.G. (2009). **Metaheuristics: From Design to Implementation**. New York: Wiley.