วารสารแม่โจ้เทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2566

Received: 15 ก.ย. 2565 **Revised:** 25 ต.ค. 2565 **Accepted:** 26 ต.ค. 2565

อัลกอริทึมการประมาณการเวลารอที่ได้รับการปรับปรุงสำหรับการวางแผนการมาถึงของผู้ป่วยนอก

Improved Waiting Time Estimation Algorithm for Outpatient's Arrival Planning

ธนากร ตรองใจ[1] และ นษิ ตันติธารานุกูล[2]

[1-2] สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

Thanakorn Throngjai[1] and Nasi Tantitharanukul[2]

Email: [1] thanakorn.ttdn@gmail.com, [2]nasi@mju.ac.th

[1-2] Department of Digital Technology Innovation, Faculty of Science,

Maejo University

Abstract

When a pandemic occurs, many people come to the hospital at the same time. This caused congestion and infections in the outpatient department. In the research of Tantitharanukul et al., (2018), the waiting time estimation (WTE) algorithm was proposed. It is based on queuing theory to estimate the waiting time for the outpatients to plan their arrival. It can help to decrease the congestion of outpatients waiting in a queue at the outpatient department.

However, the WTE algorithm does not perform well under some constraints, such as when the patient arrival rate is greater than or equal to the service rate. Thus, in this work, we improved the WTE algorithm. The result shows that the improved algorithm can estimate the waiting time closer to the actual waiting time than the WTE algorithm in 3,945 cases from 5,491 cases, this is 71.84% that the improved algorithm can overcome the WTE algorithm. The summation of the errors of the proposed algorithm is 536,454 minutes less than the WTE algorithm.

Keywords: *Outpatient Department, Queueing, Waiting Time Estimation*

บทคัดย่อ

เมื่อโรคระบาดเกิดขึ้นผู้คนจำนวนมากมักจะเดินทางมาที่โรงพยาบาลพร้อมกัน จนเป็นเหตุให้เกิดความแออัดและการติดเชื้อ ณ แผนกผู้ป่วยนอกได้ ในงานวิจัยของ Tantitharanukul et al., (2018) ได้มีการนำเสนออัลกอริทึมการประมาณเวลารอที่ตั้งอยู่บนทฤษฎีแถวคอย เพื่อประมาณการเวลารอสำหรับผู้ป่วยนอกในการวางแผนการมาถึงของตนเอง ซึ่งระบบสามารถช่วยลดความแออัดของผู้ป่วยนอกที่กำลังรอคิวอยู่ ณ แผนกผู้ป่วยนอกได้

อย่างไรก็ตามอัลกอริทึมดังกล่าวยังไม่สามารถทำงานให้ดีในบางข้อจำกัดได้ เช่น กรณีที่อัตราการมาของผู้ป่วยมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับอัตราการให้บริการ เป็นต้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงอัลกอริทึมดังกล่าว ผลการวิจัยพบว่าอัลกอริทึมที่ปรับปรุงสามารถประมาณเวลารอใกล้กับเวลารอจริงมากกว่าอัลกอริทึมการประเมินเวลารอ จำนวน 3,945 กรณี จาก 5,491 กรณี คิดเป็นร้อยละ 71.84 ที่อัลกอริทึมที่ปรับปรุงสามารถเอาชนะอัลกอริทึมการประเมินเวลารอได้ ขณะที่ผลรวมข้อผิดพลาดของอัลกอริทึมที่ปรับปรุงน้อยกว่าอัลกอริทึมการประเมินเวลารอ 536,454 นาที

คำสำคัญ: *แผนกผู้ป่วยนอก, แถวคอย, การประมาณการเวลารอ*

1. บทนำ

จากอดีตถึงปัจจุบันการหยุดยั้งโรคระบาดโดยเฉพาะโรคอุบัติใหม่เป็นสิ่งที่ยากเป็นอย่างยิ่ง ดังจะเห็นได้จากการแพร่ระบาดของโรคโควิด (COVID-19) ที่ทำให้มีผู้คนเสียชีวิตเป็นจำนวนมากในหลายประเทศทั่วโลกเมื่อการระบาดเริ่มขึ้น เนื่องจากเชื้อไวรัสของโรคนี้สามารถแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็วจากผู้ติดเชื้อไปยังบุคคลอื่นๆ ผ่านทางอนุภาคของเหลวขนาดเล็กเมื่อไอ จาม พูด หรือหายใจ จึงทำให้ผู้ที่อยู่ใกล้ชิดสามารถติดเชื้อไวรัสนี้ได้โดยง่ายเมื่อสัมผัสตาหรือปากของตนเองหลังจากที่ได้สัมผัสพื้นผิวที่มีเชื้อไวรัส (World Health Organization: WHO, 2022) ด้วยเหตุดังกล่าว WHO (2021) จึงมีคำแนะนำในการป้องกันการแพร่กระจายของโรค COVID-19 โดยให้หลีกเลี่ยงฝูงชนและการสัมผัสใกล้ชิด รักษาระยะห่างทางกายภาพอย่างน้อย 1 เมตรจากผู้อื่น ซึ่งการเว้นระยะห่างทางกายภาพสามารถช่วยลดการแพร่กระจายของเชื้อได้อย่างมีนัยสำคัญ

อย่างไรก็ตามในสถานการณ์จริงการรักษาระยะห่างทางกายภาพเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก โดยเฉพาะ ณ แผนกผู้ป่วยนอกของโรงพยาล เนื่องจากเมื่อโรคระบาดเกิดขึ้นผู้คนจะตื่นตระหนกและเดินทางไปยังแผนกผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาลพร้อมๆ กันจำนวนมาก ซึ่งบางคนอาจป่วยและต้องรับการรักษาหรือบางคนอาจเพียงต้องการตรวจเชื้อหรือรับวัคซีน แต่เหตุการณ์นี้จะทำให้เกิดความแออัดเป็นอย่างมาก ณ แผนก

ผู้ป่วยนอกที่ซึ่งเป็นจุดคัดกรองผู้ป่วยก่อนการดำเนินการใดๆ ทางการแพทย์ ส่งผลให้เชื้อไวรัสสามารถแพร่กระจายจากจุดนี้ได้อย่างรวดเร็วเป็นวงกว้างมากยิ่งขึ้น

จากเหตุผลข้างต้น ในงานวิจัยของ Tantitharanukul et al., (2018) ผู้วิจัยได้เสนออัลกอริทึม WTE (Waiting Time Estimation Algorithm) เพื่อประมาณการเวลารอก่อนจะได้พบแพทย์เมื่อผู้ป่วยเดินทางมาถึงแผนกผู้ป่วยนอก ณ เวลาใดๆ โดยอัลกอริทึม WTE ตั้งอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีแถวคอย ซึ่งผู้เข้ารับบริการสามารถใช้ข้อมูลเวลาประมาณการดังกล่าวเพื่อวางแผนเข้ารับบริการในช่วงที่มีระยะเวลารอต่ำได้ จะทำให้ผู้ป่วยใช้เวลาอยู่ที่แผนกผู้ป่วยนอกน้อยลง ช่วยลดความแออัดของผู้ป่วยได้ อย่างไรก็ตามอัลกอริทึมดังกล่าวยังไม่สามารถทำงานให้ดีในบางข้อจำกัดได้ เช่น กรณีที่อัตราการมาของผู้ป่วยมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับอัตราการให้บริการ ซึ่งจะทำให้การคำนวณมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นจากข้อจำกัดทางคณิตศาสตร์เป็นต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพของอัลกอริทึม WTE ให้ดีขึ้น โดยได้นำเสนอวิธีการการปรับปรุงดังกล่าวไว้ในงานวิจัยนี้

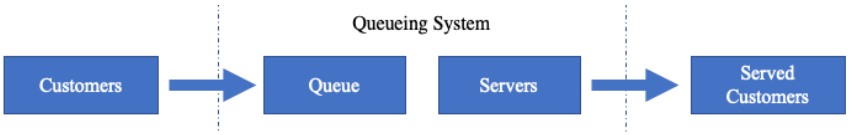
2. วัตถุประสงค์

ปรับปรุงประสิทธิภาพอัลกอริทึม WTE (Tantitharanukul et al., 2018) เพื่อการประมาณการระยะเวลารอของผู้ที่ต้องการเข้ารับการบริการของโรงพยาบาล ณ แผนกผู้ป่วยนอก

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและการตรวจเอกสาร

3.1. องค์ประกอบของแถวคอย

แถวคอยหรือคิว (Queue) เป็นสิ่งที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไปในชีวิตประจำวัน เช่น การรอคอยเพื่อชำระเงินในร้านสะดวกซื้อเป็นต้น โดยระบบแถวคอย (Queueing System) จะเกิดขึ้นเมื่อมีผู้เข้ารับบริการเข้ามาเพื่อรอรับการให้บริการแต่ในช่วงเวลานั้นผู้ให้บริการไม่สามารถให้บริการได้ในทันที จึงทำให้เกิดการรอของลูกค้าเกิดขึ้น ซึ่งระบบแถวคอยประกอบไปด้วยองค์ประกอบสำคัญต่างๆ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 องค์ประกอบของแถวคอย

1. ลูกค้า/ผู้มารับบริการ (Customers): คือผู้มีความต้องการเข้ารับบริการ
2. พนักงาน/ผู้ให้บริการ (Servers): เป็นผู้ให้บริการกับลูกค้า/ผู้มารับบริการ

3. แถวคอย (Queue): เมื่อลูกค้าเข้ามา ณ จุดให้บริการแต่ขณะนั้นผู้ให้บริการยังไม่สามารถให้บริการผู้ที่เข้ามาใหม่ได้ ผู้ที่เข้ามาจึงต้องอยู่ในแถวคอยเพื่อรอรับบริการ และเมื่อลูกค้าได้รับการบริการเสร็จสิ้น ลูกค้าจะได้รับสถานะ “ได้รับการบริการแล้ว” พร้อมกับออกไปจากระบบแถวคอย

3.2. การวิเคราะห์แถวคอย

3.2.1.นิยามและสัญลักษณ์

n = จำนวนลูกค้าที่อยู่ในระบบ	ρ = ความหนาแน่นของระบบ
L_s = จำนวนเฉลี่ยของลูกค้าในระบบ	L_q = จำนวนเฉลี่ยของลูกค้าที่รอในแถวคอย
W_s = ระยะเวลาเฉลี่ยที่ลูกค้าใช้ในระบบ	W_q = ระยะเวลาเฉลี่ยที่ลูกค้าใช้ในแถวคอย
c = จำนวนช่อง/ผู้ให้บริการในระบบ (มีค่าเป็น 1 กรณีมีช่องบริการช่องเดียว)	μ_n = อัตราการให้บริการโดยเฉลี่ยของระบบเมื่อในระบบมีลูกค้าอยู่ n คน
P_w = ความน่าจะเป็นที่ระบบไม่ว่าง	P_n = ความน่าจะเป็นที่จะมีลูกค้า n คนอยู่ในระบบ
P_0 = ความน่าจะเป็นที่ไม่มีลูกค้าอยู่ในระบบ	λ = อัตราการเข้ารับบริการ ณ จุดให้บริการ ณ เวลาใดเวลาหนึ่งซึ่งมีการเกิดขึ้นแบบสุ่มและมีการกระจายตัวแบบปัวส์ซอง (Poisson)
λ_n = อัตราการเข้ามาเฉลี่ยของลูกค้า เมื่อในระบบมีลูกค้าอยู่ n คน	

3.2.2. การทำงานของระบบเมื่อเกิดสภาวะคงตัว

เมื่อระบบแถวคอยที่เกิดขึ้นระยะหนึ่งและเข้าสู่สภาวะคงตัวหมายถึงเมื่ออัตราการมาของลูกค้าในระบบ λ_n และอัตราการให้บริการกับลูกค้าในระบบ μ_n มีค่าคงที่ในทุกค่า n เมื่อ $n = 0,1,2,\ldots$ จะสามารถใช้สูตรของลิทเทิล (Little’s Formula) เพื่อคำนวณค่าต่างๆ ในแถวคอยได้ ประกอบด้วย

- ความน่าจะเป็นที่จะไม่มีลูกค้าอยู่ในระบบ $P_0 = \left[\sum_{n=0}^{c-1} \frac{1}{n!}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c}{c!\left(1-\frac{\lambda}{c\mu}\right)}\right]^{-1}$
- จำนวนเฉลี่ยของลูกค้าที่รอในแถวคอย $L_q = \frac{\rho\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c}{c!(1-\rho)}P_0$
- ความหนาแน่นของระบบ $\rho = \frac{\lambda}{c\mu}\ ,\ \rho < 1$
- ระยะเวลาเฉลี่ยของลูกค้าในแถวคอย $W_q = \frac{L_q}{\lambda}$

ซึ่ง W_q จะถูกนำไปใช้เพื่อประมาณการต่อว่า เมื่อลูกค้าเข้ามาในระบบ ณ เวลานั้นๆ ลูกค้าจะต้องรอนานเท่าใดจึงจะได้รับการบริการ

3.3. การตรวจเอกสาร

ในงานวิจัยของ Komashie et al. (2015) ได้มีการพัฒนารูปแบบการประเมินความพึงพอใจของผู้ป่วยและพนักงานโดยใช้ทฤษฎีแถวคอย โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจของผู้ป่วย ซึ่งระดับความพึงพอใจจะเกิดขึ้นเมื่อเวลาให้บริการในอุดมคติใกล้เคียงกับหรือเท่ากับเวลาในการให้บริการจริง โดยมีเวลารอจริงใกล้เคียงกับหรือเท่ากับเวลาที่ผู้ป่วยคาดไว้

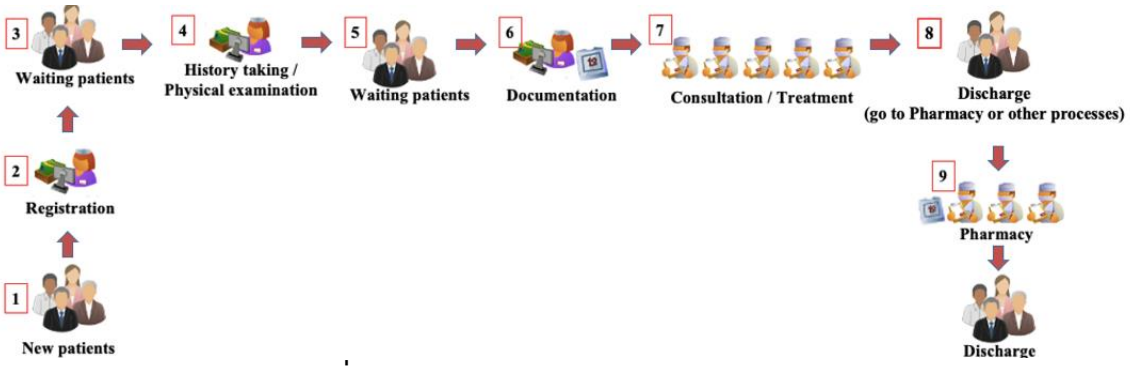
Tantitharanukul et al. (2018) ได้เสนอระบบการประมาณการเวลารอสำหรับการวางแผนการมาถึงของผู้ป่วย ณ แผนกผู้ป่วยนอก เพื่อลดความแออัดของผู้ที่ต้องการเข้ารับการรักษาและลดการแพร่กระจายของเชื้อโรคที่เกิดจากความแออัดของผู้ป่วย ซึ่งระบบดังกล่าวตั้งอยู่บนอัลกอริทึมการประมาณการเวลารอที่พัฒนาจากทฤษฎีแถวคอย จากผลการทดลองพบว่าระบบสามารถประมาณการเวลารอได้ใกล้เคียงกับเวลารอจริงมากกว่าอัลกอริทึมเปรียบเทียบที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของค่าเฉลี่ยเลขคณิต

4. วิธีดำเนินการ

5.1 วิธีดำเนินการวิจัย

5.1.1 รวบรวมข้อมูลการเข้ารับบริการของผู้ป่วยและวิเคราะห์โครงสร้างการให้บริการของแผนกผู้ป่วยนอก ดังภาพที่ 2 โดยเริ่มจากผู้ป่วยมาถึงแผนกผู้ป่วยนอก ณ จุดที่ 1 เพื่อลงทะเบียนและคัดกรองโรคในจุดที่ 2 แล้วพักรอในจุดที่ 3 จากนั้นซักประประวัติและรายละเอียดอาการป่วยในจุดที่ 4 และรอ ณ จุดที่ 5 แล้วรับเอกสารการซักประวัติในจุดที่ 6 จากนั้นจึงเข้าพบแพทย์ ในจุดที่ 7 ซึ่งเมื่อเสร็จสิ้นจากจุดนี้แล้วผู้ป่วยอาจถูกส่งไปยังแผนกอื่นหรือไปรอรับยา ณ จุดที่ 8 เพื่อรอเจ้าหน้าที่เรียกรับยาในจุดที่ 9 เมื่อผู้ป่วยได้รับยาจะสิ้นสุดกระบวนการทั้งหมด

โดยงานวิจัยนี้จะประมาณการเวลารอตั้งแต่ผู้ป่วยเข้ามา ณ จุดที่ 1 จนถึงก่อนพบแพทย์ในจุดที่ 7



ภาพที่ 2 โครงสร้างการให้บริการในแผนกผู้ป่วยนอก

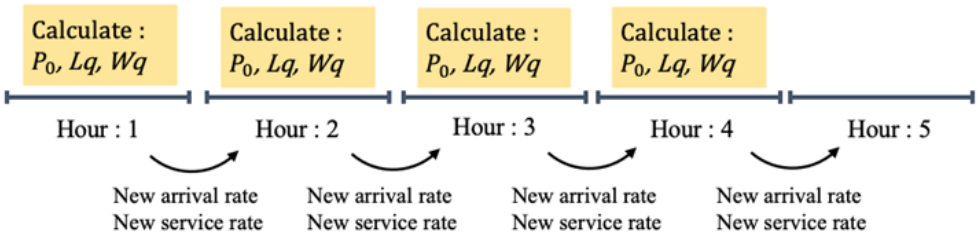
5.1.2 ทำความสะอาดข้อมูลที่ได้รับและบันทึกข้อมูลเข้าสู่ฐานข้อมูล โดยข้อมูลพื้นฐานที่ใช้มีประกอบด้วย ระยะเวลารอจริง จำนวนผู้ป่วยที่อยู่ในแถวคอยและจำนวนผู้ป่วยที่อยู่ในระบบ เป็นต้น

อัลกอริทึมที่ 1: การประมาณการระยะเวลารอ (Waiting Time Estimation : WTE)

INPUT: interval, number of arrived patients, number of served patients.
OUTPUT: The average time a patient spends waiting in the queue.

WHILE running = true **DO**
  IF interval is not the first interval **THEN**
    IF interval is changed to a new interval **THEN**
      Calculate λ = number of arrived from the last interval.
      Calculate μ = number of served from the last interval / 60.
        IF $\mu = 0$ **THEN**
          μ = the last μ that it is more than 0.
        END IF
      Update λ and μ .
    END IF
    Calculate P_0.
    Calculate L_q.
    Calculate W_q.
    RETURN Estimated waiting time, W_q.
  ELSE
    $\mu = \mu$ from the training dataset.
    $\lambda = \lambda$ from the training dataset.
    Calculate P_0.
    Calculate L_q.
    Calculate W_q.
    RETURN Estimated waiting time, W_q.
  END IF
END WHILE

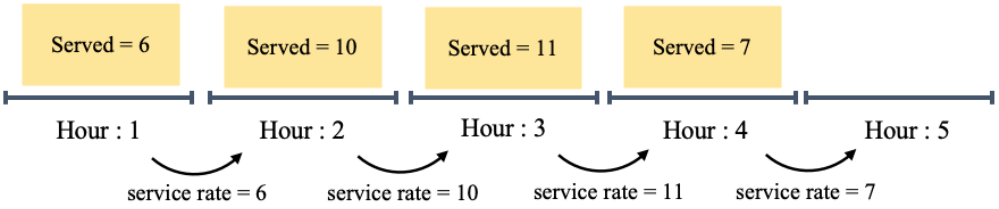
5.1.3 วิเคราะห์และปรับปรุงประสิทธิภาพของอัลกอริทึม WTE ของ Tantitharanukul et al. (2018) จากอัลกอริทึมที่ 1: WTE จะเห็นว่าว่าอัลกอริทึมถูกออกแบบให้คำนวณความน่าจะเป็นที่จะไม่มีลูกค้าอยู่ในระบบ (P_0) และจำนวนเฉลี่ยของลูกค้าที่รอในแถวคอย (L_q) เพื่อหาระยะเวลาเฉลี่ยที่ลูกค้าใช้ในแถวคอย (W_q) โดยค่า W_q จะถูกนำไปคูณด้วยจำนวนลูกค้าที่อยู่ในแถวคอยทั้งหมดเพื่อประมาณการระยะเวลารอของผู้ป่วยก่อนที่จะพบแพทย์ โดยอัตราการเข้าใช้บริการและอัตราการให้บริการจะถูกคำนวณใหม่ทุกๆ 1 ชั่วโมง และใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นในการประมาณการเวลารอในชั่วโมงถัดไป ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ลักษณะการคำนวณของอัลกอริทึมในแต่ละรายชั่วโมง

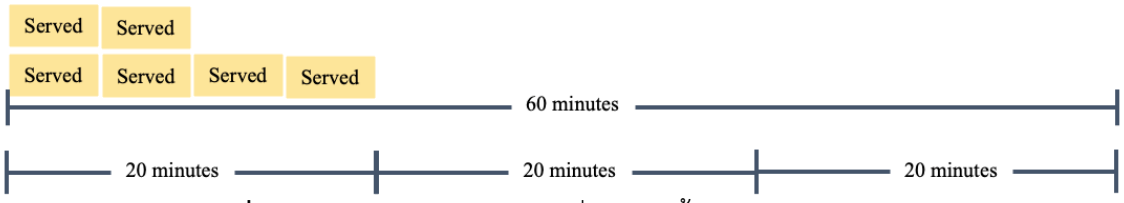
จากอัลกอริทึมที่ 1: WTE ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะปรับปรุงขั้นตอนวิธีจากอัลกอริทึมดังกล่าวให้สามารถประมาณการเวลารอได้ดียิ่งขึ้น แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. เปลี่ยนขั้นตอนวิธีในการคำนวณหา “อัตราการให้บริการ” ซึ่งจากเดิมการคำนวณหาอัตราการให้บริการนั้นจะใช้จำนวนผู้ได้รับบริการในช่วงเวลาก่อนหน้ามาเป็นอัตราการให้บริการในช่วงเวลาถัดไป ดังภาพที่ 4 โดยที่กรอบเวลาแต่ละช่วงที่กำหนดคือ 1 ชั่วโมง นั่นคือชั่วโมงที่ 2 จะใช้อัตราการให้บริการจากชั่วโมงที่ 1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6 คนต่อชั่วโมง เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่า W_q ต่อไป



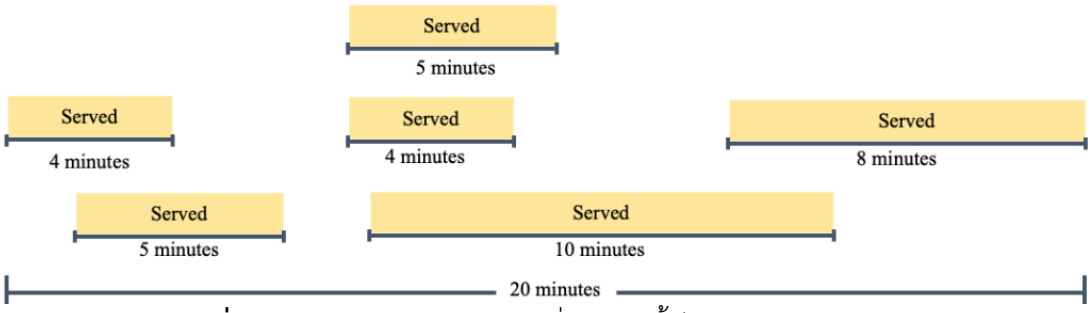
ภาพที่ 4 แสดงวิธีการคำนวณอัตราการให้บริการในอัลกอริทึมที่ 1: WTE

แต่จากการตรวจสอบข้อมูลการให้บริการโดยละเอียดพบว่า มีหลายช่วงเวลาที่การให้บริการเสร็จสิ้นก่อนกรอบเวลาที่ตั้งไว้ เช่น ในชั่วโมงที่ 1 จะพบว่าการให้บริการทั้ง 6 ครั้งนั้น ผู้ให้บริการอาจให้บริการเสร็จสิ้นภายใน 20 นาทีแรกของกรอบเวลาโดยไม่ต้องใช้เวลาเต็ม 1 ชั่วโมง ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ตัวอย่างการให้บริการจริงที่อาจเกิดขึ้นได้ในแต่ละกรอบเวลา

จากกรณีดังกล่าวจะเห็นว่าผู้ให้บริการมีศักยภาพในการบริการมากกว่า 6 คนต่อชั่วโมง ผู้วิจัยจึงคิดที่จะเปลี่ยนรูปแบบการคำนวณอัตราการให้บริการใหม่ โดยคำนวณจากค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการให้บริการที่เกิดขึ้นจริงแทน ดังภาพที่ 6 ที่การให้บริการเกิดขนานกันเนื่องจากมีหลายช่องให้บริการ เมื่อนำระยะเวลาจริงในการให้บริการมาหาค่าเฉลี่ยจะได้อัตราการให้บริการ (4+5+5+4+10+8)/6 = 6 นาทีต่อคน หรือ 10 คนต่อชั่วโมง ต่างจากเดิมที่ได้อัตราการให้บริการเพียง 6 คนต่อชั่วโมง



ภาพที่ 6 ตัวอย่างการให้บริการจริงที่อาจเกิดขึ้นได้ในแต่ละกรอบเวลา

2. ตรวจสอบกรณีที่อัลกอริทึมที่ 1: WTE ไม่สามารถคำนวนระยะเวลารอได้อย่างปกติอันเนื่องมาจากข้อจำกัดทางคณิตศาสตร์ ในการประมวลผลของอัลกอริทึมการคำนวณหาจำนวนเฉลี่ยของลูกค้าที่รอในแถวคอย (L_q) และ ความหนาแน่นของระบบ (ρ) นั้นมีความสำคัญอย่างมากต่อการหาค่าการประมาณการระยะเวลารอ โดยที่

$$\rho = \frac{\lambda}{c\mu}\ ,\ \rho < 1 \qquad \text{และ} \qquad L_q = \frac{\rho\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c}{c!(1-\rho)}P_0$$

จากสมการข้างต้นจะเห็นว่าเมื่ออัตราการมาของผู้ป่วย (λ) มีมากกว่าอัตราการให้บริการ ($c\mu$) จะทำให้ ρ มีค่ามากกว่า 1 หรือ หากอัตราการมาของผู้ป่วยมีเท่ากับอัตราการให้บริการ จะทำให้ ρ มีค่าเท่ากับ 1 แต่จากสมการ L_q ค่า ρ ไม่ควรมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1 เนื่องจากจะทำให้ไม่สามารถหาค่า L_q ได้ เนื่องจากตัวหารเป็นศูนย์หรือ L_q มีค่าติดลบ ดังนั้นระบบที่ตั้งอยู่บนอัลกอริทึมที่ 1 จะประมาณการเวลารออย่างปกติได้นั้นจะต้องมีเงื่อนไขคือ ความหนาแน่นของระบบจะต้องมีค่าน้อยกว่า 1 เสมอ จึงทำให้ระบบไม่รองรับกรณีที่อัตราการมาของผู้ป่วยมากกว่าหรือเท่ากับอัตราการให้บริการ

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะปรับปรุงให้อัลกอริทึมที่ 1: WTE มีการตรวจสอบว่าหากกรณีที่อัตราการมาของผู้ป่วยมากกว่าหรือเท่ากับอัตราการให้บริการ ให้เลือกใช้อัตราการมาของผู้ป่วยและอัตราการให้บริการตั้งต้นของระบบ โดยขั้นตอนวิธีของอัลกอริทึมที่ปรับปรุงแล้ว แสดงในอัลกอริทึมที่ 2: IWTE

5.1.4 จากอัลกอริทึมที่ 2: IWTE ผู้วิจัยได้พัฒนาอัลกอริทึมดังกล่าวด้วยชุดคำสั่งภาษาไพธอน จากนั้นทดสอบการทำงานของระบบในการประมาณการระยะเวลารอจากข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมไว้ เปรียบเทียบผลลัพธ์อัลกอริทึมที่ 2 กับผลลัพธ์จากอัลกอริทึมที่ 1 และระยะเวลารอจริง

5.1.5 รวบรวมข้อมูลการทดลอง วิเคราะห์ วิจารณ์และสรุปผลในการทำการวิจัย

อัลกอริทึมที่ 2: การประมาณการระยะเวลารอที่ปรับปรุงแล้ว

(Improved Waiting Time Estimation : IWTE)

INPUT: interval, number of arrived patients, number of served patients.
OUTPUT: The average time a patient spends waiting in the queue.

WHILE running = true **DO**
  IF interval is not the first interval **THEN**
    IF interval is changed to a new interval **THEN**
      Calculate λ = number of arrived from the last interval.
      Calculate μ = actual service time from the last interval / number of served.
        IF $\mu = 0$ **OR** $\mu <= \lambda$ **THEN**
          $\mu = \mu$ from the training dataset.
          $\lambda = \lambda$ from the training dataset.
        END IF
      Update λ and μ .
    END IF
    Calculate P_0.
    Calculate L_q.
    Calculate W_q.
    RETURN Estimated waiting time, W_q.
  ELSE
    $\mu = \mu$ from the training dataset.
    $\lambda = \lambda$ from the training dataset.
    Calculate P_0.
    Calculate L_q.
    Calculate W_q.
    RETURN Estimated waiting time, W_q.
  END IF
END WHILE

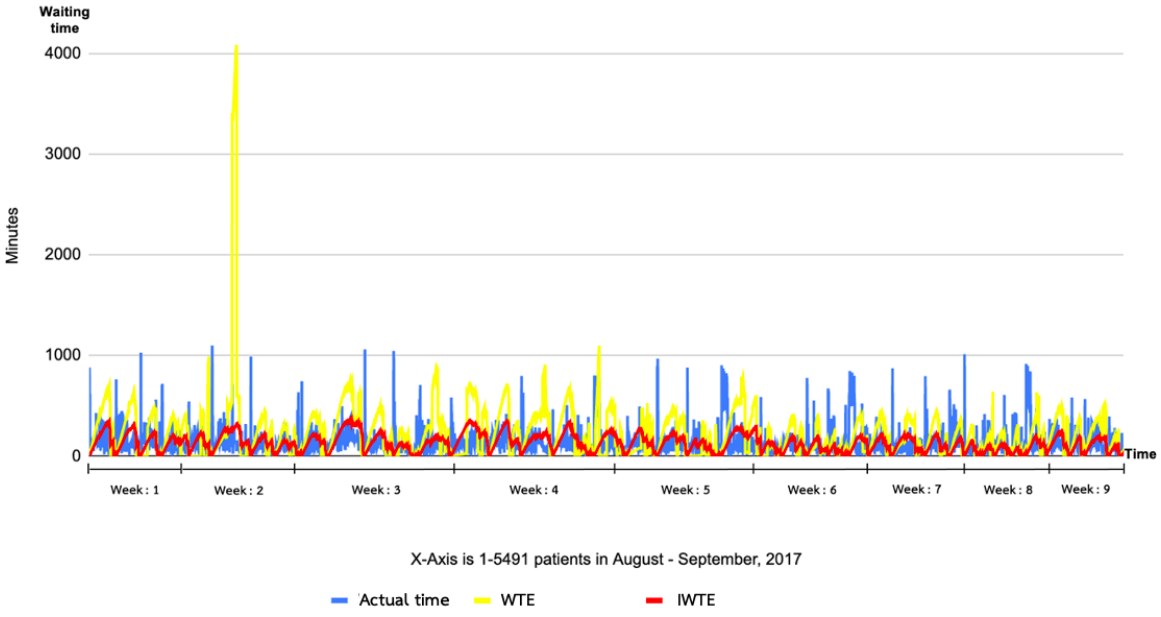
5.2 ขอบเขตและกลุ่มประชากร

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลการเข้ารับการบริการของผู้ป่วยจากแผนกผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาล 1 แห่ง (ไม่เปิดเผยชื่อ) ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย 24 ชั่วโมงเป็นเวลา 3 เดือน (กรกฎาคม ถึง กันยายน พ.ศ. 2560) โดยข้อมูลเดือนกรกฎาคมใช้เพื่อเรียนรู้และสร้างแบบจำลอง และข้อมูลเดือนสิงหาคมและกันยายนใช้เพื่อการทดสอบอัลกอริทึม

5. ผลการศึกษา

การประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากอัลกอริทึม WTE และอัลกอริทึม IWTE จะใช้ข้อมูลการเข้ารับบริการในแผนกผู้ป่วยนอก ช่วงเดือน สิงหาคม ถึง กันยายน พ.ศ. 2560 โดยผลลัพธ์สามารถแสดงได้ดังนี้

จากภาพที่ 7 เส้นสีน้ำเงินแสดงระยะเวลารอจริงที่ผู้ป่วยใช้ในการรอ เส้นสีเหลืองแสดงระยะเวลาที่ประมาณการระยะเวลารอด้วยอัลกอริทึมที่1: WTE และเส้นสีแดงแสดงระยะเวลาที่ประมาณการระยะเวลารอด้วยอัลกอริทึมที่ 2: IWTE ประกอบด้วยผู้เข้ารับการบริการทางการแพทย์จำนวน 5,491 คน ซึ่งระยะเวลารอมีหน่วยเป็นนาที



ภาพที่ 7 การประมาณการระยะเวลารอของทั้งสองอัลกอริทึมเทียบกับระยะเวลารอจริง

จากนั้นผู้วิจัยได้เปรียบเทียบผลการประมาณการเวลารอของอัลกอริทึมที่ 1 และ 2 กับระยะเวลารอจริง หากผลต่างของอัลกอริทึมใดมีค่าน้อยกว่าจะได้ว่า อัลกอริทึมสามารถประมาณการเวลารอได้ใกล้เคียงระยะเวลารอจริงมากกว่า ผลลัพธ์จากทั้งหมด 5,491 กรณี ได้ว่า อัลกอริทึมที่ 2 มีร้อยละการประมาณการได้ใกล้เคียงกับเวลารอจริงมากกว่าอัลกอริทึมที่ 1 แสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลการเปรียบเทียบผลลัพธ์การประมาณการอัลกอริทึมที่ 1 และอัลกอริทึมที่ 2

กรณีที่เกิดจากการประมาณการเวลา	จำนวนครั้ง	ร้อยละ
อัลกอริทึมที่ 1 สามารถประมาณการเวลารอได้ใกล้เคียงกว่า	1,444	26.30
อัลกอริทึมที่ 2 สามารถประมาณการเวลารอได้ใกล้เคียงกว่า	3,945	71.84
อัลกอริทึมที่ 1 และอัลกอริทึมที่ 2 ประมาณการเวลารอได้เท่ากัน	102	1.86
อัลกอริทึมที่ 1 ประมาณการเวลารอได้ตรงกับระยะเวลารอจริง	15	0.27
อัลกอริทึมที่ 2 ประมาณการเวลารอได้ตรงกับระยะเวลารอจริง	24	0.49

ในส่วนของผลต่างระหว่างระยะเวลารอที่ประมาณการได้จากอัลกอริทึมกับระยะเวลารอจริงสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าความผิดพลาดจากการประมาณการของอัลกอริทึมที่ 2 น้อยกว่าค่าความผิดพลาดจากการประมาณการอัลกอริทึมที่ 1 เป็นอย่างมาก และค่าเฉลี่ยเวลารอที่ประมาณการได้จากอัลกอริทึมแสดงดังตารางที่ 3 ซึ่งค่าเฉลี่ยเวลารอจากประมาณการจากอัลกอริทึมที่ 2 ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยเวลารอจริงมากกว่าอัลกอริทึมที่ 1

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลการเปรียบเทียบผลลัพธ์การประมาณการอัลกอริทึมที่ 1 และอัลกอริทึมที่ 2

ประเภทของผลต่าง	เวลา (นาที)
ผลรวมของผลต่างระหว่างเวลารอจริงและเวลาที่ประมาณการจากอัลกอริทึมที่ 1	1,033,312
ผลรวมของผลต่างระหว่างเวลารอจริงและเวลาที่ประมาณการจากอัลกอริทึมที่ 2	496,858

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยของเวลารอที่ประมาณการได้จากอัลกอริทึมที่ 1 และอัลกอริทึมที่ 2

ค่าเฉลี่ย	เวลารอ (นาที)	ค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$)
ค่าเฉลี่ยเวลารอจริง	177,831	32.382
ค่าเฉลี่ยเวลารอจากประมาณการ อัลกอริทึมที่ 1	1,212,199	220.761 (ที่ SD = 358.64)
ค่าเฉลี่ยเวลารอจากประมาณการ อัลกอริทึมที่ 2	719,073	130.954 (ที่ SD =130.59)

6. สรุปผลและอภิปรายผล

จากตารางที่ 1 ใน 5,491 กรณี มีกรณีที่อัลกอริทึมที่ 1 ประมาณการเวลารอได้ดีกว่า 1,444 ครั้ง คิดเป็น 26 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่อัลกอริทึมที่ 2 สามารถประมาณการเวลารอได้ดีกว่าถึง 3,945 ครั้ง คิดเป็น 72 เปอร์เซ็นต์ เห็นได้ว่าอัลกอริทึมที่ 2 สามารถประมาณการระยะเวลารอได้ใกล้เคียงกับความจริงมากกว่าอัลกอริทึมที่ 1 ในอัตราส่วนที่มากถึงร้อยละ 72 ต่อ 26 และอัลกอริทึมที่ 2 ยังสามารถประมาณการเวลารอตรงพอดีกับระยะเวลารอจริงได้จำนวนมากกว่าอัลกอริทึมที่ 1 อีกด้วย

นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลและผลลัพธ์จากตารางที่ 2 จะพบว่า จากผู้ป่วยทั้งหมด 5,491 คน อัลกอริทึมที่ 2 ประมาณการระยะเวลารอผิดพลาดน้อยกว่าอัลกอริทึมที่ 1 ถึง 536,454 นาที

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าอัลกอริทึม IWTE ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพดีกว่าอัลกอริทึม WTE ในการประมาณการระยะเวลารอเพื่อเข้ารับบริการทางการแพทย์ ณ แผนกผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาล

เนื่องจากในกระบวนการตั้งแต่ผู้ป่วยเข้ามาถึง ณ แผนกผู้ป่วยนอกจนได้รับการบริการการตรวจรักษาโดยแพทย์จะมีหลายกระบวนการย่อยหลายกระบวนการภายในนั้น ซึ่งอาจมีการรอของผู้ป่วยเกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการย่อย ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะแก่ผู้ที่สนใจอาจสามารถพัฒนาต่อยอดการประมาณการเวลารอให้แม่นยำยิ่งขึ้นโดยนำเอากระบวนการย่อยต่างๆ เหล่านั้นมาวิเคราะห์ระยะเวลารอโดยและเอียดและใช้ร่วมในการประมาณการเวลารอในภาพรวมของกระบวนการทั้งหมดได้ในอนาคต นอกจากนี้อาจยังสามารถหาแนวทางการวัดประสิทธิภาพของอัลกอริทึมด้วยวิธีอื่นๆ เพื่อสามารถเข้าใจประสิทธิภาพของอัลกอริทึมได้หลากหลายมิติมากขึ้น ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่ดีที่ช่วยในการตัดสินใจนำอัลกอริทึมไปใช้ให้เหมาะสมกับงานได้

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ผู้วิจัยขอขอบคุณการสนับสนุนจากหน่วยวิจัยนวัตกรรมดิจิทัลอัจฉริยะ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ รวมถึงโรงพยาบาลและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัย มา ณ ที่นี้

8. เอกสารอ้างอิง

Komashie, A. Mousavi, P. J. Clarkson, and T. Young. (2015). An Integrated Model of Patient and Staff Satisfaction Using Queuing Theory. **IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine**. 3: 1-10.

Tantitharanukul, N., & Throngjai, T. (2018, February). Waiting time estimation system for outpatient's arrival planning. **In 2018 International Conference on Digital Arts, Media and Technology (ICDAMT).** (pp. 207-212). IEEE.

World Health Organization. (2021). **Advice for the public: Coronavirus disease (COVID-19)**. Retrieved 5 October 2021 from https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public

World Health Organization. (2022). **Coronavirus disease (COVID-19): How is it transmitted**. Retrieved 10 January 2022 from https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/coronavirus-disease-covid-19-how-is-it-transmitted