บทความวิจัย

ระบบธุรกิจอัจฉริยะสำหรับการประเมินความคุ้มค่าด้านการใช้งานของอุปกรณ์ทางการแพทย์

แก้วรัตนา พรหมพันธ์ใจ จิติมนต์ อั่งสกุล และ ธรา อั่งสกุล
สำนักวิชาศาสตร์และศิลป์ดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08 9895 3516 อีเมล: angskun@sut.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2024.09.011
รับเมื่อ 22 พฤษภาคม 2566 แก้ไขเมื่อ 26 กันยายน 2566 ตอบรับเมื่อ 5 ตุลาคม 2566 เผยแพร่ออนไลน์ 12 กันยายน 2567
© 2024 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบธุรกิจอัจฉริยะสำหรับประเมินความคุ้มค่าด้านการใช้งานของอุปกรณ์ทางการแพทย์ โดยระบบสามารถบันทึก จัดเก็บ และจัดการข้อมูลสารสนเทศของอุปกรณ์ รวมทั้งวิเคราะห์และแสดงรายงานอย่างอัตโนมัติ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตัวอย่างการใช้งานอุปกรณ์จำนวน 10 เครื่อง 7 ประเภทในโรงพยาบาลระดับตติยภูมิแห่งหนึ่ง พบว่า ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 มีอุปกรณ์ทางการแพทย์ เพียง 2 เครื่องจาก 10 เครื่อง ที่มีอัตราการใช้งานเครื่องเกินร้อยละ 50 หรือคิดเป็นร้อยละ 20 ของเครื่องทั้งหมด และปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 มีอัตราการใช้งานเครื่องเกินร้อยละ 50 ทั้งสิ้น 3 เครื่อง หรือคิดเป็นร้อยละ 30 ของเครื่องทั้งหมด โดยผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่าประสิทธิภาพของระบบแต่ละด้าน อยู่ในระดับ "ดี" ทุกด้าน และมีประสิทธิภาพเฉลี่ยโดยรวมของทุกด้าน เท่ากับ 2.61 ซึ่งเป็นระดับสูงสุด ดังนั้นระบบประเมินความคุ้มค่าของการใช้งานอุปกรณ์ทางการแพทย์ดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับโรงพยาบาลอื่นได้

คำสำคัญ: อุปกรณ์ทางการแพทย์ ความคุ้มค่าการใช้งาน ระบบธุรกิจอัจฉริยะ

การอ้างอิงบทความ: แก้วรัตนา พรหมพันธ์ใจ, จิติมนต์ อั่งสกุล และ ธรา อั่งสกุล, "ระบบธุรกิจอัจฉริยะสำหรับการประเมินความคุ้มค่าด้านการใช้งานของอุปกรณ์ทางการแพทย์," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 35, ฉบับที่ 2, หน้า 1–13, เลขที่บทความ 252-156909, เม.ย.–มิ.ย. 2568.

วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 35 ฉบับที่ 2 เม.ย.–มิ.ย. 2568
The Journal of KMUTNB., Vol. 35, No. 2, Apr.–Jun. 2025

Research Article

A Business Intelligence System for Assessing Efficiency of Medical Equipment Utilization

Kaewrattana Prompunjai, Jitimon Angskun and Thara Angskun*
Institute of Digital Arts and Science, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 08 9895 3516, E–mail: angskun@sut.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2024.09.011
Received 22 May 2023; Revised 26 September 2023; Accepted 5 October 2023; Published online: 12 September 2024
© 2024 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

This research aims to develop a business intelligence (BI) system to assess operational efficiency assessment of medical equipment. The BI system can record, store, and manage equipment information and automatically analyze data and display reports. The analysis of the sample data (7 types of 10 medical devices used in a tertiary hospital) found that in the fiscal year 2021, only 2 out of 10 devices (20% of all equipment) had a utilization rate of more than 50%. Comparatively, in the fiscal year 2022, 3 devices (30% of all equipment) showed a percentage utilization rate above 50%. According to experts' results of the system performance evaluation, the efficiency of each aspect of the system was at a "good" level, and the overall average efficiency of all aspects was 2.61, indicating the system provides the highest level of performance. Therefore, the developed system for assessing the effectiveness of medical equipment utilization can be applied by other hospitals or healthcare facility.

Keywords: Medical Equipment, Utilization, Business intelligence System

Please cite this article as: K. Prompunjai, J. Angskun, and T. Angskun, "A business intelligence system for assessing medical equipment utilization," *The Journal of KMUTNB*, vol. 35, no. 2, pp. 1–13, ID. 252-156909, Apr.–Jun. 2025 (in Thai).

1. บทนำ

ในทางการแพทย์ เครื่องมือและอุปกรณ์ทางการแพทย์ถือเป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อการให้บริการทางด้านสุขภาพในโรงพยาบาล เพราะใช้อำนวยความสะดวกในการรักษาพยาบาล และเพิ่มโอกาสในการวินิจฉัยและการรักษาโรค รวมถึงยังเป็นต้นทุนหนึ่งที่สำคัญต่อการบริหารจัดการ เพื่อให้โรงพยาบาลสามารถจัดสรรการให้บริการทางด้านสุขภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ในแต่ละโรงพยาบาลมัก มีอุปกรณ์ทางการแพทย์หลายประเภทที่มีราคาต้นทุนต่อเครื่องที่สูงเป็นอย่างมาก เช่น เครื่องเอกซเรย์ด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Resonance Imaging) หรือ เอ็มอาร์ไอ (MRI) มีราคาต้นทุนต่อเครื่อง 50,478,000 บาท เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (Computer Tomography Scan) หรือ ซีที สแกน (CT Scan) มีราคาต่อเครื่องถึง 27,980,000 บาท โดยยังไม่รวมถึงค่าดำเนินการภายหลังจากการจัดซื้อมาติดตั้งสำหรับให้บริการทางด้านสุขภาพ แก่ผู้ป่วยในแต่ละวัน อาทิ ต้นทุนของการเปิดใช้งานเครื่องต่อวัน (Operation Time) ค่าวัสดุสิ้นเปลือง รวมถึงค่าแรงผู้ดูแลอุปกรณ์ และค่าซ่อมบำรุง

ดังนั้นการประเมินความคุ้มค่าของการใช้งานอุปกรณ์ทางการแพทย์จึงเป็นเรื่องจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะช่วยให้ทราบถึงสถานะการใช้งานอุปกรณ์ว่ามีการบริหารจัดการให้ถูกใช้งานได้อย่างเหมาะสมและคุ้มค่าที่สุดแล้วหรือไม่ ซึ่งจะมีประโยชน์ต่อการเพิ่มโอกาสในการพัฒนาประสิทธิภาพด้านความคุ้มค่าของการใช้ประโยชน์จากอุปกรณ์ทางการแพทย์ ช่วยลดความสูญเปล่าทางด้านต้นทุน และให้อุปกรณ์สามารถถูกใช้งานได้อย่างคุ้มค่าที่สุด

ปัญหาด้านการจัดการต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ทางการแพทย์ ถือเป็นความท้าทายของอีกหลายประเทศทั่วโลก มีหลายงานวิจัยที่มุ่งประเมินต้นทุนเกี่ยวกับอุปกรณ์ทางการแพทย์และความเหมาะสมกับการใช้งานจริง [1] เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการอุปกรณ์ทางการแพทย์ให้เกิดประโยชน์สูงสุด หรือคุ้มค่าที่สุด ในขณะเดียวกันพยายามลดต้นทุนให้ต่ำที่สุด ซึ่งงานวิจัยนี้มุ่งจัดการ กับปัญหาด้านต้นทุน ในมุมมองของการบริหารอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่มีอยู่ให้สามารถถูกใช้อย่างคุ้มค่าที่สุด โดยการพัฒนาระบบสำหรับประเมินความคุ้มค่าของการใช้งานอุปกรณ์ทางการแพทย์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความคุ้มค่าของอุปกรณ์ทางการแพทย์ มีวิธีการประเมินหลายวิธี อาทิ งานวิจัยของ Nakhla [2] ได้ประเมินความคุ้มค่าโดยปรับปรุงแบบจำลองการวัดประสิทธิผลโดยรวม (Overall Equipment Effectiveness; OEE) ของเครื่องจักร เพื่อให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการประเมินความคุ้มค่าด้านเวลาของอุปกรณ์ทางการแพทย์ งานวิจัยของ YanWei และคณะ [3] ได้ใช้เทคนิควิธีการวิเคราะห์แบบเส้นพรมแดนเชิงเฟ้นสุ่ม (Stochastic Frontier Analysis; SFA) เพื่อประเมินคะแนนประสิทธิภาพของโรงพยาบาล และวิเคราะห์ความคุ้มค่า การใช้งานอุปกรณ์ทางการแพทย์การด้วยวิธีประเมินอัตราชั่วโมงการใช้งาน (Utilization Rate; UR) ของเครื่อง ซึ่งงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้องนิยมใช้วิธีประเมินอัตราชั่วโมงการใช้งานของเครื่อง [4]–[7] โดยมีหลักการคำนวณ คือ การคิดอัตราสัดส่วนของจำนวนชั่วโมงที่เครื่องให้บริการรักษาพยาบาลจริง ต่อจำนวนชั่วโมงทั้งหมดที่เปิดเครื่อง เพื่อประเมินความคุ้มค่าด้านชั่วโมงการทำงานของอุปกรณ์ทางการแพทย์ โดยมักพบในงานวิจัยด้านอุตสาหกรรม [8]–[10] ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้การประเมินความคุ้มค่าด้วยวิธีประเมินอัตราชั่วโมงการใช้งานของเครื่อง (Utilization Rate; UR) เนื่องจากงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการประเมินความคุ้มค่า ในมุมมองของการใช้งานเครื่อง การคิดอัตราการชั่วโมงใช้งานเครื่องจึงเป็นวิธีที่สามารถแสดงถึงความคุ้มค่าของการใช้งานได้ชัดเจนที่สุด ทั้งนี้ยังมีงานวิจัยจำนวนน้อยที่นำมาใช้กับงานด้านสุขภาพ และผลของงานวิจัยจะเป็นในลักษณะการอภิปรายสรุปผลอัตราชั่วโมงการใช้งานของเครื่อง แต่ยังไม่พบงานวิจัยใดที่เป็นการพัฒนาระบบสำหรับประเมินความคุ้มค่าด้านชั่วโมงการใช้งานของอุปกรณ์ทางการแพทย์ โดยสามารถสรุปงานวิจัยทั้งหมดที่เกี่ยวข้องได้ ดังตารางที่ 1

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบที่เหมาะสมกับงานทางการแพทย์พบว่า ปัจจุบันระบบธุรกิจอัจฉริยะ (Business Intelligence) ได้เข้ามามีบทบาทต่องานในด้านการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นอย่างมาก เนื่องด้วย

ตารางที่ 1 สรุปเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความคุ้มค่า

วิจัย	วิธีประเมินความคุ้มค่า			ลักษณะผลการวิจัย	
	UR	SFA	OEE	อภิปรายผลความคุ้มค่า	พัฒนาระบบ
[2]			X	X	
[3]	X	X		X	
[4]–[7]	X			X	
งานวิจัยนี้	X			X	X

เทคโนโลยี ที่มีความทันสมัยมากขึ้น ทำให้จำนวนข้อมูลถูกสร้างขึ้น เป็นจำนวนมากอยู่ตลอดเวลา [11] โดยเฉพาะกับงานด้านการแพทย์ ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการเดิมอาจไม่สามารถรองรับต่อข้อมูลที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีจำนวนมหาศาลได้ทันท่วงที ระบบธุรกิจอัจฉริยะถูกนำมาใช้ทั้งในงานด้านการศึกษา [12] อุตสาหกรรมการท่องเที่ยว [13] การวิเคราะห์ธุรกิจ [14] รวมถึงด้านสุขภาพ [15] แต่ยังไม่พบงานวิจัยใดที่เป็นการพัฒนาระบบธุรกิจอัจฉริยะสำหรับประเมินความคุ้มค่าด้านชั่วโมงการใช้งานของอุปกรณ์ทางการแพทย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์ข้อมูลที่ถูกจัดเก็บทุกวันเป็นจำนวนมาก อาทิ ขนาดของจำนวนข้อมูลการใช้งานของอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ถูกบันทึกในโรงพยาบาลระดับตติยภูมิแห่งหนึ่ง ที่มีการบันทึกข้อมูลเพิ่มทุกวินาที จำนวนทั้งสิ้น 225,581 รายการ ภายในระยะเวลา 2 ปี ควรสามารถวิเคราะห์ได้อย่างอัตโนมัติ และทันท่วงที ทำให้การบริหารจัดการอุปกรณ์ทางการแพทย์เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

จากที่มาความสำคัญ และการทบทวนวรรณกรรมที่กล่าวมาข้างต้น บทความนี้จึงนำเสนอการพัฒนาระบบในรูปแบบระบบธุรกิจอัจฉริยะ โดยมีโครงสร้างการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis Structure) ที่ถูกพัฒนาสำหรับประเมินความคุ้มค่าด้านชั่วโมงการใช้งานของอุปกรณ์ทางการแพทย์ ซึ่งระบบประกอบด้วยความสามารถในการบันทึก จัดเก็บ และจัดการข้อมูลสารสนเทศของอุปกรณ์ทางการแพทย์ รวมถึงสามารถวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินผลความคุ้มค่าด้านชั่วโมงการใช้งาน และแสดงผลออกด้วยรายงานได้อย่างอัตโนมัติ โดยมีกรณีศึกษา คือ โรงพยาบาลระดับตติยภูมิ ระดับมาตรฐาน (Standard level Hospital) ขนาด 250 เตียง

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

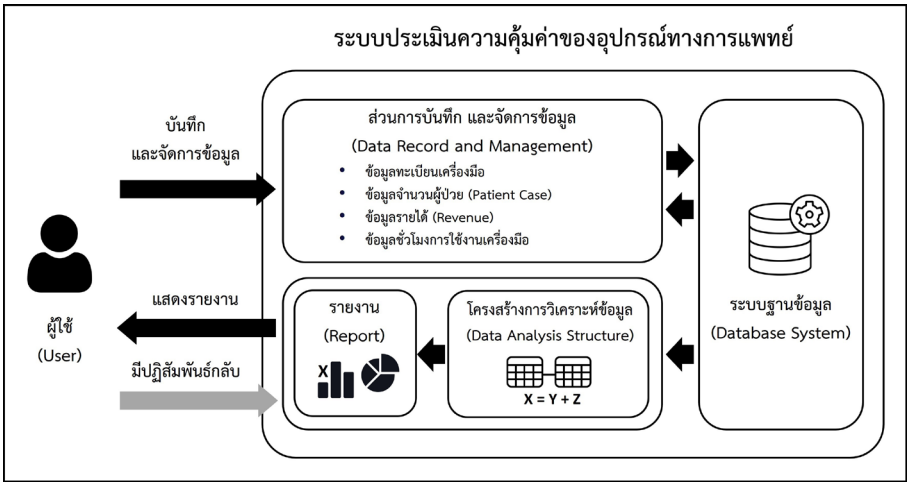
2.1 กระบวนการทำงานของระบบโดยรวม

ระบบธุรกิจอัจฉริยะสำหรับการประเมินความคุ้มค่าด้านชั่วโมงการใช้งานของอุปกรณ์ทางการแพทย์ เป็นระบบที่ถูกพัฒนาในรูปแบบโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ (Web Application) ประกอบด้วยส่วนการทำงานหลัก 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนการบันทึกและจัดการข้อมูลสารสนเทศอุปกรณ์ทางการแพทย์ (Data Record and Management) ส่วนระบบฐานข้อมูล (Database System) ส่วนโครงสร้างการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis Structure) และส่วนรายงาน (Report) ดังแสดงในรูปที่ 1

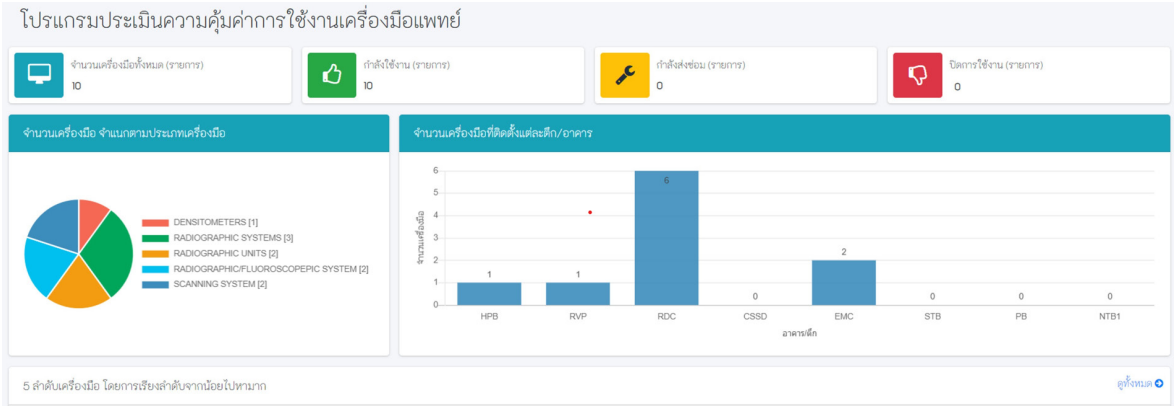
ผู้ใช้สามารถบันทึก และจัดการข้อมูลสารสนเทศของอุปกรณ์ทางการแพทย์ได้ ข้อมูลที่บันทึกจะถูกจัดเก็บด้วยระบบฐานข้อมูล และระบบจะดึงข้อมูลที่ถูกจัดเก็บ มาวิเคราะห์เพื่อประเมินความคุ้มค่าการใช้งานอุปกรณ์ ด้วยโครงสร้างการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้พัฒนา และออกรายงานอย่างอัตโนมัติ ซึ่งเป็นรูปแบบรายงานที่ผู้ใช้สามารถมีปฏิสัมพันธ์กลับ (Interaction) เพื่อเลือกมุมมองของการแสดงผลรายงานได้ โดยมีหน้าหลักระบบ ดังแสดงในรูปที่ 2

2.2 แนวคิดการออกแบบและพัฒนาระบบ

ในการพัฒนาระบบ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงลักษณะโครงสร้างของข้อมูลอุปกรณ์ทางการแพทย์ และเอกสารข้อมูลรายงานประจำปี ของส่วนงานเครื่องมือและอุปกรณ์ทางการแพทย์ ในโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง ซึ่งเป็นโรงพยาบาลระดับตติยภูมิ ระดับมาตรฐาน (Standard Level Hospital) ขนาด 250 เตียง โดยศึกษาอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ราคาเกิน 1 ล้านบาทต่อเครื่อง ที่ใช้สำหรับการรักษา และการวินิจฉัยโรคเฉพาะอุปกรณ์เกี่ยวกับงานรังสีวินิจฉัย เนื่องจากเป็น



รูปที่ 1 แผนภาพกระบวนการทำงานของระบบ

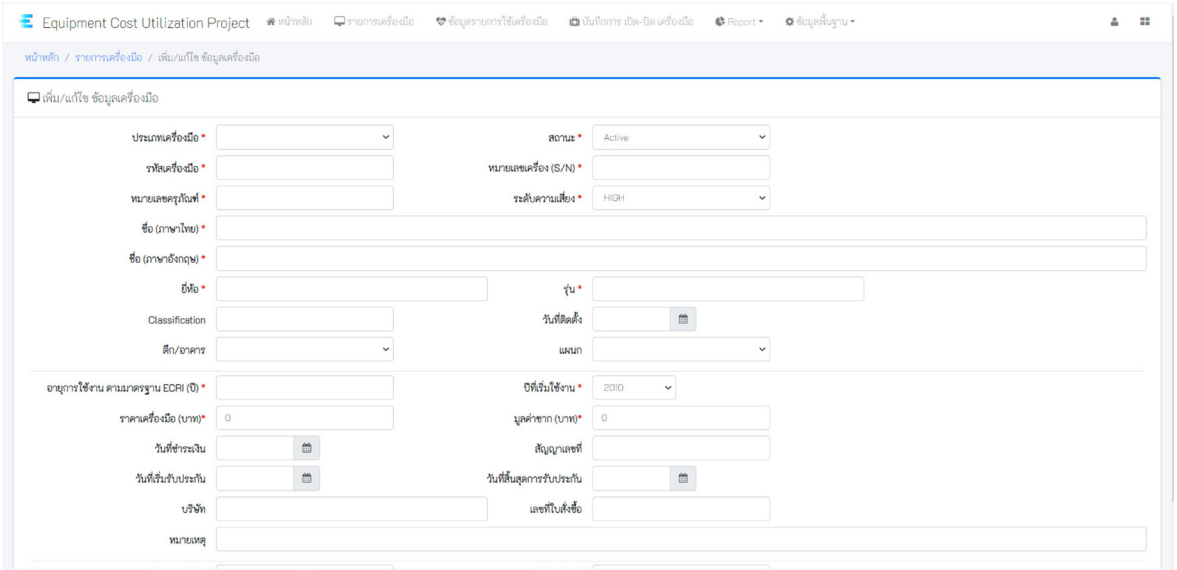


รูปที่ 2 ระบบประเมินความคุ้มค่าบนโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ (Web Application)

อุปกรณ์ทางการแพทย์ราคาสูง และมักมีเป็นมาตรฐานของโรงพยาบาลระดับมาตรฐานโดยทั่วไป ทั้งสิ้น 10 เครื่อง 7 ชนิด อาทิ เครื่องเอกซเรย์ด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ และเครื่องวัดความหนาแน่นมวลกระดูก ย้อนหลังตั้งแต่ เดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2565 จำนวนทั้งสิ้น 225,581 รายการ เพื่อใช้เป็นข้อมูลต้นแบบสำหรับพัฒนาระบบ และออกแบบรายงาน โดยข้อมูลดังกล่าว ได้แก่ ข้อมูลทะเบียนเครื่องมือ ข้อมูลชั่วโมงการใช้งานเครื่องข้อมูลจำนวนผู้ป่วยที่ใช้งานเครื่องและรายได้ที่เกิดขึ้นโดยแต่ละส่วนการทำงานของระบบมีแนวคิดของการพัฒนา ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.2.1 ส่วนการบันทึกและจัดการข้อมูลสารสนเทศอุปกรณ์ทางการแพทย์

การพัฒนาส่วนสำหรับการบันทึก และจัดการข้อมูลสารสนเทศอุปกรณ์ทางการแพทย์ ออกแบบโดยอิงจากลักษณะโครงสร้างของข้อมูลอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ได้ศึกษา เพื่อให้ระบบสามารถรองรับการจัดเก็บและจัดการข้อมูลสารสนเทศได้ครบถ้วน ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3 รวมทั้งการออกแบบส่วนต่อประสานกราฟิกผู้ใช้ (Graphical User Interface) จะอยู่บนพื้นฐานของการออกแบบให้ระบบเข้าใจง่ายที่สุด และสื่อความหมายได้ในตัวเอง (Self-Explanatory) ตามแนวคิดการออกแบบของ Krug [16]



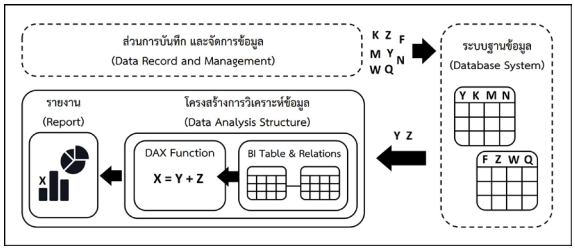
รูปที่ 3 ระบบส่วนการบันทึกและจัดการข้อมูลอุปกรณ์ทางการแพทย์

2.2.2 ส่วนระบบฐานข้อมูล

การพัฒนาส่วนระบบฐานข้อมูล เป็นการพัฒนาในรูปแบบระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Management System; RDBMS) โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์ เอสคิวแอล เซิร์ฟเวอร์ ดาต้าเบส (Microsoft SQL Server Database Express Edition) เป็นระบบฐานข้อมูล และใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอสคิวเอลเซิร์ฟเวอร์ เมเนจเมนท์ (Microsoft SQL Server Management Studio 18) สำหรับจัดการระบบฐานข้อมูล

2.2.3 ส่วนโครงสร้างการวิเคราะห์ข้อมูล

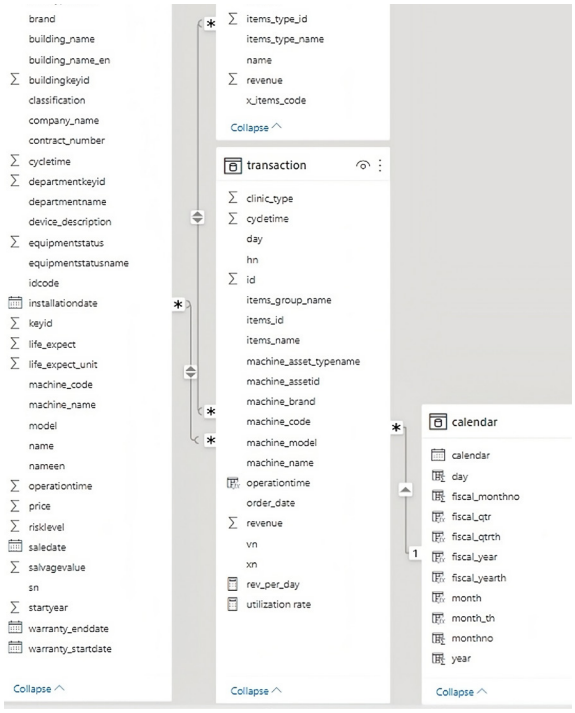
ในส่วนโครงสร้างการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนนี้ เป็นการพัฒนาโครงสร้างการเรียกใช้ข้อมูล หรือ เทมเพลตข้อมูล (Data Template) สำหรับนำเข้าข้อมูลที่ถูกจัดเก็บจากระบบฐานข้อมูล เฉพาะส่วนที่ต้องนำไปใช้วิเคราะห์มาเพื่อวิเคราะห์โดยผ่านสูตรการคำนวณด้วยภาษาแด็กซ์ (Data Analysis Expression; DAX) ภายในโปรแกรมไมโครซอฟท์ พาวเวอร์ บีไอ (Microsoft Power BI) เพื่อให้ได้ผลการคำนวณความคุ้มค่าการใช้งานอุปกรณ์ทางการแพทย์ และแสดงออกทางรายงานโดยอัตโนมัติ โดยส่วนโครงสร้างการวิเคราะห์ข้อมูลนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อย ได้แก่ ส่วน



รูปที่ 4 หลักการทำงานส่วนโครงสร้างการวิเคราะห์ข้อมูล

โครงสร้างการเรียกใช้ข้อมูล (BI Table and Relations) และส่วนสูตรการวิเคราะห์ (DAX Function) ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ส่วนโครงสร้างการเรียกใช้ข้อมูล งานวิจัยนี้ได้ออกแบบโครงสร้างการเรียกใช้ข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลเฉพาะข้อมูลที่ต้องนำมาใช้วิเคราะห์ เนื่องจากในการคำนวณความคุ้มค่าของการใช้งานอุปกรณ์ และการแสดงผลรายงาน ไม่เป็นการนำข้อมูลทั้งหมดที่ผู้ใช้บันทึกมาใช้ในการคำนวณ แต่อาศัยการพัฒนาโครงสร้างข้อมูลเพื่อดึงเข้าข้อมูลเฉพาะส่วนโดยอัตโนมัติ โดยโครงสร้างข้อมูลที่ได้พัฒนา ประกอบด้วย 4 ตาราง ได้แก่ ตารางข้อมูลทะเบียนเครื่องมือ (master_equipment) ตารางข้อมูลทะเบียนรายการตรวจ (master_med_exam)



รูปที่ 5 แผนภาพความสัมพันธ์ของตาราง

ตารางรายการบันทึก ข้อมูลการใช้งานเครื่อง (Transaction) และตารางเชื่อมวันเวลา (Calendar) โดยตารางทั้งหมดประกอบด้วยแอตทริบิวต์ (Attribute) ดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งเชื่อมความสัมพันธ์กันระหว่างตารางข้อมูลทะเบียนเครื่องมือกับตารางรายการบันทึกข้อมูลการใช้งานเครื่อง ด้วยแอตทริบิวต์ “machine_code” และเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างตารางข้อมูลทะเบียนเครื่องมือ กับตารางข้อมูลรายการตรวจ ด้วยแอตทริบิวต์ “item_id” และเชื่อมวันที่และเวลาด้วยตารางเชื่อมวันเวลา

ทั้งนี้ส่วนสูตรการวิเคราะห์ความคุ้มค่าด้านชั่วโมงการใช้งานของอุปกรณ์ทางการแพทย์ งานวิจัยนี้ได้พัฒนาสูตรการคำนวณด้วยภาษาแด็กซ์ (DAX) โดยอิงจากสูตรการคำนวณแบบอัตราชั่วโมงการใช้งาน (Utilization Rate) ของเครื่องซึ่งมีสูตรการคำนวณ ดังสมการที่ (1) [5]

$$Utilization\ Rate = \frac{E \times C}{H \times D} \times 100 \qquad (1)$$

กำหนดให้

E คือ เวลาที่ใช้ดำเนินการต่อ 1 รอบ (นาที)

C คือ จำนวนผู้ป่วย (คน/วัน)

H คือ เวลาที่เปิดเครื่อง (ชั่วโมง/วัน)

D คือ จำนวนวันที่เปิดเครื่อง (วัน)

เนื่องจาก เวลาที่ใช้ในการรักษาต่อรอบ มีเวลาที่ใช้ต่างกันไปในแต่ละประเภทรายการตรวจวินิจฉัย การออกแบบฐานข้อมูลจึงใช้การเชื่อมความสัมพันธ์ตารางระหว่าง ตารางรายการบันทึกข้อมูลการใช้งานเครื่อง (Transaction) และตารางข้อมูลทะเบียนรายการตรวจ (master_med_exam) เพื่อให้ทราบว่าการรักษาแต่ละครั้งใช้เวลาจริงเท่าใด และคำนวณหาเวลาที่ได้ใช้เครื่องจริง ($E \times C$) โดยการรวมเวลาของการรักษาทั้งหมด และคำนวณหาเวลาที่เปิดเครื่องทั้งหมด ($H \times D$) โดยการรวมเวลาของการเปิดเครื่องทั้งหมด ทำให้ได้สูตรการคำนวณด้วยภาษาแด็กซ์ ดังสมการที่ (2)

$$Utilization\ Rate = DIVIDE(SUM(cycletime), SUM(operationtime)) \times 100 \qquad (2)$$

2.2.4 ส่วนรายงาน

ในส่วนการพัฒนารายงาน เป็นการออกแบบโดยศึกษาเอกสารข้อมูลรายงานประจำปี ของส่วนงานเครื่องมือและอุปกรณ์ทางการแพทย์ทั้งหมด โดยเป็นการพัฒนารายงานการแสดงของผลที่ได้จากสูตรการวิเคราะห์ ด้วยการใช้โปรแกรมใช้ไมโครซอฟท์ พาวเวอร์ บีไอ สำหรับพัฒนารายงานแบบธุรกิจอัจฉริยะที่รองรับการปรับปรุงความเป็นปัจจุบันของข้อมูล และการสามารถนำเสนอมุมมองที่หลากหลายตามมุมมองที่ผู้ใช้ต้องการดูได้ อาทิ การเลือกกรองเนื้อหา (Filter) ตามชนิดเครื่องมือ ตามช่วงวันเวลา หรือการสามารถดูข้อมูลลงรายละเอียดตามรายเครื่องได้

2.3 การประเมินประสิทธิภาพของระบบ

งานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือสำหรับการประเมินความสามารถในการใช้งานได้ของระบบ (System Usability) ในส่วนบันทึกและจัดการข้อมูลสารสนเทศ ด้วยแบบสอบถามตามแบบมาตรฐานซูมิ (The Software Usability Measurement

Inventory; SUMI) [17] จำนวน 50 ข้อ ทั้งหมด 5 ด้าน และพัฒนาแบบสอบถามเพิ่มเติมอีก 20 ข้อ ทั้งหมด 2 ด้าน เพื่อใช้ประเมินประสิทธิภาพของระบบในส่วนรายงาน เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบในรูปแบบระบบธุรกิจอัจฉริยะที่มีส่วนของการพัฒนาโครงสร้างการวิเคราะห์ข้อมูลและรายงาน เพื่อใช้สำหรับสนับสนุนการตัดสินใจ ดังนั้นการประเมินประสิทธิภาพระบบจึงเพิ่มเติมมุมมองของการประเมินประสิทธิภาพด้านการตัดสินใจที่ดีขึ้น และด้านความเหมาะสมเพียงพอต่อความต้องการดูรายงาน โดยนำแบบสอบถามที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ มาทดสอบหาความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม (Validity) ด้านความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์หรือเนื้อหา (Index of Concordance; IOC) ด้วยผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 ท่าน จากนั้นจึงนำแบบสอบถามทั้งสองชุดมาใช้ประเมินประสิทธิภาพของระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศเครื่องมือและผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการอุปกรณ์และเครื่องมือทางการแพทย์ ทั้งหมด 5 ท่าน และทดสอบหาความเชื่อมั่นจากผลของการตอบแบบสอบถาม ด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (Cronbach's' Alpha Coefficient) [18]

โดยแบบสอบถามซูมิ คือ แบบสอบถามที่ใช้สำหรับประเมินความสามารถในการใช้งานได้ของระบบ โดยแบ่งคำถามเป็น 5 ด้าน ได้แก่

1) ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency)

2) ด้านผลกระทบต่อความรู้สึก (Affect)

3) ด้านความมีประโยชน์ (Helpfulness)

4) ด้านการควบคุมได้ (Control)

5) ด้านความสามารถเข้าใจได้ (Learnability)

ซึ่งประกอบด้วยคำถามทั้งหมด 50 ข้อ ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 2

ส่วนแบบสอบถามเพื่อประเมินรายงานแบ่งคำถามเป็น 2 ด้าน ประกอบด้วยคำถามทั้งหมด 20 ข้อ ได้แก่

6) ด้านความสอดคล้องต้องกันของความต้องการจากรายงาน (Requirement Acceptable)

7) ด้านประสิทธิภาพการตัดสินใจที่ดีขึ้น (Decision Ability) ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ตัวอย่างแบบสอบถามซูมิ

ลำดับ	คำถาม	ชนิดคำถาม	ด้าน
1	บางครั้งในการใช้งาน คุณไม่ทราบว่าต้องทำอย่างไรต่อ	-	1
2	คุณจะแนะนำระบบนี้ให้กับคนรู้จัก	+	2
3	ในบางครั้งระบบหยุดการทำงานโดยไม่คาดคิด	-	4
:	:	:	:
50	คำแนะนำ และการแจ้งเตือนในระบบนี้มีประโยชน์ต่อคุณ	+	3

ตารางที่ 3 ตัวอย่างแบบสอบถามประเมินรายงาน

ลำดับ	คำถาม	ชนิดคำถาม	ด้าน
1	รายงานนี้ช่วยให้คุณทำงานด้านการสรุปผลประเมินผลรายงานง่ายขึ้น	+	6
2	รายงานนี้ช่วยให้คุณทราบว่าต้องบริหารจัดการ หรือปรับปรุงการใช้งานของอุปกรณ์อย่างไรต่อ	+	7
3	รายงานนี้แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพียงพอต่อการทำงานของคุณ	+	6
:	:	:	:
20	รายงานนี้แสดงข้อมูลที่ทำให้คุณมักเข้าใจผลผิด	-	7

โดยแบบสอบถามทั้ง 2 ชุด ประกอบด้วยประเภทคำถามเชิงบวก และเชิงลบ รวมถึงใช้การสุ่มสลับข้อคำถามเพื่อป้องกันการตอบแบบสอบถามอย่างมีอคติ (Bias) จากนั้นนำผลการประเมินมาแปลค่าโดยการแบ่งคำนวณคะแนนตามชนิดของข้อคำถาม ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การแปลค่าจากชนิดข้อคำถาม

ชนิดคำถาม	การแปลคะแนนแต่ละคำถาม		
	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
คำถามเชิงบวก (+)	3	2	1
คำถามเชิงลบ (–)	1	2	3

การแปลผลการประเมินประสิทธิภาพโดยรวมเฉลี่ยด้วยการหาอันตรภาคชั้นของคะแนนตั้งแต่ 1–3 คะแนน ซึ่ง

จะได้ผลเกณฑ์ที่ใช้สำหรับแปลผลการประเมิน ดังแสดงในตารางที่ 5 เพื่อใช้เป็นเกณฑ์วัดระดับประสิทธิภาพระบบ

ตารางที่ 5 ระดับเกณฑ์การแปลผลประสิทธิภาพ

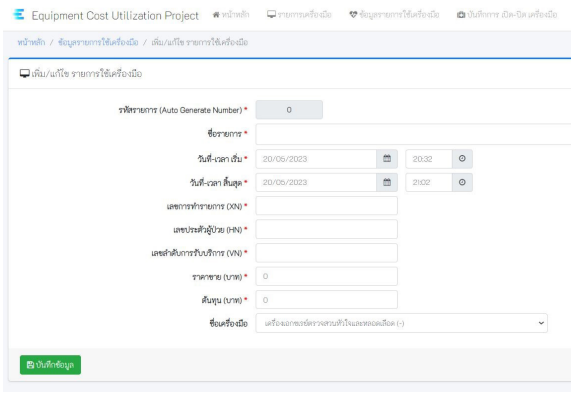
อันตรภาคชั้น	ช่วงคะแนนเฉลี่ย	ระดับ
3	2.34–3.00	ดี
2	1.67–2.33	พอใช้
1	1.00–1.66	ควรปรับปรุง

3. ผลการทดลอง

ผลการทดลองของงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) ผลการพัฒนาระบบ 2) ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ และ 3) ผลการประเมินความคุ้มค่าด้านชั่วโมงการใช้งานของอุปกรณ์ทางการแพทย์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

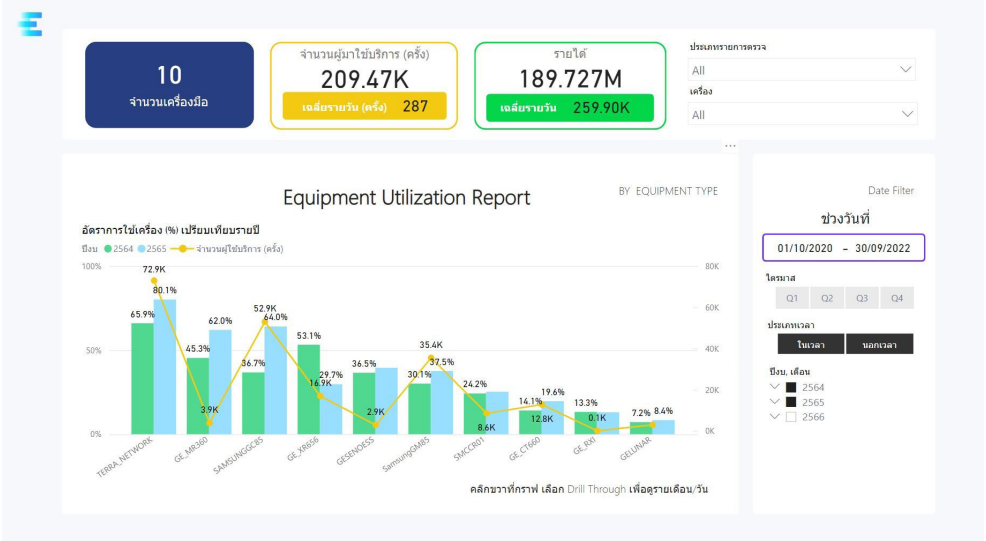
3.1 ผลการพัฒนาระบบ

ระบบประเมินความคุ้มค่าด้านชั่วโมงการใช้งานของอุปกรณ์ทางการแพทย์ส่วนรังสีวินิจฉัย สามารถรองรับการบันทึกและจัดการข้อมูลสารสนเทศของอุปกรณ์ ทั้งการจัดการทะเบียนข้อมูลอุปกรณ์ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3 และการบันทึกข้อมูลการใช้งานเครื่องประจำวัน ดังแสดง

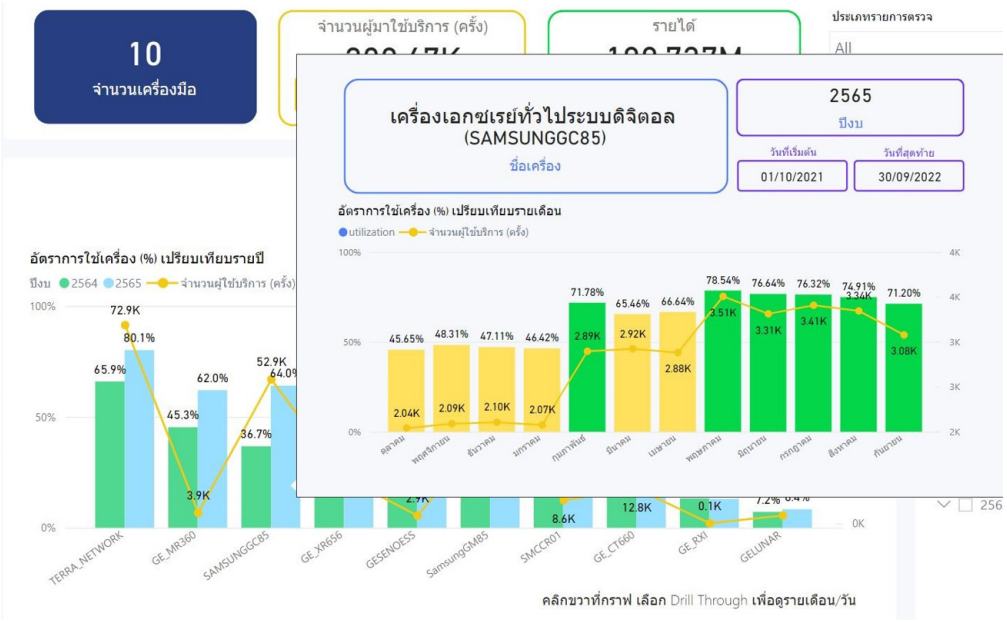


รูปที่ 6 หน้าบันทึกข้อมูลการใช้งานเครื่องรายวัน

ตัวอย่างในรูปที่ 6 โดยข้อมูลที่บันทึกในระบบจะถูกนำไปปรับปรุง (Update) ข้อมูลบนรายงานที่พัฒนา ดังแสดงในรูปที่ 7 อย่างอัตโนมัติ ทั้งนี้รายงานสามารถแสดงผลการประเมินความคุ้มค่าในมุมมองที่หลากหลาย โดยสามารถเลือกแสดงผลตามประเภทเครื่อง หรือเลือกแสดงผลตามไตรมาส ปี และเดือน หรือ ดูรายละเอียดอัตราชั่วโมงการใช้งานของเครื่องที่เลือก ในรายเดือนของปีนั้นๆ ด้วยการพัฒนาหน้ารายงานในลักษณะ Tooltips เพื่อให้ผู้ใช้สามารถชี้ปีที่ต้องการเพื่อดูข้อมูลรายเดือนของทั้งปีได้ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 8



รูปที่ 7 ตัวอย่างระบบส่วนรายงาน



รูปที่ 8 การดูรายละเอียดรายเดือนโดยการใช้ Tooltips

3.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ดังตารางที่ 6 พบว่า ผลประเมินประสิทธิภาพในแต่ละด้านอยู่ในระดับ “ดี” ทุกด้าน และมีระดับประสิทธิภาพเฉลี่ยโดยรวมทุกด้าน เท่ากับ 2.61 ซึ่งอยู่ในระดับ “ดี” ซึ่งเป็นระดับสูงสุด

ตารางที่ 6 ผลประเมินประสิทธิภาพของระบบแต่ละด้าน

ลำดับ	ด้านประสิทธิภาพ	ค่าเฉลี่ย	แปลผล
1	ด้านประสิทธิภาพ	2.80	ดี
2	ด้านผลกระทบต่อความรู้สึก	2.70	ดี
3	ด้านความมีประโยชน์	2.80	ดี
4	ด้านการควบคุมได้	2.54	ดี
5	ด้านความสามารถเข้าใจได้	2.38	ดี
ค่าเฉลี่ยทุกด้าน (แบบสอบถามซูมิ)		**2.64**	**ดี**
6	ด้านความสอดคล้องต้องกันของความต้องการจากรายงาน	2.46	ดี
7	ด้านประสิทธิภาพการตัดสินใจที่ดีขึ้น	2.60	ดี
ค่าเฉลี่ยทุกด้าน (แบบสอบถามรายงาน)		**2.53**	**ดี**
ค่าเฉลี่ยทุกด้าน		**2.61**	**ดี**

3.3 ผลการประเมินความคุ้มค่าด้านชั่วโมงการใช้งานของอุปกรณ์ทางการแพทย์

ผลการประเมินความคุ้มค่าด้านชั่วโมงการใช้งานของอุปกรณ์ทางการแพทย์รายเครื่อง ตามปีงบประมาณ พ.ศ. สรุปได้ ดังตารางที่ 7 โดยปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 ได้แก่ เดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2564 และปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 ได้แก่ เดือนตุลาคม พ.ศ. 2564 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2565

ตารางที่ 7 ผลประเมินอัตราการใช้งานเครื่อง

เครื่อง	ปีงบประมาณ พ.ศ.	
	2564	2565
เครื่องเอกซเรย์ทั่วไประบบดิจิทัล (เครื่องที่ 1) (Digital General X-ray)	65.9%	80.1%
เครื่องเอกซเรย์ทั่วไประบบดิจิทัล (เครื่องที่ 2) (Digital General X-ray)	36.7%	64.0%
เครื่องเอกซเรย์ทั่วไประบบดิจิทัล (เครื่องที่ 3) (Digital General X-ray)	53.1%	29.7%
เครื่องเอกซเรย์ด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Resonance Imaging)	45.3%	62.0%

ตารางที่ 7 ผลประเมินอัตราการใช้งานเครื่อง (ต่อ)

เครื่อง	ปีงบประมาณ พ.ศ.	
	2564	2565
เครื่องเอกซเรย์เต้านม (Mammography)	36.5%	39.5%
เครื่องเอกซเรย์เคลื่อนที่ (Mobile X-Ray)	30.1%	37.5%
เครื่องเอกซเรย์ทั่วไป (General X-ray)	24.2%	25.3%
เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (Computer Tomography Scan)	14.1%	19.6%
เครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคป (Digital Fluoroscopy)	13.3%	13.0%
เครื่องวัดความหนาแน่นมวลกระดูก (Dual Energy X-Ray Absorptiometry)	7.20%	8.40%

4. สรุปและอภิปรายผล

จากผลการประเมินความคุ้มค่าด้านชั่วโมงการใช้งานเครื่องพบว่า ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 มีอุปกรณ์ทางการแพทย์เพียง 2 เครื่องจาก 10 เครื่อง ที่มีอัตราการใช้งานเครื่องเกินร้อยละ 50 หรือคิดเป็นร้อยละ 20 ของเครื่องทั้งหมด และในปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 มีอัตราการใช้งานเครื่องเกินร้อยละ 50 ทั้งสิ้น 3 เครื่อง หรือคิดเป็นร้อยละ 30 ของเครื่องทั้งหมด โดยอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่มีอัตราการใช้งานเครื่องมากที่สุดของทั้ง 2 ปีงบประมาณ พ.ศ. ได้แก่เครื่องเอกซเรย์ทั่วไป ระบบดิจิทัล (เครื่องที่ 1) นอกจากนั้น ยังพบว่าเครื่องเอกซเรย์ทั่วไประบบดิจิทัลทั้ง 3 เครื่อง ที่มีคุณสมบัติและความสามารถในการรักษาเหมือนกันแต่มีอัตราการใช้งานเครื่องแตกต่างกัน จากการวิเคราะห์ถึงสาเหตุเพิ่มเติม พบว่า อุปกรณ์ทั้ง 3 เครื่องถูกติดตั้งอยู่ต่างอาคาร โดยช่วงตั้งแต่เดือนสิงหาคมของปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 เครื่องเอกซเรย์ทั่วไประบบดิจิทัล (เครื่องที่ 3) ได้มีการย้ายไปติดตั้งภายในตึกใหม่เพื่อใช้สำหรับการตรวจสุขภาพเพียงอย่างเดียว ทำให้อุปกรณ์ดังกล่าว มีอัตราการใช้งานเครื่องลดลง โดยจากการพัฒนาระบบประเมินความคุ้มค่าของอุปกรณ์ทางการแพทย์ ทำให้สามารถทราบสถานะของอัตราการใช้งานเครื่องในปัจจุบัน ว่าแต่ละเครื่องมีชั่วโมงการให้บริการรักษาพยาบาลจริง ต่อชั่วโมงการเปิดใช้งานเครื่องประจำวัน คิดเป็นอัตราเท่าใด และยังสามารถทราบว่า ควรเพิ่มหรือลดอัตราการใช้งานของแต่ละเครื่องเท่าใด เพื่อให้อุปกรณ์สามารถถูกใช้ได้อย่างคุ้มค่ามากที่สุด โดยระบบสามารถเอื้อให้เกิดการลดภาระขั้นตอนการดำเนินงาน ด้านการวิเคราะห์และสรุปผลรายงานด้วยการพัฒนาระบบแบบธุรกิจอัจฉริยะ รวมถึงสามารถช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการการใช้งานอุปกรณ์ทางการแพทย์ โดยเห็นได้จากผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับ “ดี” ทุกด้าน ทั้งชุดแบบสอบถามซูมิ ที่เป็นมาตรฐานข้อคำถามสำหรับประเมินประสิทธิภาพซอฟต์แวร์ และชุดแบบสอบถามสำหรับประเมินประสิทธิภาพรายงาน รวมทั้ง ผลของการหาค่าความเชื่อมั่นของการตอบแบบสอบถามทั้ง 70 ข้อ ด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาคพบว่า มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.95 ถือว่าข้อคำถามมีค่าความเชื่อมั่นที่ยอมรับได้ [19]

เนื่องจากปัจจุบัน ยังไม่พบงานวิจัยใดที่เป็นการพัฒนาระบบสำหรับประเมินความคุ้มค่าด้านอัตราชั่วโมงการใช้งานของอุปกรณ์ทางการแพทย์ ที่รองรับทั้งการบันทึก และการจัดการข้อมูลสารสนเทศของอุปกรณ์ทางการแพทย์ และประเมินผลโดยการพัฒนาโครงสร้างการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อแสดงออกทางรายงานอย่างอัตโนมัติ งานวิจัยนี้จึงนำเสนอระบบในลักษณะดังกล่าว เพื่อเป็นระบบที่สามารถประเมินความคุ้มค่าการใช้งานอุปกรณ์ รวมถึงเอื้อให้สามารถลดภาระงานของบุคลากรทางการแพทย์ด้านการบริหารจัดการอุปกรณ์และเครื่องมือทางการแพทย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบประเมินความคุ้มค่าของการใช้งานอุปกรณ์ทางการแพทย์ดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับโรงพยาบาลอื่นได้ โดยติดตั้งระบบในลักษณะของระบบเครือข่ายภายในองค์กร หรือ อินทราเน็ต (Intranet) เพื่อความปลอดภัยของข้อมูลภายในโรงพยาบาล และเพื่อให้สามารถจำกัดสิทธิการเข้าถึงเฉพาะบุคลากรที่มีความเกี่ยวข้อง

ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบประเมินความคุ้มค่าเฉพาะในมุมมองด้านอัตราชั่วโมงการใช้งาน ของอุปกรณ์เท่านั้น โดยการพัฒนาต่อยอดระบบนี้ ในงานวิจัยต่อไปในอนาคต สามารถพัฒนาระบบโดยเพิ่มเติมมุมมองการวิเคราะห์ด้านอื่น ๆ อาทิ ด้านต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ รวมถึงปัจจัยด้านทรัพยากรมนุษย์ และอาจใช้การวิเคราะห์

ร่วมกับปัจจัยด้านสาเหตุของการที่อุปกรณ์ไม่สามารถเปิดให้บริการเต็มประสิทธิภาพ เนื่องจากปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการใช้งานเครื่อง หรือ ความคุ้มค่าของการใช้งานเครื่อง อาจแปรผันได้ตามตัวแปรที่นอกเหนือจากความสามารถในการเปิดให้บริการเครื่องประจำวัน ซึ่งอาจสามารถสะท้อนปัญหาด้านอื่น ๆ เช่น การขาดเคลนบุคลากรทางการแพทย์ โดยเป็นประโยชน์อย่างสูงต่องานทางด้านการแพทย์ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

[1] S. S. Eric Kaun dos, W. C. June Alisson, V. C. M. Alexandra, P. d. M. Thyago, M. Sandro, and D. S. Eduardo, "Cost-effectiveness in health: Consolidated research and contemporary challenges," *Humanities and Social Sciences Communications*, vol. 8, no. 1, 2021.

[2] M. Nakhla, "Designing extended overall equipment effectiveness: Application in healthcare operations," *International Journal of Management Science and Engineering Management*, vol. 13, pp. 227–236, 2018.

[3] Y. Wei, H. Yu, J. Geng, B. Wu, Z. Guo, L. He, and Y. Chen, "Hospital efficiency and utilization of high-technology medical equipment: A panel data analysis," *Health Policy and Technology,* vol. 7, no. 1, 2018.

[4] V. Gupta and S. C. Sarode, "Assessment of equipment utilization and maintenance schedule at a dental institution in Bengaluru, India," *World Journal of Dentistry*, vol. 8, pp. 104–108, 2017.

[5] P. Chaudhary, P. Kaul, S. K. Gupta, and S. Kant, "An assessment of diagnostic equipment utilization in a tertiary healthcare setup: A key to economical patient management," in *Proceedings Chaudhary2014AnAO*, 2014.

[6] E. Tesfaye Geta, D. R. Terefa, and A. E. Desisa, "Efficiency of medical equipment utilization and its associated factors at Public Referral Hospitals in East Wollega Zone, Oromia Regional State, Ethiopia," *Medical devices* (Auckland, N.Z.), vol. 16, p. 37–46, 2023.

[7] M. M. Hossain, P. Sultana, and S. Mohd, "Cross-sectional study on utilization of radiology and imaging equipment in the district hospitals of Bangladesh," *International Journal of Research Foundation of Hospital and Healthcare Administration*, vol. 5, no. 1, pp. 21–28, 2017.

[8] T. H. S. Rimo and O. Chai Tin, "A simulation study of capacity utilization to predict future capacity for manufacturing system sustainability," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 109, 2017.

[9] S. T. S. Shazali, C. H. Ting, A. Hishamuddin, M. S. Mohd, and A. Adzlan, "Measuring Machinery Capacity Utilization and Its Impact on Manufacturing Performance and Environment," in *ENCON 2013*, 2013.

[10] M. Singh, R. Rathi, and M. S. Kaswan, "Capacity utilization in industrial sector: a structured review and implications for future research," *World Journal of Engineering*, 2021.

[11] H. Guo, L. Wang, F.-J. Chen, and D. Liang, " Scientific big data and Digital Earth," *Chinese Science Bulletin*, vol. 59, pp. 5066–5073, 2014.

[12] Z. Mohseni, R. M. Martins, and I. Masiello, "SAVis: A learning analytics dashboard with interactive visualization and machine learning," in *Proceedings Nordic Learning Analytics* (Summer) Institute 2021, Stockholm, 2021.

[13] Y. Michael, G. Abba, and R. Reinert, "Business

intelligence for social media interaction in the travel industry in Indonesia," *Journal of Intelligence Studies in Business*, vol. 8, pp. 72–79, 2018.

[14] C. Ticiana, G. Nuno, T. Yuka, P. Ivan, M. Pedro, and G. Norberto Jorge, "Data Analysis for the Development of a PowerBi solution for sales," in *Proceedings 2022 International Conference on Data Analytics for Business and Industry (ICDABI)*, 2023.

[15] W. Haque, B. Urquhart, E. Berg and R. Dhanoa, "Using business intelligence to analyze and share health system infrastructure data in a rural health authority," *JMIR medical informatics*, vol. 2, no. 2, 2014.

[16] S. Krug, Don't Make Me Think, Revisited: A Common Sense Approach to Web Usability (3rd Edition), New Riders Publishing (US), 2014.

[17] J. Kirakowski and M. Corbett, "SUMI: The software usability measurement inventory," *British Journal of Educational Technology*, vol. 24, no. 3, pp. 210–212, 1993.

[18] L. J. Cronbach, "Coefficient alpha and the internal structure of tests," *Psychometrika*, vol. 16, pp. 297–334, 1951.

[19] J. M. Cortina, "What is coefficient alpha? An examination of theory and applications," *Journal of Applied Psychology*, vol. 78, no. 1, pp. 98–104, 1993.