บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย (Research Design)

เป็นการศึกษาการประเมินทางเศรษฐศาสตร์(Economic Evaluation Study)

โดยในการศึกษานี้ประกอบด้วยการศึกษา 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 การเปรียบเทียบผลของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไประหว่าง 2 ทางเลือก คือจากการใช้วิธี CR กับวิธีฟิล์ม

ส่วนที่ 2 การเปรียบเทียบต้นทุนในการการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป ระหว่าง 2 ทางเลือก คือจากการใช้วิธี CR กับวิธีฟิล์ม

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

18 เดือน คือ 1 กุมภาพันธ์ 2550 ถึง 31 กรกฎาคม 2551

สถานที่ในการดำเนินการวิจัย

สถานที่ในการดำเนินการวิจัยเก็บข้อมูลทั้ง 2 ส่วน คือ โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า กรมแพทย์ทหารบก

ส่วนที่ 1 การเปรียบเทียบผลของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไประหว่าง 2 เลือก

- **ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล**

1 สิงหาคม 2550 ถึง 31 มกราคม 2551

- **เครื่องเอกซเรย์ทั่วไปที่ใช้ในการศึกษาความเทียบเคียงระหว่างวิธี CR กับวิธีฟิล์ม**

การเลือกเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป เพื่อใช้ในการศึกษาความเทียบเคียงของผลของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปจากการใช้วิธี CR กับวิธีฟิล์ม (The Kodak Computed Radiography Systems 850) กระทำโดยการสุ่มเลือกเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปจำนวน 1 เครื่อง จากเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปทั้งหมดจำนวน 4 เครื่อง ของแผนกเอกซเรย์วินิจฉัย กองรังสีกรรม โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า ด้วยวิธีสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย โดยการจับฉลาก

- **การคำนวณขนาดตัวอย่าง**

การคำนวณขนาดตัวอย่าง ประกอบด้วย การคำนวณขนาดตัวอย่างเมื่อผลของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ และการคำนวณขนาดตัวอย่างเมื่อผลของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปเป็นของข้อมูลเชิงคุณภาพ มีดังนี้

1. การคำนวณขนาดตัวอย่างของข้อมูลเชิงปริมาณ

การคำนวณขนาดตัวอย่างของข้อมูลเชิงปริมาณสำหรับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกัน ในการประเมินผลของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปทั้ง 2 วิธี ใช้หลักของ Equivalence Test มีสูตรดังนี้ (Jones et al, 1996: 36-39; Chow and Wang, 1-23)

$$n = \frac{(Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 S_d^2}{\Delta^2}$$

เมื่อ n = จำนวนคู่ของการทดสอบเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปของทั้ง 2 วิธี

Δ = Range of Equivalence

S_d = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่างของทั้ง 2 วิธี

กำหนดให้ $\alpha = 0.05$ และ $\beta = 0.10$ (Power 90%) โดย $Z_{\alpha=0.05} = 1.96$ (two-tailed), $Z_{\beta=0.10} = 1.28$

เนื่องจากการศึกษานี้ประกอบด้วย Outcomes คือ ผลที่ได้จากการทดสอบคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป จากการใช้เครื่อง CR และการใช้ฟิล์ม มีจำนวนทั้งสิ้น 5 Primary Outcomes ซึ่ง Outcome แต่ละตัวเป็นอิสระต่อกัน ประกอบด้วย Outcomes ที่เป็นข้อมูลเชิงปริมาณ 4 Primary Outcomes ดังนี้

1. การทดสอบการจัดคอลลิเมเตอร์และลำแสงเอกซเรย์ มี 3 Outcomes ย่อย ดังนี้

ก. ระยะเหลื่อมระหว่างพื้นที่แสงไฟกับพื้นที่เอกซเรย์ของด้านยาวจากทั้ง 2 วิธี และระยะเหลื่อมระหว่างพื้นที่แสงไฟกับพื้นที่เอกซเรย์ของด้านกว้างจากทั้ง 2 วิธี ซึ่งเป็นผลจากการทดสอบคุณภาพของคอลลิเมเตอร์ มีหน่วยเป็น cm เนื่องจากการวัดผลการทดสอบฯ เมื่อใช้ไม้บรรทัดจะมีหน่วยย่อยอยู่ในระดับ 0.1 cm และวิธีการจัดอุปกรณ์ในการทดสอบฯ ในแต่ละครั้งโดยในทางทฤษฎีจะต้องวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เหมือนกันทุกประการทั้ง 2 วิธี แต่ในทางปฏิบัติอาจมีความคลาดเคลื่อนได้บ้าง จึงกำหนดให้ Equivalence Limit = ± 0.2 cm (Δ= 0.2)

ข. ระยะเบี่ยงเบนของแนวแกนลำรังสีเอกซ์จากจุดกึ่งกลางของส่วนรับภาพ จากทั้ง 2 วิธี มีหน่วยเป็น cm กำหนดให้ Equivalence Limit = $\pm$ 0.2 cm (Δ = 0.2)

ค. ระยะจากจุด 2 จุดที่ปรากฏบนภาพเอกซเรย์จากทั้ง 2 วิธี เพื่อนำไปคำนวณหามุมเบี่ยงเบนไปจากแนวแกนลำรังสีเอกซ์มีหน่วยเป็น cm กำหนดให้ Equivalence Limit = $\pm$ 0.2 cm (Δ = 0.2)

2. การทดสอบความคงตัวของกระแสหลอด ประกอบด้วย 2 Outcomes ย่อย ดังนี้

ก. Outcome ที่เป็นข้อมูลเชิงปริมาณ: ความแตกต่างของความดำในขั้นเดียวกัน (ODi – ODj) ระหว่าง 2 วิธี มีหน่วยเป็น Optical Density (OD) กำหนดให้ Equivalence Limit = $\pm$ 0.1 OD. (Δ= 0.1)

ข. Outcome ที่เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ: ความแตกต่างระหว่างความดำในขั้นเดียวกัน (ODi –ODj) กับความดำในขั้นถัดไป (ODi – ODj+1) กำหนดให้ความแตกต่างระหว่างความดำในขั้นเดียวกัน (ODi – ODj) ไม่เกินความแตกต่างในขั้นถัดไป (ODi–ODj+1) มีค่าเท่ากับ 1 และกำหนดให้เท่ากับ 0 เมื่อความแตกต่างระหว่างความดำในขั้นเดียวกัน (ODi – ODj) เกินความแตกต่างในขั้นถัดไป (ODi–ODj+1) กำหนดให้ Equivalence Limit = $\pm$ 10%

3. การวัดขนาดโฟคอลสปอตขนาดใหญ่ มี 2 Outcomes ย่อย คือ การวัดขนาดโฟคอลสปอตทั้งในแนวขนานกับแกนแอโนด-แคโธด และแนวตั้งฉากกับแกนแอโนด-แคโธด มีหน่วยเป็น mm จากทั้ง 2 วิธี กำหนดให้ Equivalence Limit = $\pm$ 0.2 mm (Δ= 0.2)

4. การวัดขนาดโฟคอลสปอตขนาดเล็ก มี 2 Outcomes ย่อย คือ การวัดขนาดโฟคอลสปอตทั้งในแนวขนานกับแกนแอโนด-แคโธด และแนวตั้งฉากกับแกนแอโนด-แคโธด มีหน่วยเป็น mm จากทั้ง 2 วิธี กำหนดให้ Equivalence Limit = $\pm$ 0.2 mm (Δ= 0.2)

ดังนั้นสามารถคำนวณตัวอย่างสำหรับข้อมูลเชิงปริมาณ ดังนี้ จะเห็นได้ว่าทั้ง 4 Outcomes มี Δ ที่น้อยที่สุด= 0.1 และจากการทำ Pilot Study จำนวน 6 คู่ ของการทดสอบเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปทั้ง 3 ส่วน ได้ค่า S_d ของแต่ละ Outcome ใกล้เคียงกัน จึงเลือกใช้ค่า S_d ที่มากที่สุด = 0.221 ในการคำนวณขนาดตัวอย่างได้ดังนี้

$$n = [(1.96 + 1.28)^2 \times (0.221)^2] / 0.1^2 = 51.27 = 52 \text{ คู่}$$

2. การคำนวณขนาดตัวอย่างของข้อมูลเชิงคุณภาพสำหรับ Binary Data

การคำนวณขนาดตัวอย่างของข้อมูลเชิงคุณภาพสำหรับ Binary Data ที่เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกัน ในการประเมินผลของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปทั้ง 2 วิธี ใช้หลักของ Equivalence Test มีสูตรดังนี้ (Jones et al, 1996: 36-39; Hansheng, 1-23)

$$n = \frac{p(100-p)(Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2}{\Delta^2}$$

เมื่อ n = จำนวนคู่ของการทดสอบเครื่องเอกซเรย์ของทั้ง 2 วิธี

p = เปอร์เซ็นต์รวมทั้งหมดของความสำเร็จที่คาดหวังว่าผลการทดสอบของทั้ง 2 วิธี จะมีความ Equivalence กัน (The overall Percentage of Successes to be Expected if The Treatments are Equivalent)

Δ = The Range of Equivalence for The Difference in Percentage of Success Rates.

กำหนดให้ $\alpha = 0.05$ และ $\beta = 0.10$ โดย $Z_{\alpha=0.05}=1.96$ (two-tailed) , $Z_{\beta=0.10}=1.28$

โดย Outcome ที่เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ประกอบด้วย 1 Primary Outcome จากการทดสอบการจัดตัวของกริด คือ ผลการทดสอบความมาตรฐานของการจัดตัวของกริด โดยเงื่อนไขของการยอมรับของการได้มาตรฐานของกริด คือ ความดำรูกลางมีค่าสูงที่สุด และความดำของรูถัดไปทั้งซ้ายและขวาลดลงจากรูกลางตามลำดับ กำหนดให้ผลการทดสอบได้มาตรฐาน = 1 และเท่ากับ = 0 เมื่อผลการทดสอบไม่ได้มาตรฐาน กำหนดให้ Equivalence Limit = ± 10 % (Δ= 10)

ดังนั้นสามารถคำนวณตัวอย่างสำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้ดังตารางต่อไปนี้

p(%)	1-p (%)	Δ (%)	$Z_{\alpha=0.05}$ (two talied)	$Z_{\beta=0.10}$	n
95	5	5	1.96	1.28	200
95	5	10	1.96	1.28	50
90	10	5	1.96	1.28	378
90	10	10	1.96	1.28	95

เนื่องจากมีข้อจำกัดเกี่ยวกับระยะเวลาในการทดสอบความมาตรฐานของเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป ในการเปรียบเทียบความเทียบเคียงกันของทั้ง 2 วิธี ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ค่า p = 95% และ Δ = 10 % ซึ่งจะได้จำนวนคู่ของการควบคุมคุณภาพเท่ากับ 50 คู่ ดังนั้นเพื่อให้สอดคล้องกับขนาดตัวอย่างของข้อมูลเชิงปริมาณ ผู้วิจัยจึงใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 52 คู่ ทั้งในข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณ

โดย n = 1 คู่ หมายถึง การควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั้ง 4 ส่วนโดยใช้เครื่อง CR และเมื่อใช้ฟิล์ม ดังนี้

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จะทำการทดสอบคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป โดยใช้เครื่อง CR จำนวน 52 ครั้ง โดยแต่ละครั้งจะทำการทดสอบคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปทั้ง 4 ส่วน และทำการทดสอบคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปโดยใช้ฟิล์มจำนวน 52 ครั้ง โดยแต่ละครั้งจะทำการทดสอบคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปทั้ง 4 ส่วน เช่นเดียวกัน และในการควบคุมคุณภาพแต่ละครั้งจะทำการทดสอบเป็นคู่ๆ ระหว่างวิธี CR และวิธีฟิล์ม

- **การศึกษานำร่อง (Pilot Study)**

ปัจจุบันวิธีที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปทั้ง 4 ส่วน (จิตต์ชัย สุริยะไชยากร และคณะ, 2539; NCRP Report No. 99, 1995;) ได้แก่ การควบคุมคุณภาพของคอลลิเมเตอร์และลำรังสี, การควบคุมคุณภาพของกริด, การควบคุมคุณภาพความคงตัวของกระแสหลอดและการวัดขนาดของโฟคอลสปอต จะเป็นการควบคุมคุณภาพฯที่ใช้ฟิล์มเป็นอุปกรณ์ในการควบคุมคุณภาพฯ โดยขั้นตอนและค่าพารามิเตอร์หรือเอกซโพเชอร์ต่างๆ ที่จะต้องใช้ในการควบคุมคุณภาพ เช่น การตั้งค่ากระแสไฟฟ้า-เวลา (Milliampere-sec; mAs และกิโลโวลท์เตจ(Kilovoltage; kV) จะถูกกำหนดไว้ในคู่มือการทดสอบคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป (RMI Quality Assurance in Radiology Handbook, 1987; จิตต์ชัย สุริยะไชยากร และคณะ, 2539; NCRP Report No. 99, 1995; Radiation Measurements Inc.) โดยแนะนำให้มีการใช้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการควบคุมคุณภาพฯ ให้ได้ภาพเอกซเรย์ที่ได้จากการควบคุมคุณภาพฯ ที่มีค่าความดำ (Optical Density) ตามที่คู่มือเหล่านั้นแนะนำไว้สำหรับการควบคุมคุณภาพของแต่ละส่วน ซึ่งกำหนดไว้เฉพาะในการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปที่ใช้ฟิล์มเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากหน่วยของการวัดเฉดความสว่างของภาพดิจิตอลในระบบ CR คือ Pixel Value จะแตกต่างจากภาพเอกซเรย์ที่ได้จากการสร้างภาพเอกซเรย์ในระบบฟิล์ม ที่มีหน่วยของการวัดความดำบนฟิล์มเอกซเรย์อนาลอกคือ Optical Density ปัจจุบันยังไม่มีมาตรฐานสากลในการแปลงหน่วยระหว่าง Pixel Value กับ Optical Density

ดังนั้นในการการทดสอบคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป จึงจะต้องทำการศึกษานำร่องเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เหมาะสมในการทดสอบคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปทั้งในวิธีฟิล์มและวิธี CR โดยรายละเอียดจะกล่าวในหัวข้อวิธีการทดสอบคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปในลำดับต่อไป

- **เครื่องมือที่ใช้และวิธีการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปของทั้ง 4 ส่วน**

1. <u>การควบคุมคุณภาพการจัดคอลลิเมเตอร์และลำรังสี</u> (Collimator and Beam Alignment) มีรายละเอียดดังนี้

ก. การควบคุมคุณภาพของคอลลิเมเตอร์และลำรังสีในวิธีฟิล์ม

เครื่องมือที่ใช้:

(1) Beam Alignment Test Tool

(2) Collimator Test Tool ทำด้วยแผ่นทองเหลืองหรือแผ่นพลาสติกเรียบบนผิวด้านหนึ่งมีเส้นทำด้วยตะกั่วหรือทองแดง เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 14 x 18 cm^2 มีเส้นกากบาทพร้อมมาตราส่วนด้านกว้างและยาวและเส้นวงกลม 2 วง ที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุดตัดกากบาทรัศมี 0.5 และ 1 cm

(3) สกรีน-ฟิล์มชนิดไวแสงสีเขียว (Speed 400) ขนาด 24x30 cm^2 ยี่ห้อ Kodak บรรจุในคาสเซทขนาด 24x30 cm^2 ยี่ห้อ Kodak Model Lanex X-OMAT

(4) ตู้ส่องไฟ (View Box)

(5) เครื่องเปลี่ยนฟิล์มอัตโนมัติ (Kodak Multiloader 700 plus) และเครื่องล้างฟิล์ม (Kodak Model M6B)

(6) เครื่องวัดระดับน้ำ

วิธีการ:

(1) วัดระดับพื้นเตียงให้อยู่ในระดับเดียวกัน โดยใช้เครื่องมือวัดระดับน้ำ

(2) จัดหลอดเอกซเรย์ให้แนวกึ่งกลางลำแสงลงตั้งฉากกับแนวกึ่งกลางเตียง ใช้ระยะ SID (Source to Image Receptor Distance: SID) เท่ากับ 100 cm

(3) วางกึ่งกลาง Beam Alignment Test Tool ที่กึ่งกลางของ Collimator Test Tool และอยู่บนแนวกึ่งกลางเตียง โดยให้เครื่องมือทั้งสองอยู่ในแนวกึ่งกลางพื้นที่ลำแสงไฟจากคอลลิเมเตอร์ ดังภาพที่ 3.1

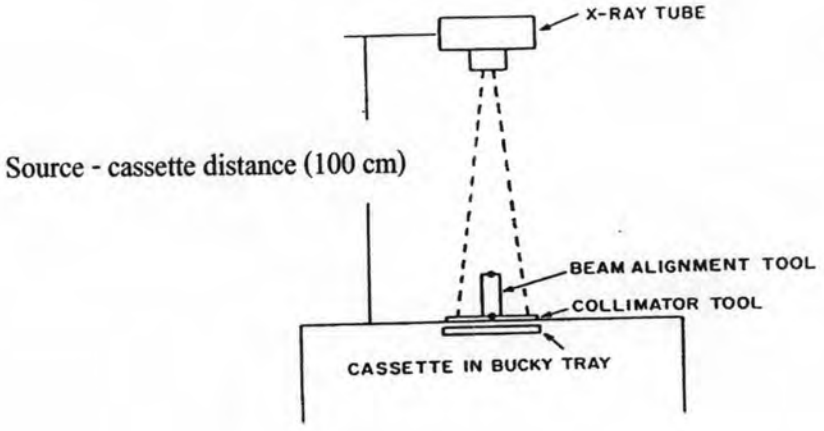
(4) วาง Collimator Test Tool ปรับแสงไฟจากคอลลิเมเตอร์ ให้ขอบแสงไฟเปิดกว้างคลุมคาสเซท

(5) ใส่คาสเซทที่บรรจุฟิล์ม ขนาด 24x30 cm^2 ในถาดแล้วถ่ายภาพเอกซเรย์โดยใช้ค่าเอกซโพเซอร์ 40 kV 3 mAs เพื่อทำ Background

(6) ถ่ายภาพเอกซเรย์ซ้ำอีกครั้งโดยปรับแสงไฟจากคอลลิเมเตอร์ ให้ขอบ

แสงไฟตรงกับเส้นพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้าบนขนาด Collimator test tool ขนาด 14 x 18 cm^2 โดยใช้ค่าเอกซโพเชอร์ 50 kV 4 mAs

(7) นำฟิล์มไปล้างด้วยเครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ และนำไปวิเคราะห์ผลการควบคุมคุณภาพฯ



ภาพที่ 3.1 การจัดอุปกรณ์เพื่อตรวจสอบการจัดคอลลิเมเตอร์และลำรังสี

ข. การควบคุมคุณภาพของคอลลิเมเตอร์และลำรังสีในวิธี CR

เครื่องมือที่ใช้:

(1) Beam Alignment Test Tool

(2) แผ่น Collimator Test Tool

(3) เครื่องคอมพิวเตอร์กับโปรแกรม Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM) Image Viewer

(4) แผ่นบันทึกภาพยี่ห้อ Kodak (Imaging Plate) ขนาด 24x30 cm^2 และเครื่องอ่านสัญญาณภาพเอกซเรย์เป็นดิจิตอล (CR Reader) Model CR Kodak 850

วิธีการ:

วิธีการในการทดสอบคุณภาพของคอลลิเมเตอร์และลำรังสีในระบบ CR จะมีขั้นตอนต่างๆ และการใช้ค่าเอกซโพเชอร์เหมือนกันกับในระบบฟิล์มทุกประการ ยกเว้นการใช้แผ่นบันทึกภาพแทนฟิล์มและใช้เครื่องอ่านสัญญาณภาพเอกซเรย์เป็นดิจิตอลอ่านข้อมูลที่บันทึกได้แทนเครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ

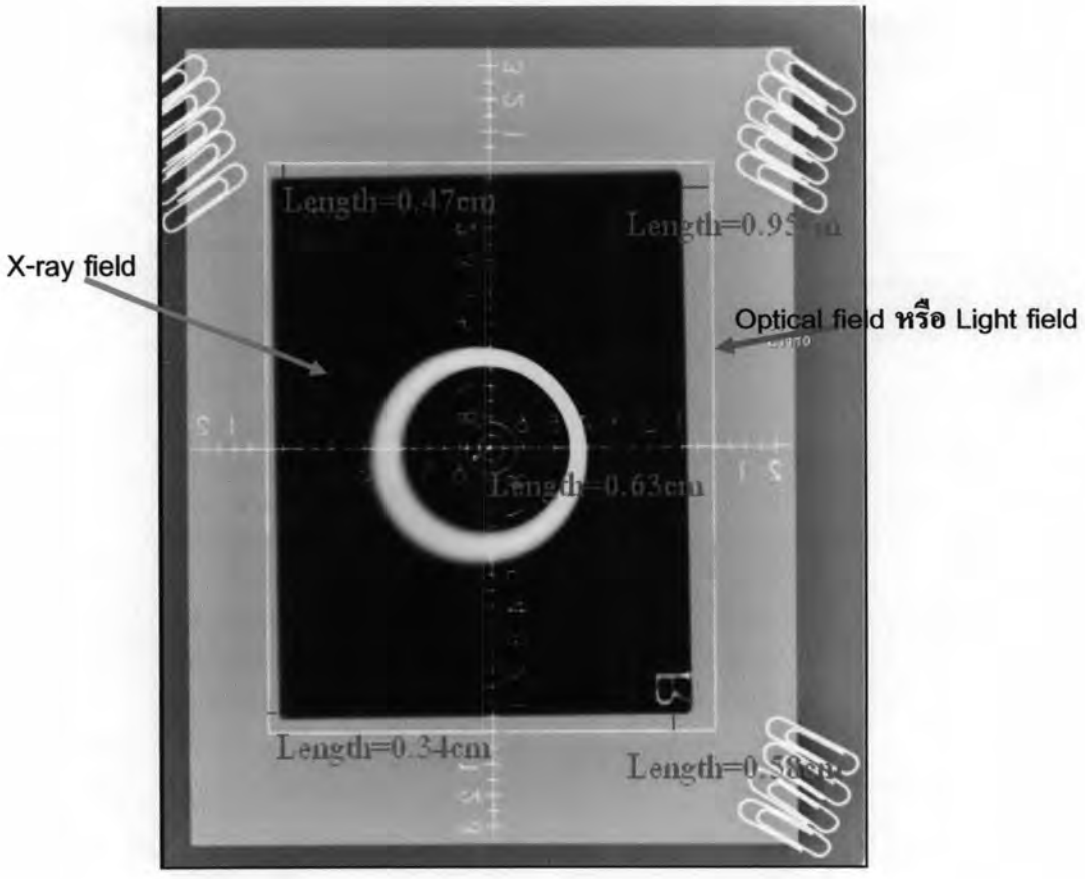
ค. การวิเคราะห์ผลการควบคุมคุณภาพทั้งวิธีฟิล์มและวิธี CR

ในการทดสอบคุณภาพของคอลลิเมเตอร์และลำรังสีจะประกอบด้วย 3 Outcomes ย่อย จึงต้องทำการวิเคราะห์ผล ดังนี้

(1) การวิเคราะห์ผลการควบคุมคุณภาพของคอลลิเมเตอร์

- วิธีฟิล์ม: ทำการวัดด้วยมือ (Manual) โดยใช้ตู้ส่องไฟ (View Box) ที่มี Uniformity Brightness โดยทำการวัดระยะเหลื่อมทั้ง 2 ข้างของด้านกว้างรวมกันและวัดระยะเหลื่อมทั้ง 2 ข้างของด้านยาวรวมกันจากฟิล์ม แสดงดังภาพที่ 3.2 บันทึกผลในแบบบันทึกข้อมูลงานวิจัยที่ 1.1 แสดงดังภาคผนวกที่ 1

- วิธี CR: วัดระยะเหลื่อมทั้ง 2 ข้างของด้านกว้างรวมกันและวัดระยะเหลื่อมทั้ง 2 ข้างของด้านยาวรวมกันจากภาพเอกซเรย์ดิจิตอล โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์กับโปรแกรม Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM) Image Viewer บันทึกผลในแบบบันทึกข้อมูลงานวิจัย ดังภาคผนวก ก.



ภาพที่ 3.2 การวัดระยะเหลื่อมทั้ง 2 ข้างของด้านยาวและทั้ง 2 ข้างของด้านกว้าง

(2) การวิเคราะห์ผลการควบคุมคุณภาพของ Beam Alignment

ถ้าคอลลิเมเตอร์ให้พื้นที่แสงไฟถูกต้อง แนวแกนกลางลำรังสีเอกซ์จะตั้งฉากกับจุดกึ่งกลางคาสเซท ภาพเอกซเรย์ที่ได้จะเห็นจุดขาว 2 จุด จุดแรกอยู่กึ่งกลางเส้นกากบาทเสมอ และจุดที่สองอยู่ในตำแหน่งที่เป็นตัวบอกว่า Beam Alignment มีคุณภาพเป็นอย่างไร ถ้าจุดนี้ทำให้เกิดมุมเบี่ยงเบนไปจากแนวแกนกลางลำรังสีเอกซ์ไม่เกิน 3 องศา ถือว่า Beam Alignment ของเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปเครื่องนั้น ยอมรับได้ตามมาตรฐาน (NCRP Report No. 99, 1995) ในการวัดมุมเบี่ยงเบนนี้สามารถวิเคราะห์หาได้โดยการคำนวณหรือพิจารณาได้จากภาพแสดงจุดขาวทั้ง 2 จุด โดยในการศึกษานี้จะใช้วิธีคำนวณ

โดยการคำนวณมุมที่เบี่ยงเบนไปสามารถคำนวณได้โดยสูตรต่อไปนี้

$$\theta = \tan^{-1} \frac{[r(FFD - h - x)]}{FFD(h + x)}$$

พิจารณาภาพที่ 3.3 (Dnanarun, et al. 1997)

เมื่อ FFD คือ ระยะจากFocal spot ถึงฟิล์ม

h คือ ความสูงของ Beam Alignment Test Tool

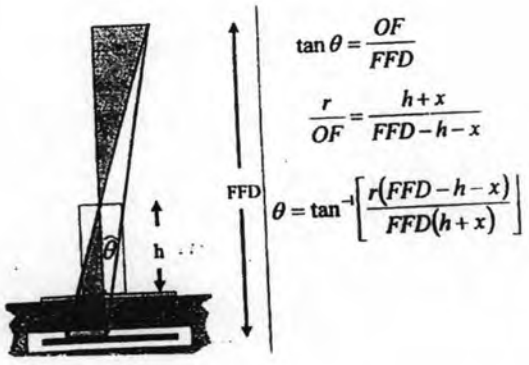
x คือ ระยะจากพื้นเตียงจนถึงถาดใส่ฟิล์ม

r คือ ระยะห่างจากจุดทั้งสองที่ปรากฏบนภาพเอกซเรย์

เนื่องจาก ค่า FFD, h และ x จะเป็นค่าคงที่ ดังนั้นค่าที่จะต้องวัดแล้วนำมาใส่ในสมการเพื่อคำนวณหามุมเบี่ยงเบน คือ ค่า r (ระยะห่างจากจุดทั้งสองที่ปรากฏบนภาพเอกซเรย์) ดังนั้นในการพิจารณาความเทียบเคียงของการวิเคราะห์ผลการควบคุมคุณภาพของ Beam Alignment จึงทำการวัดค่า r มาใช้ในการพิจารณาความเทียบเคียง ดังนี้

- วิธีฟิล์ม: วัดด้วยมือโดยใช้ตู้ส่องไฟ (View Box)
- วิธี CR: วัดโดยใช้ เครื่องคอมพิวเตอร์กับ DICOM Image Viewer

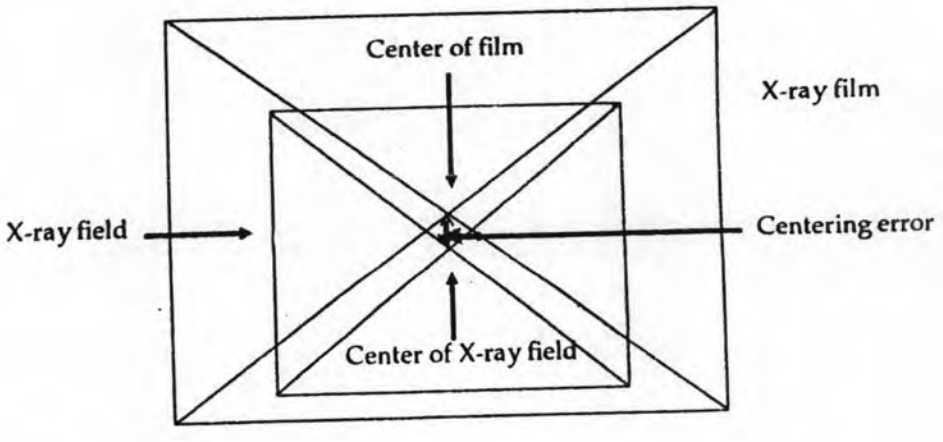
บันทึกผลที่ได้ทั้ง 2 ระบบ ในแบบบันทึกข้อมูลงานวิจัย แสดงดังภาคผนวก ก.



ภาพที่ 3.3 การคำนวณหามุมเบี่ยงเบนจากแนวแกนกลางลำรังสี

(3) การวิเคราะห์ผลการควบคุมคุณภาพ ของ Alignment of X-ray field and Image Receptor

เมื่อคอลลิเมเตอร์ให้พื้นที่แสงไฟถูกต้องและ beam Alignment ตรง เมื่อจัดให้จุดกึ่งกลางพื้นที่ของแสงไฟจากคอลลิเมเตอร์ ตรงกับจุดกึ่งกลางของส่วนรับภาพแล้ว แนวแกนกลางลำรังสีเอกซ์ต้องตั้งฉากกับจุดกึ่งกลางรับภาพหรือเบี่ยงเบนได้ไม่เกิน 2 % ระยะ จาก Source to Receptor (SID) สามารถทำการวิเคราะห์ได้โดยลากเส้นทะแยงมุมของฟิล์มตามขนาดที่ใช้ ทำเครื่องหมายตรงจุดตัดกัน และลากเส้นทแยงมุมของพื้นที่รังสีเอกซ์ที่เกิดขึ้นบนฟิล์มทำเครื่อง หมายจุดตัดกัน ดังภาพที่ 3.4 ถ้าจุดตัดทั้งสองซ้อนกันหรือห่างกันไม่เกิน 2 % ของระยะ SID ถือว่าอยู่ในมาตรฐานที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน (NCRP Report No. 99, 1995) เช่นถ้าใช้ SID 100 cm แนวแกนกลางลำรังสีเอกซ์ควรเบี่ยงเบนได้ไม่เกิน 2 cm



ภาพที่ 3.4 การหาระยะเบี่ยงเบนของแนวแกนกลางลำรังสีจากจุดกึ่งกลางฟิล์ม

การวิเคราะห์ผล Alignment of X-ray Field and Image Receptor มีรายละเอียดดังนี้

- วิธีฟิล์ม: วัดค่าระยะเบี่ยงด้วยมือโดยใช้ตู้ส่องไฟ (View Box) ที่มีความ

- วิธีCR: วัดค่าระยะเบี่ยง โดยใช้ เครื่องคอมพิวเตอร์กับโปรแกรม DICOM Image Viewer บันทึกผลที่ได้ใน แบบบันทึกข้อมูลงานวิจัย แสดงดังภาคผนวก ก.

2. <u>การควบคุมคุณภาพการจัดตัวของกริด</u> **(Grid Alignment)** มีรายละเอียดดังนี้

ก. การควบคุมคุณภาพการจัดตัวของกริดในวิธีฟิล์ม

เครื่องมือที่ใช้:

(1) Grid Alignment Test Tool หรือ GATT

(2) เครื่องวัดความดำบนฟิล์ม (Densitometer: X-Rite Model 341)

(3) สกรีน-ฟิล์มชนิดไวแสงสีเขียว (Speed 400) ขนาด 24x30 cm^2 ยี่ห้อ Kodak บรรจุในคาสเซทขนาด 24x30 cm^2 ยี่ห้อ Kodak Model Lanex X-OMAT

(5) เครื่องเปลี่ยนฟิล์มอัตโนมัติ (Kodak Multiloader 700 plus) และเครื่องล้างฟิล์ม (Kodak Model M6B)

วิธีการ:

(1) นำแผ่นทดสอบ GATT ทำด้วยแผ่นตะกั่วบุฟอร์เมก้ากว้าง 7.5cm ยาว 22 cm โดยแผ่นตะกั่วมีความหนา 0.2 cm ตรงกลางเจาะรูกลม 5 รู มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1cm มีระยะห่างระหว่างขอบแต่ละรู 1.5 cm และมีรูเล็ก ๆ ตรงกลางและที่ปลายด้านหนึ่ง นอกจากนี้มีแผ่นตะกั่วขนาดกว้าง 6 cm ยาว 7.5 cm หนา 0.2 cm จำนวน 2 แผ่น

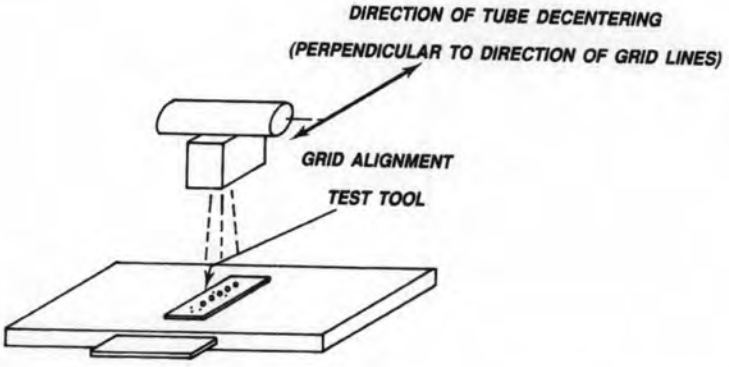
(2) จัดแนวกึ่งกลางลำรังสีเอกซ์ให้ตกลงตั้งฉากกับเส้นกึ่งกลางเตียง ระยะโฟกัสถึงกึ่งกลางกริดตามข้อกำหนดของแผ่นกริดที่ใช้

(3) วางแผ่นทดสอบ GATT บนเตียงเอกซเรย์ให้ด้านยาวตั้งฉากกับแนวเส้นกริด จัดให้รูที่อยู่กึ่งกลางแผ่น GATT อยู่บนแนวเส้นกลางเตียงและตั้งฉากกับแนวแกนกลางลำรังสีเอกซ์ ยึดแผ่น GATT กับเตียงไม่ให้เคลื่อนที่ด้วยเทปกาว ปรับคอลลิเมเตอร์ให้มีขนาดเท่าด้านกว้างของแผ่น GATT

(4) วางแผ่นตะกั่วปิดทับรูทั้งสองข้างที่เหลือ นำคาสเซทพร้อมฟิล์มใส่ใน Bucky Tray ถ่ายภาพเอกซเรย์รูกลางโดยตั้งค่าเอกซโพเซอร์ ให้ได้ความดำในรูกลางอยู่ระหว่าง 1.0-2.0 Optical Density (OD) (RMI Quality Assurance in Radiology Handbook, 1987)

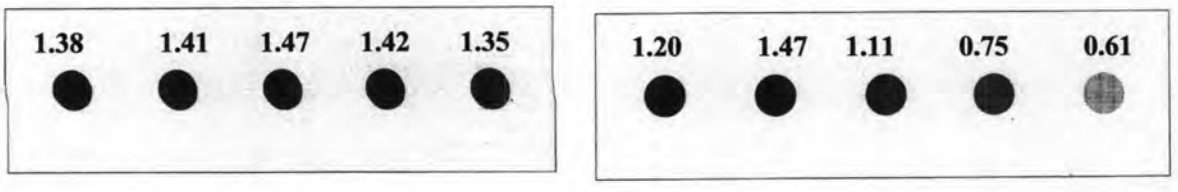
ดังนั้นจึงต้องหาค่าเอกซโพเชอร์ที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ความดำในรูกลางอยู่ระหว่าง 1.0-2.0 OD โดยทำการศึกษานำร่อง ตามข้อ (1) ถึง (4) โดยการตั้งค่าเอกซโพเชอร์ที่เหมาะสม แล้วนำไปล้างฟิล์มและวัดความดำของรูกลางด้วยเครื่องวัดความดำ (Densitometer) จากนั้นทดลองเปลี่ยนแปลงค่าเอกซโพเชอร์จนได้ค่าความดำของรูกลางตามที่กำหนด

(5) เอกซเรย์รูกลางด้วยค่าเอกซโพเชอร์ที่ได้ จากการศึกษานำร่องแล้วจากนั้นเอกซเรย์รูที่เหลืออีก 4 รู โดยการเลื่อนหลอดเอกซเรย์ไปในแนวบนล่าง แล้วใช้แผ่นตะกั่วปิดทับรูที่เหลือแล้วถ่ายเอกซเรย์รูถัดไป แสดงดังภาพที่ 3. 5 ทำจนครบทั้ง 5 รู นำฟิล์มไปล้างด้วยเครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ



ภาพที่ 3.5 แสดงลักษณะการจัดวางเครื่องมือในการควบคุมคุณภาพการจัดตัวของกริด

(6) นำฟิล์มเอกซเรย์ที่ผ่านการล้างแล้วมาวัดความดำของแต่ละรูด้วยเครื่องวัดความดำ เพื่อตรวจสอบคุณภาพการจัดตัวของกริด แสดงดังภาพที่ 3.6A และ 3.6B นำผลที่ได้บันทึกในแบบบันทึกข้อมูลงานวิจัย แสดงดังภาคผนวก ก.



A) B)

ภาพที่ 3.6 A) ภาพความดำของกริดที่มีการจัดตัวมาตรฐาน
B) ภาพความดำของกริดที่มีการจัดตัวไม่ได้มาตรฐาน

ข. การควบคุมคุณภาพการจัดตัวของกริดในวิธี CR

เครื่องมือที่ใช้:

(1) Grid Alignment Test Tool หรือ GATT

(2) แผ่นบันทึกภาพยี่ห้อ Kodak (Imaging Plate) ขนาด 24x30 cm^2 และเครื่องอ่านสัญญาณภาพเอกซเรย์เป็นดิจิตอล (CR Reader) Model CR Kodak 850

(3) เครื่องคอมพิวเตอร์กับ Program Imager J

(4) Step Wedge 21 steps

วิธีการ: วิธีการในการทดสอบคุณภาพของกริดในระบบ CR จะมีขั้นตอนต่างๆ คล้ายกันกับในระบบฟิล์มทุกประการ ยกเว้น 2 ประการคือ

(1) ใช้แผ่นบันทึกภาพแทนฟิล์ม และใช้เครื่อง CR Reader อ่านข้อมูลที่บันทึกได้แทนเครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ

(2) เนื่องจาก RMI Quality Assurance in Radiology Handbook (1987) แนะนำค่าเอกซโพเชอร์ที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพกริด ควรให้ได้ความดำในรูกลางอยู่ระหว่าง 1.0-2.0 OD จึงต้องทำการศึกษานำร่องเพื่อหาค่าเอกซโพเชอร์ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ความดำของรูกลางตามที่กำหนดเช่นเดียวกับระบบฟิล์ม แต่ทั้งนี้เนื่องจากในการวัดความเข้มหรือความดำที่ได้ของภาพระบบดิจิตอลที่ได้จากระบบ CR นั้นจะวัดอยู่ในรูปของ Pixel Value ขณะที่ภาพเอกซเรย์ทั่วไปที่ได้จากการบันทึกภาพเอกซเรย์ลงบนฟิล์มซึ่งเป็นระบบอนาลอกนั้น จะวัดความดำของภาพเอกซเรย์อยู่ในรูปของ Optical Density ดังนั้นจึงต้องหาความสัมพันธ์ระหว่าง Optical Density และ Pixel Value โดยการทำ Optical Density Calibration มีขั้นตอนดังนี้

(ก) จัดระยะจาก Source ถึงเตียงเท่ากับ 100 cm วาง Step Wedge 21 Steps ให้อยู่บนกึ่งกลางคาสเซทที่บรรจุสกรีน-ฟิล์มชนิดไวแสงสีเขียว (Speed 400) ขนาด 24x30 cm^2 ยี่ห้อ Kodak เปิดพื้นที่แสงไฟให้คลุม Step Wedge ตั้งค่าเอกซโพเชอร์แล้วทำการถ่ายภาพเอกซเรย์โดยให้ได้ค่า Optical Density อยู่ระหว่าง 0.05 ถึง 3 ดังนั้นจึงต้องหาค่าเอกซโพเชอร์ที่เหมาะสมได้เท่ากับ 70 kV 100 mA 20 msec

(ข) นำฟิล์มไปล้างด้วยเครื่องล้างฟิล์ม วัดค่าความดำที่กึ่งกลางในแต่ละขั้น ด้วยเครื่องวัดความดำบนฟิล์ม (Densitometer: X-Rite Model 341) เนื่องจากจากขนาดความกว้างของขั้นที่ 21 (ขั้นที่มีความหนาที่สุด) จะมีความกว้างน้อยกว่าขั้นอื่น ๆ จึงทำให้การวัดค่าความดำที่กึ่งกลางของขั้นที่ 21 กระทำได้ยากและมีความคลาดเคลื่อนได้มาก ดังนั้นจึงทำการวัดค่าความดำตั้งแต่ ขั้นที่ 1 ถึง ขั้นที่ 20 รวมวัดค่าความดำจำนวนทั้งสิ้น 20 Steps บันทึกผลไว้

(ค) ทำการถ่ายภาพเอกซเรย์เช่นเดียวกับในข้อ (ก) แต่ใช้คาสเซทที่บรรจุแผ่นบันทึกภาพแทนฟิล์ม แล้วนำไปอ่านข้อมูลด้วย CR Reader ทำการวัดค่า Pixel Value ที่กึ่งกลางในแต่ละขั้นทั้ง 20 Steps ด้วยโปรแกรม Imager J

(ง) นำค่าความดำ (Optical Density) และ Pixel Value ที่ได้ไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเชิงปริมาณ 2 ตัว (Pixel Value & Optical Density) เพื่อหารูปแบบของความสัมพันธ์และสมการความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร โดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2548ก: 235-253, 2548ข: 173- 178) นำสมการความสัมพันธ์ที่ได้มาใช้ ในการประมาณค่าเอกซโพเชอร์ ที่จะต้องใช้ในการควบคุมคุณภาพในระบบ CR เพื่อให้ได้ค่า OD ในรูกลางอยู่ระหว่าง 1.0-2.0 OD

ค. การวิเคราะห์ผลการควบคุมคุณภาพทั้งวิธีฟิล์มและวิธี CR

เนื่องจากการยอมรับของการได้มาตรฐานการจัดตัวของกริด กำหนดไว้ว่าความดำจากรูกลางมีค่าสูงสุดและความดำของรูถัดไปซ้ายและขวาลดลงจากรูกลางตามลำดับ (NCRP Report No.99, 1995) ดังนั้นการวิเคราะห์ผลผลการควบคุมคุณภาพทั้ง 2 วิธี มีรายละเอียดดังนี้

- วิธีฟิล์ม: วัดความดำที่กึ่งกลางรูทั้ง 5 รู ด้วยเครื่อง Densitometer แล้วพิจารณาลักษณะของค่าความดำที่วัดได้ ว่าอยู่ในมาตรฐานที่กำหนดหรือไม่

- วิธีCR: วัดความเข้มของแสงที่กึ่งกลางรูทั้ง 5 รู ด้วยโปรแกรม Image J แล้วทำการแปลงหน่วยของความเข้มของแสง จาก Pixel Value ให้เป็นหน่วยวัดความดำ คือ Optical Density ด้วยสมการความสัมพันธ์ระหว่าง Pixel Value กับ Optical Density ที่ได้จากการทำ Optical Density Calibration แล้วพิจารณาลักษณะของค่าความดำที่วัดได้ ว่าอยู่ในมาตรฐานที่กำหนดหรือไม่ นำผลที่ได้บันทึกในแบบบันทึกข้อมูลงานวิจัย แสดงดังภาคผนวก ก.

ดังนั้นก่อนทำการตรวจสอบมาตรฐานของกริดในวิธี CR จะต้องทำ Optical density Calibration ก่อนทุกครั้ง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดสอบของกริดในวิธี CR

3. <u>การควบคุมคุณภาพความคงตัวของกระแสหลอด</u> (mAs Reciprocity) ทำการศึกษาความคงตัวของกระแสหลอด ด้วยการถ่ายภาพอลูมิเนียมแบบขั้นบันได เมื่อใช้ kVp, mAs และระยะจากจุดโฟกัสถึงฟิล์ม คงที่ แต่เปลี่ยนค่ากระแสหลอดและเวลาในการฉายรังสีโดยที่ mAs คงที่ เช่น ต้องการตั้ง 10 mAs เกิดจากการตั้งค่าเอกซโพเชอร์ 50 mA, 20 ms หรือ 100 mA, 10 ms ผลที่ได้ควรจะมีความดำในแต่ละขั้นเท่ากันตามลำดับ การควบคุมคุณภาพฯทั้ง 2 วิธีมีรายละเอียด ดังนี้

ก. การควบคุมคุณภาพความคงตัวของกระแสหลอดในวิธีฟิล์ม

เครื่องมือที่ใช้:

(1) อลูมิเนียมแบบขั้นบันได (Step Wedge 11 Steps)

(2) สกรีน-ฟิล์มชนิดไวแสงสีเขียว (Speed 400) ขนาด 24x30 cm^2 ยี่ห้อ Kodak บรรจุในคาสเซทขนาด 24x30 cm^2 ยี่ห้อ Kodak Model Lanex X-OMAT

(3) เครื่องวัดความดำบนฟิล์ม

(4) เครื่องเปลี่ยนฟิล์มอัตโนมัติ (Kodak Multiloader 700 plus) และเครื่องล้างฟิล์ม (Kodak Model M6B)

วิธีการ:

(1) นำฟิล์มเอกซเรย์ที่บรรจุในคาสเซท วางบนเตียงเอกซเรย์ แล้วนำอลูมิเนียมแบบขั้นบันไดซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 11 ขั้น หนาขั้นละ 3 mm วางทับคาสเซทชิดไปด้านหนึ่ง ด้านที่เหลือปิดด้วยแผ่นตะกั่ว

(2) จัดลำแสงเอกซเรย์ ให้แนวศูนย์กลางลำรังสีตกลงตรงกึ่งกลาง ของอลูมิเนียมแบบขั้นบันไดพอดี เปิดลำแสง ให้ครอบคลุมอลูมิเนียมแบบขั้นบันไดและใช้ระยะจากจุดโฟกัสถึงฟิล์มเท่ากับ 100 cm ดังภาพที่ 3.7 A และ 3.7 B

ภาพที่ 3.7 A) การจัดลำแสงเอกซเรย์ให้ครอบคลุมในส่วนที่ 1

ภาพที่ 3.7 B) การย้ายอลูมิเนียมแบบขั้นบันไดวางในส่วนที่ 2

(3) ตั้งค่าเอกซโพเซอร์ 50 kVp, 100 mA, 40 ms เอกซเรย์ลงไปจะได้ส่วนที่ 1

(4) ย้ายอลูมิเนียมแบบขั้นบันได วางในส่วนที่ 2 และย้ายแผ่นตะกั่วไปปิดส่วนที่ 1 แล้วจัดให้แนวศูนย์กลางลำรังสี ตกลงกึ่งกลางของอลูมิเนียมแบบขั้นบันได ดังภาพที่ 3.7 B

(5) ตั้งค่าเอกซโพเซอร์ 50 kVp, 200 mA, 20 ms แล้วฉายเอกซเรย์ลงไปจะได้ส่วนที่ 2 นำฟิล์มไปล้าง แล้วนำมาวัดความดำของทุกขั้น ทั้ง 2 ส่วน

ข. การควบคุมคุณภาพความคงตัวของกระแสหลอดในวิธี CR

เครื่องมือที่ใช้:

(1) อลูมิเนียมแบบขั้นบันได (Step Wedge 11 Steps)

(2) แผ่นบันทึกภาพยี่ห้อ Kodak (Imaging Plate) ขนาด 24x30 cm^2 และเครื่องอ่านสัญญาณภาพเอกซเรย์เป็นดิจิตอล (CR Reader) Model CR Kodak 850

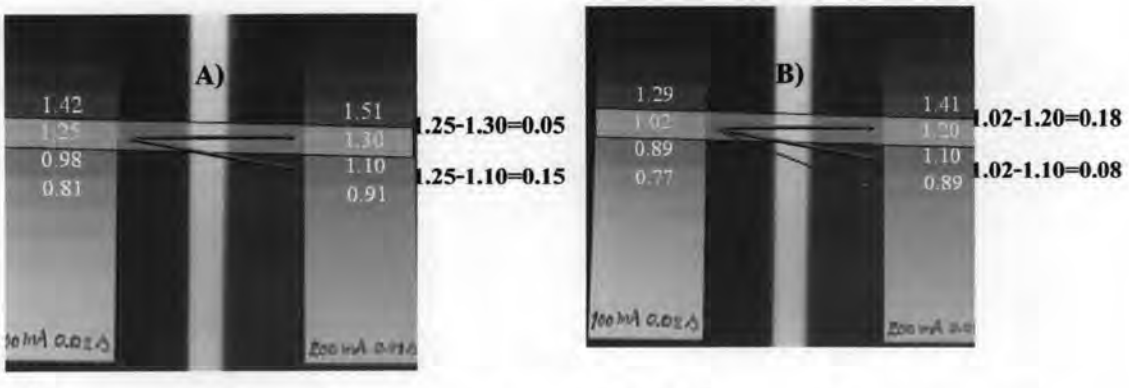
(3) เครื่องคอมพิวเตอร์กับ Program Imager J และ Step Wedge 21 Steps

วิธีการ:

ในการควบคุมคุณภาพความคงตัวของกระแสหลอดโดยใช้ระบบ CR กระทำเช่นเดียวกับวิธีฟิล์ม เพียงแต่ใช้แผ่นบันทึกภาพแทนฟิล์มที่บรรจุในคาสเซทและใช้เครื่องอ่านสัญญาณภาพเอกซเรย์เป็นดิจิตอลแทนเครื่องล้างฟิล์ม

ค. การวิเคราะห์ผลการควบคุมคุณภาพทั้งวิธีฟิล์มและวิธี CR

NCRP Report No.99 (1995) กำหนดการยอมรับได้ความมาตรฐานของความความคงตัวของกระแสหลอด โดยพิจารณาจากความดำของแต่ละขั้นในภาพอลูมิเนียมแบบขั้นบันไดทั้งสองภาพ หากความดำในขั้นเดียวกันของทั้งสองภาพ มีค่าแตกต่างกันไม่เกิน 1 ขั้น ถือว่าความความคงตัวของกระแสหลอด ยอมรับได้ แสดงดังภาพที่ 3.8 A และ ภาพที่ 3.8 B



ภาพที่ 3.8 A) ยอมรับความคงตัวของกระแสหลอด B) ไม่ยอมรับความคงตัวของกระแสหลอด

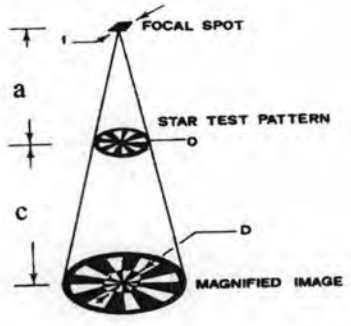
การวิเคราะห์ผลการควบคุมคุณภาพทั้ง 2 ระบบ มีรายละเอียดดังนี้

- ระบบฟิล์ม: วัดความดำด้วยเครื่องวัดความดำที่กึ่งกลางในแต่ละขั้นทุกขั้น ทั้ง 2 ส่วน แล้วพิจารณาความมาตรฐานของความคงตัวของกระแสหลอด ตามเกณฑ์มาตรฐานของ NCRP Report No.99 (1995)

- ระบบ CR: วัดความเข้มของแสงที่กึ่งกลางในแต่ละขั้น ด้วยโปรแกรม Image J แล้วทำการแปลงหน่วยของความเข้มของแสง จาก Pixel Value ให้เป็นหน่วยวัดความดำ คือ Optical Density ด้วยสมการความสัมพันธ์ระหว่าง Pixel Value กับ Optical Density ที่ได้จากการทำ Optical Density Calibration แล้วพิจารณาความมาตรฐานของความคงตัวของกระแสหลอด ตามเกณฑ์มาตรฐานของ NCRP Report No.99 (1995) นำผลที่ได้บันทึกในแบบบันทึกข้อมูลงานวิจัย แสดงดังภาคผนวก ก. ดังนั้นก่อนทำการตรวจสอบความคงตัวของกระแสหลอดในระบบ CR จะต้องทำ Optical Density Calibration ก่อนทุกครั้ง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดสอบวามคงตัวของกระแสหลอดในระบบ CR

4. <u>การวัดขนาดของโฟคอลสปอต</u> ด้วยแผ่นทดสอบรูปดาว (Star Test Pattern) มีหลักการดังนี้

เมื่อวางแผ่นทดสอบรูปดาวในระนาบซึ่งห่างจากฟิล์มเป็นระยะ c และห่างจาก โฟคอลสปอต เป็นระยะ a ดังภาพที่ 3.9 (Spiegler and Breckinridge,1972: 679-684) โดยที่ศูนย์กลางรังสีต้องตกตั้งฉากกับระนาบและตรงศูนย์กลางของแผ่นทดสอบรูปดาวพอดี



ภาพที่ 3.9 การวัดขนาดโฟคอลสปอตโดยใช้แผ่นทดสอบรูปดาว

การจัดให้แผ่นทดสอบรูปดาวอยู่เหนือฟิล์มเอกซเรย์ขึ้นมาเป็นระยะ c เพื่อต้องการให้เกิดภาพขยายและในขณะเดียวกันจะเกิดรอยเปื้อนของแฉกดาว ซึ่งเกิดจากลำเอกซเรย์ที่เดินทางผ่านช่องว่างของแฉกดาว เข้าไปในบริเวณแถบตะกั่วบริเวณใกล้เคียงกันซึ่งเอกซเรย์ทะลุผ่านมาไม่ได้ ระยะจากศูนย์กลางภาพแผ่นทดสอบรูปดาวถึงบริเวณรอยเปื้อนของแฉกดาว จะสัมพันธ์กับขนาดโฟคอลสปอต ดังสมการต่อไปนี้

$$f = \frac{\theta D}{57.3(M-1)}$$

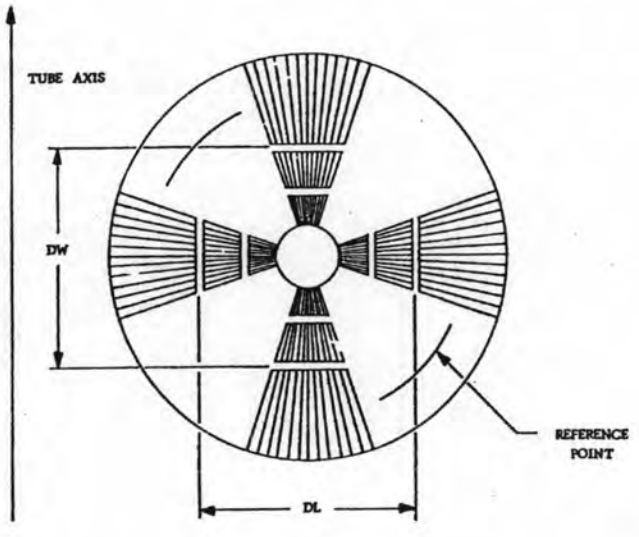
เมื่อ f คือ ขนาดของโฟคอลสปอตปรากฏ (Apparent Focal Spot)

θ คือ มุมกระจายของแฉกดาวในหน่วยองศา (Spoke Angle)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของรอยเปื้อนของแฉกดาวในหน่วย mm แสดงดังภาพ 3.10

M คือ กำลังขยาย คำนวณโดยใช้สูตรดังนี้

$$M = \frac{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นทดสอบรูปดาวที่ปรากฏบนฟิล์ม}}{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นทดสอบรูปดาว} = 45 \text{ mm}}$$



ภาพที่ 3.10 การวัดรอยเปื้อนบนแฉกดาว DW และDL

รอยเปื้อนของแฉกดาวบนภาพถ่ายแผ่นทดสอบรูปดาว สามารถแบ่งรอยเปื้อนบนแฉกดาวเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดที่ 1 เป็นรอยเปื้อนที่เกิดในแนวแอโนด-แคโทด (A-C axis) ของหลอดเอกซเรย์ (DW) อีกชนิดหนึ่งเป็นรอยเปื้อนในแนวตั้งฉากกับแนวแอโนด-แคโทด (DL) ดังภาพที่ 3.10

ก. การวัดขนาดโฟคอลสปอตทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในวิธีฟิล์ม

เครื่องมือที่ใช้:

(1) Star X-ray Test Pattern Model Nr 86922 Victoreen

(2) นอนสกรีน-ฟิล์ม ขนาด 24x30 cm^2 ยี่ห้อ Kodak รุ่น Kodak Portal Pack for Localization Imaging (PPL) บรรจุอยู่ในซองฟิล์มพิเศษป้องกันไม่ให้แสงเข้า

(3) เครื่องวัดความดำบนฟิล์ม (Densitometer: X-Rite Model 341)

(4) ตู้ส่องไฟ (View Box)

(5) เครื่องเปลี่ยนฟิล์มอัตโนมัติ และเครื่องล้างฟิล์ม

วิธีการ:

(1) ติดแผ่นทดสอบรูปดาวไว้ที่ด้านหน้าของคอลลิเมเตอร์ จัดให้ศูนย์กลางลำรังสีผ่านศูนย์กลางของแผ่นทดสอบรูปดาว

(2) วาง Kodak PPL บนเตียงเอกซเรย์ จัดระยะโฟคอลสปอตถึงฟิล์มให้ได้กำลังขยายภาพ ประมาณ 2 เท่า

(3) เลือกใช้ค่า kVp และ mA ที่ใช้งานบ่อย ๆ และเลือกค่า mAs ที่ให้ได้ภาพที่สามารถมองเห็นและวัดรอยเปื้อนบนแฉกดาว DWและDL ได้ดีซึ่งจะมีค่าความดำประมาณ 1.5 OD โดยในการวัด Small Focal Spot ใช้ค่าเอกซโพเชอร์ 80 kV 100 mA 220 ms และ 80 kV 250 mA 90 ms สำหรับการวัด Large Focal Spot

(4) เมื่อฉายเอกซเรย์แล้ว นำฟิล์มไปล้างจะได้ภาพแผ่นทดสอบรูปดาวโตกว่าของจริงและเกิดรอยเปื้อนบนแฉกดาว ใช้แว่นขยายช่วยในการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ของรอยเปื้อนบนแฉกดาวทั้ง 2 แนว (DW และ DL) และคำนวณหาขนาดของ โฟคอลสปอต

ข. การวัดขนาดโฟคอลสปอตทั้งขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ ในวิธี CR

เครื่องมือที่ใช้:

(1) Star X-ray Test Pattern Model Nr 86922 Victoreen

(2) แผ่นบันทึกภาพยี่ห้อ Kodak (Imaging Plate) ขนาด 24x30 cm^2 และเครื่องอ่านสัญญาณภาพเอกซเรย์เป็นดิจิตอล (CR Reader) Model CR Kodak 850

(3) เครื่องคอมพิวเตอร์กับ DICOM Image Viewer

(4) Step Wedge 21 Steps

วิธีการ:

การวัดขนาดโฟคอลสปอตทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ในระบบ CR จะมีขั้นตอนต่างๆ คล้ายกันกับในระบบฟิล์มทุกประการ ยกเว้น 2 ประการคือ

(1) ใช้แผ่นบันทึกภาพแทนฟิล์มและใช้เครื่อง CR reader อ่านข้อมูลที่บันทึกได้แทนเครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ

(2) เนื่องจากค่าเอกซโพเชอร์ที่ใช้ ควรให้ได้ความดำของภาพประมาณ1.5 OD ดังนั้นจึงต้องทำการศึกษานำร่อง เพื่อหาค่าเอกซโพเชอร์ที่เหมาะสมในระบบ CR โดยการทำ Optical Density Calibration เพื่อหาสมการความสัมพันธ์ที่ได้ ในการประมาณค่าเอกซโพเชอร์ ที่จะต้องใช้ในการทดลองในระบบ CR

ค. การวิเคราะห์ผลการควบคุมคุณภาพทั้งวิธีฟิล์มและวิธี CR

- วิธีฟิล์ม: วัดด้วยมือโดยใช้ตู้ส่องไฟ โดยวัดระยะเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นทดสอบรูปดาวที่ปรากฏบนฟิล์ม, DW และ DL แล้วคำนวณหาขนาดโฟคอลสปอต ทั้ง 2 ขนาด โดยใช้โปรแกรม Excel ในการเขียนสูตรเพื่อคำนวณหาขนาดโฟคอลสปอต บันทึกข้อมูลลงในแบบบันทึกข้อมูลงานวิจัยที่ 1.6 แสดงดังภาคผนวก ก.

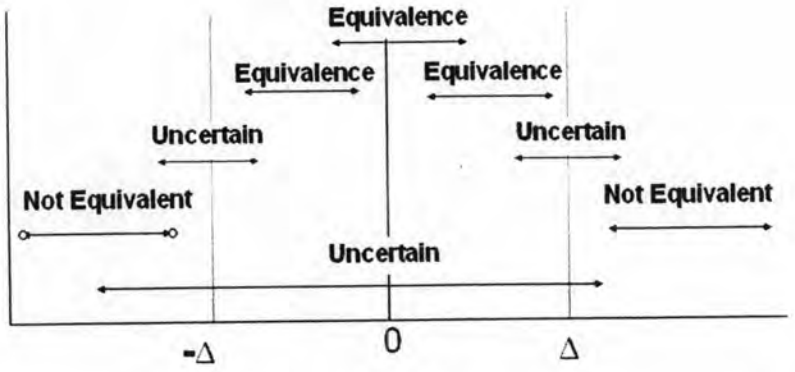
- วิธี CR: วัดระยะเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นทดสอบรูปดาวที่ปรากฏบนฟิล์ม, DW และ DL โดยใช้ เครื่องคอมพิวเตอร์กับโปรแกรม DICOM Image Viewer แล้วคำนวณหาขนาดโฟคอลสปอต ทั้ง 2 ขนาด โดยใช้โปรแกรม Excel ในการเขียนสูตรเพื่อคำนวณหาขนาดโฟคอลสปอต บันทึกผลในแบบบันทึกข้อมูลงานวิจัย ดังภาคผนวก ก.

- **การบันทึกเวลา** ที่ใช้ในการปฏิบัติการทดสอบคุณภาพและการวิเคราะห์ในการควบคุมคุณภาพของเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป ทั้งจากวิธีฟิล์มและจากวิธี CR ที่ได้รับการอบรมการวัดระยะเวลาในแต่ละขั้นตอนเป็นอย่างดี โดยใช้นาฬิกาจับเวลาที่ได้มาตรฐาน ผลที่ได้บันทึกลงในแบบบันทึกการวัดระยะเวลาในการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป ดังภาคผนวก ข.

- **การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)** ของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไประหว่าง ระบบ CR และ ระบบฟิล์ม ประกอบด้วยการวิเคราะห์ความถูกต้อง (Validity), การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของการวัด (Reliability) และการวิเคราะห์ความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพ ฯ ดังต่อไปนี้

1. **การประเมินความถูกต้อง (Validity)** เป็นการประเมินผลการทดสอบเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป จากการใช้เครื่อง CR ว่ามีความเทียบเคียงกับเมื่อใช้ฟิล์มซึ่งเป็นวิธี Gold Standard หรือไม่ โดยใช้หลักการของ Equivalence Test ในการประเมิน ซึ่งต้องกำหนด Equivalence Limit และ Confidence Interval เพื่อใช้ในการประเมินความเทียบเคียงกันของทั้ง 2 วิธี (Jones et al, 1996: 36-39; Armitage and Colton, 1998: 1367-1372; Hansheng, 1-23) โดยในการศึกษานี้กำหนดไว้ที่ 95 % CI ของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของทั้ง 2 วิธีสำหรับข้อมูลเชิงปริมาณ และ95 % CI ของความแตกต่างของค่าสัดส่วนของทั้ง 2 วิธีสำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพ

ในการพิจารณาว่าผลการทดสอบเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปของทั้ง 2 วิธี มีความเทียบเคียงหรือไม่ พิจารณาจากค่า 95 % CI ของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของทั้ง 2 วิธี หรือค่า 95 % CI ของความแตกต่างของค่าสัดส่วนของทั้ง 2 วิธี ว่าอยู่ในช่วงของ Equivalence Limit หรือไม่ ถ้าอยู่ในช่วงของ Equivalence Limit ถือว่าทั้ง 2 วิธี มีความเทียบเคียงกัน แสดงดังภาพที่ 3.11 (Jones et al, 1996: 36-39)



ภาพที่ 3.11 ตัวอย่างของผลที่เป็นไปได้เมื่อนำค่า 95 % CI ของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของทั้ง 2 วิธีหรือค่า 95 % CI ของความแตกต่างของค่าสัดส่วนของทั้ง 2 วิธี มาเปรียบเทียบกับค่า Equivalence limit ($-\Delta, \Delta$)

หลักการพิจารณานำเครื่อง CR มาใช้ทำการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป แทนฟิล์ม จะแยกพิจารณาเป็นการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ในแต่ละส่วน มีดังนี้

ก. การทดสอบการจัดคอลลิเมเตอร์และลำแสงเอกซเรย์ จะต้องมีความเทียบเคียงกันทั้ง 3 Outcomes ย่อย

ข. การทดสอบความคงตัวของกระแสหลอด จะต้องให้ผลเทียบเคียงกันทั้ง 2 Outcomes ย่อย

ค. การวัดขนาดโฟคอลสปอตทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็ก จะต้องให้ผลเทียบเคียงกันทั้ง 2 Outcomes ย่อย

ง. การทดสอบการจัดตัวของกริด มีผลเทียบเคียงกันทั้ง 2 วิธี

2. การวัดความน่าเชื่อถือของการวัด (Reliability)

วัดความเชื่อถือของการวัดผลที่ได้จากการควบคุมคุณภาพทั้ง 2 วิธี กระทำโดยใช้ผู้วัด 2 คน (Inter-Observer) แล้ววิเคราะห์ความสอดคล้องในการวัด ผู้วัดคนที่ 1 คือผู้วิจัย ผู้วัดคนที่ 2 คือ นักรังสีเทคนิคอาสาสมัคร ที่ได้รับการอบรมในการวัดเป็นอย่างดี การทดสอบความน่าเชื่อถือใช้ Intra-Class Correlation (ICC) (Nichols, 1998; Wuensch, 2006a, 2007b; Howell, 2008) โดยเกณฑ์การแปลผลความสอดคล้องเมื่อใช้ ICC ใช้เกณฑ์เดียวกันกับ Kappa แสดงดังตารางที่ 3.1ดังนี้ (ทัสสนี นุชประยูรและคนอื่นๆ, 2541: 246; Garson, 2008)

ตารางที่ 3.1 การแปลผลของ Intra-Class Correlation (ICC)

ICC	การแปลผล (Interpretation)
<0	ผลไม่ตรงกัน (No Agreement)
0 – 0.19	ผลตรงกันเล็กน้อย (Poor Agreement)
0.20 – 0.39	ผลตรงกันพอใช้ (Fair Agreement)
0.40 – 0.59	ผลตรงกันปานกลาง (Moderate Agreement)
0.60 – 0.79	ผลตรงกันเป็นส่วนมาก (Substantial Agreement)
0.80 – 1.00	ผลตรงกันเกือบสมบูรณ์ (Almost Perfect Agreement)

3. การวิเคราะห์ความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพ ฯ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของเวลา ใช้ Paired t-test (ทัศสนี นุชประยูร และเติมศรี ชำนาญกิจ, 2541: 65; เติมศรี ชำนาญกิจ, 2544: 161-164; กัลยา วานิชย์บัญชา, 2546: 230-236, 2547: 310-315) โดยกำหนดให้ระดับความมีนัยสำคัญเท่ากับ 0.05

4. โปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล: Program SPSS, Stata และ Excel

ส่วนที่ 2 การเปรียบเทียบต้นทุนของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไประหว่าง 2 เลือก คือ การใช้วิธี CR และวิธีฟิล์ม

- **ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล**

  1 สิงหาคม 2550 ถึง 31 มกราคม 2551

- **เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

  แบบบันทึกข้อมูลต้นทุนในการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป ทั้ง 4 ส่วน แสดงดังภาคผนวก ค.

- **วิธีการในการประเมินประสิทธิภาพ**

  จากสมมติฐานข้อที่หนึ่งของการวิจัย คือ ผลของการควบคุมคุณภาพของเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปจากการใช้เครื่องอ่านและแปลงสัญญาณภาพเอกซเรย์เป็นดิจิตอล มีความเทียบเคียงกับเมื่อใช้ฟิล์ม ดังนั้นวิธีการในการประเมินประสิทธิภาพจึงเลือกใช้การวิเคราะห์ต้นทุนที่น้อยที่สุด (Cost-Minimization Analysis) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างทาง เลือกหลายๆ ทาง ที่คาดว่าจะให้ผลเหมือนกันหรือใกล้เคียงกัน โดยพิจารณาว่าทางเลือกไหนใช้ต้นทุนน้อยกว่าจะถือว่าวิธีนั้นมีประสิทธิภาพมากกว่า การวิเคราะห์ต้นทุนนี้จะคำนวณออกมาในรูปต้นทุนต่อหน่วย นั้นคือ ต้นทุนต่อการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป 1 ครั้งของแต่ละส่วน ของทั้ง 2 วิธี

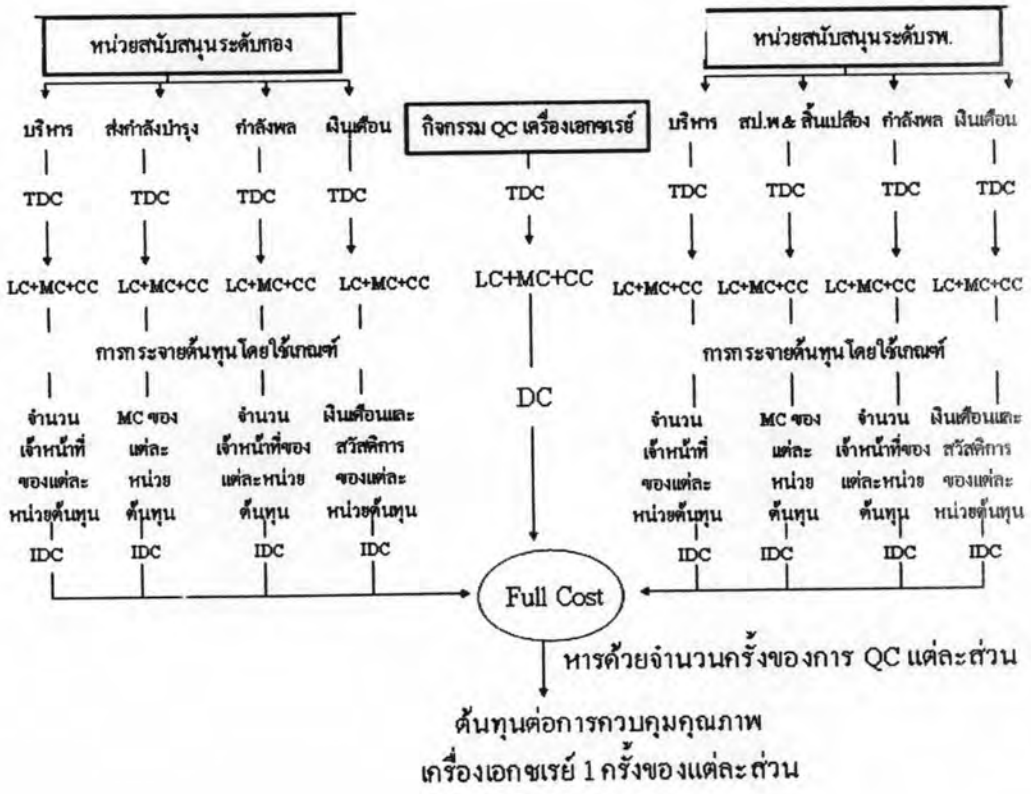
- **ขั้นตอนในการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปของทั้ง 2 วิธี**

  ในการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป ของทั้ง 2 วิธี ครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์ในมุมมองของผู้ให้บริการและใช้ต้นทุนทางบัญชี (Financial Costs) ในการวิเคราะห์ต้นทุน โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ต้นทุน ดังต่อไปนี้

<u>ขั้นที่1</u> **จำแนกหน่วยงานต้นทุนตามพฤติกรรมการส่งหรือรับต้นทุน** แสดงดังภาพที่ 3.12 มีรายละเอียดดังนี้

1. หน่วยงานหลักที่ต้องการคิดต้นทุน ได้แก่ หน่วยควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป ของทั้ง 2 วิธี ซึ่งเป็นหน่วยงานย่อยของกองรังสีกรรม

2. หน่วยที่กระจายต้นทุนหรือหน่วยสนับสนุนให้หน่วยที่ต้องการคิดต้นทุน ได้แก่
   - หน่วยบริหารระดับกองรังสีกรรม
   - หน่วยกำลังพล (เลื่อนยศ, ปลด, ย้าย) ระดับกองรังสีกรรม
   - หน่วยส่งกำลังบำรุงระดับกองรังสีกรรม
   - หน่วยเงินเดือนและค่าจ้างระดับกองรังสีกรรม
   - หน่วยบริหารระดับโรงพยาบาล
   - หน่วยกำลังพล (เลื่อนยศ, ปลด, ย้าย) ระดับโรงพยาบาล
   - หน่วยส่วนการควบคุมสิ่งอุปกรณ์สายแพทย์ ระดับโรงพยาบาล
   - หน่วยคลังสิ่งอุปกรณ์สิ้นเปลือง ระดับโรงพยาบาล
   - หน่วยเงินเดือนและค่าจ้างระดับโรงพยาบาล



<u>ภาพที่ 3.12</u> **การจำแนกหน่วยงานต้นทุนตามพฤติกรรมการส่งหรือรับต้นทุน**

ขั้นที่2 หาต้นทุนรวมโดยตรงของแต่ละหน่วยงานต้นทุน (Direct Cost Determination) โดยดำเนินการเก็บข้อมูลต้นทุนรวมโดยตรงของแต่ละหน่วยงานต้นทุนในขั้นที่ 1 ตั้งแต่ห้วงเวลา 1 สิงหาคม 2550 ถึง 31 มกราคม 2551 ซึ่งต้นทุนรวมโดยตรงหาได้จากผลรวมของต้นทุนค่าแรงงาน ต้นทุนค่าวัสดุใช้สอยและต้นทุนค่าลงทุนของแต่ละหน่วยงาน การคำนวณหาต้นทุนรวมโดยตรงของแต่ละหน่วยงานต้นทุนมีรายละเอียดดังนี้

1. หาต้นทุนรวมโดยตรงของหน่วยควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปของทั้ง 2 วิธี

ก. ต้นทุนค่าแรง (Labor Cost) คือ ค่าแรงของผู้ทำการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป ของทั้ง 2 วิธี ประกอบด้วย เงินเดือน ค่าเช่าบ้าน เงินค่าครองชีพพิเศษ ค่าปฏิบัติล่วงเวลา เงินช่วยเหลือบุตร ค่าเล่าเรียนบุตรและค่ารักษาพยาบาล

ข. ต้นทุนค่าวัสดุ (Material Cost) ประกอบด้วย ต้นทุนค่าวัสดุที่ใช้ ในการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปในแต่ละส่วน ดังนี้

- วิธีฟิล์ม: รวบรวมข้อมูลต้นทุนวัสดุที่ใช้ในระบบฟิล์มดังต่อไปนี้

(1) รวบรวมต้นทุนค่าวัสดุของสกรีน-ฟิล์มขนาด 24x30 cm^2 ที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป ในส่วนของการจัดคอลลิเมเตอร์และลำรังสี, การจัดตัวของกริดและความคงตัวของกระแสหลอด

(2) รวบรวมต้นทุนค่าวัสดุของนอนสกรีน-ฟิล์ม ขนาด 24x30 cm^2 ที่ใช้ในการวัดขนาดโฟคอลสปอตขนาดใหญ่และขนาดเล็ก

(3) รวบรวมต้นทุนค่าวัสดุของซองฟิล์ม สำหรับบรรจุสกรีน-ฟิล์มและนอนสกรีน-ฟิล์ม

(4) ต้นทุนค่าวัสดุของค่าแบตเตอรี่ชนิด Lithium ที่ใช้สำหรับเครื่อง Densitometer ในการวัดค่าความดำ สำหรับการควบคุมคุณภาพในส่วนของการจัดตัวของกริด และความคงตัวของกระแสหลอด

(5) ต้นทุนค่าน้ำยาล้างฟิล์มที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพทั้ง 4 ส่วน สำหรับการควบคุมคุณภาพทั้งหมดของแต่ละส่วน

(6) ค่าไฟฟ้าสำหรับเครื่องเปลี่ยนฟิล์มอัตโนมัติและเครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติสำหรับการควบคุมคุณภาพทั้งหมดของแต่ละส่วน

(7) ค่าน้ำสำหรับเครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ สำหรับการควบคุมคุณภาพทั้งหมดของแต่ละส่วน

(8) ค่าบำบัดมลพิษของน้ำยาล้างฟิล์ม ที่ปล่อยสู่บ่อบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า ในการควบคุมคุณภาพฯ ในแต่ละส่วน

- วิธี CR: รวบรวมข้อมูลต้นทุนวัสดุที่ใช้ในวิธี CR ดังต่อไปนี้

(1) ค่าไฟสำหรับเครื่อง CR ในการควบคุมคุณภาพฯ ของแต่ละส่วน

(2) ค่าซ่อมบำรุงเครื่อง CR ในการควบคุมคุณภาพฯ ของแต่ละส่วน

ค. ต้นทุนค่าลงทุน (Capital Cost) ที่ใช้ในการศึกษานี้ คำนวณจากค่าเสื่อมราคาประจำปีในทางบัญชี (Annual Financial Cost) ดังสมการข้างล่างนี้

$$\text{Annual Financial Cost} = \frac{\text{Current Value}}{\text{Expected Useful Life}}$$

โดย Expected Useful Life ของอาคารสถานที่ อ้างอิงจากพระราชกฤษฎีกาว่าด้วยการหักค่าสึกหรอและค่าเสื่อมราคาของทรัพย์สิน ฉบับที่ 359 (2542) และ Expected Useful Life ของครุภัณฑ์ อ้างอิงจาก Estimated Useful Lives of Individual Items of Major Movable Equipment (American Hospital Association, 1978: 83-86) รายละเอียดในการรวบรวมต้นทุนค่าลงทุน ที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ในแต่ละส่วน(การจัดคอลลิเมเตอร์และลำรังสี, การจัดตัวของกริด, ความคงตัวของกระแสหลอดและการวัดขนาดของโฟคอลสปอต) ในวิธีฟิล์มและวิธี CR มีรายละเอียดดังนี้

- วิธีฟิล์ม: รวบรวมข้อมูลต้นทุนค่าลงทุนในวิธีฟิล์ม ดังนี้

(1) หาค่าเสื่อมราคาของคาสเซทที่ใช้ในการทดสอบคุณภาพฯ ของการจัดคอลลิเมเตอร์และลำรังสี, การจัดตัวของกริด และความคงตัวของกระแสหลอด

(2) หาค่าเสื่อมราคาของเครื่องเปลี่ยนฟิล์มอัตโนมัติและเครื่องล้างฟิล์ม สำหรับการทดสอบคุณภาพฯ ในแต่ละส่วน

(3) หาค่าเสื่อมราคาของเครื่องวัดความดำ (Densitometer: X-Rite Model 341) สำหรับการควบคุมคุณภาพฯ ในส่วนที่มีการวัดความดำของการจัดตัวของกริดและความคงตัวของกระแสหลอด

(4) รวบรวมปริมาณการใช้ฟิล์มทั้งหมดของแผนกเอกซเรย์วินิจฉัย เพื่อใช้ในการหาสัดส่วนของการใช้ครุภัณฑ์สำหรับการควบคุมคุณภาพฯ แสดงดังภาคผนวก ง.

(5) หาราคาประเมินทุนทรัพย์ของที่ดินซึ่งเป็นที่ตั้งของอาคารเฉลิมพระเกียรติ โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า เพื่อใช้ในการหาค่าเช่าตึก สำหรับการคำนวณค่าเสื่อมราคาของอาคารฯ แสดงดังภาคผนวก จ.

(6) หาค่าเสื่อมราคาของอาคารและสถานที่สำหรับการตั้งเครื่องล้างฟิล์ม, เครื่องเปลี่ยนฟิล์มอัตโนมัติ และสำหรับการจัดเก็บฟิล์ม ในการควบคุมคุณภาพแต่ละส่วน

- วิธี CR: รวบรวมข้อมูลต้นทุนค่าลงทุนที่ใช้ในวิธี CR ดังนี้

(1) หาค่าเสื่อมราคาของแผ่นบันทึกภาพ ในการควบคุมคุณภาพฯ

(2) หาค่าเสื่อมราคาของเครื่อง CR Kodak 850

(3) หาค่าเสื่อมราคาของเครื่องคอมพิวเตอร์ ในการควบคุมคุณภาพฯ

(4) หาค่าเสื่อมราคาของอาคารและสถานที่ สำหรับการตั้งเครื่อง CR และสำหรับการตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์ในการควบคุมคุณภาพแต่ละส่วน ประกอบด้วยค่าก่อสร้างอาคารและค่าเช่าที่ดิน

2. <u>การหาต้นทุนรวมโดยตรงของหน่วยสนับสนุน</u> ได้แก่

- หน่วยบริหารระดับกองรังสีกรรม
- หน่วยกำลังพล (เลื่อนยศ, ปลด, ย้าย) ระดับกองรังสีกรรม
- หน่วยส่งกำลังบำรุงระดับกองรังสีกรรม
- หน่วยเงินเดือนและค่าจ้างระดับกองรังสีกรรม
- หน่วยบริหารระดับโรงพยาบาล
- หน่วยกำลังพล (เลื่อนยศ, ปลด, ย้าย) ระดับโรงพยาบาล
- หน่วยส่วนการควบคุมสิ่งอุปกรณ์สายแพทย์ ระดับโรงพยาบาล
- หน่วยคลังสิ่งอุปกรณ์สิ้นเปลือง ระดับโรงพยาบาล
- หน่วยเงินเดือนและค่าจ้างระดับโรงพยาบาล

โดยรายละเอียดในการหาต้นทุนรวมโดยตรงของหน่วยสนับสนุนข้างต้นดังนี้

ก. รวบรวมต้นทุนค่าแรงของแต่ละหน่วยต้นทุนสนับสนุน ประกอบด้วยค่าเงินเดือน ค่าเช่าบ้าน เงินค่าครองชีพพิเศษ ค่าปฏิบัติล่วงเวลา เงินช่วยเหลือบุตร ค่าเล่าเรียนบุตร และค่ารักษาพยาบาลของบุคลากรที่ปฏิบัติงานในแต่ละหน่วยต้นทุนในห้วง 1 ส.ค. 2550 ถึง 31 ม.ค. 2551

ข. รวบรวมต้นทุนค่าวัสดุของแต่ละหน่วยต้นทุนสนับสนุน ประกอบด้วย ค่าวัสดุสำนักงาน ค่าสาธารณูปโภค ได้แก่ ค่าน้ำ และค่าไฟฟ้า

ค. รวบรวมต้นทุนค่าลงทุนของแต่ละหน่วยต้นทุนสนับสนุน

ขั้นที่3 การหาวิธีกระจายต้นทุนที่เหมาะสม (Allocation Criteria Determination) โดยการกระจายต้นทุนของหน่วยต้นทุนที่ทำหน้าที่สนับสนุนมาสู่หน่วยที่จะคิดต้นทุน (การควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปในแต่ละส่วน) ในการศึกษานี้ใช้วิธีการกระจายโดยตรง (Direct Distribution Method) ในการกระจายต้นทุน (Allocated Method) จากหน่วยต้นทุนสนับสนุนมายังหน่วยที่จะคิดต้นทุน โดยเกณฑ์การกระจายต้นทุน (Allocation Criteria) จากหน่วยต้นทุนสนับสนุนมายังหน่วยที่จะคิดต้นทุน มีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3.2 ดังนี้

ตารางที่ 3.2 แสดงเกณฑ์การกระจายต้นทุน (Allocation Criteria) จากหน่วยต้นทุนสนับสนุนมายังหน่วยที่จะคิดต้นทุน (การควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปในแต่ละส่วน)

ลำดับ	หน่วยต้นทุน	เกณฑ์การกระจายต้นทุน
1	หน่วยบริหารระดับกองรังสีกรรม	จำนวนบุคลากรของหน่วยที่จะคิดต้นทุน (การควบคุมคุณภาพฯ) และสัดส่วนเวลาการทำงานของบุคลากรนั้น ในการควบคุมคุณภาพฯแต่ละส่วน
2	หน่วยกำลังพล (เลื่อนยศ, ปลด, ย้าย) ระดับกองรังสีกรรม	จำนวนบุคลากรของหน่วยที่จะคิดต้นทุน (การควบคุมคุณภาพฯ) และสัดส่วนเวลาการทำงานของบุคลากรนั้นในการควบคุมคุณภาพฯแต่ละส่วน
3	หน่วยส่งกำลังบำรุงระดับกองรังสีกรรม	ต้นทุนค่าวัสดุทั้งหมดที่ได้มีการเบิกจากหน่วยส่งกำลังบำรุงระดับกองรังสีกรรมในการควบคุมคุณภาพฯในแต่ละส่วน ได้แก่ ค่าฟิล์ม, ซองฟิล์มและน้ำยาล้างฟิล์ม เป็นต้น
4	หน่วยเงินเดือนและค่าจ้างระดับกองรังสีกรรม	ค่าแรงและสวัสดิการของบุคลากรที่ปฏิบัติการควบคุมคุณภาพฯ และสัดส่วนเวลาการทำงานของบุคลากรนั้น ในการควบคุมคุณภาพฯแต่ละส่วน
5	หน่วยบริหารระดับโรงพยาบาล	จำนวนบุคลากรของหน่วยที่จะคิดต้นทุน (การควบคุมคุณภาพฯ) และสัดส่วนเวลาการทำงานของบุคลากรนั้น ในการควบคุมคุณภาพฯแต่ละส่วน

ตารางที่ 3.2 แสดงเกณฑ์การกระจายต้นทุน (Allocation Criteria) จากหน่วยต้นทุนสนับสนุนมายังหน่วยที่จะคิดต้นทุน (การควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปในแต่ละส่วน) (ต่อ)

6	หน่วยกำลังพล (เลื่อนยศ, ปลด,ย้าย)ระดับโรงพยาบาล	จำนวนบุคลากรของหน่วยที่จะคิดต้นทุน (การควบคุมคุณภาพฯ) และสัดส่วนเวลาการทำงานของบุคลากรนั้น ในการควบคุมคุณภาพฯแต่ละส่วน
7	หน่วยส่วนการควบคุมสิ่งอุปกรณ์สายแพทย์ ระดับโรงพยาบาล	ต้นทุนค่าวัสดุสายแพทย์ทั้งหมดที่ได้มีการเบิกจากส่วนการควบคุมสิ่งอุปกรณ์สายแพทย์ระดับ รพ. ในการควบคุมคุณภาพฯ ในแต่ละส่วน ได้แก่ ฟิล์ม และน้ำยาล้างฟิล์ม เป็นต้น
8	หน่วยคลังสิ่งอุปกรณ์สิ้นเปลือง ระดับโรงพยาบาล	ต้นทุนค่าวัสดุสิ้นเปลืองทั้งหมดที่ได้มีการเบิกจากหน่วยคลังสิ่งอุปกรณ์สิ้นเปลือง ระดับโรงพยาบาล ในการควบคุมคุณภาพฯในแต่ละส่วน ได้แก่ ซองฟิล์ม
9	หน่วยเงินเดือนและค่าจ้างระดับโรงพยาบาล	ต้นทุนค่าวัสดุสิ้นเปลืองทั้งหมดที่ได้มีการเบิกจากหน่วยส่งกำลังบำรุงระดับกองรังสีกรรมในการควบคุมคุณภาพฯ

ขั้นที่ 4 การหาต้นทุนรวมทั้งหมด (Full Cost Determination) ของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปทั้ง 4 ส่วน ของวิธีฟิล์มและวิธี CR หาได้จากการนำต้นทุนทางตรงของ การควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปในแต่ละส่วน(หน่วยที่จะคิดต้นทุน) รวมกับต้นทุนทาง อ้อมที่กระจายมาจากหน่วยต้นทุนสนับสนุน ดังสมการข้างล่างนี้

ต้นทุนรวมทั้งหมด = ต้นทุนทางตรงของหน่วยที่จะคิดต้นทุน + ต้นทุนทางอ้อม

ขั้นที่ 5 การคำนวณหาต้นทุนต่อการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป 1 ครั้ง ของแต่ละส่วน ของวิธีฟิล์มและวิธี CR คำนวณได้ดังสมการข้างล่างนี้

$$\text{ต้นทุนต่อการควบคุมคุณภาพฯ 1 ครั้งของแต่ละส่วน} = \frac{\text{ต้นทุนรวมทั้งหมด}}{\text{จำนวนครั้งในการทดสอบ (52 ครั้ง)}}$$

- **ทำการเปรียบเทียบต้นทุนต่อการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป 1 ครั้งของแต่ละส่วน ระหว่างวิธีฟิล์มและวิธี CR**

โดยการหาความแตกต่างของต้นทุนต่อการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป 1 ครั้งของแต่ละส่วนระหว่าง 2 วิธี

- **การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)**

เป็นการทดสอบความมั่นคงของข้อสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์บนพิสัยของการประมาณค่าความน่าจะเป็นเกี่ยวกับตัวเลขและข้อมูลต่างๆ ตลอดจนข้อสมมติพื้นฐานที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้วิจัยมีความมั่นใจในผลลัพธ์ที่ได้มากยิ่งขึ้น โดยในการศึกษานี้ตัวแปรที่มีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ต้นทุนต่อการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป 1 ครั้งทั้ง 4 ส่วน ของวิธีฟิล์มและวิธี CR มีดังนี้

1. ราคาฟิล์มอนาลอก: เนื่องจากฟิล์มมีความเปลี่ยนแปลงทางด้านราคา โดยจะสูงขึ้นทุกปี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากฟิล์มมีโลหะเงินเป็นองค์ประกอบหลัก จากรายงานราคาแร่เงินเคลื่อนไหวเฉลี่ย 5 ปีย้อนหลัง ตั้งแต่ พ.ศ. 2547 ถึง 2551 พบว่ามีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2551) ดังนั้นในการศึกษานี้จะทดลองเปลี่ยนแปลงค่าของราคาฟิล์มที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปี โดยการประมาณราคาฟิล์มในแต่ละปีที่จะเพิ่มขึ้น สามารถหาได้ดังสมการต่อไปนี้

$$Pn = Po(1+r)^n$$

เมื่อ Pn คือ มูลค่าเงินในปีที่ n และ Po คือมูลค่าเงินในปัจจุบัน

r คือ Interest Rate เท่ากับ Consumer Price Index (CPI) รวมทุกรายการ 10 ปีย้อนหลัง จากปี 2551 ถึง ปี 2542 โดยใช้ปี 2545 เป็นปีฐาน โดยการคำนวณใช้หลักการคำนวณของมูลค่าของเงินตามระยะเวลา (Time Value of Money) ในการคำนวณโดยใช้สูตรดังแสดงดังนี้

$$Pn = Po(1+r)^n$$

เมื่อ Pn คือ CPI รวมทุกรายการของปี 2551 = 124

Po คือ CPI รวมทุกรายการของปี 2542 = 96.2

ดังนั้น $124 = 96.2(1+r)^{10}$; $r = 0.0257$ หรือ 2.57 %

2. ค่าแรงของผู้ปฏิบัติการควบคุมคุณภาพ: เนื่องจากค่าแรงของผู้ปฏิบัติงานจะมีการเพิ่มสูงขึ้นทุกปี ดังนั้นค่าแรงจึงเป็นตัวแปรที่สำคัญที่จะมีผลต่อการวิเคราะห์ต้นทุน การทดลองเปลี่ยนแปลงต้นทุนค่าแรงเปลี่ยนที่จะเพิ่มขึ้นในแต่ละปี สามารถคำนวณได้ดังสมการข้างต้นที่ใช้ในการหาราคาฟิล์มในอนาคต

ขั้นตอนของการวิเคราะห์ความไวในการศึกษานี้ มีดังนี้

1. วิเคราะห์ความอ่อนไหวแบบทางเดียว โดยทดลองเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรดังกล่าวข้างต้น ทีละตัวแปร โดยให้ตัวแปรอื่นๆ มีค่าคงที่ แล้วทำการวิเคราะห์ต้นทุนของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปทั้ง 4 ส่วน ของวิธีฟิล์มและวิธี CR รวมทั้งเปรียบเทียบความแตกต่างของต้นทุนของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปทั้ง 4 ส่วน ระหว่าง 2 วิธีใหม่อีกครั้ง

2. วิเคราะห์ความอ่อนไหวแบบหลายทาง โดยทดลองเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรดังกล่าวข้างต้นทั้ง 2 ตัวแปรพร้อมกัน โดยให้ตัวแปรอื่นๆ มีค่าคงที่ แล้วทำการวิเคราะห์ต้นทุนของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปทั้ง 4 ส่วน ของวิธีฟิล์มและวิธี CR รวมทั้งเปรียบเทียบความแตกต่างของต้นทุนของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปทั้ง 4 ส่วน ระหว่าง 2 วิธี ใหม่อีกครั้ง

3. ทำการแปลผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความไว โดยการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของผลที่ได้จากข้อมูลพื้นฐาน (ต้นทุนการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปทั้ง 4 ส่วน ของวิธีฟิล์มและวิธี CR ก่อนทำการวิเคราะห์ความไว) มากน้อยอย่างไร รวมทั้งมีผลต่อความแตกต่างของต้นทุนของทั้ง 2 วิธี หรือไม่อย่างไร

- **โปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ต้นทุน**

การวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปทั้ง 4 ส่วนของทั้ง 2 วิธี ใช้โปรแกรม Excel ในการวิเคราะห์