

การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไประหว่าง
การใช้เครื่องอ่านและแปลงสัญญาณภาพเอกซเรย์เป็นดิจิทัลและการใช้ฟิล์ม

พันตรีหญิง สุภขจี แสงเรืองอ่อน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาเวชศาสตร์ชุมชน ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ECONOMIC EVALUATION OF QUALITY CONTROL IN GENERAL X-RAY MACHINE
BETWEEN COMPUTED RADIOGRAPHY AND FILM**

Major Supakajee Saengruang-Orn

**A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Community Medicine**

Department of Preventive and Social Medicine

Faculty of Medicine

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

511836

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของการควบคุมคุณภาพ
เครื่องเอกซเรย์ทั่วไประหว่างการใช้เครื่องอ่านและแปลง
สัญญาณภาพเอกซเรย์เป็นดิจิทัลและการใช้ฟิล์ม

โดย

พันตรีหญิง ศุภางจิ แสงเรืองอ่อน

สาขาวิชา

เวชศาสตร์ชุมชน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ ทศพร วิมลเก็จ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

รองศาสตราจารย์ มานัส มงคลสุข


รองศาสตราจารย์ สมรัตน์ เลิศมหาฤทธิ

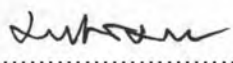
คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาคุณวุฒิปริญญาตรี

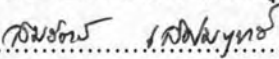

..... คณบดีคณะแพทยศาสตร์
(รองศาสตราจารย์นายแพทย์อดิศร ภัทรารัตน์)

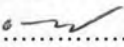
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

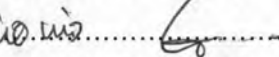

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ภิรมย์ กมลรัตนกุล)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ ทศพร วิมลเก็จ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ มานัส มงคลสุข)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ สมรัตน์ เลิศมหาฤทธิ)


..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ พันเอกหญิง แพทย์หญิง เขาวนา ธนะพัฒน์)


..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(พันเอกหญิง แพทย์หญิง นุชบง หนูหล้า)

ศุภชาติ แสงเรืองอ่อน : การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป ระหว่างการใช้เครื่องอ่านและแปลงสัญญาณภาพเอกซเรย์เป็นดิจิทัลและการใช้ฟิล์ม.

(ECONOMIC EVALUATION OF QUALITY CONTROL IN GENERAL X-RAY MACHINE BETWEEN COMPUTED RADIOGRAPHY AND FILM.) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.นพ. ทศพร วิมลเก็จ, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : รศ.มานัส มงคลสุข, รศ.สมรัตน์ เลิศมหาฤทธิ์, 435 หน้า.

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการควบคุมคุณภาพของเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปใน 4 ส่วน (การจัดคอลลิเมเตอร์และลำรังสี, ความคงตัวของกระแสหลอด, การจัดเรียงตัวของกริด และการวัดขนาดของโฟลคอสปอต) ระหว่างการใช้เครื่องอ่านและแปลงสัญญาณภาพเอกซเรย์เป็นดิจิทัล (Computed Radiography; CR) และวิธีฟิล์ม ทำการศึกษาการใช้เครื่อง CR ในการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปโดยเปรียบเทียบกับวิธีฟิล์มซึ่งเป็นวิธีมาตรฐาน โดยใช้ผู้วัด 2 คนที่อิสระต่อกันในการวิเคราะห์ผลของการควบคุมคุณภาพของทั้ง 2 วิธี การประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์กระทำโดยใช้การวิเคราะห์ต้นทุนที่ต่ำสุด ในมุมมองของให้ผู้บริหาร โดยข้อมูลทั้งหมด (การควบคุมคุณภาพ, ต้นทุน) รวบรวมจากโรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้าระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ.2550 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2551

ผลการศึกษา พบว่า ผลของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปโดยวิธี CR และวิธีฟิล์มมีความเทียบเคียงกัน ความสอดคล้องของผู้วิเคราะห์ผลทั้ง 2 คน อยู่ในระดับเกือบสมบูรณ์ ต้นทุนต่อการควบคุมคุณภาพ 1 ครั้งในแต่ละส่วนเมื่อใช้วิธีฟิล์มสูงกว่าเมื่อใช้วิธี CR โดยต้นทุนต่อการควบคุมคุณภาพ 1 ครั้งทั้ง 4 ส่วนสำหรับวิธีฟิล์มและวิธี CR เท่ากับ 851.79 บาท และ 308.74 บาท ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ความไวพบว่า เมื่อต้นทุนค่าฟิล์มและต้นทุนค่าแรงเพิ่มขึ้น การประหยัดต้นทุนสำหรับการควบคุมคุณภาพทั้ง 4 ส่วนในปี 2552 จะเพิ่มขึ้นเป็น 560.45 บาท และในปี 2556 จะเพิ่มขึ้นเป็น 634.66 บาท อัตราส่วนของปริมาณรังสีระหว่างวิธีฟิล์มที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพการจัดตัวของกริดเป็น 2.41 เท่าของวิธี CR โดยการวัดขนาดโฟลคอสปอตขนาดใหญ่ด้วยวิธีฟิล์มมีอัตราส่วนของปริมาณรังสีที่ใช้เมื่อเทียบกับวิธี CR สูงที่สุดเท่ากับ 49.11 เท่า นอกจากนั้นเวลาที่ใช้สำหรับเครื่อง CR ในการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปน้อยกว่าวิธีฟิล์ม ($p\text{-value} < 0.001$)

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าการใช้วิธี CR ในการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปทั้ง 4 ส่วน มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีฟิล์มเป็นอย่างมาก ดังนั้นในโรงพยาบาลที่ได้มีการนำเครื่อง CR มาใช้ในการบันทึกภาพเอกซเรย์ผู้ป่วย ก็จะสามารถนำเครื่อง CR มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปได้ ทำให้การควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปสามารถกระทำได้อย่างสะดวก รวดเร็ว ปราศจากการใช้สารเคมีในกระบวนการอ่านข้อมูล เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ลดการนำเข้าวัสดุสิ้นเปลืองทางการแพทย์ และประหยัดต้นทุนเป็นอย่างมากอีกด้วย

ภาควิชา...เวชศาสตร์ป้องกันและสังคม.....

สาขาวิชา...เวชศาสตร์ชุมชน.....

ปีการศึกษา...2551.....

ลายมือชื่อนิติศ. W. M. มงคลสุข 11/2/50/อ

ลายมือชื่อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ลายมือชื่อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม..... Dubran

ลายมือชื่อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม..... สมทรง วัฒนวิทย์

#4875252030 : MAJOR COMMUNITY MEDICINE

KEY WORD: ECONOMIC EVALUATION/ QUALITY CONTROL/ COMPUTED RADIOGRAPHY/ FILM

SUPAKAJEE SAENGRUANG-ORN: ECONOMIC EVALUATION OF QUALITY CONTROL IN GENERAL X-RAY MACHINE BETWEEN COMPUTED RADIOGRAPHY AND FILM. THESIS PRINCIPAL ADVISOR : ASSOC.PROF. THOSPORN VIMOLKET, MD, THESIS COADVISOR: ASSOC.PROF. MANUS MONGKOLSUK, ASSOC.PROF. SOMRAT LERTMAHARIT, 435 pp.

The objective of this study was to evaluate the efficiency of quality control performances in four elements (collimator alignment test, milliamperere-sec (mAs) reciprocity test, grid alignment test and determination of focal spot size) of a general x-ray machine for between computed radiography (CR) and film method. CR performance as a quality control method for general x-ray machine was compared to film method. Two raters independently analyzed the result of quality control from the both methods. Economic evaluation was performed by cost-minimization analysis. Applying the provider perspective, all data (result for quality control and cost) were collected from Phramongkutkloa hospital during August 2007 to January 2008.

This study found that quality control performances of a general x-ray machine by using CR and film methods were equivalent. Inter-observer agreement for analysis of quality control measurements was almost perfect. Unit costs of each quality control by using film method were higher than using CR method. Unit costs of four elements testing for film and CR methods were 851.79 baht and 308.74 baht, respectively. Using sensitivity analysis, when the price of film and labor cost were increased, the cost saving for four elements testing increased from 560.45 baht in the year 2009 to 634.66 baht in year 2013. The ratio of radiation dose between film and CR methods in grid alignment test was 2.41 times. The highest ratio of radiation dose was large focal spot measurement (49.11 times). Additionally, time consuming of all checking elements using CR method is less than film method with p-value < 0.001.

From this research, it is very obvious that quality control of general X-ray machine by using CR method is more effective than using film method. Therefore, the hospitals that already used CR can apply their existing CR for implementing quality control with general X-ray machine. This will result in more convenience workflow, faster process and higher cost reduction. This method also friendly to the environment and the quantity of imported medical consumable material will be reduced as well.

Department: ...Preventive and Social Medicine Student's Signature: *[Handwritten Signature]*

Field of study: ...Community Medicine..... Principle Advisor's Signature: *[Handwritten Signature]*

Academic year:2008..... Co-advisor's Signature: *[Handwritten Signature]*

Co-advisor's Signature: *[Handwritten Signature]*

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือ คำแนะนำที่มีคุณค่าและความเอาใจใส่รวมทั้งการให้กำลังใจอย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์นายแพทย์ทศพร วิมลเก็จ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์มานัส มงคลสุข และรองศาสตราจารย์สมรัตน์ เลิศมหาฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รองศาสตราจารย์ พันเอกหญิง แพทย์หญิง เขาวนา ธาระพัฒน์ และพันเอกหญิง แพทย์หญิง บุญบง หนูหล้า กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และศาสตราจารย์นายแพทย์ภิรมย์ กมลรัตนกุล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณศาสตราจารย์นายแพทย์พรชัย สติศรีธัญญกุล ประธานหลักสูตรวิทยาศาสตร์คหุภัณฑ์บัณฑิต และรองศาสตราจารย์นายแพทย์นรินทร์ หิรัญสุทธิกุล หัวหน้าภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม ที่ให้กำลังใจและคำแนะนำต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านของภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้อบรมและมอบความรู้ที่มีประโยชน์อย่างยิ่งแก่ผู้วิจัย

ขอกราบขอบพระคุณผู้บริหารโรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า ที่ให้การสนับสนุนในการเข้ารับการศึกษาและให้การสนับสนุนการเก็บข้อมูลในการทำวิจัย พร้อมทั้งให้ทุนมูลนิธิโรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้าเพื่อทำการศึกษาและในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ พันเอก นายแพทย์สุรพงษ์ ปราการรัตน์ รองผู้อำนวยการโรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า พันเอก นายแพทย์ธรรมพงษ์ รังสิภัทร์ ผู้อำนวยการกองรังสีกรรม โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า และผู้ช่วยศาสตราจารย์ พลตรีหญิง แพทย์หญิงกิติมา ธรรมรักษ์ ที่ให้โอกาสทางการศึกษา และให้การสนับสนุนต่างๆ รวมทั้งให้กำลังใจในการศึกษาตลอดมา

ขอขอบคุณ ร้อยตรีหญิงกมลวรรณ ธงศิริ ผู้ช่วยวิจัย เจ้าหน้าที่เอกซเรย์ แผนกเอกซเรย์วินิจฉัย กองรังสีกรรมทุกท่าน เจ้าหน้าที่กำลังพล ส่งกำลังบำรุง และส่วนเงินเดือนค่าจ้าง ระดับกองรังสีกรรม และระดับโรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้าทุกท่าน ที่ได้ให้การสนับสนุนในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

ท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสมาชิกในครอบครัวทุกท่าน โดยเฉพาะสามีและลูกๆ ที่เป็นผู้ให้กำลังใจ ให้สามารถต่อสู้กับปัญหาและอุปสรรคต่างๆ มาโดยตลอด ขอขอบคุณเพื่อนๆ และทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือ ตลอดจนให้กำลังใจอย่างต่อเนื่อง ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | จ |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ฉ |
| สารบัญ..... | ช |
| สารบัญตาราง..... | ฎ |
| สารบัญภาพ..... | ฅ |
| คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ..... | ค |
| | |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| คำถามของการวิจัย..... | 3 |
| วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... | 3 |
| สมมติฐานของการวิจัย..... | 4 |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 4 |
| วิธีการหรือสิ่งแทรกแซง..... | 5 |
| ข้อตกลงเบื้องต้น..... | 5 |
| ข้อจำกัดของการวิจัย..... | 6 |
| คำนิยามที่ใช้ในการวิจัย..... | 6 |
| กรอบแนวคิดในการวิจัย..... | 7 |
| | |
| บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง..... | 8 |
| เครื่องเอกซเรย์ทั่วไปและส่วนประกอบพื้นฐาน..... | 8 |
| องค์ประกอบและการเกิดภาพเอกซเรย์..... | 12 |
| การควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป..... | 21 |
| การประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์..... | 22 |
| รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 49 |

| | หน้า |
|---|------|
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... | 52 |
| รูปแบบการวิจัย..... | 52 |
| ส่วนที่ 1 การเปรียบเทียบผลของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป | |
| ระหว่าง 2 ทางเลือก..... | 52 |
| การคำนวณตัวอย่าง..... | 53 |
| การศึกษานำร่อง..... | 57 |
| เครื่องมือที่ใช้และวิธีการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป..... | 58 |
| การบันทึกเวลา..... | 73 |
| การวิเคราะห์ข้อมูล..... | 73 |
| ส่วนที่ 2 การเปรียบเทียบต้นทุนของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป | |
| ระหว่าง 2 ทางเลือก..... | 76 |
| เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... | 76 |
| วิธีการในการประเมินประสิทธิภาพ..... | 76 |
| ขั้นตอนในการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยของการควบคุมคุณภาพ | |
| เครื่องเอกซเรย์ทั่วไปของทั้ง 2 วิธี..... | 76 |
| บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... | 85 |
| ส่วนที่ 1 การเปรียบเทียบผลของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป | |
| ระหว่าง 2 ทางเลือก..... | 86 |
| ผลจากการศึกษานำร่อง..... | 86 |
| ผลการประเมินความเทียบเคียงกันระหว่าง 2 วิธี..... | 93 |
| เวลาที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปของทั้ง 2 วิธี.... | 131 |
| ความสอดคล้องในการวัดผลการควบคุมคุณภาพ..... | 133 |
| ส่วนที่ 2 การเปรียบเทียบต้นทุนของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป | |
| ระหว่าง 2 ทางเลือก..... | 134 |
| ต้นทุนทางตรงทั้งหมดของแต่ละหน่วยต้นทุน..... | 134 |
| ต้นทุนทางอ้อมที่กระจายมาจากหน่วยต้นทุนสนับสนุน..... | 144 |
| ต้นทุนต่อการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป 1 ครั้งในแต่ละ | |
| ส่วนของระบบ CR และระบบฟิล์ม..... | 155 |

| | | |
|------------|---|-----|
| | การเปรียบเทียบต้นทุนต่อการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป 1 ครั้งของแต่ละส่วนระหว่างระบบ CR และระบบฟิล์ม..... | 155 |
| | การวิเคราะห์ความไว..... | 161 |
| บทที่ 5 | สรุปผลการวิจัย..... | 163 |
| | อภิปรายผลของการวิจัย..... | 172 |
| | ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย..... | 180 |
| | ข้อเสนอแนะต่อการนำไปใช้..... | 181 |
| | ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป..... | 190 |
| | รายการอ้างอิง..... | 192 |
| ภาคผนวก | | |
| ภาคผนวก ก. | แบบบันทึกผลการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป..... | 200 |
| ภาคผนวก ข. | แบบบันทึกการวัดระยะเวลา..... | 203 |
| ภาคผนวก ค. | แบบบันทึกข้อมูลต้นทุน..... | 206 |
| ภาคผนวก ง. | ปริมาณการใช้ฟิล์ม ของแผนกเอกซเรย์วินิจฉัย กองรังสีกรรม | 219 |
| ภาคผนวก จ. | อัตราค่าเช่าตึกแถวหรืออาคารพาณิชย์ และตารางสรุปการประเมินทุนทรัพย์..... | 221 |
| ภาคผนวก ฉ. | รายละเอียดของผลการควบคุมคุณภาพการจัดของคอลลิเมเตอร์ | 224 |
| ภาคผนวก ช. | รายละเอียดของผลการควบคุมคุณภาพการจัดตัวของกริด..... | 239 |
| ภาคผนวก ซ. | รายละเอียดของการวัดผลความคงตัวของกระแสหลอด..... | 254 |
| ภาคผนวก ฌ. | รายละเอียดของการวัดขนาดโฟลคอลสปอตขนาดใหญ่..... | 362 |
| ภาคผนวก ฉ. | รายละเอียดของการวัดขนาดโฟลคอลสปอตขนาดเล็ก..... | 379 |
| ภาคผนวก ฎ. | รายละเอียดของการคำนวณหาต้นทุนค่าเสื่อมราคาทางตรงทั้งหมดของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป โดยระบบ CR..... | 396 |
| ภาคผนวก ฏ. | รายละเอียดของการคำนวณหาต้นทุนค่าวัสดุทางตรงทั้งหมดของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปโดยระบบ CR | 398 |
| ภาคผนวก ฐ. | รายละเอียดของการคำนวณหาต้นทุนค่าวัสดุทางตรงทั้งหมดของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป โดยระบบฟิล์ม..... | 401 |

| | | |
|------------|---|-----|
| ภาคผนวก ก. | รายละเอียดของการคำนวณหาต้นทุนค่าเสื่อมราคาทางตรง ทั้งหมดของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป โดยระบบฟิล์ม..... | 406 |
| ภาคผนวก ข. | รายละเอียดของการคำนวณหาสัดส่วนตามเกณฑ์การ กระจายต้นทุน..... | 410 |
| ภาคผนวก ค. | รายละเอียดของผลการวิเคราะห์วิเคราะห์ความไว..... | 431 |
| | ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... | 435 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|---|------|
| 2.1 | การเปรียบเทียบระหว่างโฟกัสขนาดเล็กและโฟกัสขนาดใหญ่..... | 10 |
| 2.2 | ลักษณะการประเมินผลชนิดต่าง ๆ ของการบริการสาธารณสุข..... | 26 |
| 3.1 | การแปลผลของ Intra-Class Correlation (ICC)..... | 75 |
| 3.2 | เกณฑ์การกระจายต้นทุน (Allocation Criteria) จากหน่วยต้นทุนสนับสนุน มายังหน่วยที่จะคิดต้นทุน..... | 81 |
| 4.1 | ค่า Optical Density (OD) และ Pixel Value ที่ได้จากการทำ Optical Density Calibration จากการศึกษาในห้อง..... | 86 |
| 4.2 | ค่าสถิติและค่าประมาณสัมประสิทธิ์ของสมการถดถอยกำลังสาม..... | 88 |
| 4.3 | ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆที่ได้จากผลการวิเคราะห์ ระหว่าง Optical density กับ Pixel value..... | 88 |
| 4.4 | ผลการทดสอบการแจกแจงของค่าคลาดเคลื่อน..... | 89 |
| 4.5 | ผลการหาค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อน..... | 90 |
| 4.6 | ค่าเอกซโพเชอร์ที่เหมาะสมในการในการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ ใ้: วิธี CR และวิธีฟิล์ม ที่ได้จากการศึกษาในห้อง..... | 92 |
| 4.7 | ผลต่างของผลที่วัดได้จากการควบคุมคุณภาพการจัดคอลลิเมเตอร์และ ลำรังสี ระหว่างวิธี CR และวิธีฟิล์ม (CR – Film) (ชม.) โดยผู้วัดคนที่ 1..... | 94 |
| 4.8 | แสดงผลต่างของผลที่วัดได้จากการควบคุมคุณภาพการจัดคอลลิเมเตอร์และ ลำรังสี ระหว่างวิธี CR และ วิธีฟิล์ม (CR – Film) (ชม.) โดยผู้วัดคนที่ 2..... | 96 |
| 4.9 | ผลการประเมินความเทียบเคียงของการวัดระยะเหลือมของทั้ง 2 วิธี..... | 98 |
| 4.10 | ผลการประเมินความเทียบเคียงของระยะระหว่างจุดขาว 2 จุด และ Centering Error ของทั้ง 2 วิธี..... | 98 |
| 4.11 | ผลทดสอบความมาตรฐานของกริดของวิธี CR ที่ได้มีการแปลงหน่วยเป็น Optical Density (OD) กับวิธีฟิล์มสำหรับผู้วัดคนที่ 1 และคนที่ 2..... | 100 |
| 4.12 | ผลการประเมินความเทียบเคียงของผลการควบคุมคุณภาพการจัดตัวของกริด ระหว่าง 2 วิธี สำหรับผู้วัดทั้ง 2 คน..... | 113 |
| 4.13 | ผลการประเมินความเทียบเคียงของผลการควบคุมคุณภาพความคงตัวของ กระแสดูด ระหว่าง 2 วิธี สำหรับผู้วัดทั้ง 2 คน..... | 114 |

| | | |
|------|--|-----|
| 4.14 | ผลการคำนวณขนาดโฟลตสปอตขนาดใหญ่ในแนวนานกับแอนด์-คาโรคของหลอดเอกซเรย์ และในแนวตั้งฉากกับแอนด์-คาโรค ระหว่างวิธี CR และวิธีฟิล์มโดยผู้วัดคนที่ 1..... | 116 |
| 4.15 | ผลการคำนวณหาขนาดของโฟลตสปอตขนาดใหญ่ในแนวนานกับแอนด์-คาโรคของหลอดเอกซเรย์ (DW) และในแนวตั้งฉากกับ แอนด์-คาโรค (DL) ระหว่างวิธี CR และวิธีฟิล์มของผู้วัดทั้ง 2 คน..... | 122 |
| 4.16 | ผลการคำนวณขนาดโฟลตสปอตขนาดเล็กในแนวนานกับแอนด์-คาโรคของหลอดเอกซเรย์ และในแนวตั้งฉากกับแอนด์-คาโรค ระหว่างวิธี CR และวิธีฟิล์มโดยผู้วัดคนที่ 1..... | 124 |
| 4.17 | ผลการคำนวณหาขนาดของโฟลตสปอตขนาดเล็กในแนวนานกับแอนด์-คาโรคของหลอดเอกซเรย์ (DW) และในแนวตั้งฉากกับ แอนด์-คาโรค (DL) ระหว่างวิธี CR และวิธีฟิล์มของผู้วัดทั้ง 2 คน..... | 130 |
| 4.18 | เวลา (การปฏิบัติการทดสอบคุณภาพและการวิเคราะห์)ที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไประหว่างวิธี CR และวิธีฟิล์ม..... | 132 |
| 4.19 | ความสอดคล้องในการวัดผลการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไประหว่างผู้วัด 2 คน..... | 133 |
| 4.20 | ต้นทุนค่าแรงทางตรงทั้งหมดของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป โดยวิธี CR..... | 135 |
| 4.21 | ต้นทุนค่าวัสดุทางตรงทั้งหมดของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปโดยวิธี CR..... | 136 |
| 4.22 | ต้นทุนค่าเสื่อมราคาทางตรงทั้งหมดของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป โดยวิธี CR..... | 137 |
| 4.23 | ต้นทุนค่าแรงทางตรงทั้งหมดของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป โดยวิธีฟิล์ม..... | 138 |
| 4.24 | ต้นทุนค่าวัสดุทางตรงทั้งหมดของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป โดยวิธีฟิล์ม..... | 139 |
| 4.25 | ต้นทุนค่าเสื่อมราคาทางตรงทั้งหมดของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป โดยวิธีฟิล์ม..... | 140 |
| 4.26 | ต้นทุนทางตรงทั้งหมดสำหรับการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปของวิธี CR และวิธีฟิล์ม..... | 141 |

| ตารางที่ | หน้า |
|----------|---|
| 4.27 | ต้นทุนทางตรงทั้งหมดเฉลี่ยต่อเดือนของหน่วยสนับสนุนระดับกอง..... 142 |
| 4.28 | ต้นทุนทางตรงทั้งหมดเฉลี่ยต่อเดือนของหน่วยสนับสนุนระดับ โรงพยาบาล 143 |
| 4.29 | การกระจายต้นทุนจากหน่วยสนับสนุน ไปยังการควบคุมคุณภาพเครื่อง เอกซเรย์ทั่วไป: การจัดคอลลิเมเตอร์และลำรังสีในวิธี CR..... 145 |
| 4.30 | การกระจายต้นทุนจากหน่วยสนับสนุน ไปยังการควบคุมคุณภาพเครื่อง เอกซเรย์ทั่วไป: การจัดตัวของกริดในวิธี CR..... 146 |
| 4.31 | การกระจายต้นทุนจากหน่วยสนับสนุน ไปยังการควบคุมคุณภาพเครื่อง เอกซเรย์ทั่วไป: ความคงตัวของกระแสหลอดในวิธี CR..... 147 |
| 4.32 | การกระจายต้นทุนจากหน่วยสนับสนุน ไปยังการควบคุมคุณภาพเครื่อง เอกซเรย์ทั่วไป: การวัดขนาดโฟลตอสปอตขนาดใหญ่ในวิธี CR..... 148 |
| 4.33 | การกระจายต้นทุนจากหน่วยสนับสนุน ไปยังการควบคุมคุณภาพเครื่อง เอกซเรย์ทั่วไป: การวัดขนาดโฟลตอสปอตขนาดเล็กในวิธี CR..... 149 |
| 4.34 | การกระจายต้นทุนจากหน่วยสนับสนุน ไปยังการควบคุมคุณภาพเครื่อง เอกซเรย์ทั่วไป: การจัดคอลลิเมเตอร์และลำรังสีในวิธีฟิล์ม..... 150 |
| 4.35 | การกระจายต้นทุนจากหน่วยสนับสนุน ไปยังการควบคุมคุณภาพเครื่อง เอกซเรย์ทั่วไป: การจัดตัวของกริดในวิธีฟิล์ม..... 151 |
| 4.36 | การกระจายต้นทุนจากหน่วยสนับสนุน ไปยังการควบคุมคุณภาพเครื่อง เอกซเรย์ทั่วไป: ความคงตัวของกระแสหลอดในวิธีฟิล์ม..... 152 |
| 4.37 | การกระจายต้นทุนจากหน่วยสนับสนุน ไปยังการควบคุมคุณภาพเครื่อง เอกซเรย์ทั่วไป: การวัดขนาดโฟลตอสปอตขนาดใหญ่ในวิธีฟิล์ม..... 153 |
| 4.38 | การกระจายต้นทุนจากหน่วยสนับสนุน ไปยังการควบคุมคุณภาพเครื่อง เอกซเรย์ทั่วไป: การวัดขนาดโฟลตอสปอตขนาดเล็กในวิธีฟิล์ม..... 154 |
| 4.39 | ต้นทุนรวมทั้งหมดสำหรับการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปของ วิธีCR และวิธีฟิล์ม..... 156 |

| ตารางที่ | หน้า | |
|----------|---|-----|
| 4.40 | ต้นทุนต่อการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป 1 ครั้ง ในแต่ละส่วน ของวิธีCR และวิธีฟิล์ม..... | 157 |
| 4.41 | ต้นทุนค่าแรง, ค่าวัสดุและค่าเสื่อมราคาต่อการควบคุมคุณภาพเครื่อง เอกซเรย์ทั่วไป 1 ครั้ง ในแต่ละส่วนของวิธี CR และวิธีฟิล์ม..... | 158 |
| 4.42 | อัตราส่วน (Ratio) ของต้นทุนค่าแรง, ค่าวัสดุและค่าเสื่อมราคาต่อการ ควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป 1 ครั้ง ระหว่างวิธีฟิล์มกับวิธี CR | 159 |
| 4.43 | การประหยัดต้นทุน (Cost Saving) ต่อการควบคุมคุณภาพเครื่อง เอกซเรย์ทั่วไป เปรียบเทียบระหว่างวิธีฟิล์มกับวิธีCR..... | 160 |
| 4.44 | ผลการวิเคราะห์ความไว เมื่อทดลองเปลี่ยนแปลงเฉพาะต้นทุนราคาฟิล์ม | 161 |
| 4.45 | ผลการวิเคราะห์ความไว เมื่อทดลองเปลี่ยนแปลงเฉพาะต้นทุนค่าแรงผู้ทำ การควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป..... | 162 |
| 4.46 | ผลการวิเคราะห์ความไว เมื่อทดลองเปลี่ยนแปลงต้นทุนราคาฟิล์มและ ต้นทุนค่าแรงของผู้ทำการควบคุมคุณภาพ ฯ..... | 162 |

สารบัญญภาพ

| ภาพที่ | หน้า |
|--|------|
| 2.1 บริเวณของเป้าโลหะที่ขั้วอาโนด ที่ถูกอิเล็กตรอนซึ่งหลุดจากขั้วคาโทดชน แล้วทำให้เกิดเอกซเรย์..... | 9 |
| 2.2 จุดโฟกัสจริงและจุดโฟกัสปรากฏ..... | 10 |
| 2.3 ลักษณะภายในของคอลลิเมเตอร์และแนวของลำแสงไฟกับลำรังสี..... | 11 |
| 2.4 ความเข้มของแสงที่ตก (Incident light intensity: I_0) กระทบฟิล์มและความเข้มของแสงที่ผ่าน (Transmitted light intensity: I)..... | 15 |
| 2.5 Characteristic Curve (H&D Curve) ของฟิล์มเอกซเรย์..... | 16 |
| 2.6 แผ่นบันทึกภาพเมื่อได้รับรังสี จะกระตุ้นให้อิเล็กตรอนขึ้นไปอยู่ในชั้น Conduction Band และถูกคักจับไว้ในชั้นของ Forbidden Band..... | 17 |
| 2.7 การทำงานของเครื่องอ่านสัญญาณภาพจากแผ่นบันทึกภาพ..... | 18 |
| 2.8 พิกัดของแต่ละพิกเซลในภาพดิจิทัล..... | 20 |
| 2.9 ค่าเฉลี่ยความสว่างของแต่ละพิกเซลในภาพดิจิทัล..... | 20 |
| 2.10 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างปัจจัยนำและผลลัพธ์..... | 24 |
| 2.11 วิธีการในการประเมินประสิทธิภาพ..... | 37 |
| 2.12 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาต้นทุนโรงพยาบาล..... | 38 |
| 3.1 การจัดอุปกรณ์เพื่อตรวจสอบการจัดคอลลิเมเตอร์และลำรังสี..... | 59 |
| 3.2 การวัดระยะเหลือมทั้ง 2 ข้างของด้านยาวและทั้ง 2 ข้างของด้านกว้าง..... | 60 |
| 3.3 การคำนวณหามุมเบี่ยงเบนจากแนวแกนกลางลำรังสี..... | 62 |
| 3.4 การหาระยะเบี่ยงเบนของแนวแกนกลางลำรังสีจากจุดกึ่งกลางฟิล์ม..... | 62 |
| 3.5 ลักษณะการจัดวางเครื่องมือในการควบคุมคุณภาพการจัดตัวของกริด..... | 64 |
| 3.6 A) ภาพความดำของกริดที่มีการจัดตัวมาตรฐาน B) ภาพความดำของกริดที่มีการจัดตัวไม่ได้มาตรฐาน..... | 64 |
| 3.7 A) การจัดลำแสงเอกซเรย์ให้ครอบคลุมใน ส่วนที่ 1 B) การย้ายอคูมิเนียม แบบขึ้นบันไดวางใน ส่วนที่ 2..... | 67 |
| 3.8 A) ขอมรับความคงตัวของกระแสหลอด B) ไม่ยอมรับความคงตัวของกระแสหลอด..... | 68 |
| 3.9 การวัดขนาดโพคอลสปอต โดยใช้แผ่นทดสอบรูปดาว..... | 69 |
| 3.10 การวัดรอยเบื้อนบนฉากดาว DW และ DL..... | 70 |

| ภาพที่ | หน้า |
|---|------|
| 3.11 ตัวอย่างของผลที่เป็นไปได้เมื่อนำค่า 95 % CI ของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของทั้ง 2 วิธี หรือค่า 95 % CI ของความแตกต่างของค่าสัดส่วนของทั้ง 2 วิธี มาเปรียบเทียบกับค่า Equivalence limit ($-\Delta, \Delta$)..... | 74 |
| 3.12 การจำแนกหน่วยงานต้นทุนตามพฤติกรรมการส่งหรือรับต้นทุน..... | 77 |
| 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง Optical Density และ Pixel Value ซึ่งมีลักษณะการถดถอยที่ไม่เป็นเชิงเส้น โดยมีตัวแบบเป็นแบบการถดถอยกำลังสาม (Cubic Model)..... | 87 |
| 4.2 แผนภาพกระจายของค่าคลาดเคลื่อนกับ Number..... | 90 |
| 4.3 กราฟระหว่างค่าคลาดเคลื่อนกับ Predicted Value..... | 91 |
| 5.1 การวัดระยะเหลี่ยมและระยะของจุดขาว 2 จุด..... | 180 |
| 5.2 การวัดระยะเบี่ยงเบนของแนวแกนกลางลำรังสีจากจุดกึ่งกลางฟิล์ม..... | 181 |
| 5.3 การแปลงสัญญาณไฟฟ้าระบบอนาลอกเป็นระบบดิจิทัล..... | 182 |
| 5.4 การวัดค่า Pixel Value ที่กึ่งกลางของแต่ละรู ที่ให้ผลการจัดตัวของกริดอยู่ในมาตรฐาน เนื่องจากรูที่มีค่า Pixel Value ต่ำสุดอยู่ที่รูกลางและ ค่า Pixel Value ของรูถัดไปซ้ายและขวาเพิ่มขึ้นจากรูกลาง..... | 182 |
| 5.5 การวัดค่า Pixel Value ที่กึ่งกลางของแต่ละรู ที่ให้ผลการจัดตัวของกริดไม่อยู่ในมาตรฐาน เนื่องจากรูที่มีค่า Pixel Value ต่ำสุดไม่ได้อยู่ที่รูกลาง..... | 184 |
| 5.6 ผลการวิเคราะห์ความคงตัวของกระแสหลอดที่ได้มาตรฐาน เนื่องจากความแตกต่างของความดำในชั้นเดียวกัน ไม่เกิน 1 ชั้น..... | 185 |
| 5.7 ผลการวิเคราะห์ความคงตัวของกระแสหลอดที่ไม่ได้มาตรฐาน เนื่องจากความแตกต่างของความดำในชั้นเดียวกัน เกิน 1 ชั้น..... | 185 |
| 5.8 การวัดระยะรอยเบื่อนที่เกิดในแนวแเอ โนค-แค โทค (A-C axis) ของหลอดเอกซเรย์ (DW) = 36.4 mm, ระยะรอยเบื่อนในแนวตั้งฉากกับแนวแเอ โนค-แค โทค (DL) = 59.8 mm รวมทั้งเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นทดสอบรูปดาวที่ปรากฏบนภาพเอกซเรย์ดิจิทัล = 93.0 mm..... | 186 |

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

| | | |
|-----------|---|-----------------------------------|
| CC | = | Capital Cost |
| cm | = | Centimeter |
| CR | = | Computed Radiography |
| CR Reader | = | Computed Radiography Reader |
| IDC | = | Indirect Cost |
| kV | = | Kilovoltage |
| LC | = | Labor Cost |
| mA | = | Milliampere |
| mAs | = | Milliampere-second |
| MC | = | Material Cost |
| mm | = | Millimeter |
| ms | = | Millisecond |
| OD | = | Optical Density |
| QC | = | Quality Control |
| SID | = | Source to Image Receptor Distance |