

การพัฒนาระบบประมวลผลภาพการแพทย์*

The Development of Medical Image Processing System

ณัชชา หลีรุ่งเรือง**

บทคัดย่อ

การวิจัยการพัฒนาระบบประมวลผลภาพการแพทย์เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. พัฒนาระบบการประมวลผลภาพการแพทย์ (Medical image) และรับ-ส่ง ข้อมูลภาพในรูปแบบ Digital ตามมาตรฐาน DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) 2. เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกับระบบที่พัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องตามมาตรฐานของ HL7 (Health Level Seven) 3. เพื่อประเมินผลระบบประมวลผลภาพทางการแพทย์ที่พัฒนาขึ้น ผลการทดสอบ และประเมินผลระบบเก่าเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้แบบสอบถาม และแบบสัมภาษณ์ แบบมีโครงสร้าง กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ บุคลากรทางการแพทย์ของโรงพยาบาลวิชัยเวช อินเตอร์เนชั่นแนล สาขาสมุทรสาคร จำนวน 20 คน ประกอบด้วย แพทย์ จำนวน 10 คน , พยาบาลจำนวน 5 คน และเจ้าหน้าที่รังสีเอ็กซเรย์ จำนวน 5 คน ผลการวิจัยการประเมินผลการใช้งานระบบประมวลผลภาพ

การแพทย์ พบว่า ด้านความครบถ้วนของหน้าที่ตามความต้องการอยู่ในระดับพอใช้ ($\bar{X} = 3.83$, S.D. = 0.51) ด้านหน้าที่การทำงาน อยู่ในระดับพอใช้ ($\bar{X} = 3.78$, S.D. = 0.48) ด้านการใช้งาน อยู่ในระดับพอใช้ ($\bar{X} = 3.69$, S.D. = 0.76) และภาพรวมอยู่ในระดับพอใช้ ($\bar{X} = 3.77$, S.D. = 0.58) โดยผลการทดสอบ และประเมินผลระบบใหม่ พบว่า ด้านความครบถ้วนของหน้าที่ตามความต้องการ อยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.01$, S.D. = 0.61) ด้านหน้าที่การทำงาน อยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.06$, S.D. = 0.69) ด้านการใช้งาน อยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.03$, S.D. = 0.80) และภาพรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.03$, S.D. = 0.70) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า Web Base Application ดีกว่าระบบเก่าที่ถูกนำมาใช้งาน แสดงให้เห็นการบูรณาการเป็นขั้นตอนของโรงพยาบาล เพื่ออำนวยความสะดวกในการทดสอบ และการประเมินผลได้ดี มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

Abstract

Development of medical image processing system was an action research. This study sought to: 1.find solutions on how to develop the medical image processing system and the interface image data format of digital standard DICOM (Digital Imaging and

Communications in Medicine) ; 2. exchange data with the developed system based on the HL7 (Health Level Seven) standard ; and 3. assess the medical image processing system developed against the old system that is being used.

* ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยคริสเตียน ปีการศึกษา 2554 - 2555

**อาจารย์ประจำสาขาวิชาระบบสารสนเทศธุรกิจ คณะบัญชี ธุรกิจ และมัลติมีเดีย มหาวิทยาลัยคริสเตียน

The study was conducted at Vichaivej International Hospital. A total of 20 medical staff consisting of 10 doctors, 5 nurses and 5 X-ray radiation staffs who participated in the study.

The findings of the study revealed that using the old system, the completeness of functional requirements (Functional Requirement Test) was fair, ($\bar{X} = 3.83$, $SD = 0.51$) ; functional (Function Test) was fair, ($\bar{X} = 3.78$, $SD = 0.48$) ; and use (Usability Test) was fair ($\bar{X} = 3.69$, $SD = 0.76$). The overall evaluation of the system was fair ($\bar{X} = 3.77$, $SD = 0.58$).

The findings also showed that with the use of the developed system, the

completeness of functional requirements (Functional Requirement Test) was good, ($\bar{X} = 4.01$, $SD = 0.61$) ; functional (Function Test) was good, ($\bar{X} = 4.06$, $SD = 0.69$) ; and use (Usability Test) was good ($\bar{X} = 4.03$, $SD = 0.80$). The overall evaluation of the system was good ($\bar{X} = 4.03$, $SD = 0.70$).

The finding of the study showed that the new Web-Base application system is better than the old system being used. The study suggests integrating the Web-Base application system into the hospital procedures to facilitate an even more effective tests and evaluation using the medical image processing system.

บทนำ

ระบบของโรงพยาบาลปัจจุบันนี้ โดยทั่วไปต้องการประมวลผลข้อมูลผู้มารับบริการในรูปแบบระบบฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์ทั้งที่เป็นข้อความและภาพการแพทย์ (Medical images) เพื่อประโยชน์ทางด้านการวินิจฉัยและการตรวจรักษาของแพทย์และบุคลากรการแพทย์ ระบบการประมวลผลเอกสารภาพในปัจจุบันของโรงพยาบาลบางแห่งไม่สามารถประมวลผลข้อมูลภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ปัญหาการประมวลผลภาพและค้นหาเอกสารภาพที่อยู่ในรูปแบบกระดาษหรือฟิล์ม ทำให้เกิดความล่าช้า และสิ้นเปลือง ต้องเครื่องมือสำหรับประมวลผลภาพ รวมทั้งในการย่อยสลายต้องใช้บริษัทภายนอกนำแผ่นฟิล์มไปย่อยสลาย ในการพัฒนาระบบจัดเอกสารภาพต้องติดตั้งอุปกรณ์และซอฟต์แวร์ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงมาก ซึ่งถูกพัฒนาเพื่อใช้เฉพาะระบบนั้นๆ จึงได้ศึกษาและพัฒนาระบบเพื่อให้สามารถสร้าง ค้นหา และประมวลผลภาพการแพทย์ให้เป็นไปตามมาตรฐานสากลโดยอ้างอิงตามมาตรฐานภาพการแพทย์ DICOM

(Digital Imaging and Communications in Medicine)

ในโรงพยาบาลหลายแห่งใช้ระบบ HIS (Hospital Information System) ที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน การศึกษาและพัฒนาจะช่วยให้มีระบบสำหรับประมวลผลและสืบค้นภาพทางการแพทย์ เช่น ภาพบันทึกตำแหน่งอุบัติเหตุทางกายภาพ ชันสูตรทางคดี ภาพทางทันตกรรม ภาพถ่ายทางตา รวมถึงภาพที่ได้จากเครื่องถ่ายภาพรังสีตามมาตรฐาน DICOM ทั้งหมดจะถูกเก็บไว้เป็นฐานข้อมูลภาพ สามารถใช้อ้างอิงประกอบการวินิจฉัยทางการแพทย์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ช่วยในการวิเคราะห์โรคและรักษาผู้ป่วย รวมถึงการพิมพ์ภาพเพื่อนำไปประกอบผลทางคดี และในอนาคตระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถสร้างเครือข่ายเชื่อมโยงเป็นระบบ PACS (Picture Archiving and Communication System) ช่วยให้โรงพยาบาลในเครือข่ายเดียวกันสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ ทำให้การวินิจฉัยโรคและการรักษาผู้ป่วยทำได้รวดเร็วยิ่งขึ้น ส่วนโรงพยาบาลที่มีระบบ HIS แตกต่างกัน

วารสารมหาวิทยาลัยคริสเตียน

ปีที่ ๑๙ ฉบับที่ ๑ (มกราคม - เมษายน) ๒๕๕๖

สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลโดยอ้างอิงตามมาตรฐานการแพทย์ HL7 (Health Level Seven) ที่เป็นมาตรฐานสากลใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลการแพทย์

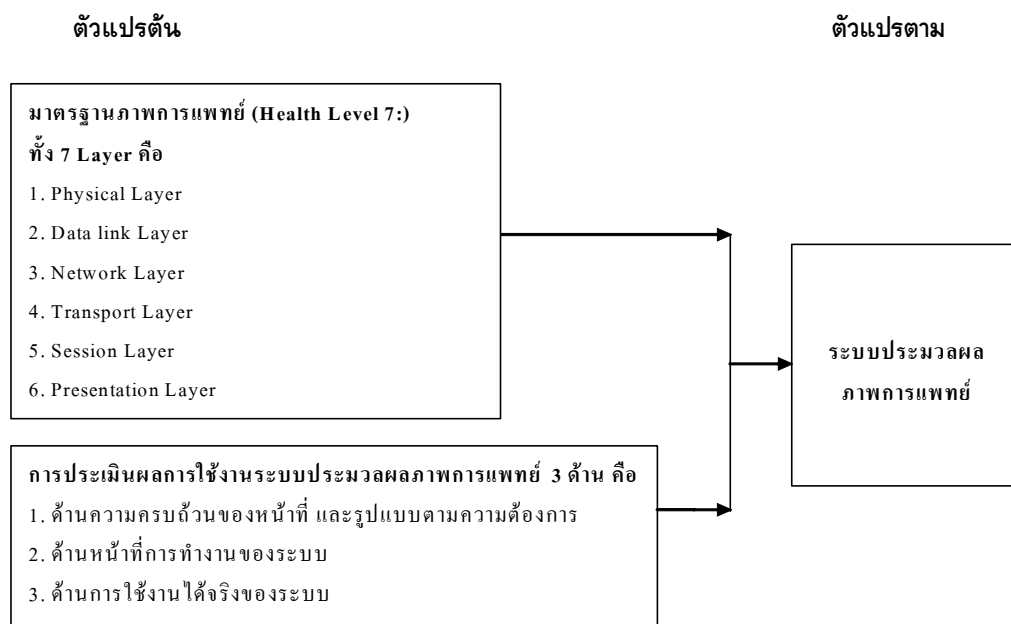
โดยระบบพัฒนาขึ้นนี้เน้นที่การประมวลผลภาพการแพทย์เพื่อประมวลภาพถ่ายฟิล์ม X-ray ให้อยู่ในรูปแบบฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์ภาพถ่ายฟิล์ม X-ray จะเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบ JPEG Image ด้วยการสแกนภาพจากเครื่องสแกนเนอร์หรือถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล (Digital) และเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลตามมาตรฐาน HL7 ซึ่งเป็นข้อมูลที่มาตรฐานภาพการแพทย์ (DICOM) สนับสนุน โดยพัฒนาโปรแกรมสำหรับช่วยเปลี่ยนข้อมูลให้ตรงกับมาตรฐานที่กำหนดและสามารถสืบค้นฐานข้อมูลเพื่อแสดงข้อมูลและภาพถ่ายการแพทย์ และการกำหนดขอบเขตของภาพที่ต้องการแสดงระบบที่จะพัฒนาควรสามารถนำเสนอภาพและผลการวินิจฉัยของแพทย์ในรูปแบบของเอกสารโดยผ่านทางเครื่องพิมพ์สามารถสร้างข้อมูลตามมาตรฐาน HL7 และแลกเปลี่ยนข้อมูลกับระบบที่สนับสนุนมาตรฐาน HL7 โดยออกแบบการ Register ภาพและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และ Message HL7 มาคำนวณ Hash Function ซึ่งจะได้ข้อมูลที่ถูกลบยซึ่งมีความยาวคงที่ และใช้หลักการพื้นฐานของ X.509 Public Key Infrastructure โดยใช้กุญแจส่วนตัวมาเข้ารหัสกับข้อมูลที่ถูกลบย ซึ่งจะได้ Digital

Signature ไว้ตรวจสอบและประมวลผลภาพในฐานข้อมูลเดียวกันกับภาพนั้นโดยจะต้องทำการประเมินผลระบบที่พัฒนาโดยการใช้แบบสอบถามเพื่อขอทราบความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามต่อการใช้งานระบบประมวลผลภาพการแพทย์สำหรับโรงพยาบาลประกอบด้วยแพทย์และเจ้าหน้าที่ผู้ใช้งานระบบที่เกี่ยวข้อง ความคิดเห็นที่ได้จะใช้เพื่อการประเมินระดับคุณภาพและประสิทธิภาพในการใช้งานระบบ โดยเน้นที่ด้านความครบถ้วนของหน้าที่ และรูปแบบตามความต้องการที่สอดคล้องกับมาตรฐาน HL7 ด้านหน้าที่การทำงานของระบบ และด้านการใช้งานของระบบ และเป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาระบบในโอกาสต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบการประมวลผลข้อมูลภาพการแพทย์ (Medical images) และรับ - ส่งข้อมูลภาพในรูปแบบ Digital ตามมาตรฐานภาพการแพทย์ DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)
2. เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกับระบบที่พัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องตามมาตรฐานของ HL7 (Health Level Seven)
3. เพื่อประเมินผลระบบประมวลผลภาพการแพทย์ที่พัฒนาขึ้น

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ตัวแปรต้น คือ มาตรฐานภาพการแพทย์ (Health Level 7 : HL7) ทั้ง 7 Layer คือ Physical Layer, Data link Layer, Network Layer, Transport Layer, Session Layer, Presentation Layer และ Application Layer และ การประเมินผลการใช้งานระบบประมวลผลภาพการแพทย์ทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านความครบถ้วนของหน้าที่ และรูปแบบตามความต้องการ ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐาน HL7, ด้านหน้าที่การทำงานของระบบที่พัฒนาขึ้น และด้านการใช้งานได้จริงของระบบที่พัฒนาขึ้นมา

ตัวแปรตาม คือ ระบบประมวลผลภาพการแพทย์ ที่ได้มาตรฐาน HL7 และสามารถประเมินผลเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้งานได้โดยผู้ใช้งาน

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ประชากร

คือ บุคลากรโรงพยาบาลวิชัยเวช อินเตอร์เนชั่นแนล สาขา จังหวัดสมุทรสาคร

2. กลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย

- แพทย์ = 10 คน
- เจ้าหน้าที่รังสีเอกซเรย์ = 5 คน
- พยาบาล = 5 คน
- รวม = 20 คน

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 แบบสอบถาม ที่แบ่งระดับคำตอบเป็น 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี พอใช้ ปรับปรุง และไม่เหมาะสม

3.2. โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน และการแปลความหมาย ดังนี้ แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (แบบสอบถาม) และ แบบไม่มีโครงสร้าง (คำถามปลายเปิด) ทั้งแพทย์ พยาบาล และ เจ้าหน้าที่รังสีเอกซเรย์ เพื่อหาความต้องการของผู้ใช้ระบบ

วารสารมหาวิทยาลัยคริสเตียน

ปีที่ ๑๙ ฉบับที่ ๑ (มกราคม - เมษายน) ๒๕๕๖

3.3. แบบประเมินองค์ประกอบของการจัดการระบบฐานข้อมูล แบ่งเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 เกี่ยวกับสถานภาพ และข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมิน

คำถามแบบปลายปิด ให้เลือกตอบ (check - list) เพียงคำตอบเดียว จำนวน 3 ข้อ

ตอนที่ 2 เกี่ยวกับการพัฒนาระบบประมวลผลภาพการแพทย์

ลักษณะคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) แบ่งระดับความพึงพอใจออกเป็น 5 ระดับ ของ Likert Scale

ตรวจสอบความถูกต้อง และความเหมาะสม โดยวิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นำแบบสอบถามที่ผ่านการพิจารณาไปตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC : Index for item Objective Congruence) จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ข้อคำถามที่ใช้ได้ต้องมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป นำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน เพื่อทดสอบความเข้าใจในข้อคำถามอีกครั้ง ตรวจสอบก่อนนำไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย (ผู้ใช้ระบบและผู้ใช้บริการ) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 1. เกณฑ์การให้คะแนนของแบบประเมิน

ระดับเกณฑ์การให้คะแนน		
เชิงคุณภาพ	เชิงปริมาณ	ความหมาย
ดีมาก	5	ระบบโปรแกรมที่พัฒนาอยู่ในระดับดีมาก
ดี	4	ระบบโปรแกรมที่พัฒนาอยู่ในระดับดี
พอใช้	3	ระบบโปรแกรมที่พัฒนาอยู่ในระดับพอใช้
ปรับปรุง	2	ระบบโปรแกรมที่พัฒนาอยู่ในระดับที่ควรปรับปรุง
ไม่เหมาะสม	1	ระบบโปรแกรมที่พัฒนาอยู่ในระดับไม่เหมาะสม

4. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมแบบสอบถามจากผู้ตอบแบบสอบถาม ที่ประกอบด้วยแพทย์, เจ้าหน้าที่ และพยาบาล ที่เป็นผู้ใช้งานในระบบที่เกี่ยวข้อง ความคิดเห็นที่ได้จะใช้เพื่อประเมินระดับคุณภาพ และประสิทธิภาพใน

การใช้งานระบบ และเป็นแนวทางในการปรับปรุง และพัฒนาระบบต่อไป

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ขอบเขตของการวิจัย

1. งานวิจัยจะศึกษาการประมวลผลภาพทางการแพทย์เพื่อเก็บภาพถ่ายฟิล์ม X-ray ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 5*7 นิ้ว , 8*10 นิ้ว ถึง 14*17 นิ้ว ให้อยู่ในรูปแบบระบบจัดการฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์

2. ภาพถ่ายฟิล์ม X-ray จะเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบ JPEG Image ด้วยการสแกนภาพจากเครื่องสแกนเนอร์หรือถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัลโดยกำหนดความละเอียดภาพให้อยู่ในช่วงประมาณ 300-1,200 dpi ไฟล์ภาพที่ได้จะทำการเปลี่ยน bit depth เป็นแบบ 8-bit grayscale ซึ่งสามารถกำหนดความแตกต่างของระดับสีเทาได้ 256 ระดับ

3. ระบบที่พัฒนาขึ้นจะใช้ระบบจัดการฐานข้อมูลใช้โปรแกรม Apache Web Server 2.2.8, โปรแกรม Appserv version 2.5.10, โปรแกรม MySQL Database Version 5.0.5 1b และ phpMyAdmin Database Manager version 2.10.3 และเชื่อมต่อระบบเพื่อเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการ เช่น รูปแบบภาพ DICOM หรือ รูปภาพการแพทย์ วันที่มารับบริการ รหัสประจำตัวผู้ใช้ระบบ สิทธิ์ในการใช้ระบบ ชื่อ นามสกุล คำวินิจฉัยการแพทย์ เป็นต้น

4. ข้อมูลที่ได้จากระบบงานเดิมและข้อมูลที่ได้จากเจ้าหน้าที่ X-ray จะเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลตามมาตรฐานทางการแพทย์ (HL7) ซึ่งเป็นข้อมูลที่มาตราฐานภาพทางการแพทย์ (DICOM) สนับสนุน โดยพัฒนาโปรแกรมสำหรับช่วยเปลี่ยนข้อมูลให้ตรงกับมาตรฐานที่กำหนด

5. ระบบที่พัฒนาสามารถเปลี่ยนไฟล์ภาพ X-ray ให้อยู่ในรูปแบบมาตรฐาน DICOM โดยพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในการจัดการภาพ ซึ่งจะทำให้หน้าที่รวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องและภาพที่ผ่านการปรับแต่งเรียบร้อยแล้วเข้าไว้ด้วยกันตามโครงสร้างมาตรฐานที่ DICOM กำหนด

6. ระบบที่พัฒนาสามารถประมวลผลภาพไฟล์ภาพ DICOM และข้อมูลที่เกี่ยวข้องไว้ในฐานข้อมูล เช่น ข้อมูลผลการวินิจฉัยภาพทางรังสีวิทยาของแพทย์ เป็นต้น

7. ระบบที่พัฒนาสามารถสืบค้นฐานข้อมูลเพื่อแสดงข้อมูล และภาพถ่ายทางการแพทย์ของผู้รับบริการ โดยใช้ตัวแปรและเงื่อนไขในการค้นหา เช่น รหัสประจำตัวโรงพยาบาล ชื่อ นามสกุล คำวินิจฉัยรูปแบบภาพ DICOM หรือ แบบภาพการแพทย์ แบบฟิล์ม X-rays เป็นต้น

8. ระบบที่พัฒนามีระบบจัดการภาพเบื้องต้น การกำหนดขอบเขตของภาพที่ต้องการแสดง

9. ระบบที่พัฒนาสามารถนำเสนอภาพ และผลการวินิจฉัยของแพทย์ในรูปแบบของเอกสาร โดยผ่านทางเครื่องพิมพ์

10. ระบบที่พัฒนาสามารถสร้างข้อมูลตามมาตรฐาน HL7 และแลกเปลี่ยนข้อมูลกับระบบที่สนับสนุนมาตรฐาน HL7

11. ประเมินผลระบบที่พัฒนา โดยการใช้แบบสอบถามเพื่อขอทราบความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามต่อการใช้งานระบบประมวลผลภาพทางการแพทย์สำหรับโรงพยาบาลประกอบด้วยแพทย์และเจ้าหน้าที่ผู้ใช้งานระบบที่เกี่ยวข้อง ความคิดเห็นที่ได้จะใช้เพื่อการประเมินระดับคุณภาพและประสิทธิภาพในการใช้งานระบบ และเป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาระบบในอนาคตต่อไป แบบสอบถามจะแบ่งออกเป็น 3 ด้านคือ ด้านความครบถ้วนของหน้าที่ และรูปแบบตามความต้องการ ด้านหน้าที่การทำงาน ด้านการใช้งาน โดยแบ่งระดับคำตอบออกเป็น 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี พอใช้ ปรับปรุง และไม่เหมาะสม ซึ่งในขั้นตอนของการประเมิน จะมีการประเมินทั้งหมด 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ประเมินผลระบบเดิมก่อนนำ Web Application เข้าไป และครั้งที่ 2 ประเมินผลระบบใหม่โดยนำ Web Application เข้าไปพัฒนาระบบเดิม

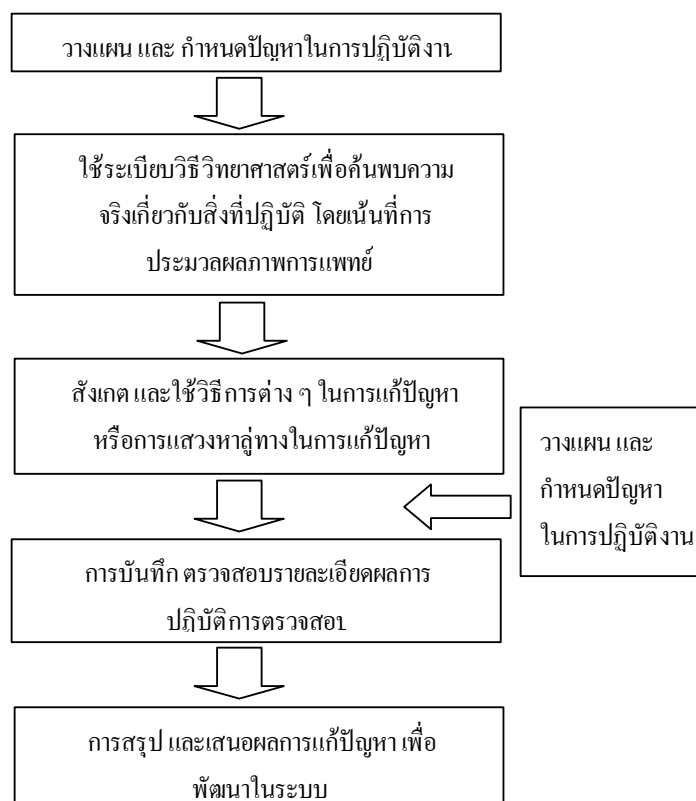
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถสร้างโปรแกรมสำหรับใช้ในการสร้างภาพ ประมวลผลภาพและจัดการภาพการแพทย์ตามมาตรฐาน DICOM เพื่อใช้ในโรงพยาบาล

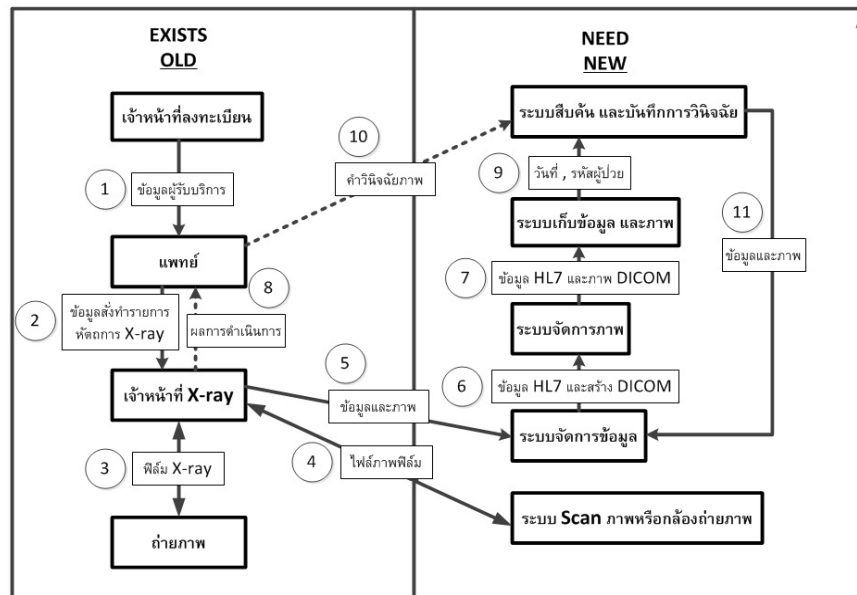
วารสารมหาวิทยาลัยคริสเตียน

ปีที่ ๑๙ ฉบับที่ ๑ (มกราคม - เมษายน) ๒๕๕๖

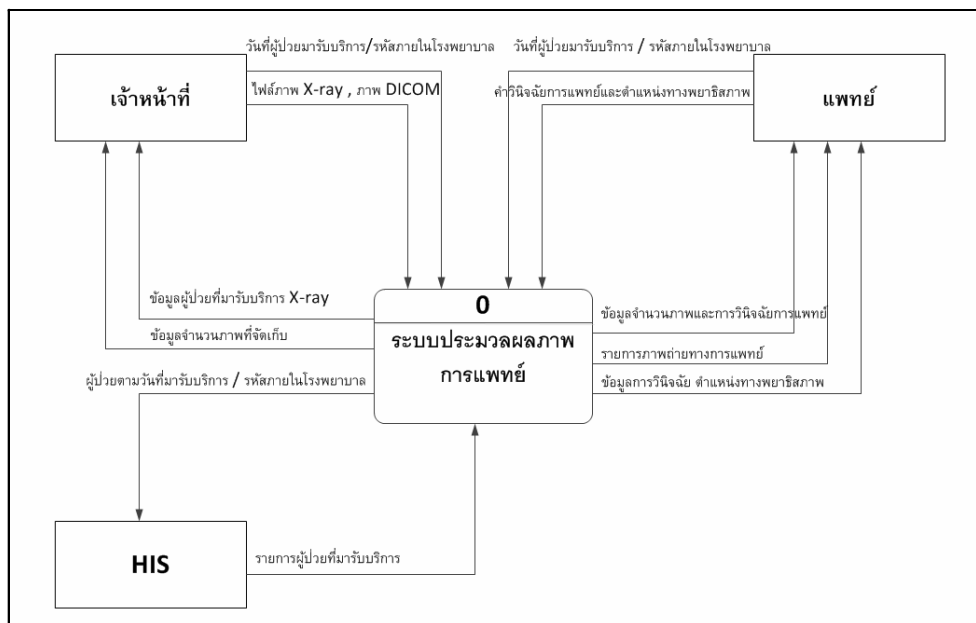
2. แนวทางที่นำไปสู่งานวิจัยซึ่งสามารถ เชื่อมต่อ และรับส่งข้อมูลภาพการแพทย์กับระบบ PACS ที่เป็นมาตรฐานสากล
3. จะนำโปรแกรมระบบที่พัฒนาไปจดทะเบียนลิขสิทธิ์
- วิธีการดำเนินงานวิจัย**
เป็นงานวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) มีขั้นตอนในการศึกษา ดังนี้ คือ



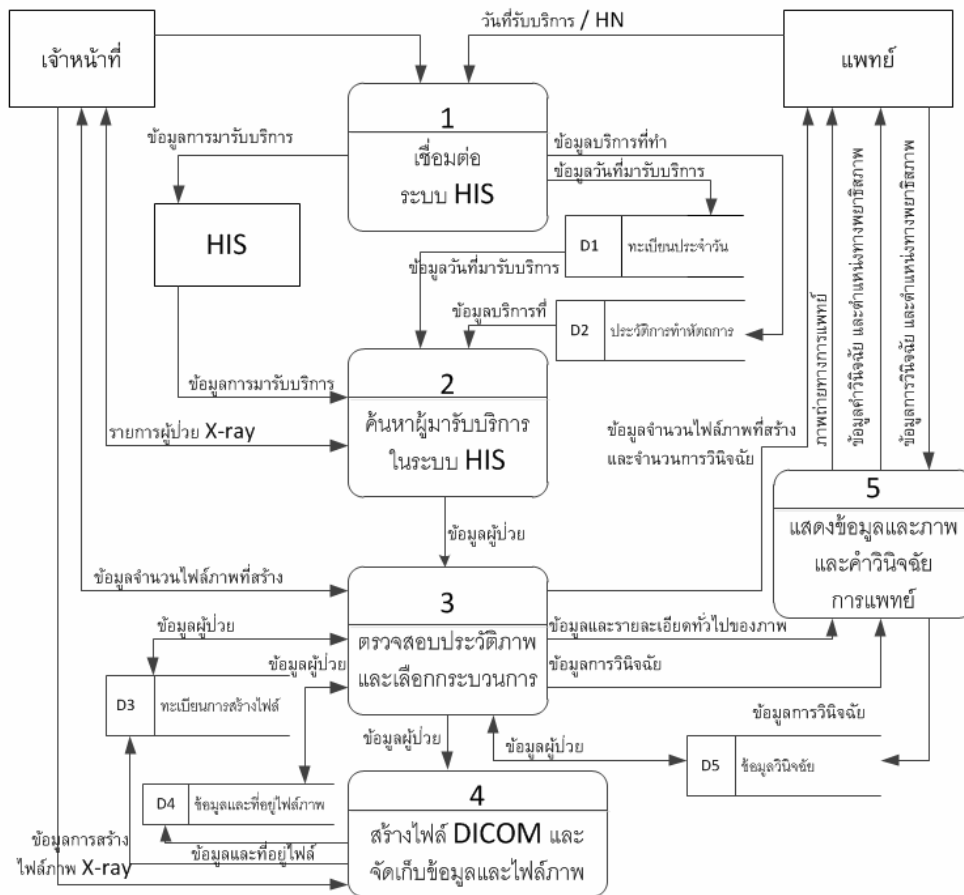
ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนในการศึกษา



ภาพประกอบ 3 แผนภาพในเชิงเปรียบเทียบระหว่างระบบเก่า (Old system) และระบบใหม่ (New system)



ภาพประกอบ 4 แผนภาพข้อมูลกระแสนระบบ (Context Diagram) ของระบบประมวลผลภาพการแพทย์



ภาพประกอบ 5 แผนภาพข้อมูลกระแสระบบระดับ 1 (Data flow diagram level 1)

ผลการวิจัย

1. การทดสอบระบบ

1.1. ทดสอบด้วยตนเองโดยใช้ข้อมูลจากภาพฟิล์ม X-ray ที่ไม่ได้ใช้แล้ว ซึ่งมี 2 แบบในการใช้งาน คือ รูปแบบภาพ DICOM และ รูปแบบภาพการแพทย์ เพื่อทดสอบระบบการสร้าง และจัดเก็บภาพสำหรับงานรังสีการแพทย์

1.2. ทดสอบด้วยตนเองโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ ตามระบบงานจริง เพื่อทดสอบระบบการสืบค้น และบันทึกคำวินิจฉัยการแพทย์สำหรับงานตรวจรักษา

1.3. ให้เจ้าหน้าที่ในโรงพยาบาล ซึ่งประกอบด้วยรังสีแพทย์ แพทย์ทั่วไป พยาบาลเฉพาะทาง และเจ้าหน้าที่รังสีเอกซเรย์ ทดลองใช้โปรแกรม โดยใช้ข้อมูลจากภาพฟิล์ม X-ray ที่ไม่ได้ใช้แล้ว ซึ่งมี 2 แบบในการใช้งาน คือ รูปแบบภาพ DICOM และ รูปแบบภาพการแพทย์

2. การประเมินผลระบบ

เป็นการประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยผู้วิจัยใช้วิธีการสอบถามความคิดเห็นของเจ้าหน้าที่ในโรงพยาบาล ประกอบด้วยรังสีแพทย์ แพทย์ทั่วไป พยาบาลเฉพาะทาง และเจ้าหน้าที่รังสี

เอกซเรย์ ทำการทดสอบการทำงานของโปรแกรม โดยใช้ข้อมูลจากภาพฟิล์ม X-ray ที่ไม่ได้ใช้ซึ่งมี 2 แบบ ในการใช้งาน คือ รูปแบบภาพ DICOM และ รูปแบบภาพการแพทย์

ในการดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาระบบประมวลผลภาพการแพทย์ ประเภทฟิล์ม X-ray โดยใช้โปรแกรม Adobe Master Collection CS5, Dreamweaver version 8.0, Editplus, Apache Webserver, Appserv version 2.5.10, phpMyAdmin, MySQL และ Netbeans JAVA ช่วยในการออกแบบหน้าจอการติดต่อกับผู้ใช้งาน การติดต่อกับระบบฐานข้อมูล และการจัดการภาพผลการดำเนินงานแบ่งออกเป็นสามส่วน คือ ส่วนแรกเป็นผลการพัฒนาระบบประมวลผลภาพการแพทย์ ส่วนที่สองเป็นผลการทดสอบระบบ และส่วนที่สามเป็นการประเมินระบบ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1. ผลการพัฒนาระบบจัดเก็บภาพทาง การแพทย์

2.2. ผลการทดสอบระบบ

2.3. ผลการประเมินระบบ

3. เครื่องมือสำหรับทดสอบระบบและการประเมินระบบ

ระบบประมวลผลภาพการแพทย์ ที่ได้พัฒนาเสร็จแล้วต้องมีการนำไปประเมินผลการทำงาน เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบ และเป็นการทดสอบเพื่อประเมินการยอมรับระบบงาน (Acceptance test) กระบวนการประเมินผลเป็นการประเมินเพื่อหาประสิทธิภาพของโปรแกรม ซึ่งจะมีการแบ่งการประเมินระบบออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้คือ

3.1. การประเมินระบบด้านความครบถ้วนของหน้าที่ และรูปแบบตามความต้องการ (Functional requirement test)

3.2. การประเมินระบบด้านหน้าที่การทำงาน (Functional test)

3.3. การประเมินระบบด้านการใช้งาน (Usability test)

ในการประเมินได้มีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนออกเป็น 2 เกณฑ์ คือ เกณฑ์การให้คะแนนเชิงคุณภาพและเกณฑ์การให้คะแนนเชิงปริมาณ แบ่งออกเป็น 5 ระดับ

4. ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ใช้งานระบบ

จากการประเมินประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้น โดยผู้ใช้งานที่เป็นบุคลากรทางการแพทย์ จำนวน 20 คน ประกอบด้วยแพทย์ 10 คน พยาบาล 5 คน และเจ้าหน้าที่รังสีเอกซเรย์ 5 คน มีผลการประเมิน และ แสดงผลความคิดเห็นของผู้ทดสอบ ดังนี้

ตารางที่ 2. ผลการทดสอบ และประเมินความพึงพอใจต่อระบบการประมวลผลภาพการแพทย์ ระหว่างระบบเก่า และระบบใหม่

รายการประเมิน	ระบบเก่า			ระบบใหม่		
	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	S.D.	ความ	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	S.D.	ความ
			หมาย			หมาย
1. ด้านความครบถ้วนของหน้าที่ตามความต้องการ	3.83	0.51	พอใช้	4.01	0.61	ดี
2. ด้านหน้าที่การทำงาน	3.78	0.48	พอใช้	4.06	0.69	ดี
3. ด้านการใช้งาน	3.69	0.76	พอใช้	4.03	0.80	ดี
ผลการทดสอบโดยภาพรวม	3.77	0.58	พอใช้	4.03	0.70	ดี

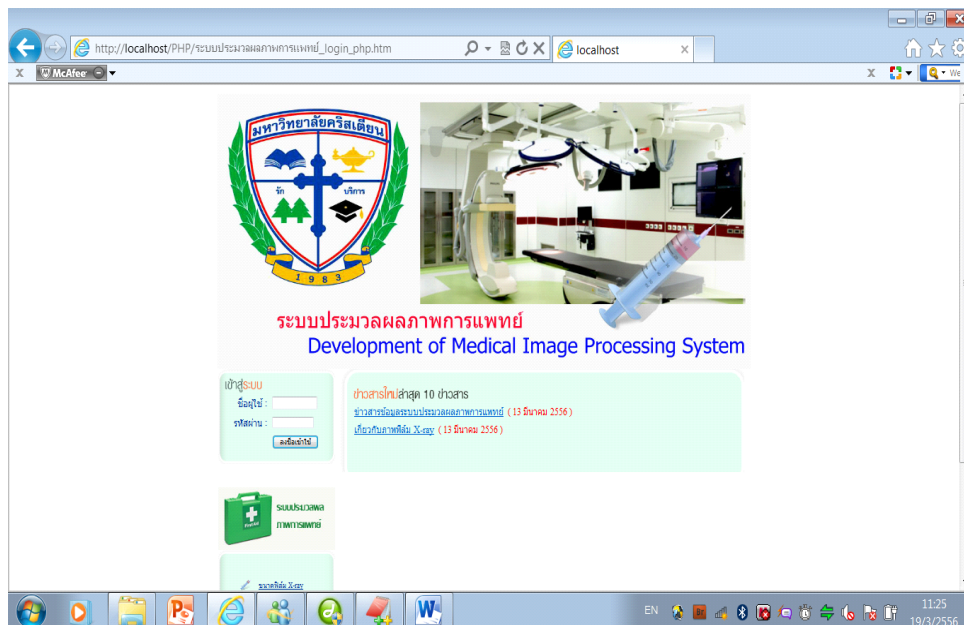
ผลการทดสอบ และประเมินความพึงพอใจต่อระบบประมวลผลภาพการแพทย์ พบว่า ด้านความครบถ้วนของหน้าที่ตามความต้องการอยู่ในระดับพอใช้ ($X = 3.83$, S.D. = 0.51) ด้านหน้าที่การทำงาน อยู่ในระดับพอใช้ ($X = 3.78$, S.D. = 0.48) ด้านการใช้งาน อยู่ในระดับพอใช้ ($X = 3.69$, S.D. = 0.76) และภาพรวมอยู่ในระดับพอใช้ ($X = 3.77$, S.D. = 0.58) โดยผลการทดสอบ และประเมินผลระบบใหม่ พบว่า ด้านความครบถ้วนของหน้าที่ตามความต้องการ อยู่ใน

ระดับดี ($X = 4.01$, S.D. = 0.61) ด้านหน้าที่การทำงาน อยู่ในระดับดี ($X = 4.06$, S.D. = 0.69) ด้านการใช้งาน อยู่ในระดับดี ($X = 4.03$, S.D. = 0.80) และภาพรวมอยู่ในระดับดี ($X = 4.03$, S.D. = 0.70) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า Web Base Application ดีกว่าระบบเก่าที่ถูกนำมาใช้งาน แสดงให้เห็นการบูรณาการเป็นขั้นตอนของโรงพยาบาล เพื่ออำนวยความสะดวกในการทดสอบ และการประเมินผลได้ดี มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

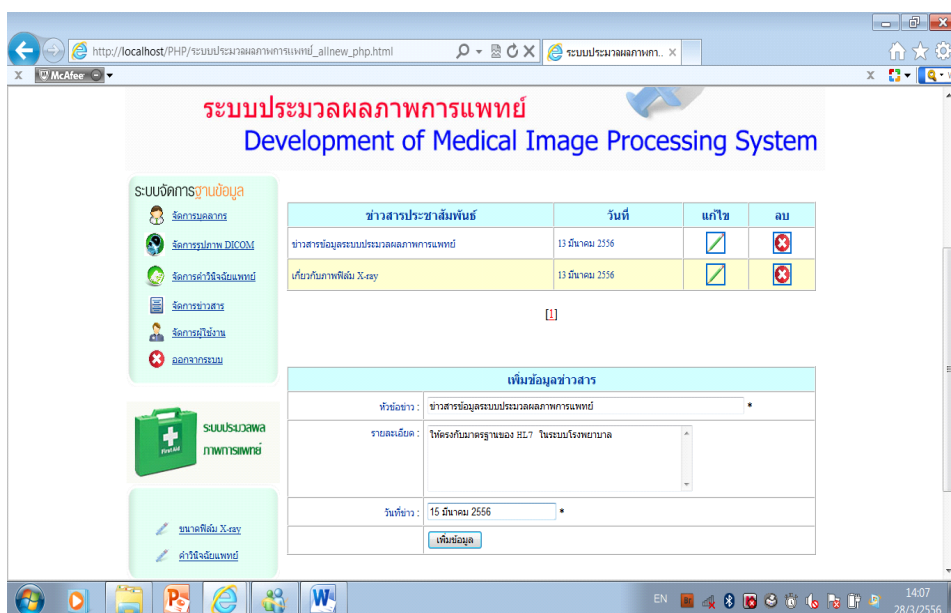
โปรแกรมระบบประมวลผลภาพการแพทย์ (Development of medical image processing system)



รูปภาพที่ 1. แสดงหน้าตาการใช้งานของโปรแกรมระบบประมวลผลภาพการแพทย์



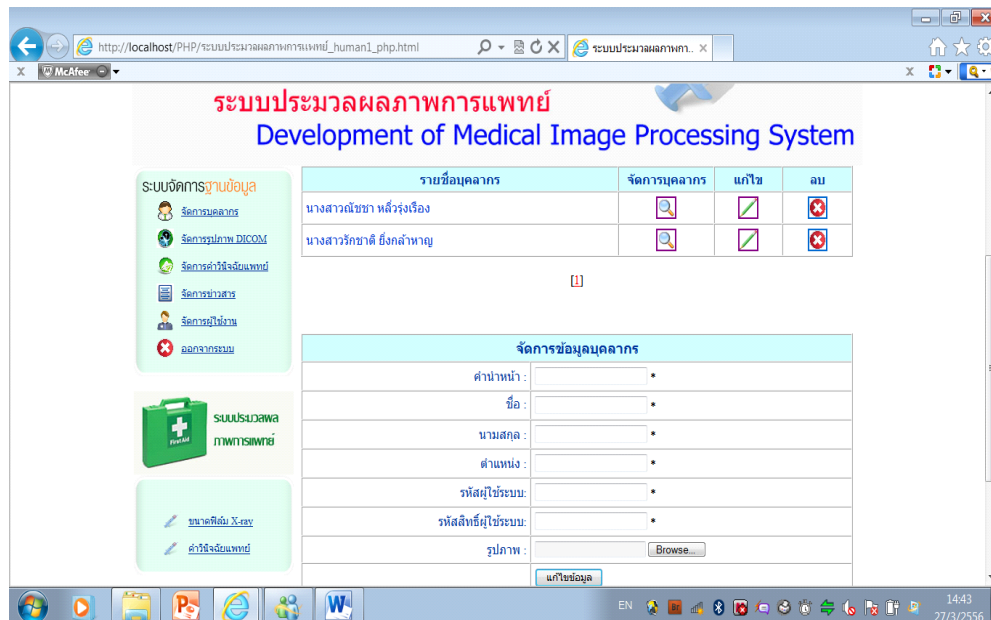
รูปภาพที่ 2. แสดงหน้าเข้าสู่ระบบประมวลผลภาพการแพทย์



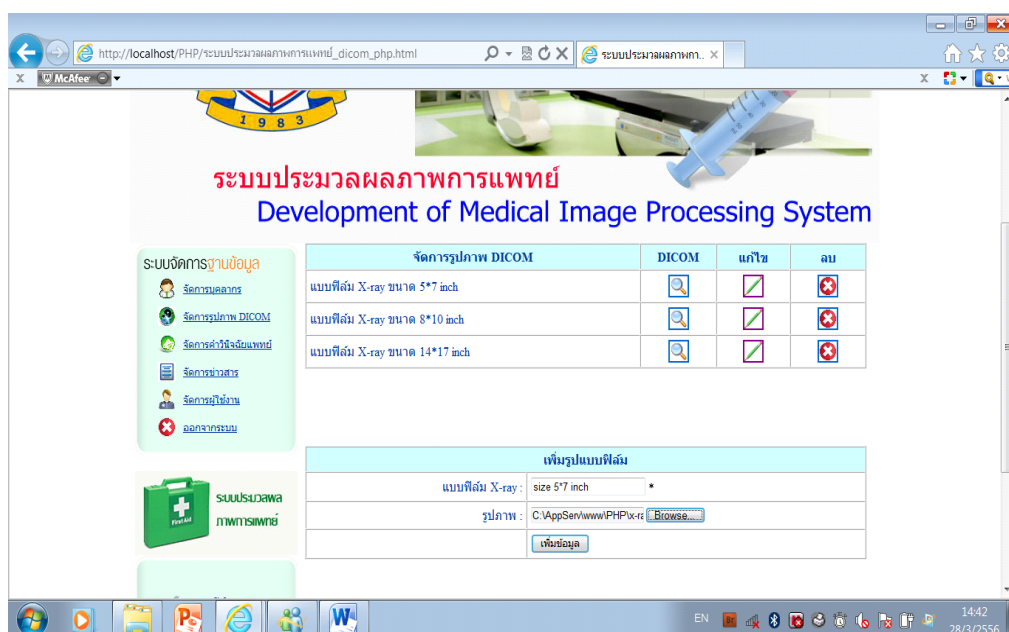
รูปภาพที่ 3. จัดการข้อมูลข่าวสารประชาสัมพันธ์ของโปรแกรมระบบประมวลผลภาพการแพทย์

วารสารมหาวิทยาลัยคริสเตียน

ปีที่ ๑๔ ฉบับที่ ๑ (มกราคม - เมษายน) ๒๕๕๖



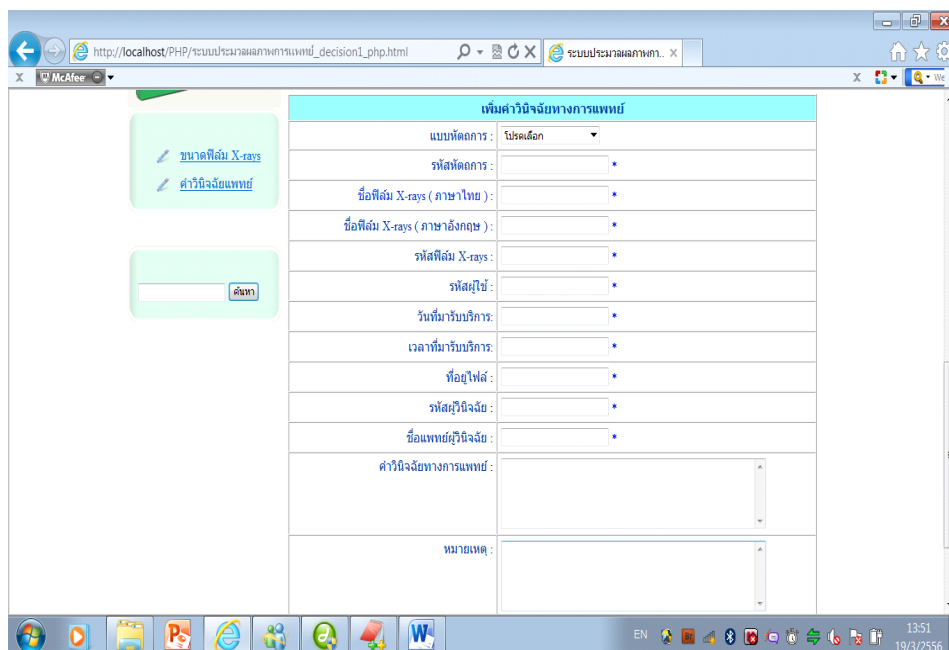
รูปภาพที่ 4. หน้าจัดการข้อมูลบุคลากรของโปรแกรมระบบประมวลผลภาพการแพทย์



รูปภาพที่ 5. หน้าจัดการรูปภาพ DICOM ของโปรแกรมระบบประมวลผลภาพการแพทย์



รูปภาพที่ 6. หน้าจัดการคำวินิจฉัยทางการแพทย์ ของโปรแกรมระบบประมวลผลภาพการแพทย์



รูปภาพที่ 7. หน้าเพิ่มคำวินิจฉัยทางการแพทย์ ของโปรแกรมระบบประมวลผลภาพการแพทย์

วารสารมหาวิทยาลัยคริสเตียน

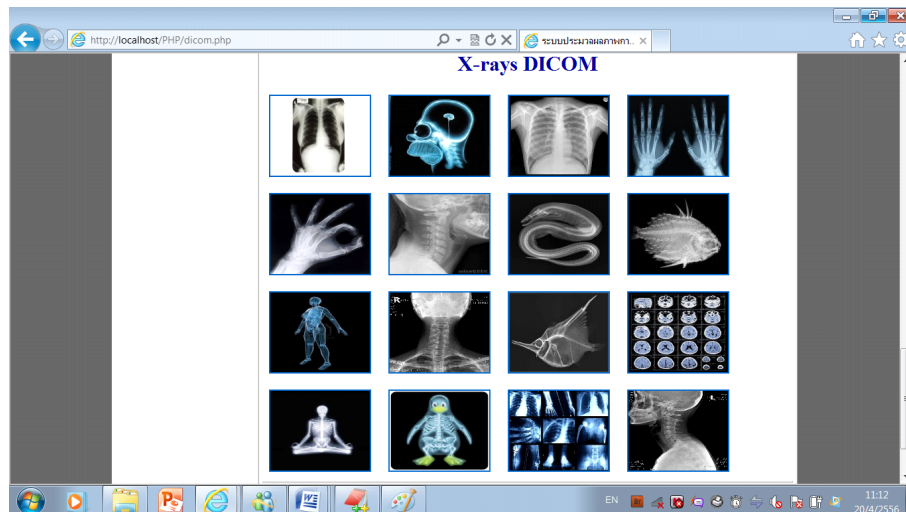
ปีที่ ๑๙ ฉบับที่ ๑ (มกราคม - เมษายน) ๒๕๕๖



รูปภาพที่ 8. จัดการข้อมูลผู้ในระบบ ของโปรแกรมระบบประมวลผลภาพการแพทย์รูปภาพ



รูปภาพที่ 9. หน้าจัดการฐานข้อมูลบุคลากร ที่เชื่อมต่อกับฐานข้อมูล และแสดงผลผ่านหน้าเว็บ



รูปภาพที่ 10. แสดงผลการค้นหาข้อมูล และการ Click เพื่อเข้าไปดูข้อมูล

สรุปผลการวิจัย

ในการทำวิจัยฉบับนี้ เป็นการพัฒนาระบบประมวลผลภาพการแพทย์ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) ในการดำเนินงานวิจัยได้ใช้โปรแกรม Appserv version 2.5.10 ที่เป็นซอฟต์แวร์ช่วยในการพัฒนาโปรแกรมระบบจัดการฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์, โปรแกรม Adobe Master Collection CS 5 ในการออกแบบ Web Application Form ต่างๆ, โปรแกรม Adobe Photoshop CS5 และ Adobe Illustrator CS5 ในการออกแบบ GUI (Graphic User Interface) แบบภาพกราฟิกต่างๆ, โปรแกรม Apache Web Server 2.2.8 เป็นซอฟต์แวร์ที่เปิดให้บริการเซิร์ฟเวอร์บนโปรโตคอล HTTP โดยสามารถทำงานได้บนหลายระบบปฏิบัติการ ช่วยอำนวยความสะดวกในการกำหนดหน้า GUI (Graphic User Interface) เว็บ และเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูล, โปรแกรม MySQL Database Version 5.0.5 1b และ phpMyAdmin Database Manager version 2.10.3 เป็นโปรแกรมสำหรับบริหารจัดการระบบฐานข้อมูลเพื่อเข้า

ถึงข้อมูลที่ต้องการ ในการวิจัยครั้งนี้เป็นประโยชน์แก่นักวิจัยท่านอื่น และเป็นเครื่องคำนึงสำหรับผู้นำผลการวิจัยไปใช้ โดยโปรแกรมมีส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (Interface) แบบ โดยมีเมนูคำสั่งต่างๆ ให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ได้อย่างสะดวกรวดเร็ว อำนวยความสะดวก และ เพิ่มประสิทธิภาพในงานมากยิ่งขึ้น ถ้านำระบบประมวลผลภาพการแพทย์มาใช้งานจริง คาดว่าเอื้ออำนวยประโยชน์ต่อบุคลากรทางการแพทย์ ยกตัวอย่างเช่น แพทย์ พยาบาล และเจ้าหน้าที่รังสี เอกซเรย์ รวมไปถึงผู้ใช้งานเกี่ยวกับระบบประมวลผลภาพการแพทย์ และระบบงานส่วนงานโรงพยาบาลต่อไป

1.1. งานวิจัยได้ใช้โปรแกรม Appserv version 2.5.10 เพื่อพัฒนาระบบประมวลผลภาพทางการแพทย์ โดยประมวลผลภาพถ่ายฟิล์ม X-ray ซึ่งมีขนาดโดยตั้งแต่ 5*7 นิ้ว , 8*10 นิ้ว ถึง 14*17 นิ้ว ให้อยู่ในรูปแบบระบบจัดการฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์

1.2. ระบบที่พัฒนาขึ้นใช้ ระบบจัดการฐานข้อมูลใช้โปรแกรม Apache Web Server

วารสารมหาวิทยาลัยคริสเตียน

ปีที่ ๑๙ ฉบับที่ ๑ (มกราคม - เมษายน) ๒๕๕๖

2.2.8,โปรแกรม Appserv version 2.5.10, โปรแกรม MySQL Database Version 5.0.5 1b และ phpMyAdmin Database Manager version 2.10.3 และเชื่อมต่อระบบเพื่อเข้าถึงข้อมูลต้องการ เช่น รูปแบบภาพ DICOM หรือ รูปภาพการแพทย์ วันที่มารับบริการ รหัสประจำตัวผู้ใช้ระบบ สิทธิในการใช้ระบบ ชื่อ นามสกุล คำวินิจฉัยการแพทย์ เป็นต้น ภาพถ่ายฟิล์ม X-ray จะเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบ JPEG Image ด้วยการสแกนภาพจากเครื่องสแกนเนอร์หรือถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัลโดยกำหนดความละเอียดภาพให้อยู่ในช่วงประมาณ 300-1,200 dpi ไฟล์ภาพที่ได้จะทำการเปลี่ยน bit depth เป็นแบบ 8-bit Grayscale ซึ่งสามารถกำหนดความแตกต่างของระดับสีเทาได้ 256 ระดับ

1.3. ระบบได้พัฒนาโปรแกรมสำหรับช่วยเปลี่ยนข้อมูลให้ตรงกับมาตรฐานที่กำหนดข้อมูลที่ได้จากระบบงานเดิมและข้อมูลที่ได้จากเจ้าหน้าที่ X-ray จะเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลตามมาตรฐานทางการแพทย์ (HL7) ซึ่งเป็นข้อมูลที่มาตรฐานภาพทางการแพทย์ (DICOM)

1.4. ระบบที่พัฒนาสามารถเปลี่ยนไฟล์ภาพ X-ray ให้อยู่ในรูปแบบมาตรฐาน DICOM โดยพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในการจัดการภาพ ซึ่งจะทำให้หน้าที่ย่อยข้อมูลที่เกี่ยวข้องและภาพที่ผ่านการปรับแต่งเรียบร้อยแล้วเข้าไว้ด้วยกันตามโครงสร้างมาตรฐานที่ DICOM กำหนด

1.5. ระบบที่พัฒนาสามารถประมวลผลภาพไฟล์ภาพ DICOM และข้อมูลที่เกี่ยวข้องไว้ในฐานข้อมูล เช่น ข้อมูลผลการวินิจฉัยภาพทางรังสีวิทยาของแพทย์ เป็นต้น

1.6. ระบบที่พัฒนาสามารถสืบค้นฐานข้อมูลเพื่อแสดงข้อมูล และภาพถ่ายทางการแพทย์ของผู้รับบริการ โดยใช้ตัวแปรและเงื่อนไขในการค้นหา เช่น รหัสประจำตัวโรงพยาบาล ชื่อ นามสกุล คำวินิจฉัยรูปแบบภาพ DICOM หรือ แบบภาพการแพทย์แบบฟิล์ม X-rays เป็นต้น

1.7. ระบบที่พัฒนามีระบบจัดการภาพเบื้องต้น สามารถนำเสนอภาพ และผลการวินิจฉัยของแพทย์ในรูปแบบของเอกสารโดยผ่านทางเครื่องพิมพ์

1.8. ระบบที่พัฒนาสามารถสร้างข้อมูลตามมาตรฐาน HL7 และ แลกเปลี่ยนข้อมูลกับระบบที่สนับสนุนมาตรฐาน HL7 ประเมินผลระบบที่พัฒนาโดยการใช้แบบสอบถามเพื่อขอทราบความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามต่อการใช้งานระบบประมวลผลภาพทางการแพทย์สำหรับโรงพยาบาลประกอบด้วยแพทย์และเจ้าหน้าที่ผู้ใช้งานระบบที่เกี่ยวข้อง ความคิดเห็นที่ได้จะใช้เพื่อการประเมินระดับคุณภาพและประสิทธิภาพในการใช้งานระบบ และเป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาในระบบในโอกาสต่อไป แบบสอบถามจะแบ่งออกเป็น 3 ด้านคือ ด้านความครบถ้วนของหน้าที่ และรูปแบบตามความต้องการ ด้านหน้าที่การทำงาน ด้านการใช้งาน โดยแบ่งระดับคำตอบออกเป็น 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี พอใช้ ปรับปรุง และไม่เหมาะสม ซึ่งในขั้นตอนของการประเมิน จะมีการประเมินทั้งหมด 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ประเมินผลระบบเดิมก่อนนำ Web Application เข้าไป และครั้งที่ 2 ประเมินผลระบบใหม่โดยนำ Web Application เข้าไปพัฒนาระบบเดิม

ข้อเสนอแนะ

1. การพัฒนาระบบ และโปรแกรม

1.1. การพัฒนาระบบประมวลผลภาพการแพทย์ ถ้าโรงพยาบาลมีการแลกเปลี่ยน หรือรับ-ส่งข้อมูลข่าวสารภาพกับโรงพยาบาลในเครือข่ายที่ใช้ฐานข้อมูลของผู้มารับบริการที่แตกต่างกันอาจต้องมีการพัฒนาโปรแกรมที่ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลที่แตกต่างกันเพื่อให้ทุกโรงพยาบาลสามารถทำการประมวลผลภาพการแพทย์ตามมาตรฐาน DICOM และแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ เครือข่ายเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการจะศึกษา และดำเนินการระบบต่อไป

1.2. การพัฒนาเว็บเซิร์ฟเวอร์ เพื่อช่วยให้ระบบสามารถเชื่อมโยงข้อมูลกัน ได้อย่างทั่วถึงอาจช่วยลดขั้นตอนในการส่งข้อมูลทำให้มีการส่งต่อข้อมูลภาพทางการแพทย์ได้รวดเร็วมากขึ้น

1.3. ระบบประมวลผลภาพการแพทย์สามารถพัฒนาต่อให้มีการส่งข้อมูลอื่นๆ นอกเหนือจากข้อมูลประมวลผลภาพการแพทย์ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการรักษาผู้ป่วย

1.4. ข้อมูลมาตรฐาน HL7 เป็นมาตรฐานที่มีความซับซ้อนค่อนข้างยุ่งยาก แต่สามารถพัฒนาเพิ่มเติมได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแสดงผลภาพให้มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น โดยการพัฒนาวีธีการบีบอัดข้อมูลภาพชนิดไม่มีการสูญเสีย ร่วมกับการพัฒนาขีดความสามารถของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในงานจริงทางการแพทย์ รวมทั้งแสดงผลภาพเคลื่อนไหว เพื่อให้สะดวกต่อการวินิจฉัยแพทย์มากยิ่งขึ้น

2. การวิเคราะห์ และออกแบบระบบ

2.1. ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบค่อนข้างชัดเจน ผู้ทำวิจัยใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล

และการเขียนโปรแกรมค่อนข้างชัดเจน โดยสามารถเพิ่มขอบเขตของงานได้ตามที่ผู้ใช้ระบบกำหนดได้

3. ระบบฐานข้อมูล

3.1. ควรมีเงื่อนไขตรวจสอบข้อมูลของผู้ใช้ระบบ ก่อนที่จะทำการบันทึกลงฐานข้อมูล เพื่อนำข้อมูลมาประมวลผลได้ถูกต้อง และควรมีการสำรองข้อมูลเบื้องต้น

3.2. สามารถนำรูปแบบระบบฐานข้อมูลในงานวิจัยนี้ไปใช้ ต้องเตรียมข้อมูลให้ตรงตามโครงสร้างของฐานข้อมูลทำการออกแบบไว้

โดยสรุปรายงานการวิจัยนี้ได้มีการดำเนินงานจนบรรลุวัตถุประสงค์ของการศึกษา คือ มีการพัฒนาระบบ Medical image processing system เพื่อประมวลผลภาพการแพทย์ตามมาตรฐาน DICOM สำหรับโรงพยาบาล และการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับระบบที่พัฒนาขึ้นตามมาตรฐาน HL7 ได้สำเร็จ และระบบต้นแบบที่พัฒนาขึ้นได้รับการประเมินจากบุคลากรทางการแพทย์ ซึ่งผลการประเมินในภาพรวมอยู่ในระดับดี

บรรณานุกรม

- กรองกมล วงษ์เอก. (2548). การพัฒนาโปรแกรมแสดงผลภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ทางการแพทย์บนคอมพิวเตอร์มือถือด้วยภาษาจาวา. วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์. 4(2) : 11-17.
- ชวรวัย ทศณะเกตุ. (2552). การพัฒนาระบบจัดเก็บภาพทางการแพทย์สำหรับโรงพยาบาลขนาดเล็ก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ชาญชัย ศุภอรธกร และ ชีษณุพงศ์ ธีญญลักษณ์. (2555). สร้างเว็บแอปพลิเคชัน PHP+MySQL. กรุงเทพฯ : บริษัท รีไวว่า จำกัด.
- ชำนานู แสงฟ้า. (2547). โปรแกรมการแสดงผลภาพทางการแพทย์ สำหรับภาพทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ซอฟต์แวร์ไทย. (2555). มาตรฐานการสื่อสารข้อมูล. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2556, จาก <http://www.networkstuff.eu>.
- ดวงพร เกียงคำ และวงศ์ประชา จันทรสมวงศ์. (2549). อินเทอร์เน็ต Dreamweaver 8. กรุงเทพฯ : บริษัท โปรวิชั่น จำกัด.

วารสารมหาวิทยาลัยคริสเตียน

ปีที่ ๑๙ ฉบับที่ ๑ (มกราคม - เมษายน) ๒๕๕๖

- ดวงสมร ชูดีจันทร์ สมชาย ปฐมศิริ และ สุธิดา สกุลวาริน. (2552). *ศึกษาวิจััยการออกแบบและพัฒนา ระบบบริหารจัดการฐานข้อมูลคดี*. กรุงเทพฯ : สถาบันนิติวิทยาศาสตร์กระทรวงยุติธรรม.
- ปกรณ หอมหวานดี. (2554). *PACS : Picture Archiving and Communication System*. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 17 ธันวาคม 2554, จาก <http://www.xraythai.com>.
- สมพร จิวรสกุล และ สัจจะ จรัสรุ่งวีวร. (2546). *คู่มือการติดตั้ง และใช้งาน Microsoft SQL Server 2000 ฉบับสมบูรณ์*. กรุงเทพฯ : บริษัท ไอ ดี ซี ดิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์ จำกัด.
- สุดา เขียวมนตรี. (2555). *คู่มือเรียนเขียนโปรแกรมภาษา Java ฉบับสมบูรณ์*. นนทบุรี : บริษัท ไอดีซี พรีเมียร์ จำกัด.
- อำไพ สิ้นลิขิตกุล. (2546). *การประยุกต์ และออกแบบฐานข้อมูล ด้วย Oracle และ SQL Server*. กรุงเทพฯ : บริษัทซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน).
- ฮอฟเฟอร์, เจฟเฟอรี่ เอ.จิตติมา วงศ์วิวัฒน์. (2547). *การวิเคราะห์และออกแบบระบบ*. กรุงเทพฯ : บริษัทเพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า.
- Alan Dennis, Barbara Haley Wixom, David Tegarden. (2002). *System analysis & design*. USA : Hermitage Publishing Services.
- DICOM Standard Committee. (1993). *Digital imaging and communication in medicine*. NEMA Standards Publication.
- Hacklander, T., Martin J., and Kleber K. .(2005). *Informatics in radiology (infoRAD) : an open source framework for modification and communication of DICOM objects*. RadioGraphics. 25:1709–1721.
- Jeffrey L.Whitten, Lonnie D. Bentley and Kevin C. Dittman. (2001). *Systems analysis and design methods*. 5th ed. The United States of America : McGraw-Hill Higher Education.
- Kinsey, T.V.,Horton M.C., and Lewis T.E. (2000). *Interfacing the PACS and the HIS : results of a 5 year Implementation*. RadioGraphics. 20 : 883–891.

