



KKU Res. J. 2014; 19(1) : 82-91

<http://resjournal.kku.ac.th>

การสร้างและการวิเคราะห์แบบจำลองคลินิกผู้ป่วยนอกของวิทยาลัย แพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี Simulation Modeling and Analysis of the Outpatient Clinic of the College of Medicine and Public Health, Ubon Ratchathani University

สัมพันธ์ โอพาพิริยกุล¹* ตะวันฉาย โพรธิ์หอม¹ ปวีณสมร ศรีสุธรรม¹ สุภลักษณ์ บุญคุ้ม¹ และ ปกัศรา พลแสน¹
Sun Olapiriyakul¹ Tawanchai Phohom¹, Paweemsamorn Srisutum¹, Supalak BoonKoom¹ and
Papassara Polsaen¹*

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

*Correspondent author: sun_ola@hotmail.com

บทคัดย่อ

แผนกผู้ป่วยนอกของหน่วยบริการปฐมภูมิของวิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ซึ่งถูกก่อตั้งขึ้นไม่นานมานี้ได้อยู่ภายใต้ความจำเป็นที่จะต้องจัดเตรียมการปฏิบัติการเพื่อให้สามารถรองรับผู้ป่วยซึ่งจะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในอนาคตอันใกล้พร้อมกับรักษาระดับคุณภาพการให้บริการเอาไว้ งานวิจัยนี้ทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์การปฏิบัติการของแผนกผู้ป่วยนอกดังกล่าว โดยใช้วิธีการจำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่องที่ขับเคลื่อนด้วยเหตุการณ์ จุดประสงค์ของงานวิจัยได้แก่การวิเคราะห์ระดับภาระงานของบุคลากรในระบบในเชิงปริมาณ แนวทางเบื้องต้นในการจัดสรรทรัพยากรบุคคลและปรับปรุงสมดุลภาระงานถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อคาดการณ์ถึงผลที่จะเกิดขึ้นจากการนำแนวทางเหล่านี้ไปใช้ในทางปฏิบัติ นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังวิเคราะห์ถึงจุดคอขวดของระบบ จากผลการวิเคราะห์ พบว่าระดับภาระงานของแพทย์ พยาบาล และ เจ้าหน้าที่ ที่อยู่ในแผนกต่าง ๆ นั้นแตกต่างกันค่อนข้างมาก แผนกตรวจผู้ป่วยถูกระบุว่าเป็นจุดคอขวดของระบบที่อาจจะเกิดขึ้น ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้คาดว่าจะทำให้ผู้บริหารเกิดความเข้าใจที่ดีขึ้นเกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรบุคคลและลักษณะทั่วไปของภาระงานของระบบที่ทำการศึกษา

Abstract

The outpatient clinic of the primary care unit of the College of Medicine and Public Health, Ubon Ratchathani University, which was recently founded, has been under need to prepare its operations to be able to accommodate the anticipated increase in the number of patients in the near future while maintaining its quality of services. In this research, the operation of the outpatient clinic is modeled using discrete-event simulation. The goal of this research is to quantitatively evaluate the workload of staffs in the system. Preliminary resource allocation and leveling approaches are modeled and analyzed to predict the outcome of their practical implementation. In addition, bottleneck analysis is performed in this research. The studying results indicate that the level of workload of physicians, nurses and other staffs varies greatly across departments. Diagnosis department is identified as the potential bottleneck of the system. The findings in this research are expected to provide management with a better understanding of resource utilization and overall workload characteristics of the system under study.

คำสำคัญ: การจำลองสถานการณ์ การจัดสรรทรัพยากร การวิเคราะห์จุดคอขวด การจัดการบริการสุขภาพ โรงพยาบาล

Keywords: Simulation, Resource Allocation, Bottleneck Analysis, Healthcare Management, Hospital

1. บทนำ

นับแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โรงพยาบาลและสถานพยาบาลจัดเป็นกิจการที่มีการลงทุนสูงและมีรายจ่ายที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จากการสำรวจและรวบรวมข้อมูลโดยสำนักสถิติแห่งชาติ พบว่า ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา โรงพยาบาลและสถานพยาบาลเอกชนทั่วประเทศมีค่าเฉลี่ยรายจ่ายต่อกิจการเพิ่มขึ้นจาก 115.7 (1) เป็น 223.9 (2) ล้านบาทต่อปีหรือเพิ่มขึ้นประมาณ 93.5% ถึงแม้รายจ่ายเฉลี่ยต่อกิจการของโรงพยาบาลและสถานพยาบาลเอกชนจะเพิ่มมากขึ้นในอัตราที่สูงกว่าอันเนื่องมาจากค่ารักษาพยาบาลเรียกเก็บจากผู้ป่วยที่สูงขึ้นและการเข้ารักษาของผู้ป่วยจากต่างชาติ จำนวนกิจการของ โรงพยาบาลและสถานพยาบาลเอกชนกลับลดลงเรื่อยๆ อันเนื่องมาจากการแข่งขันที่สูง นอกจากการปิดกิจการแล้ว ก็ได้เกิดการควบรวมกิจการระหว่าง โรงพยาบาลและสถานพยาบาลขนาดเล็กและขนาดปานกลางเข้าเป็นสาขาของโรงพยาบาลขนาดใหญ่เพื่อความอยู่รอดทางธุรกิจ สำหรับโรงพยาบาลและสถานพยาบาลของภาครัฐ ถึงแม้จะไม่มีผลสำรวจโดยสำนักสถิติแห่งชาติเกี่ยวกับรายรับและรายจ่ายแต่ก็เป็นที่น่าทึ่งกันทั่วว่า โรงพยาบาลและสถานพยาบาลภาครัฐได้เข้าสู่ภาวะวิกฤตทางการเงินนับจากประเทศไทยเริ่มมีระบบบริการสุขภาพถ้วนหน้าในปี พ.ศ. 2544

จากการศึกษาก่อนหน้านี้ (3) พบว่าการควบคุมค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานจัดเป็นหนึ่งในแนวทางปฏิบัติที่สำคัญเพื่อฟื้นฟูภาวะทางการเงินของโรงพยาบาลภาครัฐที่ประสบภาวะวิกฤตทางการเงิน อย่างไรก็ตาม แนวทางการควบคุมค่าใช้จ่ายของโรงพยาบาลภาครัฐซึ่งถูกระบุไว้ในงานวิจัยดังกล่าวมุ่งเน้นเฉพาะในด้านการประหยัดและการลดค่าใช้จ่ายที่สิ้นเปลือง เช่น การกำหนดช่วงเวลาการใช้สาธารณูปโภค การควบคุมจำนวนพนักงาน และการจัดซื้อครุภัณฑ์ตามแผนเท่านั้น โดยไม่ได้เกี่ยวข้องกับบริหารจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของบุคลากรและระบบแต่อย่างใด

งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอวิธีการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของบุคลากรและระบบของสถานพยาบาล โดยใช้เทคนิคการสร้างแบบจำลองการปฏิบัติงาน (Simulation) โดยการ

วิเคราะห์จะมุ่งเน้นที่การประเมินความสามารถในการรองรับผู้ป่วยของระบบ และ การวิเคราะห์ระดับภาระงานของเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการในเชิงปริมาณ

โดยทั่วไป การสร้างแบบจำลองระบบสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ 1) การจำลองระบบที่ต่อเนื่อง (Continuous time simulation) ซึ่งใช้จำลองระบบที่มีการไหลหรือการเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องของเหตุการณ์ และ 2) การจำลองระบบที่ไม่ต่อเนื่อง (Discrete time simulation) ซึ่งใช้จำลองระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่ไม่ต่อเนื่องโดยสามารถแบ่งออกเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ต่อเนื่องตามการเกิดขึ้นของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นลำดับ (Discrete event) และ การเปลี่ยนแปลงที่ไม่ต่อเนื่องโดยเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา (Discrete time)

การสร้างและวิเคราะห์แบบจำลองแบบ Discrete-event simulation เป็นวิธีที่ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาโอกาสในการเพิ่มประสิทธิภาพและระดับคุณภาพการให้บริการของสถานพยาบาลมาแต่ในอดีตร่วมกับวิธีการวิจัยดำเนินการ (Operations research) อื่นๆ ทิศทางของงานวิจัยและงานวิจัยก่อนหน้านี้นี้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองสำหรับสถานพยาบาลประเภทต่างๆ ในช่วงหลายสิบปีที่ผ่านมาได้ถูกรวบรวมโดย Jun et al. (4) Fone et al. (5) และ Gunal and Pidd (6) การทบทวนวรรณกรรมของงานเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่างานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างและวิเคราะห์แบบจำลองแบบ Discrete-event simulation เกือบทั้งหมดเป็นการศึกษาและปรับปรุงการปฏิบัติการของแผนกใดแผนกหนึ่งในสถานพยาบาล โดยส่วนหลักๆ ของสถานพยาบาลที่ได้รับการศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น แผนกฉุกเฉิน แผนกผู้ป่วยใน แผนกผู้ป่วยนอก และ แผนกที่ให้บริการเฉพาะทางด้านอื่นๆ

จากส่วนต่างๆ ของสถานพยาบาลที่กล่าวมานี้ แผนกผู้ป่วยนอกเป็นแผนกที่นักวิจัยได้ให้ความสนใจศึกษาและวิจัยมากขึ้นเรื่อยๆ ในยุคปัจจุบัน ปัญหาระยะเวลาการรอคอยของผู้ป่วยนอกที่ยาวนานนับเป็นปัญหาที่ก่อให้เกิดผลกระทบกับความพึงพอใจของผู้ป่วยและขวัญกำลังใจในการทำงานของบุคลากรผู้ให้บริการเป็นอย่างมาก ที่ผ่านมานักวิจัยได้ใช้เทคนิคการสร้างและวิเคราะห์แบบจำลองเข้าช่วยเพื่อลดเวลาการรอคอยของผู้ป่วยในหลายแนวทาง เช่น การวิเคราะห์หาจุดคอขวด (7)

ซึ่งเป็นวิธีพื้นฐานที่สามารถลดเวลาการรอคอยของผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้ระบบการนัดผู้ป่วย (8) และการจัดตารางทำงานของบุคลากร (9) เป็นต้น

ในงานวิจัยนี้ วิธีการสร้างแบบจำลองแบบ Discrete-event simulation ได้ถูกนำมาใช้โดยมีแผนกผู้ป่วยนอกของหน่วยบริการปฐมภูมิ วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เป็นกรณีศึกษา เหตุการณ์ซึ่งในที่นี้หมายถึงการเข้ารับบริการของผู้ป่วยซึ่งเกิดขึ้นเป็นลำดับเหตุการณ์จากจุดให้บริการหนึ่งไปสู่อีกจุดหนึ่งในระบบจะถูกนำมาสร้างเป็นแบบจำลองโดยใช้โปรแกรมอารีนา (Arena) เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ต่อไป

ทั้งนี้ ที่ผ่านมามีงานวิจัยของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ได้ทำการวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและรักษามาตรฐานคุณภาพการบริการของโรงพยาบาลในจังหวัดอุบลราชธานี โดยใช้เทคนิคการสร้างแบบจำลองมาโดยตลอดซึ่งก่อให้เกิดแนวทางการปรับปรุงต่างๆ เช่น การจัดสรรจำนวนบุคลากรที่เหมาะสม (10) และการจัดผังสถานีบริการและเส้นทางการเดินของผู้ป่วยระหว่างแผนกต่างๆ (11) เพื่อลดระยะทางเดินและลดเวลาการรอคอยของผู้ป่วยในระบบของโรงพยาบาลวารินชำราบ การปรับปรุงระบบแถวคอยของห้องจ่ายยาเพื่อลดเวลาการรอคอยของผู้รับบริการในระบบของโรงพยาบาลค่ายสรรพสิทธิประสงค์ (12) และการจัดตารางเวลาการทำงานของบุคลากรเพื่อลดระยะเวลาการรอคอยของผู้ป่วยของโรงพยาบาลตระการพิรุณ (13) นอกจากนี้ ตัวอย่างของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานพยาบาลในประเทศในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาที่ใช้เทคนิคการสร้างแบบจำลองยังรวมถึง การวิเคราะห์และปรับปรุงระบบแถวคอยของการเข้ารับบริการเจาะเลือดในโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช (14) การจัดสรรพยาบาลเพื่อลดเวลาการรอคอยของผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาลพัทลุง (15) การวิเคราะห์ขีดความสามารถในการรองรับผู้ป่วยและระดับการให้บริการของแผนกผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาลรัฐ (16) และ การลดเวลาการรอคอยของผู้ป่วยในแผนกคัดกรองอาการผู้ป่วยของโรงพยาบาลเอกชน (17)

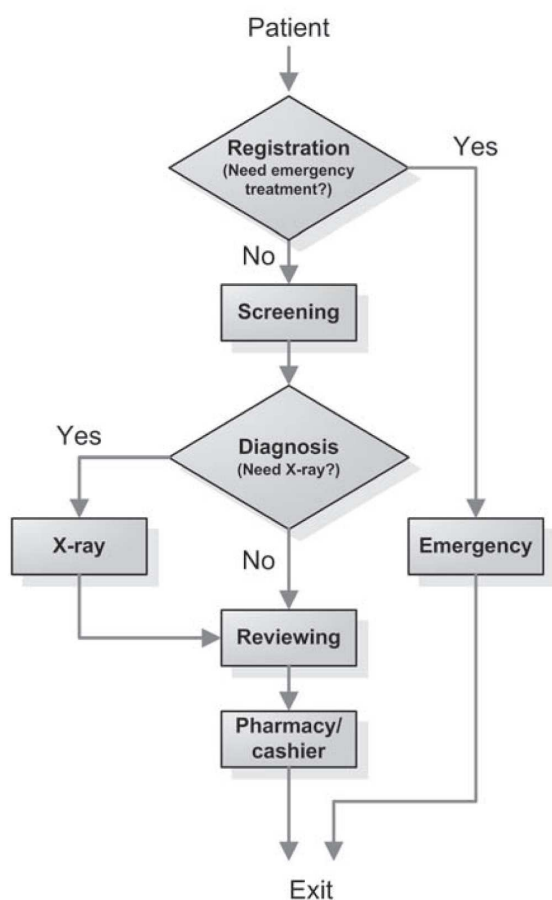
จะเห็นได้ว่า งานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง การปฏิบัติงานของโรงพยาบาลที่กล่าวมาข้างต้นเกือบทั้งหมดเป็นการศึกษาระบบแถวคอยเพื่อลดเวลาการรอคอยของผู้ป่วยในระบบเป็นหลัก ทั้งนี้เนื่องจากโรงพยาบาลซึ่งถูกใช้เป็นกรณีศึกษาในงานวิจัยที่กล่าวมาทั้งหมดเป็นโรงพยาบาลที่เปิดให้บริการมาเป็นระยะเวลานานแล้วและมีผู้ป่วยเข้ารับบริการเป็นจำนวนมากทำให้เกิดปัญหาการรอคอยขึ้น ซึ่งมีความแตกต่างจากสถานพยาบาลกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้ซึ่งเพิ่งได้รับการก่อตั้งและเริ่มมีผู้ป่วยจำนวนไม่มากนักเข้ารับบริการตรวจรักษา

หน่วยบริการปฐมภูมิของวิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีถูกก่อตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2556 ภายในบริเวณของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และกำลังเตรียมความพร้อมเพื่อที่จะเปิดเป็นโรงพยาบาลที่สามารถให้บริการผู้ป่วยในและผู้ป่วยนอกอย่างเต็มรูปแบบในอนาคต ในปัจจุบัน ทางหน่วยบริการปฐมภูมิได้เปิดให้บริการแก่เฉพาะผู้ป่วยนอกโดยมีแผนกที่ให้บริการผู้ป่วยอยู่ไม่กี่แผนกซึ่งรวมถึง แผนกทะเบียน ตรวจร่างกาย รังสีวินิจฉัย ห้องปฏิบัติการ เภสัชกรรม และ ชำระเงิน จากการสำรวจสภาพการปฏิบัติงานของแผนกต่างๆในระบบ พบว่าบางแผนกมีภาระงานที่ไม่มากนักเมื่อเทียบกับแผนกอื่น งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์แรกเพื่อวิเคราะห์ระดับภาระงานของเจ้าหน้าที่ที่ประจำสถานีบริการในแผนกต่างๆในเชิงปริมาณ และ ทำการวิเคราะห์เพื่อคาดการณ์ถึงผลที่จะเกิดขึ้นจากการนำแนวทางการปรับปรุงเบื้องต้นที่มุ่งปรับปรุงให้การจัดสรรกำลังคนมีความเหมาะสมยิ่งขึ้น ไปใช้ในทางปฏิบัติ นอกจากนี้ เนื่องจากเป็นที่คาดการณ์ว่าจำนวนผู้ป่วยจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จุดประสงค์ที่สองของงานวิจัยนี้คือการวิเคราะห์เพื่อหาจุดคอขวดของระบบที่จะเกิดขึ้นในอนาคตเมื่อจำนวนผู้ป่วยเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ เพื่อเป็นข้อมูลให้แก่ผู้บริหาร ในการจัดเตรียมแผนหรือกำลังคนเพื่อส่งเสริมการทำงานในสถานบริการที่เป็นจุดคอขวดต่อไป ผลที่ได้จากการวิจัยนี้คาดว่าจะประโยชน์ต่อการดำเนินงานของทางวิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี รวมทั้ง สถานพยาบาลอื่นๆ ซึ่งต้องการปรับปรุงการจัดสรรบุคลากรให้มีระดับภาระงานที่เหมาะสมต่อไป

2. วิธีวิจัย

2.1 การเก็บและรวบรวมข้อมูล

หลังจากสำรวจสภาพการให้บริการผู้ป่วยนอกของหน่วยบริการปฐมภูมิฯ คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผู้ป่วยนอกที่เข้ารับบริการซึ่งในปัจจุบันถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ผู้ป่วยทั่วไป และ ผู้ป่วยฉุกเฉิน (ล้างแผล) แผนผังการให้บริการผู้ป่วยทั้ง 2 ประเภท ได้ถูกแสดงอยู่ในรูปที่ 1



รูปที่ 1. แผนผังการให้บริการของคลินิกผู้ป่วยนอกฯ

การให้บริการผู้ป่วยทั้ง 2 ประเภทเริ่มต้นจากการลงทะเบียน จากนั้น ในกรณีของผู้ป่วยฉุกเฉินซึ่งจากการเก็บข้อมูลในงานวิจัยนี้เป็นผู้ป่วยที่มาล้างแผลทั้งหมด เมื่อทำการให้ข้อมูลที่จุดลงทะเบียน (Registration) และทำการล้างแผลที่ห้องฉุกเฉิน (Emergency) เสร็จแล้ว ผู้ป่วยจะออกจากระบบทันทีโดยไม่ต้องชำระค่ารักษาเนื่องจากผู้ป่วยทั้งหมดในช่วงที่ทำการวิจัยนี้เป็นบุคลากรและนักศึกษาของทางมหาวิทยาลัย ในกรณีของผู้ป่วยทั่วไปเมื่อ

ผ่านหน่วยลงทะเบียน ผู้ป่วยจะเข้าสู่จุดคัดกรองผู้ป่วย (Screening) จากนั้นจึงถูกส่งไปห้องตรวจ (Diagnosis) ผู้ป่วยที่ผ่านการตรวจสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ ผู้ป่วยที่ต้องได้รับการฉายรังสี X-ray และ ผู้ป่วยที่ไม่ต้องได้รับการฉายรังสี X-ray เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการตรวจแล้ว ผู้ป่วยทั่วไปจะถูกส่งต่อไปยังห้องตรวจเอกสาร (Reviewing) เพื่อผู้ป่วยจะได้รับคำปรึกษาด้านสุขภาพเพิ่มเติมจากคำวินิจฉัยของแพทย์ จากนั้น ผู้ป่วยจะรอรับยาและชำระเงินที่จุดเดียวกันเรียกว่าจุดจ่ายยา/ชำระเงิน (Pharmacy/cashier) และออกจากระบบ

ในการเก็บข้อมูลคณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับ 1) ระยะห่างของการมาถึง (Inter-arrival time) ของผู้ป่วยทั้ง 2 ประเภท และ 2) เวลาที่ใช้ในการให้บริการ (Service time) ของแต่ละ Work station โดยทำการเก็บข้อมูลในช่วงรอบการให้บริการช่วงบ่าย (13.00 - 16.30 น.) ของ 4 วันทำการซึ่งเริ่มตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันพฤหัสบดี จนได้จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาประมาณ 80 ตัวอย่าง และเมื่อทดสอบแบบจำลองพบว่าค่า Half width แสดงถึงความน่าเชื่อถือของผลการจำลองแบบด้วยความเชื่อมั่น 95% จากนั้นจึงใช้ Input Analyzer ทำการหาการกระจายของค่าความน่าจะเป็น (Probability Distribution) ของ Inter-arrival time ของผู้ป่วยซึ่งมีการกระจายแบบ $0.5 + \text{GAMM}(7.86, 1.05)$ และ Service time ของแต่ละจุดให้บริการซึ่งมีการกระจายดังที่แสดงในตารางที่ 1 ซึ่งจะถูกนำไปใช้ในการจำลองแบบของระบบในโปรแกรม Arena ในส่วนถัดไปของบทความ

คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลดังกล่าวในช่วงรอบการให้บริการช่วงเช้า (8.30 - 12.00 น.) เช่นกัน แต่ข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลที่เกิดขึ้นในช่วงสถานการณ์การปฏิบัติงานที่ไม่ปกติเนื่องจากในบางวันของช่วงเช้า แพทย์มีภาระการประชุมทำให้ผู้ป่วยบางคนต้องรอคอยเป็นระยะเวลานานและออกจากระบบไป ข้อมูลดังกล่าวไม่ถูกนำมารวมกับข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้

2.2 การสร้างแบบจำลอง

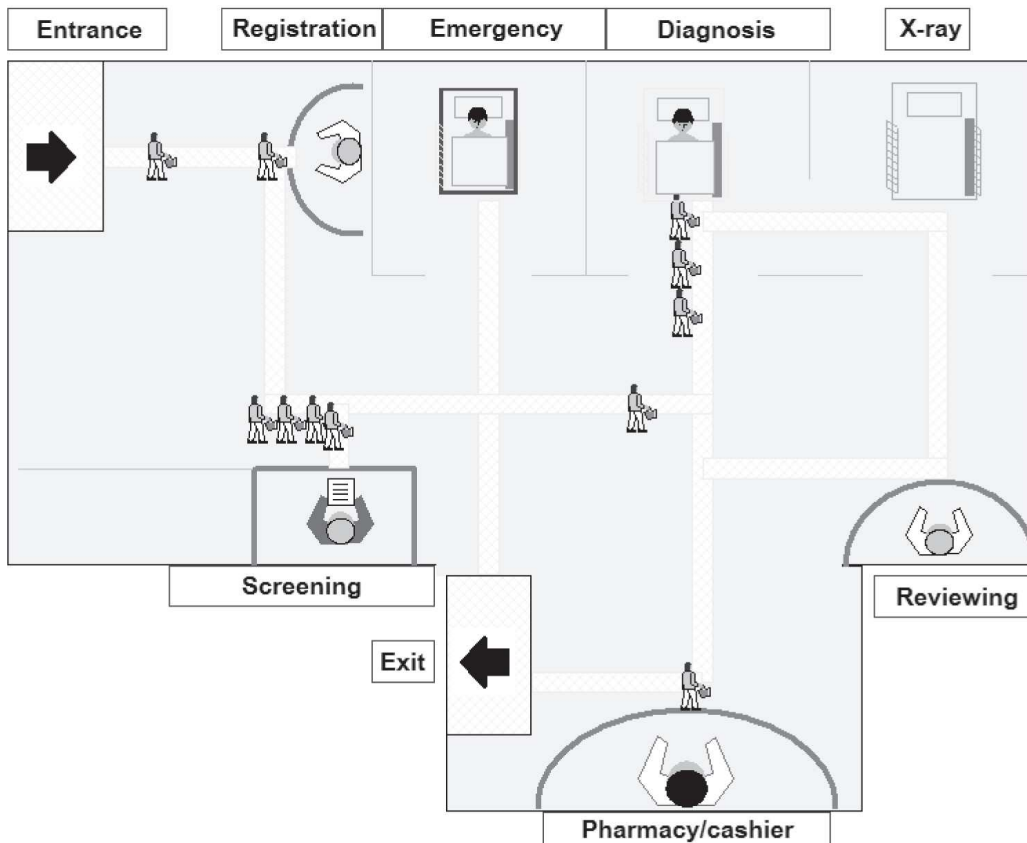
แบบจำลองการดำเนินงานของหน่วยบริการปฐมภูมิฯ ถูกสร้างขึ้นโดยโปรแกรม Arena (Version 12.00.00 - CPR9) โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1. Inter-arrival time ของผู้ป่วย และ Service time ของแผนกต่างๆในระบบของหน่วยบริการปฐมภูมิ วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Workstation	Probability Distribution of Service Time (min.)
Registration	$0.5 + 6 * \text{BETA}(0.967, 3.73)$
Screening	NORM(8.68, 5.25)
Diagnosis	$0.5 + \text{WEIB}(6.15, 1.06)$
Emergency	UNIF(0.5, 23.5)
X-ray	$26.5 + \text{LOGN}(5.53, 13)$
Reviewing	$0.5 + \text{ERLA}(0.1, 6)$
Pharmacy/ cashier*	$0.5 + 20 * \text{BETA}(0.166, 1.82)$

* ในปัจจุบัน พนักงานที่จุดจ่ายยา/ชำระเงินทำหน้าที่ทั้งจ่ายยาและรับชำระเงินจากผู้ป่วย Service time ในช่องดังกล่าวเป็นระยะเวลาซึ่งเริ่มต้นตั้งแต่ผู้ป่วยมอบเอกสารรับยาให้แก่พนักงานและสิ้นสุดลงเมื่อผู้ป่วยทำการชำระเงินเสร็จสิ้น

1. Entity ซึ่งเป็นผู้ป่วยที่เข้ามาในระบบ โดยกำหนดเป็น 2 ประเภทได้แก่ ผู้ป่วยทั่วไป และ ผู้ป่วยฉุกเฉิน
2. Attribute ซึ่งเป็นคุณสมบัติของ Entity โดยในแบบจำลองนี้ Attribute ได้ถูกใช้ในการเก็บเวลาเริ่มต้นที่ผู้ป่วยแต่ละคนเข้ามาสู่ระบบและเวลาที่ผู้ป่วยออกจากระบบเพื่อนำไปคำนวณหาเวลาที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบ
3. Resource ซึ่งหมายถึงทรัพยากรบุคคลที่ปฏิบัติงานในระบบได้แก่ ธุรการ (Administrative officer) จำนวน 1 คน พยาบาล (Nurse) จำนวน 3 คน แพทย์ (Physician) จำนวน 1 คน นักเทคนิคการแพทย์รังสี (Radiographer) จำนวน 1 คน และ เภสัชกร (Pharmacist) จำนวน 1 คน
4. Work station ซึ่งหมายถึงจุดต่างๆที่ Entity เดินผ่านเข้ามาและได้รับการให้บริการโดย Resource ซึ่งได้แก่ จุดลงทะเบียน (Registration) จุดคัดกรองผู้ป่วย (Screening) ห้องตรวจ (Diagnosis) ห้องฉุกเฉินซึ่งให้บริการล้างแผล (Emergency) ห้อง X-ray จุดตรวจเอกสาร (Reviewing) และ จุดจ่ายยา/ชำระเงิน (Pharmacy/cashier) แผนผังของ Work station เหล่านี้ถูกแสดงอยู่ในภาพแบบจำลองตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 ภาพของแบบจำลองซึ่งแสดงการเคลื่อนไหวของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในระบบของคลินิกผู้ป่วยนอกฯ

แบบจำลองที่สร้างขึ้นได้ถูกนำมาทำการตรวจสอบความถูกต้องเนื่องจากระบบที่จำลองเป็นระบบที่ไม่ซับซ้อนและมีขนาดเล็ก การตรวจสอบความถูกต้องของตรรกะต่างๆในแบบจำลองได้กระทำโดยการสังเกตการไหลของ Entity ในแบบจำลองดังที่แสดงในรูปที่ 2 จากนั้นจึงทำการตรวจสอบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถใช้จำลองสถานการณ์ได้ใกล้เคียงกับสภาวะการทำงานของระบบจริงหรือไม่ จากการตรวจสอบที่สภาวะคงตัวของระบบในแบบจำลองซึ่งเกิดขึ้นหลังจากการทดลองซ้ำครั้งที่ 16 พบว่าข้อมูลที่วิเคราะห์ได้จากแบบจำลองมีความสอดคล้องกับข้อมูลที่เก็บได้จากหน่วยบริการปฐมภูมิฯ โดยจำนวนผู้ป่วยที่เข้ารับบริการในแบบจำลองและสถานการณ์จริงมีค่าเท่ากัน และ ค่าเฉลี่ยของระยะห่างของการมาถึง (Inter-arrival time) และ เวลาที่ใช้ในการให้บริการ (Service time) จากแบบจำลองและสถานการณ์จริงมีค่าแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 20 ทำให้สรุปได้ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาได้ดังที่จะถูกแสดงไว้ในส่วนถัดไปของบทความ

3. ผลการวิจัยและการอภิปราย

3.1 การวิเคราะห์ระดับภาระงานของบุคลากร

ในเบื้องต้น แบบจำลองที่สร้างขึ้นได้ถูกนำมาวิเคราะห์ถึงภาระงานของเจ้าหน้าที่ซึ่งปฏิบัติงานที่ Work station หรือ จุดให้บริการต่างๆ ซึ่งพบว่า ระดับภาระงาน (% Utilization) ของเจ้าหน้าที่นั้นค่อนข้างแตกต่างกันดังที่แสดงในตารางที่ 2 ห้องตรวจรักษาซึ่งแพทย์เป็นผู้ให้บริการและจุดคัดกรองผู้ป่วยซึ่งมีพยาบาลเป็นผู้ให้บริการมีภาระงานสูงสุดอันดับ 1 และ 2 ตามลำดับ จุดตรวจเอกสารและจุดจ่ายยา/ชำระเงินมีภาระงานที่น้อยเมื่อเทียบกับส่วนอื่นๆในระบบ

โดยทั่วไปแล้วคำว่า Utilization มักจะถูกแปลว่า ภาระประโยชน์หรือประสิทธิภาพการทำงานในกรณีการวิเคราะห์แบบจำลองของระบบที่ประกอบไปด้วยเครื่องจักรและกระบวนการทางอุตสาหกรรม แต่สำหรับงานวิจัยนี้ ระดับภาระงานซึ่งสามารถใช้ค่า Utilization เป็นค่าประเมินได้ ถือเป็นความหมายที่เหมาะสมกว่าเนื่องจาก

การใช้งานบุคลากรนั้นมิจำกัดเกี่ยวกับปริมาณงานที่ทำได้ในแต่ละช่วงเวลา

จากการสำรวจความคิดเห็นของผู้บริหาร พบว่ามีความเป็นไปได้ที่จะให้บุคลากรบางคนปฏิบัติงานในหลายหน้าที่เพื่อปรับปรุงสมรรถภาพและประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของระบบให้ดียิ่งขึ้น โดยแนวทางการปรับปรุงที่มีความเป็นไปได้ได้แก่

แนวทางที่ 1 ให้จุดตรวจเอกสารและจุดคัดกรองใช้บุคลากรร่วมกัน ทั้งนี้เนื่องจากจุดทั้งสองมีพยาบาลเป็นผู้ปฏิบัติงานเหมือนกันแต่มีภาระงานที่ต่างกันมากจากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 2 โดยจุดตรวจเอกสารมีภาระงานที่ต่ำในขณะที่จุดคัดกรองผู้ป่วยมีภาระงานที่สูงเมื่อเทียบกับแผนกอื่นๆทั้งหมด ในแนวทางการปรับปรุงนี้ เมื่อจุดใดจุดหนึ่งไม่มีผู้ป่วยเข้ารับบริการในขณะที่อีกจุดมีการรอคอยของผู้ป่วยเกิดขึ้น พยาบาลของจุดที่ไม่มีภาระงานจะเข้าช่วยให้บริการผู้ป่วยที่รอคอยในอีกจุดทันที

แนวทางที่ 2 ให้พยาบาลที่ห้องฉุกเฉินทำหน้าที่ตรวจเอกสารด้วย ทั้งนี้เนื่องจากพยาบาลผู้ซึ่งปฏิบัติงานประจำที่ห้องฉุกเฉินยังมีภาระงานที่ไม่สูงนักในขณะที่พยาบาลผู้ซึ่งปฏิบัติงานที่จุดตรวจเอกสารมีภาระงานที่น้อยมากเมื่อเทียบกับจุดอื่นๆ ในแนวทางนี้ จำนวนพยาบาลจะลดลง 1 คน (ไม่มีพยาบาลประจำที่จุดตรวจเอกสาร) โดยพยาบาลผู้ซึ่งปฏิบัติงานที่ห้องล้างแผลจะมาทำหน้าที่ตรวจเอกสารด้วย

ตารางที่ 2. ระดับภาระงานของบุคลากรของหน่วยบริการปฐมภูมิ วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Work station	Utilization	Resource	Number
Registration	10.90%	Admin.	1
Screening	39.72%	Nurse	1
Emergency	15.97%	Nurse	1
Diagnosis	43.63%	Physician	1
X-ray	21.09%	Radiographer	1
Reviewing	6.52%	Nurse	1
Pharmacy/ cashier	23.74%	Pharmacist	1

ผลการวิเคราะห์ภาระงาน โดยใช้แบบจำลองตามแนวทางการปรับปรุง 1 และ 2 ถูกแสดงอยู่ในตารางที่ 3 จากผลการวิเคราะห์ จะเห็นว่าแนวทางที่ 1 ทำให้ภาระงานของพยาบาลผู้ซึ่งประจำอยู่ที่จุดคัดกรองผู้ป่วยและจุดตรวจเอกสารอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันได้แก่ 24.69% และ 23.06% ตามลำดับ ระดับภาระงานดังกล่าวยังขยับเข้าใกล้ระดับภาระงานของพยาบาลผู้ซึ่งปฏิบัติงานที่ห้องฉุกเฉิน (14.67%) มากขึ้นอีกด้วย

สำหรับแนวทางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อให้พยาบาลผู้ซึ่งปฏิบัติงานที่ห้องฉุกเฉินทำหน้าที่ตรวจเอกสารด้วย ระดับภาระงานของพยาบาลดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นจาก 15.67% เป็น 22.99% แนวทางนี้สามารถลดจำนวนพยาบาลของระบบได้ 1 คน แต่ไม่ได้ทำให้สมดุลภาระงานของระบบดีขึ้นเหมือนผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นของแนวทางการปรับปรุงแรก

ตารางที่ 3. ระดับภาระงานของบุคลากรตามแนวทางการปรับปรุงที่ 1 และ 2

Work station	Utilization (%)		
	Current	Approach 1	Approach 2
Registration	10.90%	11.23%	10.73%
Screening	39.72%	24.69%	37.91%
Emergency	15.67%	14.67%	22.99%
Diagnosis	43.63%	43.57%	40.48%
X-ray	21.09%	16.43%	19.29%
Reviewing	6.52%	23.06%	-
Pharmacy/cashier	23.74%	20.25%	24.81%

3.2 การวิเคราะห์จุดคอขวดของระบบ

เนื่องจากทางหน่วยบริการปฐมภูมิของวิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุขมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ได้เพิ่งเปิดทำการและกำลังวางแผนขยายความสามารถในการรองรับผู้ป่วยซึ่งคาดว่าจะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ และจะเปิดเป็นโรงพยาบาลอย่างเต็มรูปแบบในอนาคต งานวิจัยนี้จึงทำการวิเคราะห์ถึงจุดคอขวดของระบบที่จะเกิดขึ้นในกรณีที่จำนวนผู้ป่วยเพิ่มมากขึ้น การวิเคราะห์จะทำให้ทราบถึงความสามารถในการรองรับผู้ป่วยของระบบในปัจจุบันอีกด้วย การวิเคราะห์กระทำโดยทดลองลด Inter-arrival time ของผู้ป่วยลงร้อยละ 20 40 และ 60 ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้ผู้ป่วยเข้ามาในแบบจำลองของระบบด้วยอัตราที่สูงขึ้น จากนั้นจึงทำการพิจารณาภาระงานที่วิเคราะห์ได้ของเจ้าหน้าที่ที่จุดต่างๆ ในระบบดังที่แสดงในตารางที่ 4 ร่วมกับเวลาการรอคอยและเวลาที่อยู่ในระบบโดยเฉลี่ยของผู้ป่วยที่วิเคราะห์ได้ดังที่แสดงในตารางที่ 5

นอกจากการปรับระดับ Inter-arrival time ของผู้ป่วย การทดลองเพิ่มอัตราการเข้ามาในระบบของผู้ป่วยเพื่อสังเกตถึงจุดคอขวดในแบบจำลองก็สามารถกระทำด้วยการปรับลักษณะ (ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของการแจกแจงของการเข้ารับบริการของผู้ป่วยได้เช่นกัน

ข้อมูลในตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าระดับภาระงานของเจ้าหน้าที่เพิ่มขึ้นตามความถี่การเข้ามาในระบบของผู้ป่วยที่เพิ่มขึ้น ถึงแม้จะยังไม่มีการศึกษาที่แน่ชัดเกี่ยวกับระดับภาระงานที่เหมาะสมของแพทย์และบุคลากรซึ่งมีลักษณะหน้าที่ในการปฏิบัติงานที่แตกต่างกัน งานวิจัยก่อนหน้านี้ซึ่งทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับภาระงาน

ตารางที่ 4. ระดับภาระงานของเจ้าหน้าที่ตามจำนวนผู้ป่วยที่เพิ่มขึ้น

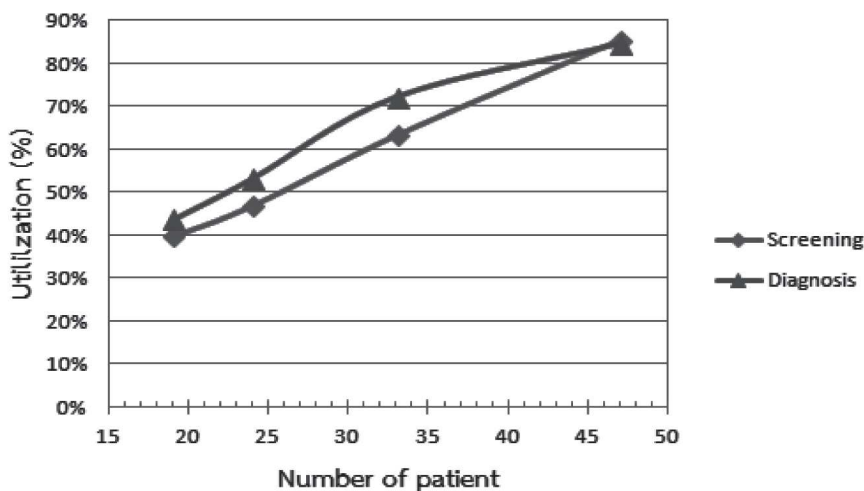
Inter-arrival time (Percentage)	No. of patient	Utilization (%)						
		Registration	Screening	Emergency	Diagnosis	X-ray	Reviewing	Pharmacy/cashier
100% (Current)	19	10.90%	39.72%	15.67%	43.63%	21.09%	6.52%	23.74%
-20%	24	13.22%	46.94%	19.62%	53.27%	23.50%	6.75%	26.76%
-40%	33	17.24%	63.25%	22.76%	72.19%	20.74%	8.65%	30.60%
-60%	47	26.01%	85.34%	38.71%	84.55%	32.60%	11.92%	43.98%

และสมรรถนะในการทำงานพบว่าสมรรถนะการปฏิบัติงานของคณงานจะเริ่มตกลงเมื่อมีระดับภาระงานเกินประมาณ 70% (18-20) จากการวิเคราะห์แบบจำลองในงานวิจัยนี้พบว่าห้องตรวจผู้ป่วยซึ่งมีแพทย์เป็นผู้ให้บริการมีระดับภาระงานมากกว่า 70% ที่จำนวนผู้ป่วยประมาณ 33 คนต่อรอบการให้บริการในช่วงบ่าย (ที่ระดับ Inter-arrival time ลดลง 40%) ห้องตรวจดังกล่าวถือเป็นจุดคอขวดแรกของระบบ จุดที่อาจเป็นจุดคอขวดถัดมาของระบบได้แก่จุดคัดกรองผู้ป่วย ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ป่วยที่เข้ารับบริการและระดับภาระงานของห้องตรวจผู้ป่วยและจุดคัดกรองผู้ป่วยถูกแสดงอยู่ในกราฟในรูปที่ 3 จากกราฟระดับภาระงานของพยาบาลที่ปฏิบัติงานที่จุดคัดกรองผู้ป่วยคาดว่าจะเกิน 70% เมื่อมีผู้ป่วยจำนวนเข้ารับบริการ

เพิ่มขึ้นเป็น 38 คนโดยประมาณต่อรอบการให้บริการในช่วงบ่าย

การวิเคราะห์จุดคอขวดของระบบยังรวมถึงการวิเคราะห์เวลาที่ผู้ป่วยใช้ในการรอคอยที่แผนกต่างๆในระบบ โดยผลการพยากรณ์โดยใช้แบบจำลองถูกแสดงในตารางที่ 5 ซึ่งเวลาการรอคอยในแถวคอยของจุดต่างๆของระบบในปัจจุบันถูกนำไปเปรียบเทียบกับระบบที่มีความถี่ในการเข้ามาของผู้ป่วยเพิ่มขึ้น (ที่ระดับ Inter-arrival time ลดลง 40%) จากการเปรียบเทียบ พบว่าจุดคัดกรองผู้ป่วยห้องตรวจ และ ห้อง X-ray มีระยะเวลาการรอคอยของผู้ป่วยเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และมีแนวโน้มที่จะเป็นจุดคอขวดของระบบเมื่อจำนวนของผู้ป่วยเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ

Utilization vs no. of patient



รูปที่ 3. ความสัมพันธ์ระหว่างระดับภาระงานของจุดคัดกรองผู้ป่วย (Screening) ห้องตรวจ (Diagnosis) และ จำนวนผู้ป่วย

ตารางที่ 5. เวลาการรอคอยและเวลาที่อยู่ในระบบของผู้ป่วย

Work station	Average waiting time (min.)			
	Current	Inter-arrival time (-20%)	Inter-arrival time (-40%)	Inter-arrival time (-60%)
Registration	0.20	0.48	0.09	0.10
Screening	0.83	1.88	3.73	10.94
Emergency	1.33	1.17	1.08	2.46
Diagnosis	1.08	7.28	13.74	14.65
X-ray	1.01	2.18	0.42	3.19
Reviewing	0.002	0.003	0.02	0.022
Pharmacy/cashier	0.02	2.03	4.10	4.47

การเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ป่วยจาก 19 คน เป็น 33 คน ยังทำให้เวลาทั้งหมดที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากเดิมที่ 20.67 นาที เป็น 24.76 นาที ในกรณีของผู้ป่วยที่ต้องรอรับยา (จากเดิม 13.91 นาที เป็น 18.7 นาที ในกรณีของผู้ป่วยที่ไม่ได้รับยา และ จากเดิม 15.53 นาที เป็น 15.65 นาที ในกรณีของผู้ป่วยล้างแผล) จะเห็นได้ว่าการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ป่วยที่เข้ามาใช้บริการนั้นส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการเข้ารับบริการของผู้ป่วยทั่วไปเป็นอย่างมากแต่ยังไม่กระทบต่อเวลาที่ใช้ในการเข้ารับบริการของผู้ป่วยที่มาล้างแผลเท่าไรนัก ทั้งนี้ทางคณะผู้วิจัยมีแผนที่จะทำการเก็บข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่อไปเพื่อให้มีจำนวนข้อมูลมากขึ้นซึ่งจะทำให้สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ในระดับความเชื่อมั่นที่สูงกว่านี้ (ระดับความเชื่อมั่นปัจจุบัน 95%)

4. สรุป

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าเทคนิคการสร้างแบบจำลองสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ระดับภาระงานของบุคลากรของแผนกผู้ป่วยนอก หน่วยบริการปฐมภูมิ วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และวิเคราะห์หาจุดที่อาจเป็นจุดคอขวดของระบบในอนาคตเมื่อจำนวนผู้ป่วยที่เข้ารับบริการมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นได้ แนวทางการปรับปรุงเบื้องต้น 2 แนวทางได้ถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อพยากรณ์ถึงผลการปรับปรุงที่คาดว่าจะเกิดขึ้น นอกจากการปฏิบัติตามแนวทางการปรับปรุงที่ 1 หรือ 2 ดังกล่าวแล้ว ทางหน่วยบริการปฐมภูมิก็สามารถเตรียมความพร้อมด้านบุคลากรและทำการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของจุดคอขวดทั้ง 2 เพื่อรองรับการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ป่วยที่จะเข้ารับบริการในอนาคตได้เช่นกัน

ทั้งนี้ในอนาคตควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการกำหนดระดับภาระงานที่เหมาะสมของแพทย์และเจ้าหน้าที่อื่น ๆ รวมทั้งการคาดการณ์ถึงจำนวนผู้ป่วยที่จะเพิ่มขึ้นเพื่อหาทางสนับสนุนการปฏิบัติงานของบุคลากรในแผนกต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมต่อไป นอกจากนี้ควรทำการศึกษาและกำหนดระยะเวลาการรอคอยที่เหมาะสมของผู้ป่วยที่จุดต่างๆ ในระบบรวมทั้งระยะเวลาโดยรวมที่

ผู้ป่วยใช้ในการเข้ารับบริการของทางหน่วยบริการปฐมภูมิในแต่ละครั้งเพื่อทำการวิเคราะห์และหาแนวทางในการยกระดับมาตรฐานการให้บริการให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ นพ. วัฒนา พรรณพาศิษ พญ. ศิราพร รัตนวนัน อาจารย์ พลากร สืบสำราญ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยทางการแพทย์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ได้ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์และช่วยเหลือให้คณะผู้วิจัยได้เข้าทำการเก็บข้อมูลที่นำมาทำการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วง

6. เอกสารอ้างอิง

- (1) National Statistical Office. Report of the 2001 Private Hospital Survey. Technical Report, Statistical Data Bank and Information Dissemination Division, National Statistical Office, Thailand. 2002. Thai.
- (2) National Statistical Office. Report of the 2012 Private Hospital Survey. Technical Report, Statistical Data Bank and Information Dissemination Division, National Statistical Office, Thailand. 2012. Thai.
- (3) Kanokwongnuwat P. Model of Hospital Management on Breakthrough Financial Crisis”, The Journal of Prapokkiao Hospital Clinical Medical Education Center. 2013;30:106-22. Thai.
- (4) Jun JB, Jacobson SH, Swisher JR. Application of discrete-event simulation in health care clinics: A survey. The Journal of the Operational Research Society. 1999; 50: 109-123.
- (5) Fone D, Hollinghurst S, Temple M, Round A, Lester N, Weightman A, Roberts K, Coyle E, Bevan G, Palmer S. Systematic review of the use and value of computer simulation modelling in population health and health care delivery. Journal of Public Health Medicine. 2003; 25(4): 325-335.

- (6) Gunal M, Pidd M. Discrete event simulation for performance modelling in health care: a review of the literature. *Journal of Simulation*. 2010;4: 42–51.
- (7) Brenner S, Zeng Z, Liu Y, Wang J, Li J, Howard PK. Modeling and Analysis of the Emergency Department at University of Kentucky Chandler Hospital Using Simulations. *Journal of Emergency Nursing*. 2010; 36(4): 303-10.
- (8) Klassen KJ, Rohleder TR. Scheduling outpatient appointments in a dynamic environment. *Journal of Operations Management*. 1996; 14(2): 83–101.
- (9) Takakuwa S, Wijewickrama A. Optimizing staffing schedule in light of patient satisfaction for the whole outpatient hospital ward. *Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference*; 2008 Dec 7-10; Austin, Texas, US. P. 1500-1508.
- (10) Jundokruk S, Paisiri S. Improving Operation of an Infirmary using Computer Simulation Case Study Warin Chamrap Hospital. [BSc Thesis]. Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani University; 2009. Thai.
- (11) Kumarsit J, Tipnon A. Application Computer Simulation Modeling for Hospital Layout, Case Study: OPD Warin Chamrap Hospital. [BSc Thesis]. Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani University; 2010. Thai.
- (12) Chinnasang S, Teepukdee J. An Application of Arena for Analyzing Queuing Systems, Case Study: Fort Sunpasitthiprasong Hospital Ubon Ratchathani. [BSc Thesis]. Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani University; 2011. Thai.
- (13) Thesarat S, Sindhuchao S. Simulation of a Queuing System for Reducing Customer Waiting Time Case study: Trakarn Phuetchon Hospital, Ubon Ratchathani Province. *The Industrial Engineering Network Conference 2010*; 2010 October 13-15; Ubon Ratchathani, Thailand. P. 214-20. Thai.
- (14) Chotipanich S, Somchit S. An Analysis of Queuing System for Vascular Puncture Service, Bhumibol Adulyadej Hospital [MSc thesis]. Bangkok: Kasetsart University; 2004. Thai.
- (15) Rattanaubol S, Srisuwannapa C. Simulation for Improving Service Effectiveness of Pediatric and Medical Clinics in Outpatient building of Phatthalung Hospital. *Journal of Science Ladkrabang*. 2013;22(1): 107-16. Thai.
- (16) Weerawat W, Pichitlamken J, Subsombat P. A Generic Discrete-Event Simulation Model for Outpatient Clinics in a Large Public Hospital. *Journal of Healthcare Engineering*. 2013 Jun;4(2): 285-306.
- (17) Wongsammacheep T, Pichitlamken J, Weerawat W. The discrete-event simulation model of a health screening center. *Proceedings of the 4th International Conference on Applied Operational Research*; 2012 Jul 25-27; Bangkok, Thailand. P. 54–63.
- (18) Schmidt DK. A Queuing Analysis of the Air Traffic Controller's Workload. *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics*. 1978;8: 492-8.
- (19) Cummings ML, Guerlain S. Developing Operator Capacity Estimates for Supervisory Control of Autonomous Vehicles. *Human Factors*. 2007;49: 1-15.
- (20) Rouse WB. *Systems Engineering Models of Human-Machine Interaction*. New York: North Holland; 1983.