การพัฒนาประสิทธิภาพระบบส่งต่อภาพถ่ายทางรังสีทางการแพทย์ระหว่างโรงพยาบาล

Development of an Inter-hospital Medical Radiological Image Transfer System to Improve Service Efficiency

(Received: June 25,2026 ; Revised: June 28,2026 ; Accepted: June 30,2026)

กฤษณะ ชาตาสุข[1]
Kritsana Chatasuk[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบส่งต่อภาพถ่ายทางรังสีทางการแพทย์ระหว่างโรงพยาบาล ศึกษาประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้น และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบดำเนินการในโรงพยาบาลเครือข่าย 73 แห่ง ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2565 แบ่งการศึกษาเป็น 3 ระยะ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ บุคลากร จากโรงพยาบาลเครือข่าย จำนวน 220 คน สำหรับผลลัพธ์เชิงกระบวนการใช้ข้อมูลรายการส่งต่อภาพก่อนพัฒนา 220 รายการ และหลังพัฒนา 220 รายการ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแนวคำถามสนทนากลุ่ม แบบประเมินประสิทธิภาพระบบ 18 ข้อ และแบบประเมินความพึงพอใจ 14 ข้อ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบสถิติเปรียบเทียบก่อนและหลังการพัฒนาระบบ และการวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัยพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้น คือ X-ray Link of Amnatcharoen เป็น Web Application ที่พัฒนาด้วย PHP และ MySQL รองรับไฟล์ DICOM การดึงข้อมูลจาก DICOM Header ผ่าน API การแจ้งเตือนผ่าน LINE Application Dashboard การติดตามสถานะ Server การกำหนดสิทธิ์ตามบทบาท HTTPS Session Timeout และการสำรองข้อมูล ผลประเมินประสิทธิภาพระบบโดยรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{x}$ = 4.27, S.D. = 0.66) โดยด้านหน้าที่การทำงานของระบบมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x}$ = 4.36, S.D. = 0.63) และความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.21, S.D. = 0.59) หลังพัฒนาระบบพบว่าระยะเวลาส่งต่อภาพเฉลี่ยลดลงจาก 46.32 นาที เป็น 12.58 นาที อัตราความผิดพลาด การส่งซ้ำ การประสานงานซ้ำ และต้นทุนต่อรายการลดลง ส่วนความครบถ้วนของข้อมูลและอัตราการส่งภาพสำเร็จเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: ระบบส่งต่อภาพถ่ายทางรังสี, ระบบสารสนเทศสุขภาพ, DICOM, PACS, โรงพยาบาลเครือข่าย

Abstract

This research and development study aimed to develop an inter-hospital medical radiological image transfer system, evaluate its efficiency, and assess user satisfaction. The study was conducted in 73 network hospitals from February 2016 to June 2022 and consisted of three phases: situation analysis, system development and trial implementation, and outcome evaluation. Sample size includes 220 personnel from network hospitals. The research instruments included focus group guidelines, an 18-item system efficiency questionnaire, and a 14-item. Data were analyzed using frequency, percentage, mean, standard deviation, pre-post statistical tests, and content analysis.

The developed system, X-ray Link of Amnatcharoen, was a web application using PHP and MySQL. It supported DICOM files, DICOM header retrieval via API, LINE notification, dashboard, server monitoring, role-based access control, HTTPS, session timeout, and data backup. The overall system efficiency was at a good level (mean = 4.27, SD = 0.66), with the highest score in system functionality (mean = 4.36, SD = 0.63). Overall user satisfaction was at a high level (mean = 4.21, SD = 0.59). After implementation, the average image transfer time decreased from 46.32 to 12.58 minutes, while transfer errors, repeat transfers, repeated coordination, and cost per transfer decreased. Data completeness and successful transfer rate increased significantly.

Keywords: Radiological image transfer system, Health information system, DICOM, PACS, Hospital network

[1] นักรังสีการแพทย์ชำนาญการพิเศษ กลุ่มงานรังสีวิทยา โรงพยาบาลอำนาจเจริญ จังหวัดอำนาจเจริญ

บทนำ

ระบบส่งต่อผู้ป่วยระหว่างโรงพยาบาลเป็นกลไกสำคัญของระบบบริการสุขภาพ โดยเฉพาะผู้ป่วยที่ต้องได้รับการวินิจฉัยหรือรักษาจากแพทย์เฉพาะทางในสถานพยาบาลที่มีศักยภาพสูงกว่า ข้อมูลภาพถ่ายทางรังสี เป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้ประกอบการตัดสินใจทางคลินิก การประเมินความรุนแรงของโรค การวางแผนการรักษา และการติดตามผล หากส่งต่อข้อมูลภาพไม่ครบถ้วน หรือไม่ทันเวลา อาจทำให้เกิดความล่าช้าในการดูแล ผู้ป่วย การตรวจซ้ำโดยไม่จำเป็น และการใช้ทรัพยากร ของระบบบริการสุขภาพอย่างไม่มีประสิทธิภาพ[1-3]

การพัฒนาระบบรังสีวิทยายุคดิจิทัลอาศัยโครงสร้างพื้นฐานสำคัญ ได้แก่ ระบบจัดเก็บและสื่อสารภาพทาง การแพทย์ (Picture Archiving and Communication System: PACS) มาตรฐานภาพดิจิทัลทางการแพทย์ (Digital Imaging and Communications in Medicine: DICOM) และเทคโนโลยีรังสีวิทยาทางไกล ซึ่งช่วยให้ โรงพยาบาลจัดเก็บเรียกดูแลกเปลี่ยน และส่งต่อ ภาพทางการแพทย์ได้สะดวกยิ่งขึ้น[4-6] ขณะเดียวกัน การเชื่อมโยงระบบสุขภาพต่างชนิดกันต้องคำนึงถึงความสามารถในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างระบบ เพื่อให้ ข้อมูลสุขภาพและข้อมูลภาพสามารถใช้ร่วมกันได้อย่างมีความหมาย[7,8]

อย่างไรก็ตาม การส่งต่อภาพถ่ายทางรังสีในโรงพยาบาลเครือข่ายจำนวนมากยังอาศัยวิธีเดิม เช่น CD/DVD พื้นที่จัดเก็บออนไลน์ทั่วไป หรือแอปพลิเคชัน สื่อสารทั่วไป ซึ่งอาจเกิดปัญหาแผ่นเปิดไม่ได้ ภาพไม่ ครบถ้วน การประสานงานซ้ำ การไม่มีระบบแจ้งเตือน และการควบคุมสิทธิ์ การเข้าถึงข้อมูลได้จำกัด นอกจากนี้ ข้อมูลภาพ DICOM และ Metadata อาจมีข้อมูลที่ เชื่อมโยงถึงตัวบุคคล จึงจำเป็นต้องมีมาตรการด้าน ความปลอดภัยและการคุ้มครองข้อมูลที่เหมาะสม[9-11]

จากบริบทโรงพยาบาลอำนาจเจริญและโรงพยาบาล เครือข่ายพบปัญหาระบบเดิม ได้แก่ การใช้ CD/DVD ที่เปิดไม่ได้หรือสูญหาย การใช้ Google Drive ที่มี ข้อจำกัดด้านพื้นที่จัดเก็บ การใช้ LINE Group ที่เสี่ยง ต่อข้อมูลผู้ป่วย การไม่มีสิทธิ์เข้าถึง PACS server ของโรงพยาบาลปลายทาง และการไม่มีระบบแจ้งเตือน เมื่อมีการส่งข้อมูลผู้ใช้งานต้องการระบบที่เปิดดูภาพ ได้ใกล้เคียงเวลาจริง มีมาตรฐานการส่งต่อข้อมูล ปลอดภัยใช้งานง่ายและไม่เพิ่มภาระงาน

การศึกษานี้จึงพัฒนาระบบ X-ray Link of Amnatcharoen เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการส่งต่อภาพถ่ายทางรังสีทางการแพทย์ระหว่างโรงพยาบาล โดยเน้นการใช้งานจริงในเครือข่ายโรงพยาบาล การดึงข้อมูลจาก DICOM Header การแจ้งเตือนอัตโนมัติ การติดตามสถานะ และการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลเพื่อสนับสนุนการดูแลผู้ป่วยอย่างต่อเนื่อง

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบส่งต่อภาพถ่ายทางรังสีทางการแพทย์ ระหว่างโรงพยาบาลศึกษาประสิทธิภาพของระบบที่ พัฒนาขึ้นและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ โดยเปรียบเทียบตัวชี้วัดก่อนและหลังการพัฒนาระบบ เพื่อสะท้อนผลลัพธ์เชิงกระบวนการอย่างเป็นรูปธรรม

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) ใช้กรอบวงจรพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) ตั้งแต่การวิเคราะห์ปัญหาและความต้องการ การออกแบบระบบ การพัฒนาและทดสอบ การติดตั้ง การนำไปใช้ การประเมินผล และการปรับปรุงระบบต่อเนื่อง แนวทาง ดังกล่าวเหมาะสมกับการพัฒนาระบบสารสนเทศสุขภาพ ที่ต้องมีขั้นตอนควบคุมคุณภาพและตรวจสอบย้อนกลับ ได้[12,13]

พื้นที่ศึกษา ได้แก่ โรงพยาบาลเครือข่าย 73 แห่ง ระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2565 แบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 ศึกษาและวิเคราะห์สถานการณ์ ระยะที่ 2 พัฒนาและทดลองใช้งาน และระยะที่ 3 ประเมินผลลัพธ์ การประเมินระบบครอบคลุมระดับผู้ใช้ระดับ

ระบบ และ ระดับองค์กรสอดคล้องกับแนวคิดการประเมินเทคโนโลยี สารสนเทศสุขภาพตลอดวงจรชีวิตของระบบ[14]

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างระยะวิเคราะห์สถานการณ์เป็นบุคลากรทางการแพทย์และนักวิชาการคอมพิวเตอร์ จำนวน 30 คน คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง ส่วนกลุ่มตัวอย่างระยะพัฒนาทดลองใช้ และประเมินผลเป็นบุคลากรจากโรงพยาบาลเครือข่าย 73 แห่ง จำนวน 220 คน ได้แก่ แพทย์ นักรังสีการแพทย์ เจ้าพนักงานรังสีการแพทย์ และ พนักงานการแพทย์และรังสีเทคนิค โดยทุกคนเกี่ยวข้องกับการส่งภาพ รับภาพ เปิดดูภาพติดตามสถานะ หรือใช้ข้อมูลภาพ ประกอบการดูแลผู้ป่วย

เกณฑ์คัดเลือกรายการส่งภาพสำหรับการเปรียบเทียบก่อนและหลังการพัฒนาระบบ

ข้อมูลรายการส่งภาพจำนวน 220 ราย การก่อนพัฒนาและ 220 ราย การหลังพัฒนาเป็น “ฐานข้อมูลรายการส่งต่อภาพ” คนละส่วนกับกลุ่มผู้ใช้งาน 220 คน ที่ตอบแบบประเมินระบบการคัดเลือกรายการส่งภาพ ใช้วิธีคัดเลือกแบบต่อเนื่องจากรายการที่เข้าเกณฑ์ใน แต่ละช่วงจนได้ จำนวนครบ 220 รายการ โดยให้ ครอบคลุมรายการตรวจที่พบในระบบ ได้แก่ X-ray, CT และ MRI ตามข้อมูลการใช้งานจริงของเครือข่าย

เกณฑ์คัดเข้า ได้แก่ 1) เป็นรายการส่งต่อภาพถ่าย ทางรังสีระหว่างโรงพยาบาลในเครือข่าย 2) มีข้อมูล วันเวลา ชนิดภาพ ส่วนที่ตรวจ โรงพยาบาลต้นทางและ ปลายทาง และสถานะการส่งภาพ เพียงพอต่อการ คำนวณตัวชี้วัด 3) สำหรับช่วงก่อนพัฒนาเป็นรายการ ที่ดำเนินการด้วยกระบวนการเดิม เช่น CD/DVD การส่ง ผ่านพื้นที่จัดเก็บออนไลน์หรือช่องทางสื่อสารทั่วไป และ 4) สำหรับช่วงหลังพัฒนาเป็นรายการที่ส่งผ่าน ระบบ X-ray Link และไม่ใช่รายการทดสอบระบบ หรือรายการ ฝึกอบรม

เกณฑ์คัดออก ได้แก่ 1) รายการที่ข้อมูลสำคัญไม่ครบถ้วนจนไม่สามารถคำนวณตัวชี้วัดหลักได้ 2) รายการทดสอบระบบ รายการซ้ำจากการฝึกอบรม หรือ รายการที่ไม่เกี่ยวข้องกับการส่งต่อผู้ป่วยจริง 3) รายการ ที่มีเหตุขัดข้องจากปัจจัยภายนอกที่ไม่เกี่ยวข้อง กับ กระบวนการส่งต่อภาพ เช่น เครือข่ายล่มเป็นวงกว้าง หรือเครื่องมือปลายทางไม่พร้อมใช้งาน และ 4) รายการ ซ้ำของผู้ป่วยรายเดียวกันในเหตุการณ์ส่งต่อเดียวกัน ให้นับเฉพาะรายการแรกที่เข้าเกณฑ์เพื่อป้องกันการ นับซ้ำ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย 1) ระบบ X-ray Link of Amnatcharoen 2) แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป 3) แนวคำถามสนทนากลุ่ม 4) แบบประเมินประสิทธิภาพ ระบบ 18 ข้อ ครอบคลุม Functional Requirement, Functional Test, Usability Test, Performance Test และ Security Test และ 5) แบบประเมินความ พึงพอใจ 14 ข้อ ครอบคลุมด้านโปรแกรมหรือระบบ ด้านการออกแบบ ด้านการรักษาความปลอดภัย และ ด้านการนำไปใช้งานจริง การประเมิน Usability และ ความพึงพอใจมีความสำคัญต่อการยอมรับและการใช้ งานระบบต่อเนื่องในงานประจำ[15]

เครื่องมือผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านรังสีวิทยา ระบบสารสนเทศสุขภาพ และระเบียบวิธีวิจัย พบว่า เครื่องมือทุกชุดมีค่า IOC เท่ากับ 1.00 แบบประเมิน ประสิทธิภาพระบบมีค่าCronbach’s alpha เท่ากับ 0.958 และแบบประเมินความพึงพอใจมีค่า Cronbach’s alpha เท่ากับ 0.934

การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลจากการสนทนากลุ่มเอกสาร ระบบการบันทึกผลการใช้งานจริง และแบบประเมิน ของผู้ใช้งานหลังทดลองใช้ระบบ ข้อมูลเชิงปริมาณวิเคราะห์ด้วยความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการเปรียบเทียบก่อน-หลัง ด้วย T-test หรือ Chi-square test ตามลักษณะข้อมูลกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสนทนากลุ่ม และข้อเสนอแนะปลายเปิดวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา

ตารางที่ 1 นิยามตัวชี้วัดผลลัพธ์เชิงกระบวนการและวิธีคำนวณ

ตัวชี้วัด	นิยามปฏิบัติการ	วิธีคำนวณ/หน่วย
ระยะเวลาการส่งต่อภาพเฉลี่ย	เวลาตั้งแต่ผู้ส่งเริ่มจัดส่งหรืออัปโหลดรายการภาพ จนถึงโรงพยาบาลปลายทางสามารถเปิดดูหรือดาวน์โหลดภาพได้สำเร็จ	ผลรวมเวลาส่งต่อทุก / จำนวนรายการที่ประเมิน หน่วย: นาที/รายการ
จำนวนครั้งการประสานงานซ้ำ	จำนวนครั้งที่ต้องโทรศัพท์ ส่งข้อความ หรือ ประสานงานเพิ่มเติมเพื่อแก้ไขหรือติดตามรายการส่งภาพเดียวกัน	ผลรวมจำนวนครั้งการประสานงานซ้ำ / จำนวนรายการ หน่วย: ครั้ง/รายการ
อัตราความผิดพลาดในการส่งต่อภาพ	รายการที่พบการส่งผิดผู้ป่วย ข้อมูลไม่ตรง ภาพไม่ครบ เปิดไฟล์ไม่ได้ หรือจำเป็นต้อง แก้ไขรายการ	(จำนวนรายการผิดพลาด / จำนวนรายการทั้งหมด) x 100
อัตราความครบถ้วนของข้อมูล	รายการที่มีข้อมูลสำคัญครบ ได้แก่ ข้อมูลผู้ป่วยที่จำเป็น ชนิด/ส่วนที่ตรวจ วันที่ตรวจ และโรงพยาบาลต้นทาง-ปลายทาง	(จำนวนรายการข้อมูลครบ / จำนวนรายการทั้งหมด) x 100
อัตราการส่งภาพสำเร็จ	รายการที่โรงพยาบาลปลายทางสามารถเปิดดู หรือ ดาวน์โหลดไฟล์ภาพเพื่อใช้ประกอบการดูแลผู้ป่วยได้	(จำนวนรายการส่งสำเร็จ / จำนวนรายการทั้งหมด) x 100
อัตราการส่งซ้ำ	รายการที่ต้องส่งภาพเดิมซ้ำเนื่องจากภาพไม่ครบ เปิดไม่ได้ ส่งไม่สำเร็จ หรือข้อมูลไม่ถูกต้อง	(จำนวนรายการส่งซ้ำ / จำนวนรายการทั้งหมด) x 100
ต้นทุนต่อรายการส่งภาพ	ต้นทุนเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งต่อภาพหนึ่งรายการ ครอบคลุม ต้นทุนวัสดุ/อุปกรณ์หรือสื่อบันทึก ต้นทุนเวลาแรงงาน ค่าใช้จ่ายการประสานงาน และต้นทุนระบบที่เกี่ยวข้อง	(ต้นทุนวัสดุและอุปกรณ์ + ต้นทุนเวลาแรงงาน + ค่าใช้จ่ายประสานงาน/ส่งต่อ + ต้นทุนระบบที่เกี่ยวข้อง) / จำนวนรายการ หน่วย: บาท/รายการ

สำหรับต้นทุนเวลาแรงงาน คำนวณจากเวลาที่เจ้าหน้าที่ ใช้ในกระบวนการส่งภาพคูณด้วยอัตราค่าแรงเฉลี่ยต่อ หน่วยเวลา ส่วนต้นทุนระบบหลังพัฒนาพิจารณาเฉพาะ ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานส่งภาพในช่วง ประเมิน เช่น การจัดเก็บข้อมูล การดูแล Server และ การแจ้งเตือนตามสัดส่วนการใช้งาน เพื่อให้สามารถ เปรียบเทียบกับวิธีเดิมได้อย่างโปร่งใส

จริยธรรมการวิจัย

การวิจัยได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โรงพยาบาลอำนาจเจริญ เลขที่ 3/2565 ลงวันที่ 8 เมษายน 2565

ผลการวิจัย

1. สภาพปัญหาและความต้องการของผู้ใช้งาน

การวิเคราะห์สถานการณ์จากการสนทนากลุ่ม พบว่าปัญหาระบบเดิมแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ ปัญหาประสิทธิภาพการทำงาน ปัญหาความปลอดภัยของข้อมูล และปัญหามาตรฐานกระบวนการนักรังสีการแพทย์ และเจ้าพนักงานรังสีการแพทย์พบปัญหา CD/DVD เปิดไม่ได้ พื้นที่จัดเก็บไม่เพียงพอ และไม่มีระบบ แจ้งเตือนแพทย์ต้องการดูภาพแบบ Real-time โดย ไม่ต้องรอ PACS ส่วนนักวิชาการคอมพิวเตอร์ต้องการ ระบบที่มีมาตรฐาน ลดการทำงานซ้ำ และควบคุมความ ปลอดภัยข้อมูลได้ดีขึ้น

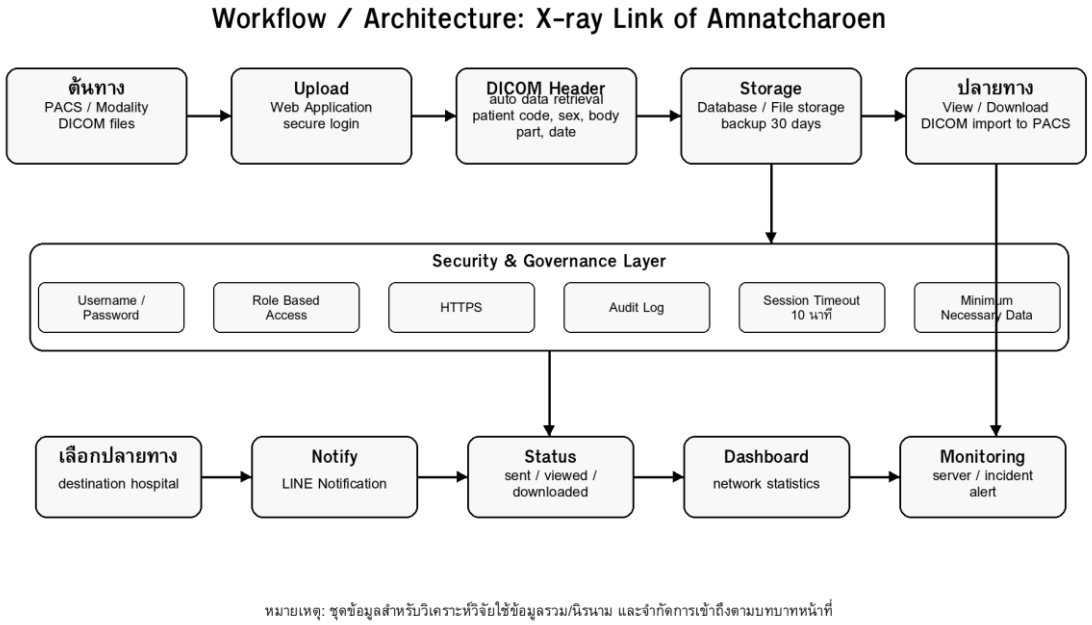
ตารางที่ 2 สรุปปัญหาและความต้องการของผู้ใช้งานระบบส่งต่อภาพถ่ายทางรังสี

กลุ่มผู้ใช้งาน	ปัญหาที่พบ	ความต้องการ
นักรังสีการแพทย์ /เจ้าพนักงานรังสีการแพทย์	CD/DVD เปิดไม่ได้ พื้นที่จัดเก็บจำกัด ช่องทางทั่วไปเสี่ยงต่อข้อมูลผู้ป่วย ไม่มีระบบแจ้งเตือน	เรียกดูภาพแบบ Real-Time มีพื้นที่ จัดเก็บปลอดภัย มีระบบแจ้งเตือน และใช้งานง่าย
แพทย์	ต้องรอการอัปโหลดภาพเข้าระบบ PACS จึงเปิดดูภาพได้	เปิดดูภาพได้ทันทีเพื่อประกอบการวินิจฉัยและวางแผนรักษา
นักวิชาการคอมพิวเตอร์	กระบวนการส่งข้อมูลหลายขั้นตอน ไม่มีรูปแบบมาตรฐาน ข้อมูลซ้ำซ้อน และมีความเสี่ยงด้าน Server ภายนอก	มีขั้นตอนมาตรฐาน ทำงานในระบบเดียว ใช้ HTTPSและจำกัดสิทธิ์ตามบทบาทผู้ใช้

2. คุณลักษณะของระบบ X-ray Link of Amnatcharoen

ระบบ X-ray Link of Amnatcharoen เป็น Web Application พัฒนาด้วยภาษา PHP และ MySQL รองรับการใช้งานผ่านคอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต และโทรศัพท์มือถือ ผู้ใช้เข้าสู่ระบบด้วย Username และ Password ตามสิทธิ์ที่ได้รับ สามารถอัปโหลด ไฟล์ DICOM จาก PACS เลือกโรงพยาบาลปลายทาง และส่งต่อภาพทางรังสีผ่านระบบได้

ระบบสามารถดึงข้อมูลจาก DICOM header ผ่าน API เช่น ชื่อผู้ป่วย รหัสผู้ป่วย เพศ ส่วนที่ตรวจ และวันที่รับบริการ เพื่อลดการกรอกข้อมูลซ้ำ และ ลดความผิดพลาด มีระบบแจ้งเตือนผ่าน LINE Application ไปยังโรงพยาบาลปลายทาง สามารถ เปิดดูภาพผ่าน Web Application หรือดาวน์โหลด ไฟล์ DICOM เพื่อนำไปใช้งานต่อได้ และมี Dashboard สำหรับติดตามสถิติการใช้งาน



หมายเหตุ: ชุดข้อมูลสำหรับวิเคราะห์วิจัยใช้ข้อมูลรวม/นิรนาม และจำกัดการเข้าถึงตามบทบาทหน้าที่

ภาพที่ 1 แผนภาพกระบวนการทำงานของระบบ X-ray Link of Amnatcharoen

จากภาพที่ 1 ระบบเริ่มจากโรงพยาบาลต้นทาง นำไฟล์ DICOM จาก PACS หรือเครื่องตรวจเข้าสู่ Web Application จากนั้นระบบดึงข้อมูลสำคัญจาก DICOM header ลดการกรอกซ้ำ จัดเก็บข้อมูลใน ฐานข้อมูล และพื้นที่จัดเก็บที่ควบคุมสิทธิ์ แจ้งเตือน โรงพยาบาลปลายทางผ่าน LINE Application และ ให้ผู้รับเปิดดูหรือดาวน์โหลด ไฟล์ DICOM เพื่อนำไป ใช้ประกอบการดูแลผู้ป่วย โดยมีชั้นควบคุม

ความ ปลอดภัย ได้แก่ Username/Password, Role Based Access, HTTPS, Audit Log, Session Timeout และการใช้ข้อมูลเท่าที่จำเป็น

3. ประสิทธิภาพและความพึงพอใจของระบบ

ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบโดยกลุ่มตัวอย่าง 220 คน พบว่าระบบมีประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ในระดับดี (Mean = 4.27, S.D. = 0.66) โดย ด้านหน้าที่การทำงานของระบบมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (Mean = 4.36, S.D. = 0.63) รองลงมาคือด้านความ สามารถตรงตามความต้องการผู้ใช้ และด้านความ สะดวกในการใช้งาน(Mean = 4.33 เท่ากัน) ส่วน ด้านประสิทธิภาพการประมวลผลมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (Mean = 4.13, S.D. = 0.69) แต่ยังอยู่ในระดับดี

ผลการประเมินความพึงพอใจพบว่าผู้ใช้งานมีความ พึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก (Mean = 4.21, S.D. = 0.59) โดยด้านการนำไปใช้งานจริงมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (Mean = 4.29, S.D. = 0.48) สะท้อนว่าระบบสอดคล้อง กับ Workflow ของโรงพยาบาลเครือข่ายและสามารถ นำไปใช้ในงานประจำได้จริง

4. ผลการใช้งานจริงและผลลัพธ์ก่อน-หลัง

ข้อมูลจากระบบพบว่ามีโรงพยาบาลเครือข่ายใช้งาน 73 แห่ง มีบัญชีผู้ใช้งาน 220 บัญชี และมีรายการ ส่งภาพรวม 220 รายการ แบ่งเป็น X-ray 156 รายการ CT 54 รายการ และ MRI 10 รายการ มีรายการเปิดดู ภาพผ่านระบบ 216 รายการ ดาวน์โหลดไฟล์ DICOM 198 รายการ ส่งต่อไปโรงพยาบาลอื่นโดยไม่ต้อง อัปโหลดซ้ำ 34 รายการ และมีการแจ้งเตือนผ่าน LINE Application 440 ครั้ง ทั้งนี้จำนวนผู้ใช้งาน 220 คน และรายการส่งภาพหลังพัฒนา 220 รายการ เป็น คนละหน่วยวิเคราะห์ กล่าวคือ ผู้ใช้งาน 220 คน เป็นกลุ่มประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของ ระบบ ส่วนรายการส่งภาพ 220 รายการ เป็น ข้อมูล Log หลัง พัฒนาที่ใช้เปรียบเทียบกับรายการส่งภาพ ก่อนพัฒนา 220 รายการในตัวชี้วัดเชิงกระบวนการ

ตารางที่ 3 ข้อมูลการใช้งานจริงจากระบบ X-ray Link

รายการข้อมูลจากระบบ	จำนวน
จำนวนโรงพยาบาลในเครือข่ายที่ใช้งานระบบ	73 แห่ง
จำนวนบัญชีผู้ใช้งานในระบบ	220 บัญชี
จำนวนรายการส่งภาพทั้งหมด	220 รายการ
จำนวนรายการส่งภาพ X-ray / CT / MRI	156 / 54 / 10 รายการ
จำนวนรายการเปิดดูภาพผ่านระบบ	216 รายการ
จำนวนรายการดาวน์โหลดไฟล์ DICOM	198 รายการ
จำนวนรายการส่งต่อไปโรงพยาบาลอื่นโดยไม่ต้อง Upload ซ้ำ	34 รายการ
จำนวนการแจ้งเตือนผ่าน LINE Application	440 ครั้ง
จำนวนรายการที่เกิดปัญหาระหว่างส่งภาพ	8 รายการ

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบตัวชี้วัดก่อนและหลังการพัฒนาระบบ

ตัวชี้วัด	ก่อนพัฒนา	หลังพัฒนา	การเปลี่ยนแปลง	สถิติทดสอบ	p-value
ระยะเวลาการส่งต่อภาพเฉลี่ย	46.32 ± 18.74 นาที	12.58 ± 6.91 นาที	ลดลง 33.74 นาที หรือ 72.84%	t = 24.15	<0.001
จำนวนครั้งการประสานงานซ้ำ	2.31 ± 1.03 ครั้ง/รายการ	0.48 ± 0.35 ครั้ง/รายการ	ลดลง 1.83 ครั้ง หรือ 79.22%	t = 21.48	<0.001
อัตราความผิดพลาดในการส่งต่อภาพ	33 รายการ หรือ 15.00%	8 รายการ หรือ 3.64%	ลดลง 11.36 จุดร้อยละ หรือ 75.73%	χ^2 = 16.81	<0.001

ตารางที่ 4 **ผลการเปรียบเทียบตัวชี้วัดก่อนและหลังการพัฒนาระบบ**

ตัวชี้วัด	ก่อนพัฒนา	หลังพัฒนา	การเปลี่ยนแปลง	สถิติทดสอบ	p-value
อัตราความครบถ้วนของข้อมูล	176 รายการ หรือ 80.00%	211 รายการ หรือ 95.91%	เพิ่มขึ้น 15.91 จุดร้อยละ หรือ 19.89%	χ^2 = 26.28	<0.001
อัตราการส่งภาพสำเร็จ	185 รายการ หรือ 84.09%	216 รายการ หรือ 98.18%	เพิ่มขึ้น 14.09 จุดร้อยละ หรือ 16.76%	χ^2 = 27.04	<0.001
อัตราการส่งซ้ำ	28 รายการ หรือ 12.73%	5 รายการ หรือ 2.27%	ลดลง 10.46 จุดร้อยละ หรือ 82.17%	χ^2 = 17.33	<0.001
ต้นทุนต่อรายการส่งภาพ	87.50 ± 21.30 บาท	18.40 ± 8.60 บาท	ลดลง 69.10 บาท หรือ 78.97%	t = 31.62	<0.001

หมายเหตุ: ก่อนพัฒนา n = 220 รายการ, หลังพัฒนา n = 220 รายการ

ผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการพัฒนาระบบพบว่าตัวชี้วัดดีขึ้นทุกด้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ $p < 0.001$ ระยะเวลาการส่งต่อภาพเฉลี่ยลดลง จาก 46.32 นาที เหลือ 12.58 นาที การประสานงาน ซ้ำลดลงจาก 2.31 เหลือ 0.48 ครั้งต่อรายการ อัตรา ความผิดพลาดลดลงจาก 15.00% เหลือ 3.64% และ ต้นทุนต่อรายการลดลงจาก 87.50 เหลือ 18.40 บาท ขณะที่ความครบถ้วนของข้อมูลเพิ่มขึ้นจาก 80.00% เป็น 95.91% และอัตราการส่งภาพสำเร็จเพิ่มขึ้นจาก 84.09% เป็น 98.18%

5. ความปลอดภัยของระบบและประเด็นพัฒนาต่อ

ผลการตรวจสอบความปลอดภัยพบว่าระบบมีมาตรการพื้นฐาน ได้แก่ การเข้าสู่ระบบด้วย Username และ Password การกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งานตามบทบาท การใช้งานผ่าน HTTPS การตัดการใช้งานอัตโนมัติ เมื่อไม่มีการใช้งานเกิน 10 นาที การสำรองข้อมูลภาพ 30 วัน การตรวจสอบสถานะ Server และการแจ้งเตือน เมื่อพบปัญหาบางส่วน อย่างไรก็ตาม ควรพัฒนา Audit Report ให้ละเอียดขึ้น รวมถึงการเข้ารหัส ข้อมูลที่จัดเก็บและการทบทวนสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูล เป็นระยะ

ตารางที่ 5 ประเด็นความปลอดภัยและแนวทางพัฒนาต่อของระบบ X-ray Link

ประเด็น	สถานะ/ผลการตรวจสอบ	แนวทางพัฒนาต่อ
User access และ Role Based Access	มี Username/Password และกำหนดสิทธิ์ตามบทบาท	ทบทวนสิทธิ์ผู้ใช้เป็นระยะและกำหนดผู้ดูแลสิทธิ์ระดับเครือข่าย
HTTPS และ Session Timeout	ใช้งานผ่าน HTTPS และตัดการใช้งาน เมื่อไม่มีการใช้งานเกิน 10 นาที	เพิ่มแนวทางจัดการรหัสผ่านและบันทึกเหตุการณ์การเข้าใช้งาน
Backup และ Server monitoring	สำรองข้อมูลภาพ 30 วัน และ มีการตรวจสอบสถานะServer	กำหนดแผนสำรองระบบและทดสอบกู้คืนข้อมูลเป็นรอบ
Audit log	มีประวัติการส่งภาพ และการใช้งานบางส่วน	เพิ่มรายงานผู้เปิดดู ผู้ดาวน์โหลด เวลาเข้าถึง และ IP Address
Encryption และ Data privacy	สื่อสารผ่าน HTTPS และ จำกัดสิทธิ์ผู้ใช้	พัฒนา Encryption at Rest และนโยบาย การเข้าถึงข้อมูลตามความจำเป็น
Notification status และ Dashboard	มีการแจ้งเตือนและ Dashboard พื้นฐาน	เพิ่มสถานะ ส่งแล้ว-รับแล้ว-เปิดดูแล้ว-ดาวน์โหลดแล้ว และสถิติรายโรงพยาบาล

สรุปและอภิปรายผล

ระบบ X-ray Link of Amnatcharoen เป็นระบบส่งต่อภาพถ่ายทางรังสีทางการแพทย์ระหว่างโรงพยาบาล ที่พัฒนาจากปัญหาและความต้องการของผู้ใช้งานจริง สามารถนำไปใช้งานในโรงพยาบาลเครือข่าย 73 แห่ง มีประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ในระดับดี และผู้ใช้งานมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ระบบช่วยลดระยะเวลา การส่งต่อภาพ ลดการประสาน งานซ้ำ ลดความผิดพลาด ลดอัตราการส่งซ้ำ ลดต้นทุน ต่อรายการเพิ่ม ความครบถ้วนของข้อมูล และเพิ่มอัตรา การส่งภาพสำเร็จอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการวิจัยสะท้อนว่าการพัฒนาระบบส่งต่อภาพ ทางการแพทย์ที่เชื่อมโยงมาตรฐานข้อมูลภาพ กระบวน การทำงานจริง และมาตรการความปลอดภัย สามารถ เพิ่มประสิทธิภาพบริการรังสีวิทยาระหว่างโรงพยาบาล สนับสนุนการดูแลผู้ป่วยต่อเนื่อง และเป็นต้นแบบ สำหรับการขยายผลสู่เครือข่ายบริการสุขภาพระดับ จังหวัด หรือเขตสุขภาพ

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการพัฒนาระบบส่งต่อภาพถ่ายทางรังสีที่ออกแบบจากปัญหาและ Workflow จริงของผู้ใช้สามารถเปลี่ยนกระบวน การจากการ พึ่งพาสื่อกายภาพหรือช่องทางทั่วไปไปสู่ระบบดิจิทัลที่ควบคุมขั้นตอนได้ดีขึ้น สอดคล้องกับแนวโน้มการ พัฒนาระบบแลกเปลี่ยนภาพทางการแพทย์แบบหลายแพลตฟอร์ม และระบบ PACS ที่ช่วยลดข้อจำกัดการ เข้าถึงภาพและเพิ่มความต่อเนื่องของการดูแล[16,17,20]

การที่ระบบรองรับ DICOM และออกแบบให้รองรับ HL7 FHIR ในอนาคตมีความสำคัญต่อการเชื่อมโยงทั้งข้อมูลภาพ และข้อมูลสุขภาพประกอบภาพ เนื่องจากความสามารถใน การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างระบบเป็นเงื่อนไขสำคัญของคุณภาพและความปลอดภัยในการแลกเปลี่ยนข้อมูลสุขภาพ[7,8] เมื่อระบบสามารถดึงข้อมูลจาก DICOM Header ได้อัตโนมัติจึงลดภาระการบันทึกข้อมูลซ้ำ และลดโอกาส เกิดความคลาดเคลื่อนในกระบวนการส่งต่อ

คะแนนประสิทธิภาพด้านหน้าที่การทำงานของ ระบบที่สูงสุดสะท้อนว่าฟังก์ชันหลัก เช่น การส่งภาพ การค้นหา การเปิดดูภาพ การจัดเก็บข้อมูลและการ แจ้งเตือน สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ ได้ดี ขณะที่คะแนนด้านประสิทธิภาพการประมวล ผลต่ำกว่าด้านอื่นแม้อยู่ในระดับดี แต่บ่งชี้ว่าระบบยัง ควรพัฒนาความเร็วฐานข้อมูล Bandwidth, Server Capacity และการจัดการไฟล์ภาพ CT/MRI ขนาดใหญ่

ด้านความปลอดภัย ระบบมีมาตรการพื้นฐาน ได้แก่ Username/Password, Role Based Access, HTTPS, Session Timeout, Backup และ Server Monitoring ซึ่งลดความเสี่ยงจากการใช้ช่องทางทั่วไป อย่างไรก็ตาม ข้อมูลภาพ DICOM และ Metadata อาจมีข้อมูลที่ระบุตัวบุคคล จึงควรพัฒนา Audit Report, Encryption at Rest, Data Retention Policy และการทบทวนสิทธิ์ผู้ใช้งานให้เข้มแข็งขึ้น[9-11]

ผลความพึงพอใจด้านการนำไปใช้งานจริงที่สูงสุด สะท้อนว่าระบบสอดคล้องกับบริบทการทำงาน และ ไม่เพิ่มภาระงานเกินจำเป็น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อ ความสำเร็จ ของระบบสารสนเทศโรงพยาบาล และการ ยอมรับเทคโนโลยีของบุคลากรสุขภาพ[15,18,19]

คุณค่าหรือความใหม่ของระบบนี้อยู่ที่การพัฒนา โดยอิงปัญหาเฉพาะของงานรังสีวิทยาและการส่งต่อ ผู้ป่วยจริงในเครือข่ายโรงพยาบาล ไม่ได้เป็นเพียง ระบบฝากไฟล์ แต่เป็นระบบบริการที่รวมการส่งภาพ DICOM การแจ้งเตือน การติดตามสถานะ การควบคุม สิทธิ์ การสำรองข้อมูล และข้อมูลสถิติการใช้งานไว้ใน Workflow เดียวกัน

ข้อจำกัดของการวิจัยคือ เป็นการประเมินระบบ ในบริบทโรงพยาบาลเครือข่ายที่มีโครงสร้างพื้นฐานด้าน PACS, RIS, HIS และเครือข่ายแตกต่างกัน การออกแบบเปรียบเทียบก่อน-หลังเป็นแบบกลุ่มเดียว จึงอาจมีปัจจัยภายนอกบางส่วนที่ควบคุมไม่ได้ และผลลัพธ์ส่วนใหญ่เป็นตัวชี้วัดเชิงกระบวนการ ยังไม่ได้ประเมินผลลัพธ์ทางคลินิก เช่น ระยะเวลาการวินิจฉัย

ระยะเวลาตัดสินใจรักษา อัตราการตรวจซ้ำ หรือความ ปลอดภัยของผู้ป่วยโดยตรง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

1. ควรจัดทำ SOP การส่งต่อภาพถ่ายทางรังสีระหว่างโรงพยาบาล จัดอบรมผู้ใช้งานและผู้ดูแลระบบ จัดทำคู่มือ ฉบับย่อและวิดีโอสาธิต กำหนดผู้รับ ผิดชอบระบบระดับเครือข่าย และใช้ Dashboard ติดตามคุณภาพบริการ อย่างต่อเนื่อง

2. ควรพัฒนา DICOM Gateway หรือ API เชื่อม PACS/RIS/HIS เพิ่ม Notification Status เพิ่ม Audit Report รายเดือน พัฒนา Encryption at Rest และ เพิ่มประสิทธิภาพการจัดการไฟล์ภาพขนาดใหญ่เพื่อยกระดับความปลอดภัย และความสามารถในการใช้งานระดับเครือข่าย

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรศึกษาผลต่อผลลัพธ์ทางคลินิก เช่น ระยะเวลาการวินิจฉัย ระยะเวลาตัดสินใจรักษา อัตราการตรวจซ้ำ และ ความปลอดภัยของผู้ป่วย รวมถึงศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สาธารณสุข และความเป็นไปได้ในการขยายผลระดับจังหวัด เขตสุขภาพหรือประเทศ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้บริหารโรงพยาบาลอำนาจเจริญ บุคลากรกลุ่มงานรังสีวิทยา แพทย์ นักรังสีการแพทย์ เจ้าพนักงานรังสีการแพทย์ พนักงานการแพทย์และ รังสีเทคนิค นักวิชาการคอมพิวเตอร์ และโรงพยาบาลเครือข่ายทุกแห่งที่ให้ความร่วมมือในการพัฒนาทดลองใช้ และประเมินระบบ X-ray Link of Amnatcharoen จนสำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

1. Seyed-Nezhad M, Ahmadi B, Akbari-Sari A.(2021). Factors affecting the successful implementation of the referral system: a scoping review. J Family Med Prim Care. 2021;10(12):4364-4375.
2. Yu A, Mueller SK, Schnipper JL, et al(2022).. Nursing perspectives on inter-hospital transfers. J Gen Intern Med. 2022;37(7):1729-1736.
3. Yu A, Harrison JD, Leykum LK, Mueller SK.(2024). Information exchange challenges during interhospital transfer: a qualitative study of hospital medicine physicians and advanced practice providers. BMJ Open Qual. 2024;13(3):e002768.
4. Chandramohan A, Manikandan D, Karthick P, et al.(2023). Teleradiology and technology innovations in radiology: status in India and its role in increasing access to primary health care. Lancet Reg Health Southeast Asia. 2023;100195.
5. Kawa J, Latała A, Romaszewski M, Główka M, Juszczyk J.(2022). Design and implementation of a cloud PACS architecture. Sensors. 2022;22(21):8569.
6. Clunie DA.(2021). DICOM format and protocol standardization: a core requirement for digital pathology success. J Pathol Inform. 2021.
7. Torab-Miandoab A, Samad-Soltani T, Jodati A, Rezaei-Hachesu P.(2023). Interoperability of heterogeneous health information systems: a systematic literature review. BMC Med Inform Decis Mak. 2023;23:18.
8. Li E, Clarke J, Neves AL, Ashrafian H, Darzi A.(2022). The impact of electronic health record interoperability on safety and quality of care in high-income countries: systematic review. J Med Internet Res. 2022;24(9):e38144.
9. Rutherford M, Mun SK, Levine B, Bennett W, Folio LR.(2021). A DICOM dataset for evaluation of medical image de-identification. Sci Data. 2021;8:183.
10. Shahid A, Bazargani MH, Banahan P, Mac Namee B, Kechadi T, Treacy C, et al.(2022). A two-stage de-identification process for privacy-preserving medical image analysis. Healthcare (Basel). 2022;10(5):755.

11. Van Kessel R, Wong BLH, Clemens T, Brand H.(2023). Strengthening cybersecurity for patient data protection in Europe. J Med Internet Res. 2023;25:e48824.
12. Mohan V.(2022). System Development Life Cycle. In: Clinical Informatics Study Guide. Cham: Springer International Publishing; 2022. p.177-183.
13. Hauschild AC, Epping J, Tute E, Doods J, Drepper J, Sax U.(2022). Guideline for software life cycle in health informatics. Stud Health Technol Inform. 2022;300:171-179.
14. Kukhareva PV, Weir C, Del Fiol G, et al.(2022). Evaluation in life cycle of information technology applications in health care: ELICIT framework. J Biomed Inform. 2022;127:104014.
15. Dougherty K, Hobensack M, Bakken S.(2023). Scoping review of health information technology usability methods leveraged in Africa. J Am Med Inform Assoc. 2023;30(4):726-737.
16. Nowrangi R, Perry LA, Regan J, Hulefeld D, O'Brien S, OConnor TJ, et al.(2022). Creation of a multi-vendor image-sharing solution. J Digit Imaging. 2022;35(4):754-759.
17. Montazeri M, et al.(2022). Determining the effect of the picture archiving and communication system on different dimensions of users' work. J Educ Health Promot. 2022;11:57.
18. Ebnehoseini Z, Tabesh H, Deldar K, Mostafavi SM, Tara M.(2021). Investigation the success rate of hospital information system (HIS): development of a questionnaire and case study. J Healthc Qual Res. 2021;36(1):18-27.
19. Zheng F, Wang K, Wang Q, Yu T, Wang L, Zhang X, et al.(2023). Factors influencing clinicians' use of hospital information systems for infection prevention and control: cross-sectional study based on the extended DeLone and McLean model. J Med Internet Res. 2023;25:e44900.
20. Mendelson DS, Bak PRG, Menschik E, Siegel E.(2022). The RSNA ImageShare: enabling secure, transparent, and digital access to medical images. J Digit Imaging. 2022;35(4):729-734.