บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไประหว่างการใช้เครื่องอ่านและแปลงสัญญาณภาพเอกซเรย์เป็นดิจิตอลและการใช้ฟิล์มนี้ ได้ทำการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง และสนับสนุนแนวคิดด้วยงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำเสนอเป็นหมวดหมู่ของเนื้อหาได้ดังนี้ คือ

- เครื่องเอกซเรย์ทั่วไปและส่วนประกอบพื้นฐาน
- องค์ประกอบและการเกิดภาพเอกซเรย์
- การควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป
- การประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์
- รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เครื่องเอกซเรย์ทั่วไปและส่วนประกอบพื้นฐาน

เครื่องเอกซเรย์ทั่วไป (General X-ray Machine) คือ เครื่องที่สามารถผลิตเอกซเรย์ ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 1.3×10^{-11} เมตร ถึง 4.8×10^{-11} เมตร โดยในวงการแพทย์ใช้เอกซเรย์ที่ผลิตได้นี้ร่วมกับอุปกรณ์ สำหรับการบันทึกถ่ายภาพอวัยวะของผู้ป่วย เช่น ฟิล์ม (Film) ซึ่งจะถูกใช้เป็นอุปกรณ์บันทึกภาพในระบบบันทึกภาพเอกซเรย์อานาลอก (Analogue X-ray Image) หรือแผ่นบันทึกภาพ (Imaging Plate) ที่นำมาใช้เป็นอุปกรณ์บันทึกภาพเอกซเรย์ดิจิตอล (Digital X-ray Image) เป็นต้น เพื่อให้ได้ภาพเอกซเรย์ ที่สามารถนำมาแปลผลพยาธิสภาพของผู้ป่วยใช้ในการวินิจฉัยโรคได้ (Harold and Cunningham,1983.)

ส่วนประกอบพื้นฐานของเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ หลายชนิด ในการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับส่วนประกอบเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปนี้ จะกล่าวถึงส่วนประกอบที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับการศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่ หลอดเอกซเรย์ (X-ray Tube), คอลลิเมเตอร์ (Collimator), ลำแสงไฟกำหนดพื้นที่ลำรังสี (Light Localization), เครื่องกำเนิดไฟฟ้า(Generator) และ กริด (Grid)

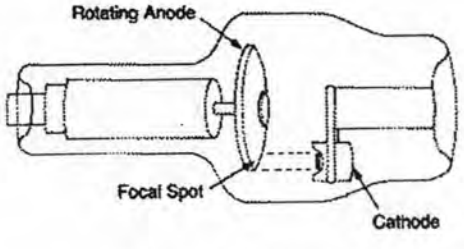
หลอดเอกซเรย์

เป็นแหล่งกำเนิดเอกซเรย์ จัดเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป หลอดเอกซเรย์มีลักษณะหลอดเป็นหลอดแก้วปลายปิด (Glass Envelope) ทำจากแก้วผสมโลหะที่ทนความร้อนได้สูงและมีความหนาพอที่จะทนแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นลงได้ ภายในหลอดแก้วมีลักษณะเป็นสุญญากาศ เพื่อป้องกันการชนกันของอิเลคตรอนและโมเลกุลของอากาศ ก่อนที่จะวิ่งไปถึงขั้ว Anode เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของหลอด (Curry III, Dowdey, and Murry, 1984: 10) ส่วนประกอบที่สำคัญของหลอดเอกซเรย์ มีดังนี้ คือ

1. คาโธด (Cathode) ทำหน้าที่เป็นอิเลคโตรดขั้วลบ ประกอบด้วย ไส้หลอด (filament) ซึ่งมีลักษณะเป็นขดลวดทังสเตนความยาวประมาณ 1 cm, Associated Circuit และ Metal Focusing Cup เมื่อเผาไส้หลอดให้ร้อนด้วยไฟฟ้า จะทำให้อิเลคตรอนในอะตอมของขดลวดได้รับพลังงานมากเพียงพอจึงถูกปลดปล่อยออกมาจากขั้วคาโธด โดยปริมาณเอกซเรย์ที่ได้จะขึ้นอยู่กับจำนวนอิเลคตรอนที่ถูกปลดปล่อยออกมานี้

2. อาโนด (Anode) เป็นอิเลคโตรดขั้วบวก ประกอบด้วย เป้าที่มีลักษณะเป็นแผ่นโลหะทังสเตนหนาประมาณ 2-3 mm โดยอาโนดจะทำหน้าที่เป็นเป้าให้อิเลคตรอนที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากคาโธดพุ่งชน การพุ่งชนของอิเลคตรอนมายังเป้าโลหะนี้ จะทำให้อิเลคตรอนสูญเสียพลังงานจลน์กลายเป็นเอกซเรย์ (Chesney and Chesney ,1971: 24-44)

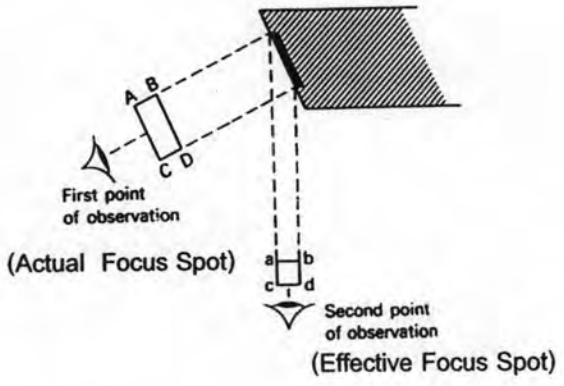
3. โฟคัลสปอต (Focal Spot) คือ จุดขนาดเล็กบริเวณเป้าโลหะที่อิเลคตรอน ซึ่งหลุดจากขั้วคาโธดจากการถูกเร่งด้วยความต่างศักย์สูงแล้ววิ่งไปชนเป้าโลหะ ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกดูดกลืนที่บริเวณ Focal Spot มีเพียงส่วนน้อยที่ตกลงมายังตัวรับภาพและทำให้เกิดภาพ แสดงดังภาพที่ 2.1



ROTATING ANODE TUBE.

ภาพที่ 2.1 บริเวณของเป้าโลหะที่ขั้วอาโนด ที่ถูกอิเลคตรอนซึ่งหลุดจากขั้วคาโธดชนแล้วทำให้เกิดเอกซเรย์

หากนำเอาอาโนดออกมาจากหลอดเอกซเรย์ มองดูจุดโฟกัสในทิศทางของสายตาที่ตั้งฉากกับเป้า ก็จะมองเห็นขนาดแท้จริงของจุดโฟกัส (Actual Focus Spot) แต่ถ้ามองในทิศทางตั้งฉากกับแกนยาวของหลอดเอกซเรย์ จะเห็นขนาดของจุดโฟกัสปรากฏ (Effective Focus Spot) แสดงดังภาพที่ 2.2 (Carter et al, 1994 : 3-24)



ภาพที่ 2.2 จุดโฟกัสจริงและจุดโฟกัสปรากฏ

ที่จุดโฟกัสนี้เปรียบเสมือนจุดกำเนิดแสง หรือจุดกำเนิดเอกซเรย์นั้นเอง โดยปัจจุบันเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปจะมีโฟคอลสปอต 2 ขนาด คือ โฟคอลสปอตขนาดเล็ก (Small Focal Spot) และโฟคอลสปอตขนาดใหญ่ (Large Focal Spot) โดยเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปทุกเครื่องจะระบุขนาดของโฟคอลสปอต ทั้ง 2 ขนาดนี้ ที่บริเวณรอบนอกของเกราะบังคับป้องกัน (Tube Housing) ซึ่งเป็นที่อยู่ของหลอดเอกซเรย์ ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้เอกซเรย์ผ่านออกมาในทิศทางที่ไม่ต้องการ และป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่วออกมาเป็นอันตรายกับผู้ใช้ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการตรวจสอบความมาตรฐานโดยทำการวัดขนาดของโฟคอลสปอตว่าตรงกับขนาดที่บริษัทผู้ผลิตระบุไว้หรือไม่ ทั้งนี้จุดโฟกัสทั้ง 2 ชนิดนี้ มีข้อดีและข้อเสีย แสดงได้ดังตาราง 2.1

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบระหว่างโฟกัสขนาดเล็กและโฟกัสขนาดใหญ่

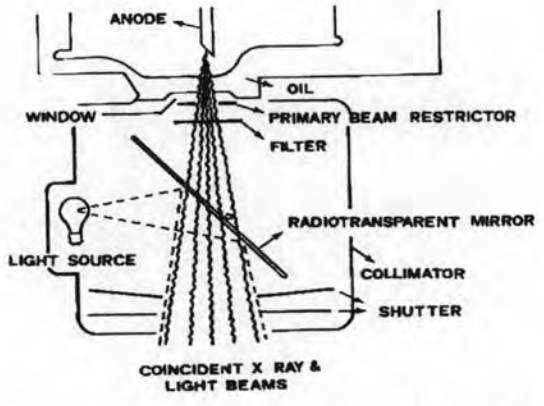
โฟกัสขนาดใหญ่ (Large Focal Spot)	โฟกัสขนาดเล็ก (Small Focal Spot)
พื้นที่รับกระแสอิเลคตรอนมาก จึงรับความร้อนได้สูง	พื้นผิวรับกระแสอิเลคตรอนน้อย จึงรับความร้อนที่เกิดขึ้นได้น้อย
เลือกใช้เวลาในการเอกซเรย์ได้สั้นกว่าเพื่อลดการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยได้	ไม่สามารถใช้เทคนิคเวลาสั้นๆ ในการเอกซเรย์ได้
ภาพที่ได้ไม่ชัดมีเงามัว	ภาพที่ได้คมชัดกว่า

คอลลิเมเตอร์

ทำหน้าที่กำหนดขอบเขตพื้นที่ลำเอกซเรย์ (จิตต์ชัย สุริยะไชยากร และ คณะ, 2539: 111) ให้แคบลงตามต้องการเมื่อต้องการถ่ายภาพเอกซเรย์ โดยทั่วไปลักษณะของคอลลิเมเตอร์จะเป็นแผ่นตะกั่วเลื่อนเข้าออกได้ 4 ด้าน (ศิริวรรณ บุญชรัตน์, 2545: 19)

ลำแสงไฟกำหนดพื้นที่ลำรังสี

เกิดจากหลอดไฟที่ส่องสะท้อนกระจกออกมาตามขอบเขตของคอลลิเมเตอร์ที่กำหนด ช่วยให้เจ้าหน้าที่สามารถเห็นขนาดของลำแสงไฟ ซึ่งจะมีขนาดเท่ากับขนาดของลำรังสีที่ต้องการจากการเปิดคอลลิเมเตอร์ แสดงดังภาพที่ 2.3 ทั้งนี้เนื่องจากการกำหนดลำรังสีที่จะใช้ในการเอกซเรย์ผู้ป่วย ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาจึงต้องใช้ลำแสงไฟกำหนดพื้นที่ลำรังสี (Carter et al, 1994: 91-94) ดังนั้นเครื่องเอกซเรย์ทุกเครื่องควรมีการตรวจความตรงกันของพื้นที่ของลำแสงไฟกับพื้นที่เอกซเรย์ เพื่อไม่ให้ผู้ป่วยได้รับรังสีเกินความจำเป็นในกรณีที่พื้นที่เอกซเรย์มากกว่าลำแสงไฟ และเพื่อไม่ให้มีการถ่ายภาพเอกซเรย์ไม่ครบถ้วนเนื่องจากพื้นที่เอกซเรย์เล็กเกินความเป็นจริงจากลำแสงไฟ ทำให้ผู้ป่วยอาจต้องถ่ายภาพเอกซเรย์ซ้ำ



ภาพที่ 2.3 ลักษณะภายในของคอลลิเมเตอร์และแนวของลำแสงไฟกับลำรังสี

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ทำหน้าที่เป็นตัวให้ความต่างศักย์กับหลอดเอกซเรย์ เพื่อให้ความร้อนกับคาโธดของหลอดเอกซเรย์ ทำให้ได้กระแสหลอดเอกซเรย์ตามที่ต้องการ เป็นตัวกำหนดเวลาของลำรังสี และช่วยป้องกันความเสียหายของหลอดเอกซเรย์ โดยเป็นตัวกำหนดค่าความต่างศักย์ ค่ากระแสหลอดเอกซเรย์และค่าเวลาในการฉายรังสี

กริด

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ช่วยตัดรังสีกระเจิงที่ทำให้คุณภาพของภาพเอกซเรย์เสียหายได้ ทั้งนี้เนื่องจากในการถ่ายภาพเอกซเรย์เพื่อการวินิจฉัยโรค ต้องการให้ได้ภาพเอกซเรย์ที่เห็นคอนทราส (Contrast) และรายละเอียดของอวัยวะชัดเจน ซึ่งจะช่วยทำให้การแปลผลเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ในการถ่ายภาพเอกซเรย์นั้นเมื่อเอกซเรย์ผ่านลำตัวผู้ป่วยแล้วจะมีรังสีกระเจิง เกิดขึ้นทุกทิศทุกทาง รังสีกระเจิงนี้แม้ว่าจะมีพลังงานต่ำแต่ก็จะมีผลทำให้เกิดความดำบนฟิล์มเอกซเรย์ได้ ความดำนี้จะทำให้ภาพรังสีมัวได้ ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพของภาพเอกซเรย์ให้มีคุณภาพดี จึงต้องใช้เครื่องมือชนิดหนึ่งที่เรียกว่า กริด มาใช้ประกอบในการถ่ายภาพเอกซเรย์ โดยสามารถตัดรังสีกระเจิงได้ถึง 95% เวลาใช้งานจะนำกริดวางอยู่ระหว่างอวัยวะส่วนที่จะถ่ายภาพกับฟิล์มเอกซเรย์ ทั้งนี้การใช้กริดที่ไม่มีคุณภาพจะทำให้เกิดภาวะทำลายกริดมีผลให้ภาพเอกซเรย์ที่ได้มีคุณภาพไม่ดี จึงควรทำการตรวจสอบการจัดตัวของกริด (Grid Alignment) เพื่อตรวจสอบความมาตรฐานของการทำงานของกริด (จิตต์ชัย สุริยะไชยากรและคณะ, 2539: 120-133)

องค์ประกอบและการเกิดภาพเอกซเรย์

การทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับองค์ประกอบและการเกิดภาพเอกซเรย์ในการศึกษานี้ จะกล่าวถึงเฉพาะองค์ประกอบและการเกิดภาพเอกซเรย์จากระบบฟิล์ม และจากระบบ CR เท่านั้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

ก. องค์ประกอบและการเกิดภาพเอกซเรย์จากระบบฟิล์ม

ฟิล์มเอกซเรย์ (Radiographic Film) ประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ ที่สำคัญ 4 ชั้นคือ แกนฟิล์ม (Base or Film support) ชั้นรองพื้น (Sub-Base) ชั้นของอิมัลชัน (Emulsion) และชั้นป้องกันผิวของอิมัลชัน (Overcoat) โดยชั้นที่ทำให้เกิดภาพ คือ ชั้นของอิมัลชัน เป็นชั้นที่ประกอบด้วยผลึกของสารประเภทซิลเวอร์แฮไลด์และเจลาติน โดยประมาณ 90 ถึง 99 %ใช้ผลึกของซิลเวอร์โบรไมด์ (Silver Bromide) และอีก 1 ถึง 10 % ใช้ซิลเวอร์ไอโอไดด์ (Silver Iodide) ผสมกัน สารเกลือเงินจะอยู่ในลักษณะเป็นเกล็ดหรือผลึก มีความสามารถในการดูดกลืนรังสีแล้วทำให้เกิดภาพเงาแฝง (Latent Image) บนแผ่นฟิล์ม โดยสารเกลือเงินเหล่านี้กระจัดกระจายอยู่ทั่วไปในเจลาติน ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้ผลึกของเกลือเงินแขวนอยู่ได้ (Curry III et al, 1984: 124-129) ชนิดของฟิล์มรังสี ในปัจจุบันฟิล์มที่ใช้ในด้านการแพทย์ แบ่งเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

1. สกรีนฟิล์ม (Screen-Film) เป็นฟิล์มที่นิยมใช้กันมากในทางการแพทย์ ฟิล์มชนิดนี้เมื่อจะนำไปบันทึกภาพเอกซเรย์ จะต้องใช้คู่กับอินเทนซิไฟอิงสกรีน (Intensifying Screen) ซึ่ง

ประกอบไปด้วยแกนทำด้วยกระดาษแข็งหรือ พลาสติกฉาบด้วยสารฟอสฟอร์ (Phosphor) โดยอินเทนซิไฟอิงสกรีนนี้จะติดไว้ภายในคาสเซททั้งด้านหน้าและด้านหลัง มีคุณสมบัติในการดูดกลืนพลังงานแสงคลื่นสั้นที่สายตามองไม่เห็น เช่น รังสีเอกซ์ แล้วปล่อยให้พลังงานแสงที่มีช่วงคลื่นยาวที่ตาสามารถมองเห็นได้ เช่น สีม่วง สีน้ำเงิน สีเขียว-เหลือง เป็นต้น เมื่อเอกซเรย์มาตกกระทบอินเทนซิไฟอิงสกรีน จะให้แสงเรืองออกมาและไปกระทบกับฟิล์มอิมัลชันที่หันหน้าไปสู่สกรีน ทำให้เกิดภาพได้ โดยแสงที่ได้จากการถ่ายภาพโดยใช้สกรีนนั้น 98% ได้มาจากการแสงที่เรืองมาจากสกรีน อีก 2 % ได้มาจากเอกซเรย์ซึ่งผ่านมายังฟิล์มเท่านั้น โดยข้อดีของการใช้อินเทนซิไฟอิงสกรีนร่วมกับฟิล์มในการถ่ายภาพเอกซเรย์ (Screen-Film) คือ ช่วยลดปริมาณรังสีที่ใช้ในการถ่ายภาพเอกซเรย์ได้หลายเท่า ทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีลดลง ช่วยยืดอายุการทำงานของหลอดเอกซเรย์ และสามารถถ่ายภาพคนไข้ที่ไม่อยู่นิ่งโดยใช้เวลาให้น้อยๆได้ เมื่อเทียบกับไม่ได้ใช้อินเทนซิไฟอิงสกรีน อย่างไรก็ตามข้อเสียของสกรีนฟิล์มคือ จะได้รายละเอียดของภาพดีไม่เท่ากับการไม่ใช้สกรีน (Non-Screen)

2. นันสกรีนหรือไดเรคเอกซโพเชอร์ฟิล์ม (Non-Screen or Direct Exposure Film) ฟิล์มชนิดนี้จะมีชั้นอิมัลชันหนากว่าสกรีนฟิล์ม ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้ร่วมกับอินเทนซิไฟอิงสกรีนได้ เนื่องจากแสงที่เรืองมาจากสกรีนไม่สามารถทะลุผ่านชั้นอิมัลชันหนา ๆ ได้ ในทางการแพทย์จะใช้นันสกรีนฟิล์มเมื่อต้องการบันทึกภาพที่ต้องการเก็บรายละเอียดสูง แต่มีข้อเสียคือ ต้องใช้ปริมาณรังสีในการถ่ายเอกซเรย์มาก

ข. ความสามารถในการดูดรังสีของอวัยวะต่างๆ ในร่างกาย

เมื่อเอกซเรย์ผ่านอวัยวะที่ต้องการถ่าย ซึ่งอวัยวะต่างๆจะมีความสามารถในการดูดกลืนรังสีแตกต่างกัน ดังนั้นรังสีที่ทะลุผ่านออกมาจึงมีปริมาณที่แตกต่างกัน เมื่อนำฟิล์มมารองรับแสง ฟิล์มจะบันทึกออกมาเป็นภาพ ภาพที่ได้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของผลึกเกลือเงิน เราเรียกภาพที่ได้นี้ว่า ภาพแฝง โดยภาพแฝงนี้ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จนกระทั่งนำฟิล์มผ่านขบวนการล้างฟิล์มเอกซเรย์เสียก่อน

ค. ขบวนการล้างฟิล์มเอกซเรย์ (Film Processing)

ขบวนการล้างฟิล์มเอกซเรย์ด้วยเครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ แบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

(1) การสร้างภาพ (Development) โดยใช้น้ำยาสร้างภาพหรือน้ำยาดีเวลลอปเปอร์ มีฤทธิ์เป็นด่าง มีค่า pH ~10.2 น้ำยาดีเวลลอปเปอร์จะเข้าไปทำปฏิกิริยากับผลึกเงินที่ได้รับแสง

ทำให้มองเห็นบริเวณที่ได้รับแสงเป็นสีดำ ความดำที่ปรากฏจะขึ้นอยู่กับปริมาณของแสงที่มากระทบฟิล์ม ถ้าแสงตกกระทบบนฟิล์มมากภาพบริเวณนั้นก็จะปรากฏเป็นดำมากกว่าบริเวณที่มีแสงตกกระทบน้อย

(2) การทำให้ภาพคงที่ (Fixing) โดยใช้น้ำยาฟิกเซอร์ซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรดทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ฟิล์มมีการสร้างภาพต่อไปอีก ขจัดผลึกซิเวอร์แฮไลด์ที่ไม่ถูกแสงออกให้หมด

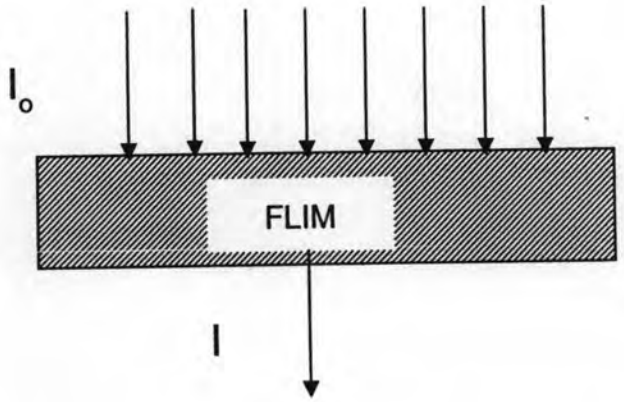
(3) การล้างน้ำ (Rinsing or washing) ใช้น้ำสะอาดและไหลหมุนเวียนตลอดเวลา สามารถล้างผิวหน้าฟิล์มทั้งสองด้านได้ทั่วถึง เพื่อขจัดสารเคมีต่าง ๆ ออกให้หมด มิเช่นนั้นจะทำให้ฟิล์มมีสีเหลืองเป็นคราบบนฟิล์มได้

(4) การทำให้ฟิล์มแห้ง (Drying) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการล้างฟิล์ม โดยการนำฟิล์มมาอบในความร้อนประมาณ 30-50 องศาเซลเซียส เพื่อให้ฟิล์มแห้งสะดวก ในการอ่านผลและเก็บรักษา (Curry III et al, 1984: 129-133)

โดยในขบวนการล้างฟิล์มที่กล่าวมาแล้วนั้น จะมีการใช้สารเคมีหลายชนิด เช่น Chromium, Iron, Zinc, Cadmium, Phenol, Cyano complexes, Hydroquinone, Ammonium, Phosphates, Nitrates, Detergents, oils และ tar รวมทั้งความเป็นกรด-ด่างของน้ำยาล้างฟิล์ม จึงทำให้การสร้างภาพเอกซเรย์จากระบบฟิล์มมีผลให้เกิดมลพิษในระบบนิเวศน์ทางน้ำได้ ดังนั้น โรงพยาบาลต่างๆ ควรมีระบบบำบัดน้ำเสียในการบำบัดน้ำเสียจากน้ำยาล้างฟิล์มที่ผ่านการล้างฟิล์มแล้ว ให้มีคุณภาพมาตรฐานก่อนไหลลงสู่บ่อระบายน้ำเสียสาธารณะ

ง. ความดำบนฟิล์ม (Optical density)

ความดำบนฟิล์ม คือ ความดำที่ปรากฏบนฟิล์มที่ล้างแล้ว เราสามารถวัดความดำของภาพได้ด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า เดนซิโตมิเตอร์ (Densitometer) พิจารณาภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 ความเข้มของแสงที่ตก (Incident light intensity: I_o) กระทบฟิล์ม และความเข้มของแสงที่ผ่าน (Transmitted light intensity: I)

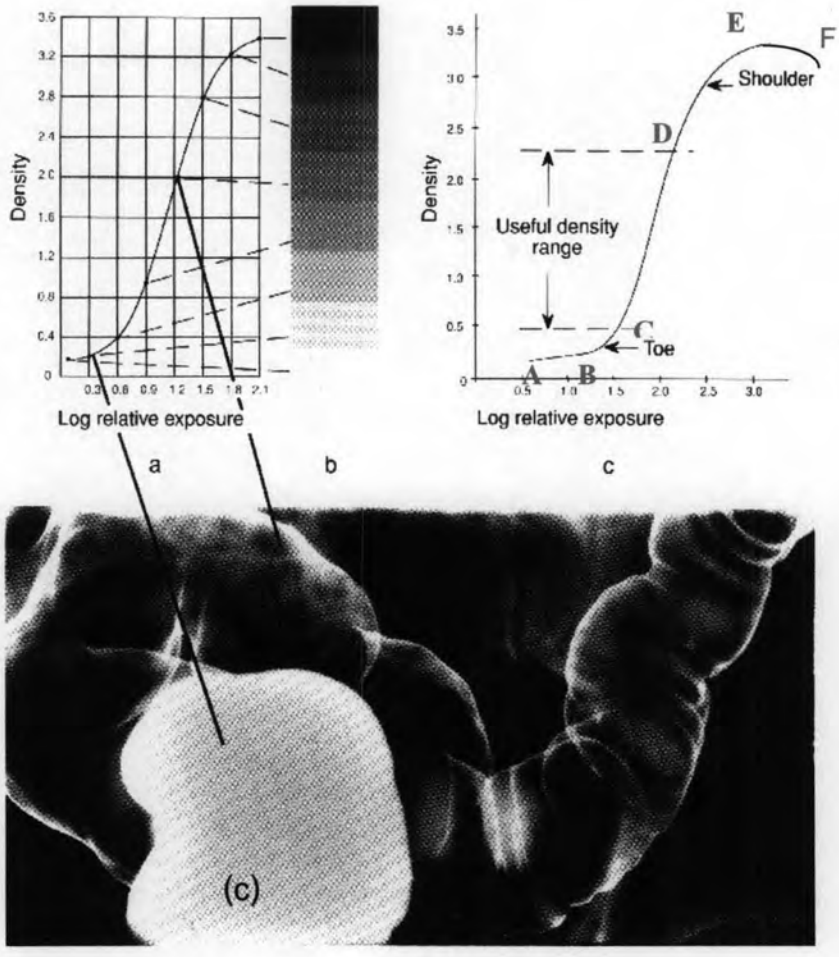
เราสามารถคำนวณหาค่าความดำบนฟิล์มได้ดังสูตรนี้

$$\text{Optical density (OD)} = \log [I_o/I]$$

เมื่อ I_o คือ ความเข้มของแสงที่ตกกระทบฟิล์ม

I คือ ความเข้มของแสงที่ทะลุผ่านฟิล์ม

เมื่อฟิล์มถูกกระทบด้วยแสงหรือรังสี จะเกิดปฏิกริยาเคมีบนสารเคมีที่เคลือบบนฟิล์ม เมื่อนำฟิล์มไปล้างจะเกิดความดำขึ้นบนฟิล์ม ถ้าปริมาณรังสีมากกระทบแผ่นฟิล์มมากและทะลุผ่านไปน้อยความดำก็จะมาก ในทางกลับกันถ้าปริมาณรังสีกระทบแผ่นฟิล์มน้อยความดำก็จะน้อย โดยความสัมพันธ์ระหว่างล็อคของเอกซโพเชอร์ (Logarithm of relative exposure) กับ OD บนฟิล์มนี้เรียกว่า Characteristic curve ถูกค้นพบโดย Hurter และ Driffield (Pizzutiello and Cullinan, 1993: 102-109) ดังนั้นบางทีจึงเรียกว่า H&D curve โดยทั่วไป H&D curve ของฟิล์มที่ใช้ในทางวินิจฉัยโรคจะมีลักษณะดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 Characteristic Curve (H&D Curve) ของฟิล์มเอกซเรย์ (a) ความ สัมพันธ์ระหว่าง Logarithm ของปริมาณรังสีสัมพัทธ์ (Relative Exposure) กับ Optical Density (b) Useful Density Range ที่ใช้ในการถ่ายภาพเอกซเรย์ทางการแพทย์ (c) ภาพถ่ายเอกซเรย์จากการสวนแป้งทาง Rectum บริเวณที่มีแป้งใน Rectum จะมีความดำใกล้ตำแหน่งส้นเท้า (Toe) และส่วน Colon จะมีความดำอยู่ในช่วง Useful Density Range

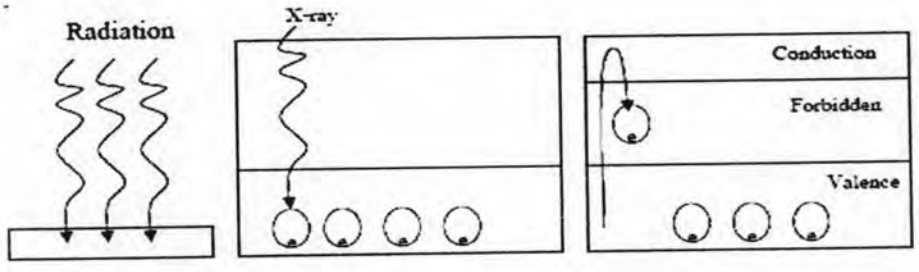
ข. องค์ประกอบและการเกิดภาพเอกซเรย์จากระบบ CR

เครื่องอ่านและแปลงสัญญาณภาพเอกซเรย์เป็นดิจิตอล (Computed Radiography: CR) ประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วน คือ แผ่นบันทึกภาพ (Imaging Plate) และเครื่องอ่านสัญญาณจากแผ่นบันทึกภาพ (CR Reader) (Seibert, 1999a, 2004b: 154; Rowlands, 2002: 124)

แผ่นบันทึกภาพ เป็นแผ่นรับสัญญาณทำหน้าที่รับเอกซเรย์ที่ผ่านตัวผู้ป่วยแทนการใช้ฟิล์ม ประกอบด้วยสาร Photostimulable Storage Phosphor (PSP) จำพวก Barium Fluorohalide (BaFX; X= Br, Cl, I) โดยทั่วไปจะใช้สารแฮไลด์ 2 ชนิดผสมกันคือ โบรไมด์ (Br) 85% และ ไอโอไดด์ (I) 15% กระตุ้น (Activate) ด้วย Europium(Eu^{2+}) แสดงเป็นสูตรโมเลกุลได้คือ $BaFBr_{0.85}I_{0.15}:Eu^{2+}$ (Frey and Sprawls, 1997:41) เมื่อแผ่นบันทึกภาพได้รับรังสีเอกซ์จะกระตุ้นผลึกสาร PSP นี้แตกตัวให้อิเลคตรอน ดังสมการข้างล่างนี้ (สุชาติ เกียรติวัฒนเจริญ, 2547: 57)

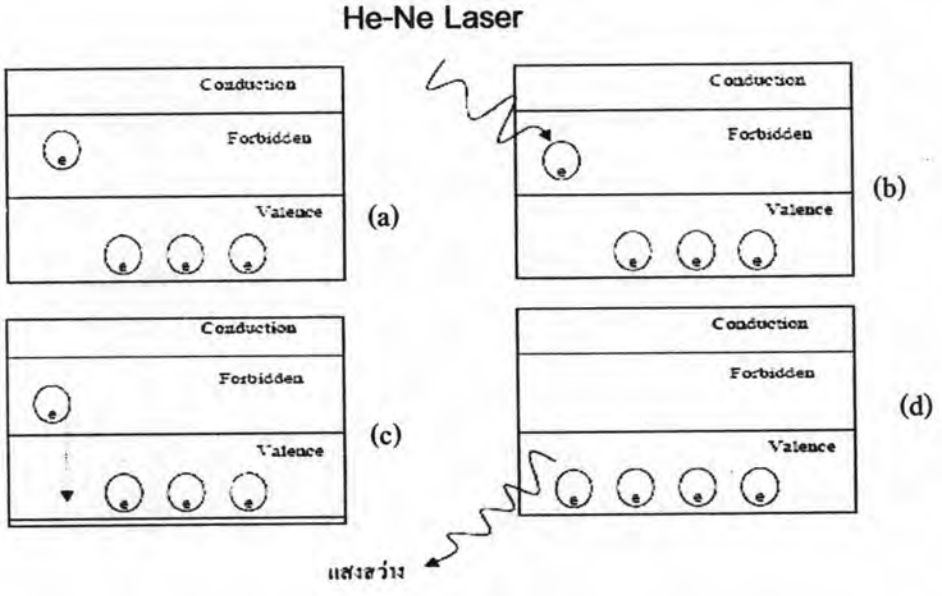
$$X\text{-ray} + Eu^{2+} \dashrightarrow Eu^{3+} + e^{-}$$

อิเลคตรอนนี้จะถูกกระตุ้นให้ขึ้นไปอยู่ในชั้น Conduction Band และเมื่ออิเลคตรอนพยายามกลับสู่สภาวะเดิมจะผ่านชั้น Forbidden Band อิเลคตรอนก็จะถูกดักจับไว้ในชั้นนี้ บริเวณที่อิเลคตรอนถูกดักจับไว้ในชั้นนี้เรียกว่า F-center แสดงดังภาพที่ 2.6 การที่อิเลคตรอนถูกดักจับให้อยู่ในชั้นนี้เปรียบเสมือนการเก็บพลังงานไว้จนกว่าจะมีการกระตุ้นให้คายพลังงานอีกครั้ง ด้วยการนำแผ่นบันทึกภาพนี้ไปผ่านเครื่องอ่านสัญญาณจากแผ่นบันทึกภาพ (Frey and Sprawls, 1997:42-43; Rowlands, 2002: 124) ในการใช้งานแผ่นบันทึกภาพนี้จะถูกสอดไว้ในคาสเซทเช่นเดียวกับระบบฟิล์ม (Pongnapang, 2005)



ภาพที่ 2.6 แผ่นบันทึกภาพเมื่อได้รับรังสี จะกระตุ้นให้อิเลคตรอนขึ้นไปอยู่ในชั้น Conduction Band และถูกดักจับไว้ในชั้นของ Forbidden Band

เครื่องอ่านสัญญาณจากแผ่นบันทึกภาพ (CR Reader) มีหลักการทำงานคือ จะใช้ลำแสง Helium–Neon Laser (Watson, 2004:1) สแกนไปยังแผ่นบันทึกภาพที่ได้รับการเอกซเรย์แล้ว ซึ่งเป็นตำแหน่งที่อิเลคตรอนถูกดักจับไว้ Laser Beam จะกวาดลำแสงไปตามแผ่นบันทึกภาพทีละแถวจากบนลงล่าง กระตุ้นให้อิเลคตรอนหลุดออกมาเมื่อ Laser Beam ผ่านตำแหน่งนั้นไป อิเลคตรอนจะกลับไปอยู่สภาวะเดิม โดยคายพลังงานออกมาในรูปของแสงสีน้ำเงินแกมเขียว แสดงดังภาพที่ 2.7 พลังงานนี้ส่งต่อไปยัง Photomultiplier Tube (PM-tube) ทำหน้าที่เปลี่ยนแสงที่ได้รับให้กลายเป็นอิเลคตรอนและยังเพิ่มจำนวนมากขึ้น เพื่อให้สัญญาณไฟฟ้ามีความแรงมากขึ้น จากนั้นจึงส่งไปยังภาคขยายสัญญาณอีกครั้ง สัญญาณที่ได้ขณะนี้เป็นสัญญาณแบบ Analog จะถูกทำการแปลงเป็น Digital Data โดย Analog to Digital (A/D) Converter เพื่อส่งข้อมูลให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลกลายเป็นภาพเอกซเรย์ดิจิตอล แล้วส่งภาพไปยังจอภาพคอมพิวเตอร์ให้แพทย์แปลผลโดยข้อมูลในแผ่นบันทึกภาพนั้น (Seibert, 2004: 156-159) เมื่ออ่านข้อมูลเรียบร้อยแล้วจะถูกลบข้อมูลเก่าทิ้งและสามารถนำไปบันทึกภาพเอกซเรย์ได้ใหม่ทันที โดยขั้นตอนการทำงานของ CR Reader แสดงดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 การทำงานของเครื่องอ่านสัญญาณภาพจากแผ่นบันทึกภาพ

(a) อิเลคตรอนถูกดักจับไว้ในชั้น Forbidden Band

(b) อิเลคตรอนถูกกระตุ้นด้วย Laser Beam ทำให้อิเลคตรอนหลุดจาก ชั้น Forbidden band

(c) อิเลคตรอนกลับสู่สภาวะ Ground State ในชั้น Valence Band พร้อมกับคายพลังงานออกมาในรูปของแสงสว่าง

(d) โดยแสงสว่างนี้จะถูกตรวจจับด้วย PM-Tube ต่อไป

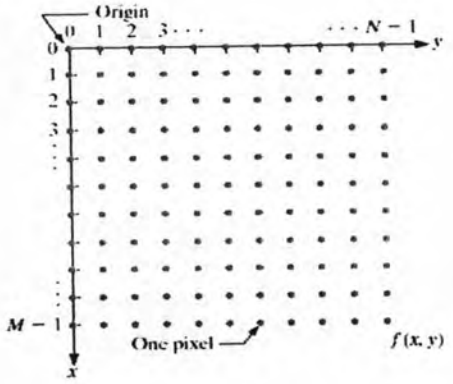
หลังจากนั้นภาพที่ได้จะส่งเข้าสู่ Image Processor ซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ปรับแต่งภาพ โดยสัญญาณภาพที่ได้จาก CR Reader จะออกมาอยู่ในรูป Digital Data และจะถูกจัดการให้เป็น ASCII Code (เลขฐาน 2) ป้อนข้อมูลนี้ให้หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit: CPU) ซึ่งอยู่ในส่วนของ Image Processor เพื่อนำไปประมวลผลตามความเข้มของสัญญาณไฟฟ้าแล้วทำให้อยู่ในรูปของ Imaging Format สามารถตบแต่งภาพให้มีความเข้ม คอนทราสความคมชัดหรือปรับ Gray Scale ให้เหมาะสม จากนั้นจะเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อส่งไปยังระบบความจำสำรอง เพื่อจัดเก็บหรือส่งภาพไปยังจอภาพแสดงผล (Display Unit) ต่อไป (สุชาติ เกียรติวัฒนเจริญ, 2547: 57-59)

ประโยชน์ที่สำคัญของการสร้างภาพเอกซเรย์ในระบบ CR คือ แผ่นบันทึกภาพจะมีความไวในการตรวจจับรังสีเอกซ์ได้มากกว่าฟิล์ม เมื่อพิจารณาถึง Characteristic Curve จะมีความเป็นเชิงเส้น มีช่วง Useful Density Range กว้างกว่าฟิล์มมาก (Pizzutiello and Cullinan, 1993: 167-169) และสามารถขยายภาพเพื่อดูรายละเอียดเฉพาะตำแหน่งได้ เมื่อใช้เครื่อง CR ร่วมกับเครื่องเอกซเรย์ในการถ่ายภาพเอกซเรย์ของผู้ป่วยจะได้ภาพเอกซเรย์ที่เป็นภาพดิจิตอล ซึ่งสามารถปรับภาพให้ได้คอนทราสตามต้องการหรือประมวลผลอื่นๆ ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ เช่น การวิเคราะห์ฟิล์มเสีย, การวิเคราะห์ภาระงานของบุคลากร เป็นต้น ขณะที่การถ่ายภาพเอกซเรย์ระบบเดิมที่ต้องใช้ฟิล์มนั้น เมื่อภาพเอกซเรย์ที่ได้มีคอนทราสที่ไม่เหมาะสมซึ่งอาจจะขาวหรือดำเกินไปจะไม่สามารถปรับแต่งภาพเพิ่มเติมได้ ทำให้ต้องมีการถ่ายภาพเอกซเรย์ซ้ำ เป็นการเพิ่มปริมาณรังสีให้แก่ผู้ป่วยโดยไม่จำเป็น และทำให้ต้นทุนของการถ่ายภาพเอกซเรย์สูงขึ้นอีกด้วย นอกจากนี้ภาพเอกซเรย์ที่ได้จากระบบ CR สามารถส่งต่อไปยังจออ่านภาพของรังสีแพทย์ (Workstation) เพื่อให้แพทย์แปลผลได้โดยไม่ต้องบันทึกภาพลงบนฟิล์ม ทำให้สามารถลดปริมาณการใช้ทรัพยากรต่างๆ เช่น ฟิล์ม, น้ำยาล้างฟิล์ม ลดมลภาวะเป็นพิษทางสิ่งแวดล้อมจากการใช้น้ำยาล้างฟิล์ม และลดระยะเวลาในทำงาน รวมทั้งพื้นที่ในการจัดเก็บฟิล์มได้เป็นจำนวนมาก ภาพเอกซเรย์ที่ได้สามารถเก็บอยู่ในสื่อดิจิตอลอื่นๆ ได้ เช่น คอมแพ็คดิสก์ (Compact Disc: CD) ทำให้สะดวกและง่ายต่อการจัดเก็บหรือเชื่อมต่อกับระบบ PACS (Picture Archiving and Communication System) ซึ่งเป็นระบบจัดเก็บและรับส่งข้อมูลภาพทางการแพทย์ไปยังจอภาพสำหรับวินิจฉัยทางการแพทย์ และสามารถกระจายข้อมูลไปยังระบบที่อยู่นอกแผนกเอกซเรย์วินิจฉัย โดยใช้คอมพิวเตอร์ระบบเครือข่ายเชื่อมโยงข้อมูลถึงกัน (Willis, 2002)

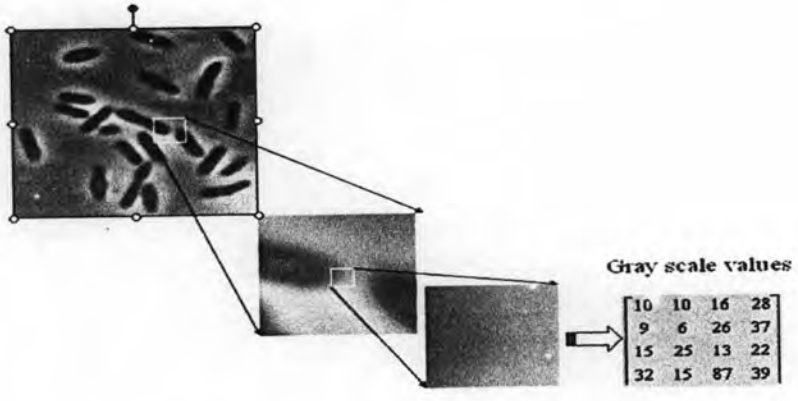
ภาพเอกซเรย์ที่ได้จากการสร้างภาพเอกซเรย์ในระบบ CR จะเป็นภาพดิจิตอล (Digital Image) โดยสัญญาณการสร้างภาพที่ได้จากเครื่องอ่านสัญญาณจากแผ่นบันทึกภาพ จะเป็นสัญญาณแบบ Analog แล้วถูกทำการแปลงเป็น Digital Data ด้วย A/D Converter โดยอาศัยหลักการพื้นฐานในการปรับเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าที่ออกจากเอาท์พุทของส่วนภาคขยายสัญญาณ ซึ่งมีแรงดันไฟฟ้า

ที่มีรูปคลื่นแบบ Sine Wave จากนั้นจะตรวจจับสัญญาณแล้วปรับเป็นรูปแบบดิจิตอล โดยความละเอียดของการนับวัดจะขึ้นอยู่กับจำนวนบิท (Bit) ของการแปลงสัญญาณ เรียกว่า Bit Depth ซึ่งเป็นค่าบ่งบอกความละเอียดของสัญญาณหรือรายละเอียดของภาพ (Spatial Resolution) เช่น ถ้าแปลงสัญญาณระบบ 8 บิท จะให้ความละเอียด 256 ระดับ (จำนวนระดับ เท่ากับ 2^n ระดับ เมื่อ n เท่ากับจำนวนบิท ที่ใช้แปลงข้อมูล ดังนั้นการแปลงสัญญาณการแปลงสัญญาณระบบ 8 บิท จะเท่ากับ 2^8=256) (สุชาติ เกียรติวัฒนเจริญ, 2547: 26)

ภาพดิจิตอล ประกอบขึ้นด้วย Pixel เรียงต่อ ๆ กันในแนวแกน x และ y รวมกันเป็นภาพ โดยที่พิกัด (x,y) คือ ตำแหน่งของพิกเซล (Pixel Location) แสดงดังภาพที่ 2.8 ซึ่งความละเอียดของภาพจะขึ้นกับจำนวนพิกเซล ค่าของพิกเซล (Pixel Value) แต่ละพิกเซลจะสัมพันธ์กับความเข้มของแสง แสดงดังภาพที่ 2.9 โดยทั่วไปเรียกว่าเฉดความสว่าง (Gray Scale) นั่นเอง (Digital Image Fundamentals, 2006)



ภาพที่ 2.8 พิกัดของแต่ละพิกเซลในภาพดิจิตอล



ภาพที่ 2.9 ค่าเฉดความสว่างของแต่ละพิกเซลในภาพดิจิตอล

โดยหน่วยของการวัดเฉดความสว่างของภาพดิจิตอล คือ Pixel Value ซึ่งจะแตกต่างจากภาพเอกซเรย์ที่ได้จากการสร้างภาพเอกซเรย์ในระบบฟิล์ม ที่มีหน่วยของการวัดความดำบนฟิล์มเอกซเรย์อนาลอกคือ Optical Density ปัจจุบันยังไม่มีมาตรฐานสากลในการแปลงหน่วยหรือหาความสัมพันธ์ระหว่าง Pixel Value กับ Optical Density ดังนั้นในการศึกษาเปรียบผลลัพธ์เกี่ยวกับเฉดความสว่างของภาพดิจิตอลกับความดำบนฟิล์มเอกซเรย์อนาลอก จึงจะต้องศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่าง Pixel Value กับ Optical Density ก่อน โดยการแปลงหน่วยของภาพทั้ง 2 ระบบ ให้เป็นหน่วยเดียวกันก่อนนำมาเปรียบเทียบผลลัพธ์กัน

การควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป

คุณภาพ หมายถึง คุณลักษณะของการบริการที่เป็นไปตามมาตรฐานที่เหมาะสม ปราศจาก ข้อผิดพลาด ทำให้เกิดผลลัพธ์ที่ดีต่อคุณภาพชีวิตและตอบสนองความต้องการเป็นที่พึงพอใจของผู้ใช้บริการ (อนุวัฒน์ ศุภชุติกุล และจิรุตม์ ศรีรัตนบัลล์, 2543: 5)

การประกันคุณภาพ เป็นการดำเนินการเพื่อคุณภาพที่มีแนวคิดมุ่งเน้นที่ความสอดคล้องกับมาตรฐานที่กำหนดไว้ล่วงหน้า เพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอของผลการปฏิบัติงานในระดับที่เป็นที่ยอมรับ โดยให้ความสำคัญกับผลได้ (Outcome) โดยการวางระดับของผลที่ต้องการไว้เป็นมาตรฐานแล้วดำเนินการตรวจสอบ (Inspect) ว่าผลที่ได้ถึงมาตรฐานที่กำหนดไว้ล่วงหน้าหรือไม่ โดยสิ่งที่สำคัญที่สุดของการประกันคุณภาพ คือ การป้องกันปัญหาไม่ให้เกิดซ้ำอีก (อนุวัฒน์ ศุภชุติกุล และจิรุตม์ ศรีรัตนบัลล์, 2543: 16)

การควบคุมคุณภาพ หมายถึง กิจกรรมและกลวิธีการปฏิบัติซึ่งมีเป้าหมายเพื่อให้ผลผลิตหรือการให้บริการนั้นมีคุณภาพตามผู้รับบริการต้องการอยู่เสมอ โดยการตรวจสอบ การวัด และการทดสอบที่มุ่งจะควบคุมวัตถุดิบ กระบวนการ และกำจัดสาเหตุของข้อบกพร่องที่เกิดจากการดำเนินการทั้งหมด ในงานรังสีวินิจฉัย กิจกรรมของการควบคุมคุณภาพส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับคุณภาพของภาพรังสี (Image Quality) และคุณภาพของอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้บริการ (จิตต์ชัย สุริยะไชยากร และคณะ, 2539: 5; เรืองวิทย์ เกษสุวรรณ, 2547: 223-224)

การควบคุมคุณภาพงานรังสีวินิจฉัย คือ กิจกรรมที่จัดทำขึ้นเพื่อรักษาคุณภาพของภาพรังสีให้ได้มาตรฐาน ด้วยปริมาณรังสีและค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม ซึ่งผลจากการควบคุมคุณภาพของภาพรังสี อาจพบการเปลี่ยนแปลงที่เป็นสัญญาณเตือนล่วงหน้าว่าเครื่องมือที่ใช้อยู่ควรได้รับการตรวจบริการหรือต้องสอบเทียบมาตรฐานใหม่ (Calibration) ทำให้สามารถแก้ไขหรือซ่อมบำรุงได้ก่อนเกิดความเสียหาย โดยวัตถุประสงค์หลักของการควบคุมคุณภาพงานรังสีวินิจฉัย คือ

1. เพื่อรักษาคุณภาพของภาพรังสีให้ดีเพียงพอสำหรับการวินิจฉัย ด้วยปริมาณรังสีและค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม

2. เพื่อให้ทราบความบกพร่อง ความเสื่อม หรือความเสียหายของอุปกรณ์ เครื่องมือไว้ล่วงหน้า ก่อนที่สิ่งเหล่านี้จะทำให้ได้ภาพรังสีไม่มีคุณภาพ (จิตต์ชัย สุริยะไชยากร และคณะ, 2539: 6-7)

การควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป คือ กิจกรรมที่จัดทำขึ้นเพื่อตรวจสอบความมาตรฐานของเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งสำหรับการผลิตภาพเอกซเรย์ให้มีคุณภาพ โดยการใช้ปริมาณรังสีและค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม ด้วยการตรวจสอบและการวัด กลไกการทำงานขององค์ประกอบต่างๆของเครื่องเอกซเรย์ ว่ามีผลอยู่ในระดับมาตรฐานที่กำหนดไว้ล่วงหน้าหรือไม่

เนื่องจากเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปจะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ หลายส่วน ซึ่งแต่ละส่วนจะมีการแปรเปลี่ยนไปตามกาลเวลาหลังจากถูกนำมาใช้งาน โดยการผลิตภาพเอกซเรย์ให้มีคุณภาพสามารถใช้ในการแปลผลพยาธิสภาพของผู้ป่วยได้ จะต้องใช้กลไกส่วนต่างๆของเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปดังต่อไปนี้ ค่ากระแสไฟฟ้า (mA), กิโลโวลท์เตจ (kV), เวลา (Exposure Time), การกรองรังสีเอกซ์ (Beam Filtration), การวัดขนาดโฟคอลสปอต (Focal Spot Size of Measurement), การจัดตัวของกริด (Grid Alignment) และการจัดคอลลิเมเตอร์และลำรังสี (Collimator and Beam Alignment) ดังนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องควบคุมคุณภาพองค์ประกอบดังกล่าวข้างต้น ให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีตลอดเวลา โดยควรกระทำเป็นประจำทุกวงรอบตามที่กำหนดไว้ (National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP) Report No. 99, 1995)

การประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์

เศรษฐศาสตร์ เป็นการศึกษาถึงพฤติกรรมของมนุษย์และสังคม ในการตัดสินใจเลือกใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดและสามารถใช้ประโยชน์ได้หลายทาง มาใช้ในการผลิตสินค้าและบริการอย่างประหยัดหรือมีประสิทธิภาพสูงสุด รวมทั้งหาทางกระจายสินค้าและบริการเหล่านั้นไปยังบุคคลในสังคมให้ได้รับความพอใจสูงสุด ทั้งนี้เนื่องจากไม่มีประเทศใดในโลกที่จะมีทรัพยากรมากพอ ที่จะให้บริการแก่ประชาชนทั้งประเทศตามต้องการทุกอย่างโดยไม่มีข้อจำกัด ทรัพยากรของแต่ละประเทศมีจำกัดแม้ประเทศที่ร่ำรวยก็มีทรัพยากรจำกัด โดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนาความขาดแคลนและความจำกัดยิ่งทวีความรุนแรงขึ้น ดังนั้นทุกประเทศจึงประสพปัญหาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ระบบเกี่ยวกับการวิเคราะห์ระบบที่เป็นอยู่ วิเคราะห์การใช้ทรัพยากรและการเลือกระหว่างทางเลือกหลายๆทาง ในอันที่จะใช้ทรัพยากรที่จำกัดนั้นให้เกิดประโยชน์สูงสุด จะเห็นได้

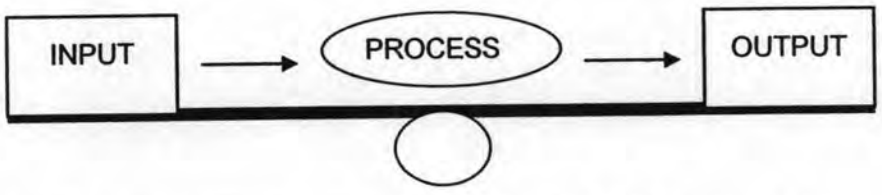
ว่าการประยุกต์เศรษฐศาสตร์ในการนำมาวิเคราะห์ปัญหาด้านการแพทย์ (Medical Economics) และการสาธารณสุข (Health Economics) เป็นการปรับวิธีการและแนวการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ให้เข้ากับลักษณะของบริการด้านการแพทย์และการสาธารณสุข ในการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่เหมาะสมมีประสิทธิภาพสูงสุดในการให้บริการที่มีคุณภาพแก่ผู้ป่วย โดยการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่เหมาะสมนั้นควรจะกระทำภายใต้พื้นฐานการพิจาณาระหว่างผลที่คาดว่าจะได้รับ (Benefit) และต้นทุน (Cost) ที่คาดว่าจะเสียไป (สมคิด แก้วสนธิ และภิรมย์ กมลรัตนกุล, 2534: 3-5; มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2545:16; ภิรมย์ กมลรัตนกุล, 2549: 1) โดยทั่วไปแล้วเกณฑ์การตัดสินใจเลือกทางเศรษฐศาสตร์ ก็คือการพิจารณาถึงความคุ้มค่าของการลงทุนหรือการให้บริการ ทั้งนี้โดยมีการวิเคราะห์เปรียบเทียบ (Comparative Analysis) ระหว่างสิ่งที่ต้องใช้ไป (Input) กับผลที่คาดว่าจะได้รับ (Output) จากการให้บริการนั้น (ภิรมย์ กมลรัตนกุล, 2530, เล่ม 10: 772)

การประเมินผล (Evaluation) เป็นคำที่รวมการวัด (Measurement) และการประเมินค่า (Assessment) ของสิ่งที่วัดนั้น (สมคิด แก้วสนธิ และภิรมย์ กมลรัตนกุล, 2534: 9) ภิรมย์ กมลรัตนกุล (2549:6) ได้ให้ความหมายของการประเมินผลว่า "การประเมินผล" เป็นกิจกรรมที่กระทำเมื่อต้องตัดสินใจเลือกระหว่างทางเลือกหลายๆ อย่าง โดยใช้เกณฑ์ต่างๆในการตัดสินใจ ซึ่งเกณฑ์ต่างๆ เหล่านี้มักอิงกับเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์เป็นสำคัญ ดังนั้นผู้ประเมินจำเป็นต้องระบุว่าการประเมินนั้น ประเมินในสายตาหรือมุมมองของใคร และพยายามให้ผลการประเมินนั้นใกล้เคียงกับความถูกต้องและเชื่อถือได้มากที่สุด

การประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic Evaluation) เป็นกระบวนการของการตัดสินใจเกี่ยวกับความเป็นประโยชน์หรือความเหมาะสมของกิจกรรมหรือโครงการ ซึ่งการตัดสินใจนี้จะต้องทำก่อนการเริ่มกิจกรรมหรือโครงการนั้นๆ โดยทำการวิเคราะห์ด้วยการเปรียบเทียบทางเลือกต่างๆ ในรูปของต้นทุนและผลที่ตามมา (สมคิด แก้วสนธิ และภิรมย์ กมลรัตนกุล, 2534: 12; Drummond MF et al, 1997: 7-9)

จุดประสงค์ของการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อหาประสิทธิภาพของการรักษาทางการแพทย์หรือโครงการทางสาธารณสุข ว่าผลลัพธ์ที่ได้คุ้มค่ากับต้นทุนที่ใส่เข้าไปหรือไปหรือไม่ โดยการประเมินทางเศรษฐศาสตร์จะช่วยตัดสินใจหาทางเลือกของการจัดสรรงบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัดของประเทศได้

ทางเลือก (Choice) มีได้ตั้งแต่ การรักษาหรือไม่รักษา หรือเลือกว่า จะรักษาใคร จะรักษามากน้อยเพียงใด หรือเลือกใช้บริการใดอย่างไร ฯลฯ โดยการตัดสินใจว่าจะเลือกทางใดก็ต้องมีการเปรียบเทียบว่า ทางเลือกนั้นใช้ปัจจัยนำเข้ามากหรือน้อย กระบวนการยุ่งยากหรือมีต้นทุนเพิ่มขึ้นอีกหรือไม่กับผลที่ได้เป็นอย่างไรพิจารณาภาพที่ 2.10 (ศุภสิทธิ์ พรรณนารุโณทัย, 2544:84)



ภาพที่ 2.10 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างปัจจัยนำและผลลัพธ์

เมื่อมีการเปลี่ยนทางเลือก ปัจจัยนำเข้าเปลี่ยน กระบวนการเปลี่ยน และผลลัพธ์ก็จะเปลี่ยนไป จึงเกิดแบบวิธีต่าง ๆ ของการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจหาทางเลือกที่ดีที่สุด

ลักษณะที่สำคัญของการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ ควรจะประกอบไปด้วยกิจกรรมพื้นฐาน 2 ประการ คือ

1. มีการเปรียบเทียบระหว่างทางเลือก (Comparison of Alternatives)
2. การคำนึงถึงทั้งต้นทุนและผลที่ได้ (Examination of Costs and Consequences of the Alternatives) (ศุภสิทธิ์ พรรณนารุโณทัย, 2544:85; ภิรมย์ กมลรัตนกุล, 2549: 14)

พิจารณาตารางที่ 2.2 การประเมินโดยไม่มีการเปรียบเทียบระหว่างทางเลือก (A1, A2, B) และการประเมินที่มีการเปรียบเทียบระหว่างทางเลือกแต่พิจารณาเฉพาะต้นทุนหรือผลได้เพียงอย่างเดียว (C1 และ C2) ทำให้การประเมินผลนั้นไม่สมบูรณ์ (Partial Evaluation) ภิรมย์ กมลรัตนกุล (2549:16 -17) จำแนกชนิดของการประเมินผลได้ 6 ชนิด ดังนี้

1. การประเมินต้นทุน (Cost Description: A1) เป็นการวิเคราะห์เฉพาะต้นทุนของบริการชนิดหนึ่งโดยไม่มีการเปรียบเทียบกับบริการชนิดอื่น
2. การประเมินผลที่ได้ (Outcome Description: A2) เป็นการวิเคราะห์เฉพาะผลได้ของบริการชนิดเดียวเท่านั้น ซึ่งจะคล้ายกับการประเมินในวิธีแรก

3. การประเมินต้นทุน-ผลที่ได้ของบริการชนิดเดียว (Cost-Outcome Description: B) เป็นการประเมินที่สมบูรณ์กว่า 2 วิธีแรก เนื่องจากมีการคำนวณทั้งต้นทุนและผลได้จากบริการนั้นๆ แต่อย่างไรก็ตามการประเมินวิธีนี้ยังเป็นการประเมินเฉพาะบริการชนิดเดียว ไม่มีการเปรียบเทียบกับบริการอื่น จึงยังคงมีข้อจำกัดในการนำผลไปใช้

4. การเปรียบเทียบต้นทุน (Cost Analysis: C1) เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบเฉพาะต้นทุน ของบริการตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป เพื่อหาคำตอบว่าบริการอย่างไหนจะใช้ต้นทุนน้อยที่สุด ข้อจำกัดของการประเมินโดยวิธีนี้ คือ ไม่มีการวัดผลที่ได้ของบริการมาเปรียบเทียบกัน จึงก่อให้เกิดปัญหาได้มาก ถ้าผลที่ได้จากบริการทั้งสองแตกต่างกัน

5. การประเมินประสิทธิผล (Efficacy or Effectiveness: C2) เป็นการเปรียบเทียบผลที่ได้ของบริการตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ว่าวิธีไหนจะให้ผลดีกว่ากัน โดยไม่คำนึงถึงต้นทุนที่ใช้โดย การประเมินประสิทธิผลเป็นขั้นตอนสำคัญของการประเมินทางเศรษฐศาสตร์เพราะก่อนที่จะมีการประเมินประสิทธิภาพ (Efficiency or Economic Evaluation) ของบริการใดก็ตาม จะต้องมีการพิสูจน์ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่เชื่อถือได้เสียก่อนว่าบริการนั้นมีประสิทธิผล เพราะบริการที่ไร้ประสิทธิผล แม้จะมีต้นทุนต่ำกว่า ก็ไม่สมควรนำไปใช้

6. การประเมินประสิทธิภาพ (Efficiency or Economic Evaluation: D) เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบทั้งต้นทุนและผลที่ได้ระหว่างบริการตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ว่าวิธีไหน จะให้ผลดีที่สุดด้วยต้นทุนที่ต่ำที่สุด ดังนั้นการประเมินผลโดยวิธีนี้จึงจัดได้ว่าเป็นขั้นตอนที่สมบูรณ์ที่สุดของการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ ทั้งนี้ในการประเมินประสิทธิภาพ จำเป็นต้องทราบว่าการประเมินนั้นประเมินในทัศนะของใครโดยทัศนะของผู้ประเมินต้นทุน แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

ก. ต้นทุนในทัศนะของผู้ให้บริการ (Provider)

ข. ต้นทุนในทัศนะของผู้ป่วย (Patient)

ค. ต้นทุนในทัศนะของสังคม (Society) หมายถึงผลรวมของต้นทุนทั้งหมดที่เกิดขึ้น เช่น การทำลายสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 2.2 ลักษณะการประเมินผลชนิดต่าง ๆ ของการบริการสาธารณสุข (Drummond MF et al, 1997: 10; ภิรมย์ กมลรัตนกุล, 2549: 15)

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td colspan="3">พิจารณาทั้งต้นทุนและผลได้</td></tr>
<tr><td colspan="2">พิจารณาเฉพาะต้นทุนหรือผลได้อย่างเดียว</td><td rowspan="2">พิจารณาทั้งต้นทุนและผลได้</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>พิจารณาเฉพาะต้นทุนอย่างเดียว</td><td>พิจารณาเฉพาะผลได้อย่างเดียว</td></tr>
<tr><td rowspan="2">การเปรียบเทียบระหว่างทางเลือก</td><td>ไม่มี</td><td>A1 Partial Evaluation
Cost Description</td><td>A2
Outcome Description</td><td>Partial Evaluation B
Cost-Outcome Description</td></tr>
<tr><td>มี</td><td>C1 Partial Evaluation
Cost Analysis</td><td>C2
Efficacy or Effectiveness Evaluation</td><td>Full Economic Evaluation (Efficiency Evaluation) D
Cost-Minimization Analysis
Cost-Effectiveness Analysis
Cost-Benefit Analysis
Cost-Utility Analysis</td></tr>
</table>

ขั้นตอนเบื้องต้นสำหรับการดำเนินการประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์

มีขั้นตอนเบื้องต้นสำหรับการดำเนินการ แบ่งเป็น 6 ขั้นตอนดังนี้ คือ (สมคิด แก้วสนธิ และภิรมย์ กมลรัตนกุล, 2534: 133; ศุภสิทธิ์ พรรณนารุโณทัย, 2544:88)

1. กำหนดจุดแบ่งระหว่างรายการ (Transaction Point) โดยการกำหนดจุดแบ่งระหว่างรายการที่จะนับเป็นต้นทุน (Input) และผลได้ (Outcome) การกำหนดจุดที่เหมาะสมสำหรับการแบ่งระหว่างรายการที่ใช้ไปกับที่ได้ออกมานั้น ต้องสัมพันธ์กับวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์และการประเมินผล

2. กำหนดรายการที่จะนับ โดยกำหนดกรอบของรายการที่จะนับเป็นต้นทุนและผลได้ เช่น จะนับเฉพาะต้นทุนที่เกิดกับผู้ให้บริการ หรือนับต้นทุนที่เกิดกับผู้รับบริการด้วย จะนับรายการใดบ้าง เช่น รายการที่จะนับเป็นต้นทุนจะนับเฉพาะรายการที่จ่ายไปจริงและมองเห็นหรือจะนับค่าความสูญเสียซึ่งประเมินขึ้นมารวมด้วย

3. กำหนดหน่วยของการวัด หากตัวแปรมีหน่วยกำหนดไว้ชัดเจนก็ไม่มีปัญหาในการประเมิน แต่หากตัวแปรไม่ได้มีหน่วยของการวัดที่ชัดเจน จะต้องกำหนดหน่วยของการวัดขึ้น และอธิบายเหตุผลว่าทำไมจึงกำหนดหน่วยของการวัดเช่นนั้น

4. กำหนดวิธีการวัดและการประเมินค่าของตัวแปร ว่าจะใช้วิธีการวัดและการประเมินค่าของตัวแปรอย่างไร ทำไมจึงประเมินค่าโดยวิธีการที่กำหนดนั้น

5. กำหนดมิติในเรื่องของเวลาเพื่อการประเมิน เช่น เวลาที่กำหนดเพื่อการนับต้นทุนและเวลาที่กำหนดเพื่อการนับผลได้ โดยการประเมินผลจะแตกต่างกันมากถ้ากรอบเวลาที่ใช้นับแตกต่างกัน ทั้งนี้ผู้วิเคราะห์จะต้องกำหนดกรอบเวลาการวัดและเหตุผลให้ชัดเจน

6. ปรับค่าเพื่อลดความไม่แน่นอน ที่เกิดจากสถานการณ์เปลี่ยนแปลง โดยการทำ Sensitivity Analysis

การจำแนกประเภทต้นทุน การวัด และการประเมินค่าต้นทุน

ต้นทุน (Cost)

ต้นทุน หมายถึง มูลค่าของทรัพยากรที่ถูกใช้ไปเพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิต (Final Products หรือ Output) หรือบริการ โดยมูลค่าที่ถูกใช้ไปนั้นจะต้องสามารถวัดได้เป็นหน่วยเงินตรา ในภาครัฐต้นทุนนี้จะไม่เท่ากับค่าบริการ เพราะภาครัฐจะมีการอุดหนุนบางส่วนโดยรัฐบาล ดังนั้นค่าบริการมักจะต่ำกว่าทุน แต่ในภาคเอกชนมักมีวัตถุประสงค์ของการให้บริการเพื่อแสวงหากำไร จึงทำให้ค่าบริการมักจะสูงกว่าต้นทุน (ภิรมย์ กมลรัตนกุล, 2549: 29; เดชา อินเด, 2547: 5)

ต้นทุน อาจแบ่งเป็น 2 กรณี คือ ต้นทุนทางบัญชี (Accounting Cost) และต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Cost) (ภิรมย์ กมลรัตนกุลและคณะ, 2544: 11)

ต้นทุนทางบัญชี จะนับเฉพาะรายการที่เป็นตัวเงินซึ่งได้จ่ายไปจริงและมองเห็นเท่านั้น (Monetary Cost and Explicit Cost) ขณะที่ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ หมายถึงทรัพยากรที่ใช้ไปทั้งที่เป็นตัวเงิน(Monetary Cost) และไม่เป็นตัวเงิน (Non-Monetary Cost) รวมทั้งผลพวงทางด้านลบ (Negative Consequence) ซึ่งไม่ได้เป็นค่าใช้จ่ายและมองไม่เห็น (Implicit cost) แต่จะมีการกำหนดค่าประเมินขึ้นและนับรวมเข้าเป็นต้นทุน โดยจะมีการพิจารณาต้นทุนค่าเสียโอกาส

(Opportunity Costs) ซึ่งเป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการตัดสินใจนำทรัพยากรที่มีอยู่ไปใช้กับทางเลือกหนึ่งทำให้พลาดโอกาส ที่จะนำทรัพยากรนั้นไปทำให้เกิดประโยชน์กับทางเลือกอื่น ดังนั้นต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์มักหมายถึง "ค่าเสียโอกาส" ของการใช้ปัจจัยการผลิตนั้น ซึ่งมีค่าเท่ากับผลได้ที่ดีที่สุดที่สูญเสียไป เพราะการนำปัจจัยการผลิตนั้นไปใช้ในกิจการรมอื่น (Maximum Benefit Foregone) จึงทำให้ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ มักสูงกว่าต้นทุนในทางบัญชี (ภิรมย์ กมลรัตนกุล, 2549: 29)

การจำแนกประเภทต้นทุน

สามารถจำแนกได้เป็นหลายประเภทขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่จะนำข้อมูลไปใช้และมุมมองของการประเมิน การจำแนกประเภทต้นทุนที่สำคัญมีดังนี้ (ภิรมย์ กมลรัตนกุล, 2549: 30-35; ภิรมย์ กมลรัตนกุลและคณะ, 2544: 11-14) คือ

1. การแจกแจงต้นทุนตามโดยใช้เกณฑ์ของปัจจัยการผลิต แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

ก. ต้นทุนค่าลงทุน (Capital Costs) เป็นต้นทุนเพื่อให้ได้มาซึ่งทรัพยากรที่มีลักษณะคงทนถาวร มีอายุการใช้งานมากกว่า 1 ปี ได้แก่ อาคารก่อสร้าง ครุภัณฑ์ (รวมทั้งการฝึกอบรมซึ่งมีผลระยะยาวและเกิดขึ้นนาน ๆ ครั้ง ซึ่งนับเป็น Human Capital Development)

ข. ต้นทุนดำเนินการ (Operating Costs หรือ Running Costs หรือ Recurrent costs) เป็นต้นทุนเพื่อให้ได้มาซึ่งทรัพยากรที่ใช้หมดไป และจะต้องมีการจัดหาเพิ่มเติมอย่างสม่ำเสมอ ได้แก่ ค่าแรงสำหรับเจ้าหน้าที่ ค่าวัสดุ ค่าซ่อมแซม ค่าสาธารณูปโภค และค่าฝึกอบรมระยะสั้น เป็นต้น

2. การแจกแจงต้นทุนโดยใช้เกณฑ์ของผู้รับต้นทุน แบ่งเป็น 2 กลุ่มดังนี้ คือ

ก. ต้นทุนภายใน (Internal Cost) คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นภายในองค์การที่จัดบริการ

ข. ต้นทุนภายนอก (External Cost) คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นนอกองค์การที่จัดบริการ

3. การแจกแจงต้นทุนโดยใช้เกณฑ์การแปรผันของต้นทุน แบ่งเป็น 2 กลุ่มดังนี้ คือ

ก. ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) คือ ต้นทุนที่ไม่ได้แปรผันไปตามปริมาณของผลผลิต

ข. ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost) คือ ต้นทุนที่แปรผันไปตามปริมาณของผลผลิต

4. การแจกแจงต้นทุนโดยใช้ลักษณะของกิจกรรม แบ่งเป็น 2 กลุ่มดังนี้ คือ

ก. ต้นทุนทางตรง(Direct Cost) คือ ค่าใช้จ่ายโดยตรงที่เกิดจากการให้บริการนั้นๆ

ข. ต้นทุนทางอ้อม(Indirect Cost) คือ ต้นทุนที่มิได้เกิดจากบริการนั้นๆโดยตรง

5. การแจกแจงต้นทุนตามลักษณะของการจ่าย แบ่งเป็น 2 กลุ่มดังนี้ คือ

ก. ต้นทุนที่จ่ายจริงมองเห็น (Explicit Cost หรือ Tangible Cost)

ข. ต้นทุนที่แฝงอยู่มองไม่เห็น (Implicit Cost หรือ Intangible Cost)

6. การแจกแจงต้นทุนโดยใช้เกณฑ์การแพทย์ แบ่งเป็น 2 กลุ่มดังนี้ คือ

ก. ต้นทุนที่เกี่ยวกับการให้บริการทางการแพทย์ (Medical Cost) เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นเมื่อมีการจัดการเกี่ยวกับผู้ป่วย ได้แก่ ต้นทุนที่เกิดขึ้นเพื่อการวินิจฉัยและรักษา

ข. ต้นทุนที่ไม่ได้เกี่ยวกับการให้บริการทางแพทย์ (Non Medical Cost) เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นเป็นประจำไม่ว่าจะมีผู้ป่วยมารับบริการหรือไม่ก็ตามได้แก่ ต้นทุนที่เกิดขึ้นเพื่อการวินิจฉัยและรักษา

7. การแจกแจงต้นทุนโดยใช้เกณฑ์ทรัพยากรที่ใช้ไป แบ่งเป็น 3 กลุ่มดังนี้ คือ

ก. ต้นทุนค่าแรง (Labor Cost) หมายถึง รายจ่ายที่ต้องจ่ายให้กับเจ้าหน้าที่ พนักงาน หรือลูกจ้าง เพื่อเป็นค่าตอบแทนในการปฏิบัติงาน รวมทั้งสวัสดิการต่างๆ ที่จ่ายให้เป็นรูปตัวเงิน ได้แก่ เงินเดือน ค่าจ้าง ค่าล่วงเวลา เงินช่วยเหลือบุตร ค่าเล่าเรียนบุตร ค่ารักษาพยาบาล เป็นต้น ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงปีที่ศึกษา

ข. ต้นทุนค่าวัสดุ (Material Cost) หมายถึง ค่าวัสดุทุกประเภทที่แต่ละหน่วยงานเบิกจ่ายจากหน่วยจ่าย ซึ่งมีอายุการใช้งานไม่ถึง 1 ปี รวมทั้งค่าซ่อมบำรุงรักษาและค่าสาธารณูปโภค (ค่าน้ำ ค่าไฟ ค่าโทรศัพท์) เช่น วัสดุสำนักงาน วัสดุวิทยาศาสตร์การแพทย์ วัสดุงานบ้าน วัสดุเครื่องแต่งกาย วัสดุเชื้อเพลิง เวชภัณฑ์ยา ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงปีที่ศึกษา

ค. ต้นทุนค่าลงทุน (Capital Cost) หมายถึง ต้นทุนค่าเสื่อมราคาประจำปีของครุภัณฑ์และอาคารสิ่งก่อสร้างในโรงพยาบาล การแยกระหว่างวัสดุและครุภัณฑ์นอกจากใช้อายุการใช้งานเป็นหลักแล้ว ยังต้องคำนึงถึงมูลค่าของสิ่งนั้นด้วย

นอกจากนี้ เดชา อินเด (2547: 7-27) ได้จำแนกประเภทของต้นทุนตามหลักเกณฑ์ที่สำคัญ 8 หลักเกณฑ์ดังนี้

1. การจำแนกต้นทุนตามลักษณะส่วนประกอบของผลผลิต แบ่งเป็น 3 กลุ่มดังนี้ คือ

ก. ต้นทุนวัสดุทางตรง (Direct Material cost) หมายถึง ต้นทุนวัสดุที่เป็นส่วนประกอบสำคัญที่นำมาแปรสภาพให้เป็นผลผลิตหรือบริการ โดยสามารถคำนวณเป็นต้นทุนของผลผลิตนั้นได้ง่ายและชัดเจน

ข. ต้นทุนค่าแรงทางตรง (Direct Labor Cost) หมายถึง ค่าแรงที่จ่ายให้กับพนักงานที่ทำหน้าที่แปรสภาพวัสดุทางตรงให้เป็นผลผลิตและสามารถคำนวณเป็นต้นทุนของผลผลิตนั้นได้ง่ายและชัดเจน

ค. ค่าใช้จ่ายการผลิต (Manufacturing Overhead) หมายถึง ต้นทุนที่เกี่ยวกับการผลิตที่ไม่ใช่ต้นทุนวัสดุทางตรงและค่าแรงงานทางตรง แต่เป็นต้นทุนที่ทำให้การผลิตดำเนินไปเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในหน่วยงาน ซึ่งจัดเป็นค่าใช้จ่ายทางอ้อม คือ ไม่สามารถคำนวณเป็นต้นทุนของผลผลิตหรือการบริการของแต่ละหน่วยงานได้โดยตรง ค่าใช้จ่ายการผลิต อาจแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ ต้นทุนวัสดุทางอ้อม, ต้นทุนค่าแรงทางอ้อม และค่าใช้จ่ายการผลิตอื่นๆ หมายถึง ค่าใช้จ่ายการผลิตทุกชนิดที่ไม่ใช่วัตถุดิบทางอ้อม และค่าแรงงานทางอ้อม เช่น ค่าเสื่อมราคาของครุภัณฑ์ ค่าเสื่อมราคาของสถานที่ ค่าซ่อมแซม ค่าบำรุงรักษาครุภัณฑ์ ค่าน้ำ และค่าไฟของหน่วยงาน เป็นต้น

2. การจำแนกต้นทุนตามความสำคัญของการผลิต แบ่งเป็น 2 กลุ่มดังนี้ คือ

ก. ต้นทุนขั้นต้น (Prime Cost) หมายถึง ต้นทุนที่เกิดขึ้นเบื้องต้นในการผลิต

ข. ต้นทุนแปรสภาพ (Conversion Cost) หมายถึง ต้นทุนที่ใช้ในการเปลี่ยนสภาพวัสดุทางตรงให้เป็นผลผลิตหรือบริการ

3. การจำแนกต้นทุนตามพฤติกรรมที่มีความสัมพันธ์กับระดับกิจกรรม แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ คือ

ก. ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) คือ ต้นทุนที่จำนวนรวมไม่เปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนแปลงของระดับกิจกรรมในช่วงระยะเวลาหนึ่ง

ข. ต้นทุนผันแปร (Variable Cost) คือ ต้นทุนซึ่งจำนวนรวมเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของระดับกิจกรรม และเป็นอัตราส่วนโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงของระดับกิจกรรมนั้น

ค. ต้นทุนกึ่งคงที่ (Semi-Fixed Cost หรือ Step Cost) คือ ต้นทุนที่จะคงที่ในช่วงระดับกิจกรรมหนึ่ง เมื่อช่วงระดับกิจกรรมเปลี่ยนแปลงไปอีกระดับหนึ่งต้นทุนก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย และจะคงที่ไปตลอดช่วงระดับกิจกรรมนั้น

ง. ต้นทุนกึ่งผันแปร (Semi-Variable Cost หรือ) คือ ต้นทุนที่มีลักษณะผสมระหว่างต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร เป็นต้นทุนที่จำนวนรวมจะเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของระดับกิจกรรม แต่การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของต้นทุนไม่เป็นในอัตราส่วนเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของระดับกิจกรรม เช่น ค่าน้ำ ค่าไฟ ค่าโทรศัพท์ เป็นต้น

4. การจำแนกต้นทุนตามความสัมพันธ์กับหน่วยวัดต้นทุน แบ่งเป็น 2 กลุ่มดังนี้ คือ

ก. ต้นทุนทางตรง (Direct Cost)

ข. ต้นทุนทางอ้อม (Indirect Cost)

5. การจำแนกต้นทุนเพื่อวัดผลการดำเนินงาน แบ่งเป็น 2 กลุ่มดังนี้ คือ

ก. ต้นทุนผลิตภัณฑ์ (Product Cost) คือ ต้นทุนที่คิดเป็นต้นทุนของผลผลิต ได้แก่ ค่าวัสดุทางตรง ค่าแรงงานทางตรง และค่าใช้จ่ายการผลิต ต้นทุนเหล่านี้จะถือเป็นต้นทุนผลผลิตซึ่งมีสภาพเป็นสินทรัพย์ (Asset) จนกว่าผลผลิตนั้นจะถูกขายออกไป ต้นทุนของสินค้าที่ขายออก ไปจะเรียกว่า ต้นทุนขาย

ข. ต้นทุนงวดเวลา (Period Cost) คือ ต้นทุนที่หมดประโยชน์แล้วในงวดเวลานั้น (Expired Cost) จะต้องนำไปหักรายได้ของงวดเวลาเดียวกัน เพื่อวัดผลการดำเนินงาน

6. การจำแนกต้นทุนตามหน้าที่งาน แบ่งเป็น 2 กลุ่มดังนี้ คือ

ก. ต้นทุนที่เกี่ยวกับการผลิต (Manufacturing Cost) คือ ต้นทุนทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการผลิต ได้แก่ ต้นทุนวัสดุทางตรง ค่าแรงงานทางตรง และค่าใช้จ่ายการผลิต

ข. ต้นทุนที่ไม่เกี่ยวกับการผลิต (Non-Manufacturing Cost) แบ่งได้เป็น 3 ประเภท

(1) ต้นทุนทางการตลาด (Marketing Cost)

(2) ต้นทุนทางการบริหาร (Administrative Cost)

(3) ต้นทุนทางการเงิน (Financial Cost)

7. การจำแนกต้นทุนตามลักษณะความรับผิดชอบ แบ่งเป็น 2 กลุ่มดังนี้ คือ

ก. ต้นทุนที่ควบคุมได้ (Controllable Cost) คือ ต้นทุนที่สามารถระบุได้ว่าหน่วย

งานใดหรือบุคคลใดเป็นผู้รับผิดชอบหรือมีอำนาจที่จะทำให้ต้นทุนจำนวนนั้นเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากการตัดสินใจของผู้มีอำนาจนั้น

ข. ต้นทุนที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Cost) คือ ต้นทุนที่หน่วยงานหรือผู้บริหารระดับนั้นๆ ไม่มีอำนาจที่จะทำให้ต้นทุนนั้นเปลี่ยนแปลงได้

8. การจำแนกต้นทุนตามวัตถุประสงค์ของการตัดสินใจ แบ่งเป็น 5 กลุ่มดังนี้ คือ

ก. ต้นทุนจม (Sunk Cost) คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการตัดสินใจในอดีต ซึ่งจะไม่มีผลต่อการตัดสินใจในปัจจุบัน เช่นค่าเสื่อมราคาสินทรัพย์ถาวร ถึงแม้ว่าต้นทุนจมจะไม่มีผลต่อการตัดสินใจในปัจจุบัน แต่ก็ควรตัดสินใจเลือกทางเลือกที่สามารถใช้ประโยชน์จากต้นทุนจมให้มากที่สุด

ข. ต้นทุนส่วนแตกต่าง (Differential Cost) คือ ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงวิธีบริการหรือเปลี่ยนแปลงระดับกิจกรรม เช่น เมื่อมีการพิจารณาตัดสินใจซื้อเครื่องมือใหม่ทดแทนเครื่องเก่า อาจจะทำให้มีต้นทุนบางรายการเพิ่มขึ้นและบางรายการลดลง ดังนั้นผู้บริหารจึงต้องทำการตัดสินใจ โดยพิจารณาต้นทุนส่วนแตกต่างสุทธิ โดยต้นทุนส่วนแตกต่างที่เพิ่มขึ้น เรียกว่าต้นทุนส่วนเพิ่ม (Incremental Cost) ส่วนต้นทุนส่วนแตกต่างที่ลดลง เรียกว่า ต้นทุนส่วนลด (Decremental Cost)

ค. ต้นทุนเสียโอกาส (Opportunity Cost) คือ ผลตอบแทนที่หน่วยงานต้องเสียไปเนื่องจากการตัดสินใจลงทุนใช้ทรัพยากรไปกับทางเลือกหนึ่ง โดยผลตอบแทนนี้เป็นรายได้ที่อาจจะเกิดขึ้น หากนำทรัพยากรจำนวนนั้นไปใช้กับทางเลือกที่ดีกว่าหรือดีที่สุด แนวคิดนี้เป็นแนวคิดทางเศรษฐศาสตร์ ค่าเสียโอกาสไม่มีบันทึกไว้ในระบบบัญชี ทั้งนี้ต้นทุนเสียโอกาสเป็นต้นทุนที่ไม่ได้จ่ายเงินออกไป แต่เป็นต้นทุนที่วิเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้ในการตัดสินใจเท่านั้น

ง. ต้นทุนที่หลีกเลี่ยงได้ และต้นทุนที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ (Avoidable Cost and Unavoidable Cost) ต้นทุนที่หลีกเลี่ยงได้ คือ ต้นทุนที่ไม่เกิดขึ้นเมื่อหยุดกิจกรรม ต้นทุนที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ หมายถึง ต้นทุนที่ยังคงเกิดขึ้น แม้ว่าจะหยุดกิจกรรมชั่วคราว เช่น ค่าเสื่อมราคาเครื่องมือ และอาคารสถานที่ เป็นต้น

จ. ต้นทุนหน่วยสุดท้าย (Marginal Cost) คือ ต้นทุนที่จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการผลิตผลผลิตเพิ่มขึ้น 1 หน่วย สามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับการผลิตสินค้าเพิ่ม โดยพิจารณาว่าการผลิตสินค้าเพิ่มขึ้น 1 หน่วย ผลตอบแทนที่จะได้รับต้องมากกว่าต้นทุนหน่วยสุดท้าย

นอกจากนี้ยังได้มีการจัดประเภทต้นทุนคุณภาพ (Cost of Quality) เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดความสำเร็จ หาข้อมูลเพื่อการวางแผนและกำหนดจุดในการปรับปรุงคุณภาพให้เฉพาะเจาะจง ทำให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement) โดยการรวบรวมต้นทุนในการปรับ ปรุงคุณภาพทุกอย่างเข้าด้วยกัน รวมถึงต้นทุนการตรวจคุณภาพและต้นทุนที่เกิดขึ้นเมื่อมีการผลิตไม่เป็นไปตามมาตรฐาน โดยสามารถแบ่งต้นทุนคุณภาพได้เป็น 2 ประเภท (เรืองวิทย์ เกษสุวรรณ, 2547: 50-63) ดังนี้ คือ

1. ต้นทุนการทำตาม (Cost of Conformance) ประกอบด้วย 2 กลุ่ม ดังนี้ คือ

ก. ต้นทุนการประเมินผล (Appraisal Costs) คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นเพื่อให้เกิดการทำตามข้อกำหนดทางด้านคุณภาพ ได้แก่ ค่าตรวจคุณภาพหลังจากที่ผลิตผลผลิตออกมาแล้ว รวมไปถึงการตรวจคุณภาพวัสดุและการบริการ เป็นต้น

ข. ต้นทุนการป้องกัน (Prevention Costs) คือ ต้นทุนที่ทำให้ต้นทุนอื่นๆ ลดลงให้เหลือน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ต้นทุนการป้องกันประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการควบคุมกระบวนการ การตรวจสอบคุณภาพ และค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรมและพัฒนาบุคลากร เป็นต้น

2. ต้นทุนการไม่ทำตาม (Cost of Non-Conformance) คือ ต้นทุนที่เกิดจากการขาดประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ประกอบด้วย 2 กลุ่ม ดังนี้ คือ

ก. ต้นทุนความล้มเหลวภายใน (Internal Failure Costs) เกิดจากขบวนการผลิตที่ล้มเหลวไม่ได้ตามมาตรฐานก่อนถึงมือผู้รับบริการ ตัวอย่างต้นทุนความล้มเหลวภายใน ได้แก่ การทำงานซ้ำและค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ความล้มเหลว เป็นต้น

ข. ต้นทุนความล้มเหลวภายนอก (External Failure Costs) หมายถึง ต้นทุนของเสียที่เกิดขึ้นหลังจากส่งผลผลิตหรือบริการให้แก่ลูกค้าไปแล้ว เช่น การร้องเรียนจากลูกค้า การสูญเสียภาพลักษณ์ขององค์กร เป็นต้น

ทั้งนี้ต้นทุนคุณภาพเป็นเครื่องมือและแนวทางในการวัดผลงานขององค์กร ก่อให้เกิดประโยชน์ที่สำคัญ ดังนี้

1. ทำให้องค์กรสนใจกระบวนการการทำงาน การวัดผลและขจัดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มออกไปจากกระบวนการ โดยการคิดคำนวณต้นทุนคุณภาพออกมาในรูปตัวเงิน ทำให้เข้าใจง่ายและเชื่อมโยงไปสู่การพัฒนาในระบบอื่นๆได้ เช่น ระบบการเงิน

2. ช่วยให้เกิดการประเมินทางเลือก ในการลงทุนโดยทั่วไปช่วยให้การตัดสินใจลงทุนปรับปรุงคุณภาพมีประสิทธิภาพ โดยเลือกทางเลือกลงทุนในทางเลือกที่เสียค่าใช้จ่ายต่ำ

3. ทำให้เกิดการพัฒนาการวัดผลงานที่ชัดเจนยิ่งขึ้น ทั้งส่วนที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจของลูกค้าและการบริการ ตลอดจนส่วนที่เป็นต้นทุนคุณภาพทางอ้อม

4. ทำให้เกิดการปรับปรุงผลตอบแทนหรือรายรับที่สูงขึ้น ขณะที่สามารถลดค่าใช้จ่ายในส่วนที่ล้มเหลวให้ต่ำลงได้

การวัดต้นทุน (Measurement of Costs)

การวัดต้นทุนจำเป็นต้องพิจารณาสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ คือ(ภิรมย์ กมลรัตนกุล, 2549:36)

1. วิธีวัด ต้องกำหนดว่าใช้วิธีอะไรในการวัด
2. หน่วยในการวัด ต้องมีการกำหนดลงไปให้ชัดเจน
3. แหล่งข้อมูลเป็นแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Source) ที่ได้มาจากการดำเนินการเก็บข้อมูลเองหรือรวบรวมจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Source)

การประเมินค่าต้นทุน (Valuation of Costs)

ในการให้บริการสาธารณสุข การประเมินค่าต้นทุนต้นทุนนิยมประเมินค่าออกเป็นตัวเงิน (Monetary Term)

การแจกแจง การวัด และการประเมินค่าผลได้

การแจกแจงผลได้

การแจกแจงผลได้ควรระบุให้ครบถ้วนว่ากิจกรรมหรือโครงการนั้นๆ ก่อให้เกิดผลได้อะไรบ้างและจำนวนเท่าไร แบ่งได้เป็น 2 ชนิดดังนี้ (ภิรมย์ กมลรัตนกุล, 2549:41-42)

1. ผลได้ทางตรง (Direct Benefit) เป็นผลได้ที่เกิดขึ้นเนื่องจากกิจกรรมนั้น ๆ โดยตรง

2. ผลได้ทางอ้อม (Indirect Benefit) เป็นผลได้ที่ไม่ได้เกิดจากกิจกรรมนั้นโดยตรง แต่เป็นผลสืบเนื่องจากโครงการนั้น เช่น โครงการที่ส่งผลให้คนมีสุขภาพดีไม่เจ็บป่วย มีสมรรถภาพในการทำงานเพิ่มขึ้น ผลได้ดังกล่าว อาจสามารถวัดได้โดยง่าย (Tangible Benefit) หรือเป็นสิ่งที่ยากในการวัด (Intangible Benefit) เช่น ความเจ็บปวดทรมานที่ลดลง ความพึงพอใจ

การวัดผลได้ (Measurement of Consequences)

การวัดผลได้เป็นสิ่งสำคัญของการประเมินผล ซึ่งตัววัดนั้นต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการประเมิน โดยหลักเกณฑ์ในการเลือกตัววัดผลได้ควรมีคุณสมบัติ 5 ประการ ดังนี้ คือ (ภิรมย์ กมลรัตนกุล, 2549:42-46)

1. ตัววัดต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ (Relevance to The Objective)
2. ตัววัดต้องมีนิยามเชิงปฏิบัติการที่ชัดเจน (Capable of Operational Definition)
3. ต้องเป็นที่ยอมรับ (Credible)
4. สามารถวัดได้ด้วยความถูกต้อง (Accuracy) ความเที่ยง (Reliable) และความตรง (Validity) และสามารถวัดความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ (Responsiveness to Change) ความเที่ยง อาจมีเหตุมาจาก 3 แหล่ง คือ เกิดจากตัวผู้วัด (Observer Variation) เกิดจากเครื่องมือ (Instrument) และเกิดจากตัวผู้ถูกวัด (Subject)
5. สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือที่มีอยู่แล้วที่ไม่แพงนัก (Availability with Low Cost)

การประเมินค่าผลได้ (Valuation)

การประเมินค่าผลได้ อาจทำได้ 2 วิธีคือ (สมคิด แก้วสนธิ และภิรมย์ กมลรัตนกุล, 2534: 167-172)

1. การประเมินค่าผลได้ออกมาเป็นตัวเงิน (Monetary Unit) การประเมินค่าผลที่วัดได้ทั้งหมดเป็นหน่วยกลาง ซึ่งเป็นหน่วยที่สะดวกที่สุด คือ เป็นหน่วยในรูปตัวเงินจะทำให้สามารถนำโครงการต่างๆมาเปรียบเทียบกันได้ เพราะในการเปรียบเทียบบริการสาธารณสุขต่างๆ ถ้าวัดผลออกมาในหน่วยที่ไม่เหมือนกัน จะทำให้ไม่สามารถนำโครงการต่างๆ มาเปรียบเทียบกันได้

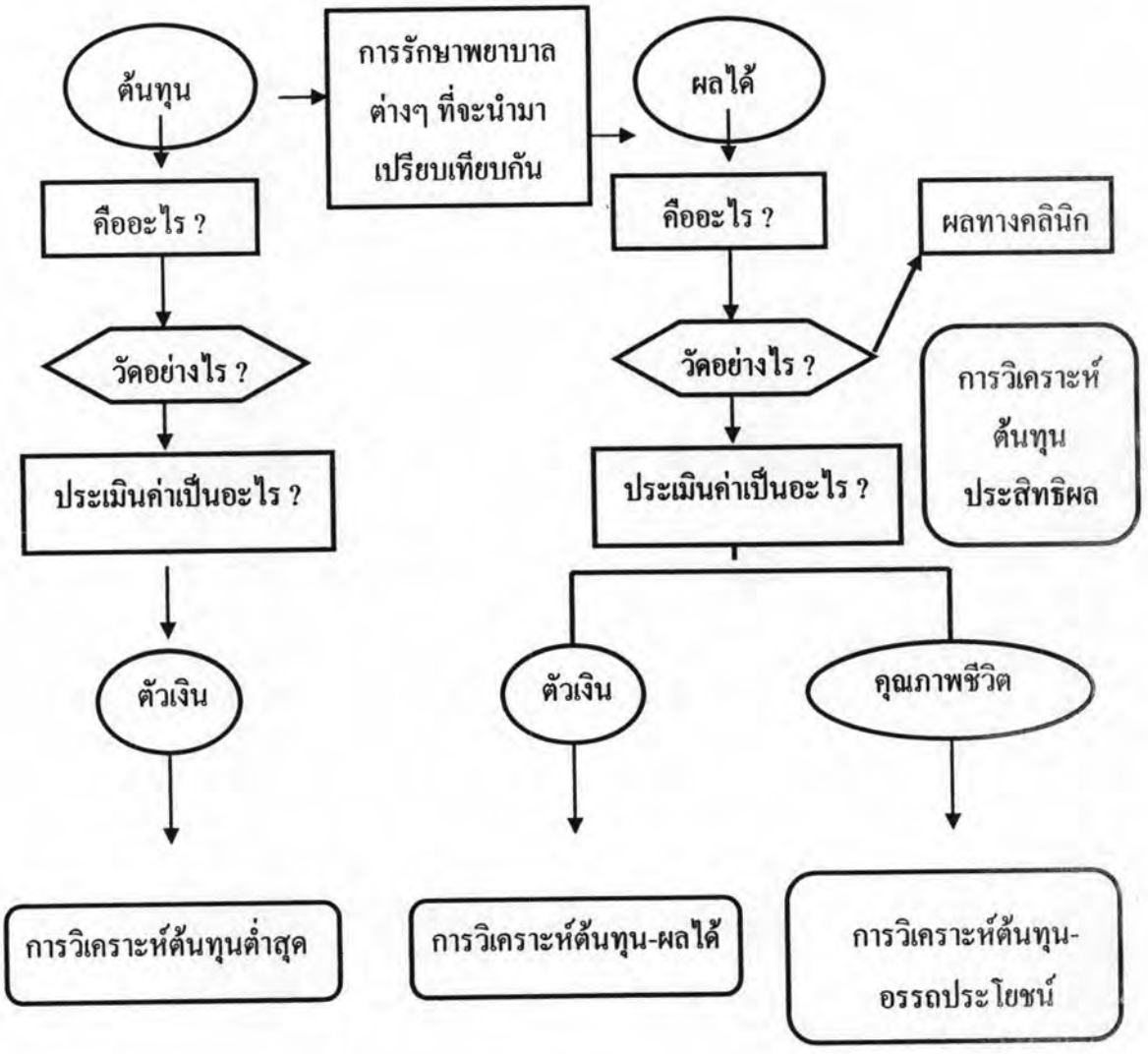
2. การประเมินค่าผลได้ในรูปคุณภาพชีวิตหรือในรูปอรรถประโยชน์ (Quality of Life Approach) เนื่องจากปัจจุบันเทคโนโลยีการแพทย์ได้เจริญไปมาก โดยมีส่วนสำคัญที่ทำให้คนปราศจากโรคภัยไข้เจ็บ และสามารถช่วยชีวิตคนไข้จากโรคต่าง ๆ ไว้เป็นจำนวนมาก แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าคนที่ปราศจากโรคหรือคนที่รอดตายนั้น จะมีคุณภาพชีวิตที่ดีทุกราย ดังนั้นจึงมีผู้นิยมประเมินผลได้ของบริการสาธารณสุขออกมาเป็นหน่วยของคุณภาพชีวิต (Utility unit)

I14776901

วิธีการในการประเมินประสิทธิภาพ (Specific Forms of Economic Evaluation)

รูปแบบในการประเมินประสิทธิภาพ ของบริการทางการแพทย์และอนามัยมีได้ต่างๆ กัน ขึ้นกับหน่วยที่ใช้ในการวัดและการประเมินค่า (Value) ผลได้ (Consequences) เป็นหน่วยอะไร วิธีการในการประเมินประสิทธิภาพ แบ่งได้เป็น 4 วิธี (ภิรมย์ กมลรัตนกุล, 2530 ข: 856, 2548: 92-97) แสดงดังภาพที่ 2.11 (ภิรมย์ กมลรัตนกุล, 2549:57) โดยทั้ง 4 วิธีนี้ จะมีการวัดและประเมินค่าต้นทุนออกมาในรูปตัวเงินเหมือนกันหมด มีรายละเอียดดังนี้

1. การวิเคราะห์เฉพาะต้นทุน (Cost Identification) หรือ การวิเคราะห์ต้นทุนที่น้อยที่สุด (Cost-Minimization Analysis) เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างทางเลือกหลาย ๆ ทางที่ซึ่งคาดว่าจะให้ผลเหมือนกันหรือใกล้เคียงกัน โดยพิจารณาว่าทางเลือกไหนจะใช้ต้นทุนน้อยกว่ากัน ถ้าบริการไหนมีต้นทุนต่ำสุดจะถือว่ามีประสิทธิภาพมากที่สุด (ศุภสิทธิ์ พรรณนารุโณทัย, 2544:89; ภิรมย์ กมลรัตนกุล, 2549:59) กล่าวคือการวิเคราะห์ต้นทุนต่ำสุดเป็นการเปรียบเทียบเฉพาะต้นทุนโดยไม่คำนึงผลที่เกิดขึ้นเพราะผลที่เกิดขึ้นไม่แตกต่างกัน (หลักเศรษฐศาสตร์และเศรษฐศาสตร์สาธารณสุข,2545:324) โดยการวิเคราะห์ต้นทุนต่ำสุดนี้สามารถจัดอยู่ในการประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์แบบบางส่วนหรือไม่สมบูรณ์ได้ ถ้าเห็นว่าเป็นวิธีการประเมินที่พิจารณาเฉพาะต้นทุนโดยไม่มีการคำนวณผลได้ แม้จะมีการเปรียบเทียบทางเลือกก็ตาม (หลักเศรษฐศาสตร์และเศรษฐศาสตร์สาธารณสุข, 2545:324; ภิรมย์ กมลรัตนกุล, 2549: 59) โดยจะจัดอยู่ในการประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์แบบสมบูรณ์ เมื่อเป็นวิธีที่พิจารณาทั้งต้นทุนและผลที่จะเกิดขึ้น โดยผลที่เกิดขึ้นมีความเทียบเคียงกัน (Drummond MF et al, 1997: 11-12;หลักเศรษฐศาสตร์และเศรษฐศาสตร์สาธารณสุข, 2545:324)

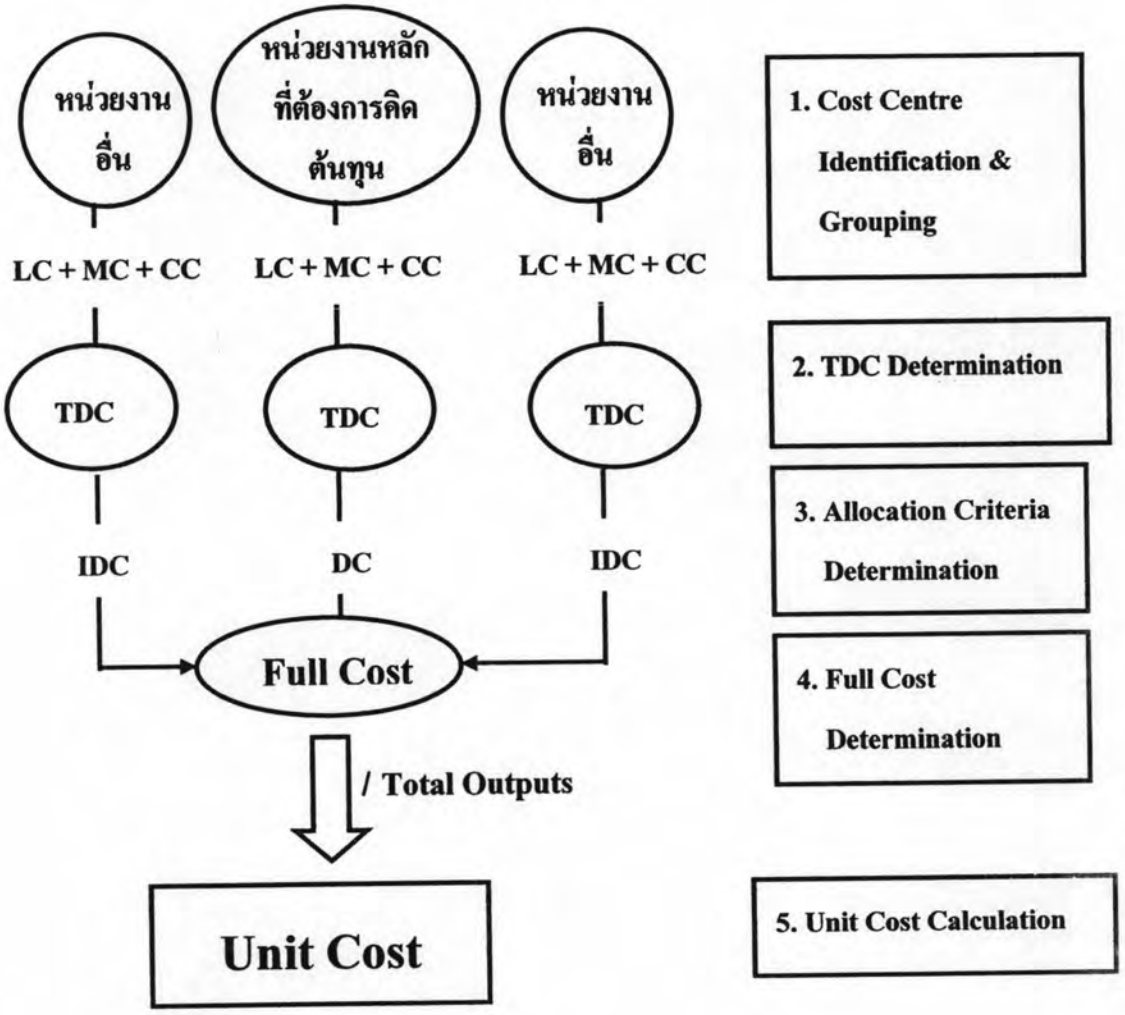


ภาพที่ 2.11 วิธีการในการประเมินประสิทธิภาพ

การวิเคราะห์ในลักษณะนี้มีข้อจำกัดคือ โครงการหรือทางเลือกต่างๆ ที่นำมาเปรียบเทียบกันนั้นจะต้องมีผลได้ที่เกิดขึ้นเหมือนกัน และผลที่เกิดขึ้นยังต้องมีความสอดคล้องกับเป้าหมายของการศึกษาหรือการวิเคราะห์ด้วย ทั้งนี้การวิเคราะห์เฉพาะต้นทุน นิยมคำนวณออกมาในรูปของต้นทุนต่อหน่วยบริการ (Cost per Service Provided) เช่น ต้นทุนในการรักษาโรค 1 ราย ต้นทุนในการให้วัคซีน 1 ราย เป็นต้น

กรอบแนวคิดในการวิเคราะห์ต้นทุนโรงพยาบาล จะเป็นการศึกษาต้นทุนและต้นทุนหน่วยบริการ ของโรงพยาบาลในมุมมองของผู้ให้บริการ (Provider) โดยคำนึงถึงเฉพาะต้นทุนที่โรงพยาบาลจะต้องจ่ายเพื่อให้มีบริการเกิดขึ้น โดยรายละเอียดของวิธีการวิเคราะห์หาต้นทุนโรงพยาบาล ในแต่ละขั้นตอนแสดงดังภาพ 2.12 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (อนุวัฒน์ ศุภชุติกุล,

2540; วลัยพร พัชรนฤมล, กัญจนา ดิษยาธิคม และวิโรจน์ ตั้งเจริญเสถียร, 2544; อาทร ริ้วไพบูลย์, 2544; ภิรมย์ กมลรัตนกุล, 2549:91-100)



ภาพที่ 2.12 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาต้นทุนโรงพยาบาล (LC = Labor Cost, MC = Material Cost, CC = Capital Cost, TDC = Total Direct Cost, DC = Direct Cost and IDC = Indirect Cost)

ขั้นที่1 **จำแนกหน่วยงานต่างๆ ของโรงพยาบาลออกเป็นหน่วยงานต้นทุน** (Cost Center Identification and Grouping) ตามลักษณะหน้าที่และความสัมพันธ์ที่แท้จริงในการบริการ รวมทั้งการสนับสนุนกันของแต่ละหน่วยงาน ซึ่งการกำหนดหน่วยต้นทุนควรทำงานเป็นทีม อาจจะประกอบด้วย ผู้บริหาร นักวิชาการ ฝ่ายการเงินและบัญชี ฝ่ายพัสดุ เป็นต้น เพื่อศึกษาถึงการแบ่งโครงสร้างหน่วยงาน การบริหารทรัพยากร เพื่อใช้ในการกำหนดหน่วยต้นทุน โดยจัดแบ่งไว้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. หน่วยงานที่ไม่ก่อให้เกิดรายได้ (Non-Revenue Producing Cost Centre: NRPCC หรือ Non-Charging Directly to Patients) หมายถึง หน่วยงานที่มีลักษณะงานในการบริหารจัดการ หรือสนับสนุนการปฏิบัติงานของหน่วยงานอื่นๆ โดยไม่ได้เรียกเก็บค่าบริการจากผู้ป่วยโดยตรงหรือโดยที่ตัวมันเองไม่ก่อให้เกิดรายได้ เช่น ฝ่ายบริหารงานทั่วไป ฝ่ายพัสดุ งานการเงินและการบัญชี งานวิชาการ ฝ่ายบุคคล เป็นต้น

2. หน่วยงานที่ก่อให้เกิดรายได้ (Revenue Producing Cost Centre: NRPCC หรือ Charging to Patients for Their Services) หมายถึง หน่วยงานที่มีหน้าที่ให้บริการแก่ผู้ป่วย และก่อให้เกิดรายได้จากการให้บริการ เช่น หน่วยรังสีวิทยา พยาธิวิทยา เภสัชกรรม เป็นต้น

3. หน่วยงานให้บริการผู้ป่วย (Patient Service Area: PS) หมายถึง หน่วยงานบริการผู้ป่วยโดยตรง ซึ่งได้แก่ แผนกผู้ป่วยนอก และผู้ป่วยใน รวมทั้งหน่วยงานที่ทำหน้าที่ส่งเสริมสุขภาพป้องกันโรคด้วย

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งหน่วยงานทั้งหมดตามพฤติกรรมการส่งหรือรับต้นทุน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ หน่วยที่กระจายต้นทุนไปให้ผู้อื่นจนหมด เรียกว่า หน่วยต้นทุนชั่วคราว (Transient Cost Centre: TCCs) ในที่นี้ได้แก่ กลุ่มที่กระจายต้นทุนไปยังหน่วยงานหลักที่ต้องการคิดต้นทุน ส่วนหน่วยงานหลักที่ต้องการคิดต้นทุนหรือหน่วยงานที่เป็นผู้รับต้นทุนมาทั้งหมดเรียกว่า หน่วยต้นทุนสุดท้าย (Absorbing Cost Centre: ACCs)

ขั้นที่ 2 **หาต้นทุนรวมโดยตรงของแต่ละหน่วยงานต้นทุน** (Direct Cost Determination) ทำได้โดยการหาต้นทุนโดยตรงของแต่ละกลุ่มหน่วยงาน โดยต้นทุนโดยตรงของแต่ละหน่วยงานได้จากผลรวมของต้นทุนค่าแรงงาน ต้นทุนค่าวัสดุใช้สอย และต้นทุนค่าลงทุน ซึ่งหาได้โดยสมการข้างล่างนี้

$$\text{Total Direct Cost} = \text{Labor Cost} + \text{Material Cost} + \text{Capital Cost}$$

$$TDC = LC + MC + CC$$

ต้นทุนค่าแรง (Labor Cost) หมายถึง รายจ่ายที่จ่ายให้เจ้าหน้าที่เป็นค่าตอบแทนในการปฏิบัติงาน ได้แก่ เงินเดือน ค่าจ้าง ค่าล่วงเวลา เบี้ยเลี้ยง เงินช่วยเหลือบุตร ค่าเล่าเรียนบุตร ค่ารักษาพยาบาล และค่าเช่าบ้าน เป็นต้น ทั้งนี้การเก็บรวบรวมข้อมูลค่าแรงสามารถรวบรวมข้อมูลได้จาก งานการเจ้าหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับบุคคล (Personnel Department) และงานการเงินรับผิดชอบเกี่ยวกับค่าแรง (Payroll Accounting Department) โดยการหาร้อยละเวลาการทำงานของผู้ปฏิบัติงานแต่ละคน อาจทำได้โดยการประมาณการอย่างคร่าวๆ โดยผู้ปฏิบัติงานเอง หรือ การเก็บเวลาปฏิบัติงานจริงของผู้ปฏิบัติงานนั้นๆ

ต้นทุนค่าวัสดุ (Material Cost) หมายถึง ค่าวัสดุสิ้นเปลืองแต่ละประเภทที่แต่ละหน่วยต้นทุนเบิกจ่ายในช่วงเวลาที่ศึกษา ได้แก่ ค่าวัสดุสำนักงาน ยา เวชภัณฑ์ วัสดุวิทยาศาสตร์การแพทย์ ค่าสาธารณูปโภคต่างๆ เช่น ค่าน้ำ ค่าประปา ค่าไฟฟ้า ค่าซ่อมบำรุงและค่าโทรศัพท์ เป็นต้น ในทางการบัญชีได้มีการตีค่าครุภัณฑ์บางอย่างที่มีราคาน้อย เช่น ต่ำกว่า 1,000 บาท ว่าเป็นค่าวัสดุ ซึ่งในการวิเคราะห์ต้นทุนก็ควรยึดหลักที่โรงพยาบาลใช้ในการทำบัญชี แต่พึงระวังไม่ให้เกิดการนับซ้ำ การเก็บรวบรวมข้อมูลต้นทุนวัสดุ อาจรวบรวมได้จาก หน่วยจ่ายหลักของโรงพยาบาล เช่น พัสดุ เภสัชกรรมและฝ่ายบริหาร ซึ่งโดยปกติแล้วหน่วยจ่ายหลักเหล่านี้จะมีการบันทึกข้อมูลราคาทุนและคำนวณมูลค่าวัสดุที่หน่วยงานต่างๆ เบิกไปใช้ทุกครั้ง ทำให้สามารถรวบรวมข้อมูลได้ง่าย หรือ เก็บข้อมูลจากหน่วยต้นทุนที่รับผิดชอบเก็บข้อมูลต้นทุนนี้เอง

ต้นทุนค่าลงทุน (Capital Cost) หมายถึง ต้นทุนค่าเสื่อมราคาประจำปี (Depreciation Costs) ของครุภัณฑ์ อาคารสิ่งก่อสร้าง รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรมซึ่งมีผลระยะยาวและเกิดขึ้นนานๆ ครั้ง การคำนวณค่าเสื่อมราคาประจำปีกระทำได้ 2 วิธีดังนี้ คือ

1. การคำนวณค่าเสื่อมราคาประจำปีในทางบัญชี (Annual Financial Cost) หาได้จากการนำเอามูลค่าปัจจุบัน (Current Value) ของครุภัณฑ์ชิ้นนั้น หารด้วยอายุการใช้งาน (Expected Useful life) ดังสมการข้างล่างนี้

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

2. การคำนวณค่าเสื่อมราคาประจำปีในทางเศรษฐศาสตร์ (Annual Economic Cost) ได้มีการนำค่าเสียโอกาสที่ต้องจ่ายเงินซื้อครุภัณฑ์หรืออาคารก่อสร้างไปตั้งแต่แรกเข้ามารวมด้วย ดังนั้นต้นทุนค่าเสื่อมราคาในทางเศรษฐศาสตร์จึงสูงกว่าต้นทุนค่าเสื่อมราคาในทางบัญชี โดยหากใช้วิธีการทางเศรษฐศาสตร์ในการคำนวณค่าเสื่อมราคาประจำปีแล้ว ต้นทุนในส่วนอื่นๆ ก็ควรใช้วิธีการทางเศรษฐศาสตร์ด้วย ดังนั้นค่าเสื่อมราคาประจำปีในทางเศรษฐศาสตร์หาได้จากการ

นำเอามูลค่าปัจจุบัน (Current Value) ของครุภัณฑ์ชิ้นนั้น หารด้วย Annualization Factor ซึ่ง Annualization Factor สามารถหาได้จากตารางที่ได้จากการนำ อัตราลด (Discount Rate) และอายุการใช้งาน (Expected Useful Life) มาคำนวณร่วมกัน ดังสมการข้างล่างนี้

$$\text{Annual Economic Cost} = \frac{\text{Current Value}}{\text{Annualization Factor}}$$

ขั้นที่ 3 การหาวิธีกระจายต้นทุนที่เหมาะสม (Allocation Criteria Determination) การกระจายต้นทุน คือ การเคลื่อนย้ายต้นทุนของหน่วยต้นทุนที่ทำหน้าที่สนับสนุน มาสู่หน่วยต้นทุนที่ให้บริการผู้ป่วยโดยตรง ด้วยเหตุผลที่สำคัญ 2 ประการ คือ

1. เพื่อให้ต้นทุนทั้งหมดมาตกอยู่ในหน่วยต้นทุนที่มีกิจกรรมในการให้บริการผู้ป่วยชัดเจน ซึ่งทำให้คำนวณต้นทุนต่อหน่วยได้โดยไม่มีต้นทุนส่วนใดตกหล่นไป

2. เพื่อสะท้อนความสัมพันธ์ในการสนับสนุนซึ่งกันและกันของหน่วยต้นทุนต่างๆ ซึ่งจะนำไปสู่การประเมินประสิทธิภาพในการทำงานได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

ผลลัพธ์ของการกระจายต้นทุนจะทำให้ต้นทุนของหน่วยต้นทุนชั่วคราว(Transient Cost Center) กลายมาเป็นต้นทุนโดยอ้อมของหน่วยรับต้นทุน (Absorbing Cost Center) จนหมดสิ้นไม่เหลือต้นทุนอยู่ที่หน่วยต้นทุนชั่วคราวเลย ทั้งนี้การพิจารณาว่าหน่วยต้นทุนแต่ละหน่วยเป็นหน่วยต้นทุนชั่วคราวหรือหน่วยรับต้นทุนนั้น ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้วิเคราะห์เป็นหลัก ดังนั้นหน่วยรับต้นทุนจะมีต้นทุนทั้งหมดเท่ากับ ต้นทุนทางตรงของหน่วยรับต้นทุนเองรวมกับต้นทุนทางอ้อมที่ถูกกระจาย (Allocated) มาจากหน่วยต้นทุนชั่วคราวต่าง ๆ ดังสมการข้างล่างนี้

ต้นทุนทั้งหมด = ต้นทุนรวมโดยตรง + ต้นทุนทางอ้อมจากการกระจาย (Indirect Costs)

วิธีการกระจายต้นทุน (Allocated Method) อาจแบ่งออกได้เป็น 2 หลักวิธี คือ

1. การกระจายต้นทุนออกด้านเดียว วิธีการนี้หน่วยต้นทุนชั่วคราวจะกระจายต้นทุนออกไปให้หน่วยต้นทุนอื่นๆ จนหมด ในขณะที่หน่วยที่กระจายจะไม่มีการรับต้นทุนจากหน่วยงานอื่น แบ่งได้เป็น 2 วิธี ดังนี้

ก. การกระจายโดยตรง (Direct Distribution Method) ทำโดยแบ่งหน่วยต้นทุนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ หน่วยต้นทุนชั่วคราวและหน่วยรับต้นทุน หน่วยต้นทุนชั่วคราวแต่ละหน่วยจะกระจายต้นทุนของตนให้หน่วยรับต้นทุนโดยตรง ไม่มีการกระจายต้นทุนให้แก่กันในกลุ่มหน่วยต้นทุนชั่วคราว วิธีการกระจายโดยตรง นี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด เพราะไม่มีการจัดสรรต้นทุนระหว่างหน่วยงานที่ไม่ก่อให้เกิดรายได้ กับหน่วยงานที่ก่อให้เกิดรายได้ แต่มีข้อเสียคือ วิธีนี้ไม่คำนึงถึงการให้บริการระหว่างหน่วยงานต้นทุนชั่วคราว

ข. วิธีการกระจายตามลำดับขั้น (Step-Down Method) เป็นวิธีการกระจายต้นทุนโดยมีการจัดลำดับของหน่วยต้นทุนชั่วคราว โดยจัดลำดับหน่วยงานที่ต้องสนับสนุนหน่วยงานอื่นในลักษณะที่กว้างขวางกว่าไว้เป็นอันดับต้นๆ และเรียงลำดับลงมาเรื่อยๆ เช่น ฝ่ายบริหาร สนับสนุนหน่วยงานอื่นอย่างกว้างขวางกว่าฝ่ายวิชาการ ฝ่ายวิชาการสนับสนุนกว้างขวางกว่างานซักฟอก การเรียงลำดับเป็นดังนี้ ฝ่ายบริหาร ฝ่ายวิชาการ งานซักฟอก โดยหน่วยต้นทุนชั่วคราวที่ถูกจัดลำดับไว้ต้นๆ จะมีโอกาสกระจายให้หน่วยต้นทุนอื่นๆ มาก ส่วนหน่วยต้นทุนที่อยู่ลำดับท้ายจะมีโอกาสกระจายไปหน่วยต้นทุนอื่นน้อย แต่มีโอกาสรับจากหน่วยต้นทุนอื่น ๆมากกว่าการกระจาย การกระจายต้นทุนโดยวิธีนี้ จึงคำนวณผลลัพธ์ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากกว่าวิธีการกระจายโดยตรง

2. การกระจายต้นทุนพร้อมกับรับต้นทุน วิธีการนี้ใช้หลักความจริงที่ว่าในขณะที่หน่วยงานหนึ่งให้การสนับสนุนหน่วยงานอื่นนั้น ก็มีโอกาสได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานอื่นเช่นเดียวกัน ดังนั้นในขณะที่มีการกระจายต้นทุนของตัวเองไป ก็สามารถที่จะรับต้นทุนจากหน่วยงานอื่นเข้ามาได้เช่นเดียวกัน โดยกระบวนการเช่นนี้ก่อให้เกิดปัญหาการกระจายที่ไม่มีวันจบ เนื่องจากต้นทุนชั่วคราวยังไม่หมดไป จึงต้องหยุดการกระจายด้วยวิธีการที่เหมาะสม การกระจายแบบนี้แบ่งได้เป็น 3 วิธี ดังนี้

ก. การกระจายสองครั้ง (Double Distribution Method) เป็นวิธีการกระจายต้นทุนแบบสองรอบ โดยรอบแรก (First Distribution) หน่วยต้นทุนชั่วคราวจะกระจายต้นทุนให้กับหน่วยที่จะคิดต้นทุนและให้แก่กันและกันได้ไม่จำกัด ในขณะที่มีการกระจายต้นทุนในครั้งที่หนึ่งนั้น หน่วยต้นทุนชั่วคราวที่กระจายต้นทุนนั้นก็ยังคงรับต้นทุนจากหน่วยงานอื่นด้วย ทำให้มีต้นทุนเหลือค้างอยู่ที่หน่วยต้นทุนชั่วคราวเหล่านี้จำนวนหนึ่ง ในระดับที่น้อยกว่าต้นทุนรวม

โดยตรงของตนเอง เราจัดการให้ต้นทุนของหน่วยต้นทุนชั่วคราวที่ได้รับมาจากการกระจายนี้หมดไป ด้วยการกระจายรอบสอง (Second Distribution) โดยใช้วิธีการกระจายโดยตรง หรือการกระจายตามลำดับขั้น

ข. การกระจายหลายครั้ง (Multiple Distribution Method) การกระจายต้นทุนวิธีนี้คล้ายกับวิธีกระจาย 2 ครั้ง แต่เพิ่มจำนวนครั้งของการกระจายให้มากกว่า 2 ครั้ง ทำจนกระทั่งเห็นว่าต้นทุนที่นำมากระจายนั้นมีค่าน้อยมาก จึงปิดท้ายด้วยการกระจายโดยตรงหรือการกระจายตามลำดับขั้น

ค. การใช้สมการเส้นตรง (Simultaneous Equation Method) เป็นวิธีการกระจายต้นทุนด้วยจำนวนครั้งที่นับไม่ถ้วน จนกระทั่งไม่เหลือต้นทุนอยู่ที่หน่วยต้นทุนชั่วคราวอีกต่อไป โดยการสร้างสมการเส้นตรงที่จุดสมดุลดังกล่าว และแก้สมการด้วยวิธี Matrix ซึ่งสามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น โปรแกรม Excel ช่วยคำนวณได้ วิธีนี้ถือว่าเป็นวิธีที่ละเอียดให้ผลถูกต้องที่สุด

ทั้งนี้ วิธีการกระจายที่แตกต่างกันอาจจะทำให้ผลลัพธ์แตกต่างกันเพียง ร้อยละ 1 ถึง ร้อยละ 2 สิ่งทำสำคัญคือ การเลือกใช้เกณฑ์การกระจายต้นทุนที่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้ผลลัพธ์แตกต่างกันมากกว่าวิธีการกระจายต้นทุน จึงควรพยายามหาเกณฑ์การกระจายต้นทุนที่เป็นจริงและเหมาะสมที่สุด

การกำหนดเกณฑ์การกระจายต้นทุน (Allocation Criteria) โดยหน่วยต้นทุนที่เป็นหน่วยต้นทุนชั่วคราวจะต้องมีเกณฑ์การกระจายต้นทุน เพื่อเป็นการกำหนดว่าจะใช้ข้อมูลอะไรมากระจายต้นทุนของตนเองให้กับหน่วยต้นทุนอื่น ข้อมูลที่จะนำมาใช้เป็นเกณฑ์การกระจายต้นทุนต้องสามารถวัดให้เห็นผลงานที่เป็นกิจกรรมหลักของหน่วยต้นทุนนั้นได้ อาจแบ่งเกณฑ์การกระจายต้นทุนออกเป็น 4 กลุ่ม ได้ดังนี้

1. เกณฑ์ที่สัมพันธ์กับผู้ปฏิบัติงาน เช่น จำนวนผู้ปฏิบัติงานเต็มเวลา เป็นต้น
2. เกณฑ์ที่สัมพันธ์กับค่าใช้จ่าย เช่น ค่าใช้จ่ายของแต่ละหน่วยต้นทุน เป็นต้น
3. เกณฑ์ที่สัมพันธ์กับปริมาณผู้ป่วย เช่น จำนวนวันนอนโรงพยาบาล เป็นต้น
4. เกณฑ์ที่สัมพันธ์กับบริการทั่วไป เช่น น้ำหนักผ้า พื้นที่ใช้สอย เป็นต้น

การเลือกใช้เกณฑ์ชนิดใดนั้นขึ้นอยู่กับข้อมูลที่มีอยู่แล้ว หรือข้อมูลที่สามารถเก็บได้ไม่ยากนัก และควรมีความสัมพันธ์กับการใช้ทรัพยากรที่กระจาย หากไม่มีข้อมูลนี้อยู่ก็จะอาศัยการเก็บข้อมูลไปข้างหน้าชั่วระยะเวลาหนึ่ง เช่น 3 เดือน เพื่อใช้เป็นสัดส่วนในการกระจายทรัพยากรสำหรับหน่วยงานที่มีผลลัพธ์ของงานหลายชนิด การใช้เกณฑ์อย่างเดียวอาจไม่สามารถแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยงานได้ดี จึงควรมีการพิจารณาเกณฑ์หลายเกณฑ์ไปพร้อมกัน

ขั้นที่ 4 การหาต้นทุนรวมทั้งหมด (Full Cost Determination) หาได้จากการนำต้นทุนทางตรงของหน่วยที่จะคิดต้นทุน รวมกับต้นทุนทางอ้อมที่กระจายมาจากหน่วยต้นทุนสนับสนุน ดังสมการข้างล่างนี้

ต้นทุนรวมทั้งหมด = ต้นทุนทางตรง + ต้นทุนทางอ้อม

ขั้นที่ 5 การคำนวณหาต้นทุนต่อหน่วย (Unit Cost Calculation) คือ การเปรียบเทียบปริมาณทรัพยากรที่ใช้กับผลลัพธ์หรือปริมาณงานที่เกิดขึ้น เป็นเครื่องมือสำหรับใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพของการใช้ทรัพยากร การกำหนดงบประมาณ การกำหนดอัตราค่าบริการ การวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยจะกระทำในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง โดยทั่วไปมักจะทำอย่างน้อยปีละครั้งเมื่อสิ้นปีทางบัญชีหรืออาจจะทำกว่านั้นเพื่อให้สามารถควบคุมการใช้ทรัพยากรได้ดีขึ้น สามารถคำนวณหาต้นทุนต่อหน่วยได้ดังสมการข้างล่างนี้

$$\text{ต้นทุนต่อหน่วย} = \frac{\text{ต้นทุนทั้งหมด}}{\text{ผลผลิตทั้งหมด}}$$

2. **การวิเคราะห์ต้นทุนประสิทธิผล (Cost-Effectiveness Analysis)** คือ การวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบทั้งต้นทุนและผลได้ของทางเลือกตั้งแต่ 2 ทางเลือกขึ้นไป ที่มีการวัดและประเมินค่าต้นทุนออกมาในรูปตัวเงินและทำการวัดผลได้ (Outcome) ออกมาอยู่ในรูปประสิทธิผล (Effectiveness) ที่มีหน่วยเดียวกันของทุกทางเลือก เช่น จำนวนผู้ป่วยที่หายจากโรค จำนวนคนไข้ที่ได้รับการวินิจฉัยที่ถูกต้อง เป็นต้น (ภิรมย์ กมลรัตนกุล, 2549) โดยเป้าหมายของการวิเคราะห์ต้นทุนประสิทธิผล ก็เพื่อตอบคำถามว่า วิธีใดคือวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการที่จะทำให้ได้ผลได้ตามที่ต้องการ เช่น เมื่อต้องการป้องกันการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบี 1 ราย วิธีใดต่อไปนี้จะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยมีทางเลือก 2 ทาง คือ การให้การศึกษา หรือ การฉีดวัคซีน เป็นต้น (หลักเศรษฐศาสตร์และเศรษฐศาสตร์สาธารณสุข, 2545: 326)

นอกจากนี้การวิเคราะห์ต้นทุนประสิทธิผล สามารถนำมาใช้ประเมินประสิทธิภาพระหว่างทางเลือกที่มีผลได้ร่วมกัน แม้ว่าเป็นบริการต่างชนิดกันได้ เช่น การเปรียบเทียบระหว่างการผ่าตัดเปลี่ยนไต กับการผ่าตัดเปลี่ยนหัวใจ ซึ่งการผ่าตัดทั้งสองชนิดนี้ มีผลได้ร่วมกันคือ จำนวนปีที่ผู้ป่วยรอดชีวิต เป็นต้น (Drummond et al, 1997: 12-13)

การวิเคราะห์ต้นทุนประสิทธิผล นิยมคำนวณออกมาในรูปต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ (ภิรมย์ กมลรัตนกุล, 2549)

1. ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยผลผลิต (Cost per Outcome) เช่น ต้นทุนต่อการป้องกันไม่ให้เป็นไข้เลือดออกต่อ 1 ราย เป็นต้น โดยโครงการใดมีค่าใช้จ่ายต่อผลได้ต่ำที่สุดก็ควรจะเลือกโครงการนั้น

2. ผลผลิตต่อค่าใช้จ่าย 1 หน่วย (Outcome per Cost) จะเลือกใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้เมื่อหน่วยงานได้รับงบประมาณเป็นเงินจำนวนหนึ่ง แล้วต้องการทราบว่างบประมาณดังกล่าวจะสามารถให้ผลได้จำนวนเท่าใดระหว่างทางเลือกต่าง ๆ ถ้าโครงการไหนก่อให้เกิดผลได้สูงสุดในงบประมาณที่เท่ากัน ก็ควรเลือกทางเลือกนั้น

3. ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นต่อผลผลิตที่เพิ่มขึ้น (Incremental Cost per Incremental Outcome) หรือ ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มผลผลิต 1 หน่วย ต่อ ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น 1 หน่วย (Marginal Cost per Marginal Outcome)

ข้อจำกัดของการวิเคราะห์ต้นทุนประสิทธิผล คือ หน่วยที่จะใช้ในการวัดผลได้ต้องวัดออกมาเป็นผลทางคลินิกเพียงอย่างเดียว (Single Outcome) ที่เหมือนกันของแต่ละทางเลือกที่จะนำมาเปรียบเทียบกัน แต่ถ้าหน่วยที่วัดผลได้ของแต่ละทางเลือกแตกต่างกันจะไม่สามารถใช้วิธีนี้วิเคราะห์ได้ (ภิรมย์ กมลรัตนกุล, 2549)

3. **การวิเคราะห์ต้นทุน-ผลได้ (Cost-Benefit Analysis)** เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่าง 2 โครงการขึ้นไป ที่มีการประเมินค่าต้นทุนและผลได้ทั้งหมดของโครงการออกมาเป็นหน่วยเดียวกันคือในรูปของเงิน การประเมินประสิทธิภาพด้วยวิธีนี้เหมาะที่จะใช้กับโครงการที่ให้ผลหลายๆ ด้าน (Multiple Effects) หรือใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างโครงการที่วัดผลได้ออกมาไม่เหมือนกัน เช่น การประเมินประสิทธิภาพระหว่างโครงการตรวจคัดกรองโรคความดันโลหิตสูง ซึ่งผลได้ถูกวัดออกมาในรูปการป้องกันการเสียชีวิตก่อนถึงเวลาอันควร กับโครงการให้วัคซีนป้องกันโรคโปลิโอ ซึ่งผลได้ถูกวัดออกมาในรูปของการป้องกันการพิการ จะเห็นได้ว่าทั้ง 2 โครงการวัดผลได้ออกมาไม่เหมือนกัน ดังนั้นการประเมินประสิทธิภาพโดยการวิเคราะห์ต้นทุน-ประสิทธิผลจึงไม่เหมาะสม จึงควรใช้การวิเคราะห์ต้นทุน-ผลได้ ในการประเมินประสิทธิภาพโดยทำการแปลงหน่วยของผลได้ทั้งหมดของทั้ง 2 โครงการออกมาในรูปตัวเงิน ซึ่งจะเป็นหน่วยวัดเดียวกัน ทำให้สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ (Drummond et al, 1997: 14)

4. **การวิเคราะห์ต้นทุน-อรรถประโยชน์ (Cost-Utility Analysis)** เป็นการวิเคราะห์โดยการประเมินต้นทุนให้อยู่ในรูปของตัวเงิน และประเมินค่าของผลได้ให้อยู่ในหน่วยวัดของอรรถประโยชน์ หรือความพึงพอใจ คือวัดผลประโยชน์ของโครงการสาธารณสุขในรูปของความพึงพอใจที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับสุขภาพ (Health Status) ซึ่งอาจวัดในรูปคุณภาพชีวิต (Quality of Life) โดยหน่วยที่ใช้วัดอาจอยู่ในรูป จำนวนวันที่มีสุขภาพสมบูรณ์ดี (Healthy Days) หรือ เทียบเท่าจำนวนปีที่มีสุขภาพสมบูรณ์ (Quality-Adjusted Life-Year: QALYS)

ผลของการวิเคราะห์ นิยมสรุปออกมาในรูปของ ต้นทุนต่อการที่มีชีวิตอย่างมีคุณภาพเพิ่มขึ้น 1 ปี (Cost per Quality Adjusted Life Years Gain) (ภิรมย์ กมลรัตนกุล, 2549) อันเป็นผลมาจากการดำเนินโครงการหนึ่ง ๆ อย่างไรก็ตามข้อจำกัดในการประเมินประสิทธิภาพด้วยวิธีนี้ ก็คือการวัดผลได้ออกมาในรูป QALYS จะกระทำได้ค่อนข้างยาก

จะเห็นได้ว่าการที่จะเลือกใช้วิธีใดในการประเมินนั้น เป็นสิ่งที่จะเกิดขึ้นภายหลังจากการได้ศึกษาถึงลักษณะต่าง ๆ ของโครงการ และคำถามที่ต้องการคำตอบแล้ว ดังนั้นผู้ประเมินจึงจำเป็นจะต้องเข้าใจถึงข้อแตกต่างและข้อจำกัดของวิธีในการประเมินประสิทธิภาพในแต่ละวิธีเพื่อ ที่จะทำให้ผู้ประเมินสามารถเลือกใช้วิธีในการประเมินประสิทธิภาพได้อย่างเหมาะสม

การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความไว เป็นวิธีการหนึ่งในการวิเคราะห์ความเสี่ยงของโครงการลงทุนโดยการพิจารณาระดับการเปลี่ยนแปลงของสถานะทางการเงิน เมื่อมีตัวแปรที่สำคัญซึ่งมีผลกระทบต่อโครงการเปลี่ยนแปลงไปแล้ว จะมีผลกระทบต่อโครงการอย่างไร เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลพื้นฐานของโครงการ (Base Case) (เยาวเรศ ทับพันธุ์, 2543: 105-106, สุมาลี อุณหะนันทน์, 2548: 282)

เนื่องจากในการประเมินทางเศรษฐศาสตร์นั้น จะต้องมีการรวบรวมข้อมูลและข้อสมมติต่าง ๆ (Assumption) ซึ่งเป็นข้อมูลที่สามารถรวบรวมได้ในการดำเนินโครงการตั้งแต่เริ่มแรกในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งเพื่อมาทำการประเมิน โดยโอกาสที่ข้อมูลที่จะเกิดขึ้นจริงในอนาคตอาจไม่เป็นไปตามที่ประมาณการไว้ ดังนั้นในโครงการที่มีการลงทุนในระยะยาว จึงเป็นการลงทุนที่อยู่ภายใต้ความไม่แน่นอน (Uncertainty) เนื่องจากเราไม่สามารถทราบข้อมูลต่างๆที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ ข้อมูลต่างๆในอนาคตล้วนแล้วแต่เป็นข้อมูลที่ต้องมีการประมาณการทั้งนั้นทำให้ข้อมูลเหล่านั้นมีความไม่แน่นอนเกิดขึ้น ยิ่งมีอัตราของความไม่แน่นอนในการประมาณการข้อมูลต่างๆมากเท่าไร ความเสี่ยงของการลงทุนในโครงการเหล่านั้นก็จะมากขึ้นเท่านั้น ทั้งนี้เพราะความเสี่ยงคือ อัตราของความไม่แน่นอนนั่นเอง จากเหตุผลดังกล่าวจึงควรจะวิเคราะห์ผลกระทบของความไม่แน่นอนเหล่านี้ด้วยการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) (Rushby and Cairns, 2005: 161) เพื่อประเมินความเสี่ยงของโครงการ การวิเคราะห์ความไวสามารถกระทำได้หลายวิธี ดังนี้ (Muenning, 2002: 229-240; Rushby and Cairns, 2005:164-170)

1. การวิเคราะห์ความไวแบบทางเดียวหรือตัวแปรเดียว (One-Way or Univariate Sensitivity Analysis) เป็นวิธีการวิเคราะห์ความไวที่ง่ายที่สุด โดยทำการทดสอบเปลี่ยนค่าของตัวแปรเพียงตัวแปรเดียวที่พิจารณาแล้วว่าตัวแปรนั้นเป็นปัจจัยสำคัญ ขณะที่ให้ตัวแปรอื่นกำหนดให้มีค่าคงที่ โดยค่าของตัวแปรที่ไปเปลี่ยนนั้นจะต้องอยู่ในความสมเหตุสมผล จากนั้นทำการประเมินประสิทธิภาพของโครงการใหม่อีกครั้ง เพื่อพิจารณาถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงของโครงการว่าเหมือนหรือแตกต่างไปจากเดิมหรือไม่อย่างไร

2. การวิเคราะห์ความไวแบบสองทางหรือสองปัจจัย (Two-Way o r Bivariate Sensitivity Analysis) เป็นวิธีการวิเคราะห์ความไว โดยทำการทดสอบเปลี่ยนค่าตัวแปร 2 ตัว ไปพร้อมๆ กัน ขณะที่ปัจจัยอื่นกำหนดให้มีค่าคงที่ แล้วทำการวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงของผลกระทบต่อการประเมินประสิทธิภาพใหม่ของโครงการอีกครั้ง

3. การวิเคราะห์ความไวแบบหลายทางหรือหลายปัจจัย (Multi-Way or Multivariate Sensitivity Analysis) เป็นวิธีการวิเคราะห์ความไว โดยทำการทดสอบเปลี่ยนค่าตัวแปรมากกว่า 2 ตัวขึ้นไป ไปพร้อมๆ กัน แล้วทำการวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงของผลกระทบต่อการประเมินประสิทธิภาพใหม่ของโครงการอีกครั้ง การวิเคราะห์ความไวด้วยวิธีนี้จะให้ผลที่แท้จริงได้มากกว่าการวิเคราะห์ความไวแบบทางเดียว

4. การวิเคราะห์ตัวแปรที่มีอิทธิพลหรือมีผลกระทบ (Influence or Tornado Analysis) เป็นวิธีการวิเคราะห์ความไว โดยการจัดลำดับอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อผลลัพธ์ในการวิเคราะห์ กระทำได้โดยใช้การวิเคราะห์ความไวแบบทางเดียวในแต่ละตัวแปร แล้วนำผลที่ได้มาจัดลำดับของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลลัพธ์ของโครงการ โดยเรียงลำดับตัวแปรที่มีอิทธิพลมากที่สุดและมีอิทธิพลรองลงมาเป็นลำดับต่อๆไป

ขั้นตอนในวิเคราะห์ความไวเบื้องต้น สามารถกระทำได้ดังนี้ (Rushby and Cairns, 2005:163-164)

1. แจกแจงตัวแปรที่มีทั้งหมดของโครงการ ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์ความไวได้
2. เลือกตัวแปรที่มีความสำคัญต่อโครงการว่ามีอะไรบ้าง จากตัวแปรที่มีทั้งหมดเพื่อนำมาวิเคราะห์ความไว โดยการเลือกตัวแปรที่จะนำมาวิเคราะห์นั้นต้องสมเหตุและสมผล ตัวแปรเหล่านี้ได้แก่ ต้นทุน ราคาขาย และผลได้ เป็นต้น ซึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้

- มีความไม่แน่นอนมากที่สุด
- กลุ่มตัวอย่างที่นำมาศึกษามีความผันแปรมากที่สุด
- คุณภาพของข้อมูลไม่ดี เช่น อยู่ภายใต้ข้อสมมติฐาน
- มีความสำคัญต่อการตัดสินใจของผู้ควบคุมนโยบาย
- มีอิทธิพลมากที่สุดต่อต้นทุนรวม หรือผลได้
- มีความแตกต่างจากผลงานวิจัยที่มีการเผยแพร่มาแล้ว
- เป็นตัวแปรที่สำคัญในการอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนหรือผลได้

นอกจากนี้ควรจะต้องพิจารณาถึงเหตุผลว่า ทำไมถึงไม่ใช่ตัวแปรบางตัวในการวิเคราะห์ความไว ซึ่งเหตุผลอาจเนื่องมาจากตัวแปรนั้นมีความแน่นอนของข้อมูล หรือมีผลกระทบน้อยมากต่อผลได้ เป็นต้น

3. เลือกช่วงของค่าที่จะนำมาใช้ในการคำนวณแทนข้อมูลพื้นฐานของโครงการ โดยควรเลือกทั้งขนาดและทิศทางที่เหมาะสม ช่วงของค่านี้อาจนำมาจากเอกสารอ้างอิงต่างๆ, ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญที่ได้ผ่านความเห็นชอบแล้ว, ความผันแปรของข้อมูลเริ่มต้น หรือจากมุมมองของผู้วิจัยเอง

4. ทำการเลือกวิธีในการวิเคราะห์ความไวดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยควรเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ความไวแบบทางเดียว เพื่อให้ทราบถึงผลกระทบของตัวแปรแต่ละตัวที่จะมีต่อโครงการ ก่อนที่จะไปทำการวิเคราะห์ความไวแบบหลายทาง

5. ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการแปลผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความไว โดยการวิเคราะห์จะต้องระบุได้ว่า มีการเปลี่ยนแปลงผลที่ได้ไปจากข้อมูลพื้นฐานของโครงการมากน้อยอย่างไร รวมทั้งมีผลต่ออัตราส่วนการเพิ่มต้นทุนประสิทธิผลหรือไม่ โดยสิ่งที่สำคัญในการวิเคราะห์ความไวคือ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นี้เป็นข้อมูลที่เพียงพอหรือไม่ในการตัดสินใจในการลงทุน

จะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์ความไวจะช่วยทำให้ทราบข้อมูล ที่สามารถเปรียบเทียบถึงผลได้สุทธิของโครงการก่อนทำการวิเคราะห์ความไวกับหลังทำการวิเคราะห์ความไว ว่าผลได้สุทธิหลังทำการวิเคราะห์ความไวมีผลกระทบแตกต่างจากเดิมหรือไม่ ถ้าผลได้สุทธิไม่เปลี่ยนแปลงก็จะช่วยให้ผู้ตัดสินใจมีความมั่นใจในผลลัพธ์ที่ได้มากยิ่งขึ้น แต่ถ้าผลได้สุทธิหลังวิเคราะห์ความไวเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เช่น มีผลได้สุทธิที่มีทิศทางตรงกันข้ามจากเดิม ก็จะต้องทำการตัดสินใจว่าจะยังคงเลือกที่จะลงทุนในโครงการนี้อีกต่อไปหรือไม่ หรือเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเตรียมรับสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีตัวแปรที่มีผลกระทบต่อโครงการเปลี่ยนแปลงไปในอนาคต โดยตัวแปรที่นิยมนำมาทำการวิเคราะห์ความไว ได้แก่ ต้นทุน ผลได้ ราคาค่าบริการและอัตราลด เป็นต้น (ภิรมย์ กมลรัตนกุล, 2549)

<u>รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</u> (Review of Related Researches)

Pongnapang (2005) นำเสนอเกี่ยวกับแนวทางการปฏิบัติสำหรับเจ้าหน้าที่ถ่ายภาพเอกซเรย์ เพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพทางรังสีจากการใช้เครื่อง CR พบว่าทักษะความรู้ในการใช้เครื่อง CR, โปรแกรมควบคุมคุณภาพของเครื่อง CR และการทำงานเป็นทีมระหว่างแพทย์และเจ้าหน้าที่ถ่ายภาพเอกซเรย์จะช่วยให้ภาพเอกซเรย์ที่ได้จากระบบ CR มีคุณภาพดีที่สุด

Mattoon และ Smith (2004) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาของเครื่อง CR พบว่าเทคโนโลยีของเครื่อง CR สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในวงการแพทย์ได้อย่างมากทั้งในมนุษย์และสัตว์ ภาพที่ได้สามารถนำมาปรับแต่งให้เห็นได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

Lau และคณะ (2004: 183-187) ทำการวิเคราะห์อัตราฟิล์มเสีย โดยทำการเปรียบเทียบในแผนกเอกซเรย์วินิจฉัย เมื่อมีการใช้ Screen-Film และ ระบบ CR ที่เชื่อมโยงกับระบบ PACS พบว่าอัตราฟิล์มเสียเมื่อใช้ ระบบ Screen-Film (2.1%) และเมื่อมีการใช้ระบบ CR ที่เชื่อมโยงกับระบบ PACS มีอัตราฟิล์มเสียเท่ากับ 1.3% โดยต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Peer และคณะ (1999: 1693-1696) ได้ศึกษาเปรียบเทียบอัตราฟิล์มเสียระหว่างเมื่อถ่ายภาพเอกซเรย์ด้วยระบบ Screen- Film กับระบบ CR พบว่าอัตราฟิล์มเสียจากระบบ Screen- Film เท่ากับ 27.6 % ขณะที่ระบบ CR มีอัตราฟิล์มเสียเท่ากับ 2.3% นอกจากนั้น Weatherburn และคณะ (1999) ทำการศึกษาอัตราฟิล์มเสียระหว่างระบบ Screen-Film ระบบ CR และระบบ PACS พบว่าอัตราฟิล์มเสียเมื่อใช้ระบบ CR น้อยกว่าระบบ Screen- Film อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอัตราฟิล์มเสียเมื่อใช้ระบบ PACS น้อยกว่า ระบบ CR เล็กน้อย โดยไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

Polumin และคณะ (1998: 805-807) ทำการศึกษาการลดอัตราฟิล์มเสียและการลดปริมาณรังสีเมื่อใช้ CR โดยใช้เอกซโพเซอร์แฟคเตอร์ (Exposure Factors) ในการถ่ายภาพเอกซเรย์ปอดลดลงครึ่งหนึ่งของการถ่ายเอกซเรย์ปอดโดยระบบ Screen-Film พบว่าสามารถให้ภาพเอกซเรย์ที่ยังคงคุณภาพไว้และยังลดอัตราฟิล์มเสียลงอย่างมีนัยสำคัญด้วย

Swee และคณะ (1997: 539-542) ได้ทำการศึกษาคุณภาพของการถ่ายภาพเอกซเรย์ของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก (Musculoskeletal) ทำการเปรียบเทียบภาพที่ได้ระหว่างระบบ Screen-film และระบบ CR โดยใช้ปริมาณรังสีและพารามิเตอร์อื่น ๆ เหมือนกัน พบว่าภาพเอกซเรย์ที่ได้จากระบบ CR ดีกว่าจากระบบ Screen- Film ในทุกรูปแบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Everson และคณะ (1987: 261-264) ทำการศึกษาเปรียบเทียบการวัดขนาดโฟคอลสปอตด้วยวิธี Slit, Pinhole และ Star Resolution Pattern Techniques โดยใช้ Direct Film (DF) และ Screen-Film. พบว่าการวัดขนาดโฟคอลสปอตจากทั้ง 3 วิธีให้ผลความถูกต้องไม่แตกต่างกัน โดยเมื่อใช้วิธี Star จะใช้ Tube loading น้อยกว่าวิธีอื่นๆ

Ongeval และคณะ (2006: 1360-1366) ทำการประเมินการวินิจฉัยภาพเอกซเรย์เต้านมระหว่างการใช้ Digital Mammography กับระบบ CR และ ภาพถ่ายเอกซเรย์เต้านมด้วยสกรีนฟิล์ม จากการประเมินใน 10 ลักษณะของคุณภาพของภาพเอกซเรย์เต้านม พบว่าภาพเอกซเรย์เต้านมที่ได้จากในระบบ CR มี Non-Inferiority ต่อภาพถ่ายเอกซเรย์เต้านมด้วยสกรีนฟิล์ม ยกเว้นเพียงกรณีเดียวคือ รอยโรคที่แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับ Calcifications ที่ CR มี Inferior กว่าสกรีนฟิล์ม

Lee, Junewick และ Luttenton (2006: 158-159) ศึกษาเกี่ยวกับ Time-Saving ในการถ่ายภาพเอกซเรย์ที่แผนกฉุกเฉินโดยเปรียบเทียบระหว่างการถ่ายภาพเอกซเรย์ในระบบดิจิตอล กับการถ่ายภาพเอกซเรย์แบบดั้งเดิมโดยใช้สกรีนฟิล์ม พบว่าเมื่อใช้ระบบดิจิตอลจะลดเวลาลงได้ 23% เมื่อเทียบกับระบบฟิล์ม

Andriole (2002: 161-169) ศึกษา Productivity และ Cost assessment ของ Computed radiography (CR) , Digital radiography (DR) และ Screen-Film ในการเอกซเรย์ปอดของผู้ป่วยนอก พบว่า ทั้ง CR และ DR สามารถเอกซเรย์ปอดผู้ป่วย (Throughput) ได้ในปริมาณมากกว่าสกรีนฟิล์ม ยิ่งไปกว่านั้นในมุมมองของผู้ชำนาญในการถ่ายภาพรังสีให้ความเห็นว่าการถ่ายภาพในระบบ CR และ DR ช่วยปรับปรุง Workflow , ง่ายในการใช้งาน และมีความเชื่อมั่นในระบบ รวมทั้งมีความรวดเร็วในการบริการมากกว่าสกรีนฟิล์ม โดยในการประเมินต้นทุนพบว่าในปริมาณผู้ป่วยไม่มากนักระบบ CR จะมี Cost Effective มากกว่าระบบ DR

รายงานวิจัยที่กล่าวข้างต้น จะเป็นงานวิจัยที่ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพการบันทึกภาพในระบบ CR เปรียบเทียบกับฟิล์ม ในด้านการบันทึกภาพเอกซเรย์ของผู้ป่วย ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับทางคลินิก

จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่ามีการศึกษาเดียวที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประเมินประสิทธิผลระหว่างระบบ CR กับ ระบบฟิล์ม ที่นำมาศึกษาทางด้านการควบคุมคุณภาพของเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป คือ Rong และคณะ (2003: 1768 - 1775) ได้ทำการประเมินประสิทธิผลของระบบ CR และระบบฟิล์ม โดยนำระบบ CR มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์ โดยทำการวัดขนาดของโฟคอลสปอต ด้วยวิธี Slit Camera เปรียบเทียบระหว่างการใช้ Direct-Exposure Film (DF) กับ ระบบ CR และ Flat-Panel Based Digital Detectors (FP) โดยกำหนดให้วิธีจากการใช้ฟิล์มเป็นวิธีมาตรฐาน พบว่าการวัดขนาดของโฟคอลสปอต เมื่อใช้ ระบบ CR และ FP ใช้เวลาน้อยกว่า 20 นาทีเมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อใช้วิธีฟิล์ม นอกจากนี้การใช้ระบบ CR และ FP สามารถลดการใช้ Tube Loading โดยใช้ 20 mAs ขณะที่ระบบฟิล์มต้องใช้ Tube Loading ถึงประมาณ 1,000 mAs ขนาดที่วัดได้เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับการวัดขนาดของโฟคอลสปอตด้วยระบบฟิล์มที่นำไปแปลงสัญญาณภาพจากอนาลอกให้เป็นดิจิตอล (Digitized Film) มีความแตกต่างเท่ากับ – 2.4% ถึง +4.8% (σ=2.5%) และเมื่อทำการเปรียบเทียบการวัดขนาดของโฟคอลสปอตด้วยฟิล์มโดยประเมินจากการมองเห็นด้วยตา(Visual Evaluation) จากผู้วัด 6 คน เทียบกับ Digitized Film มีความแตกต่างเท่ากับ – 16.6 % ถึง + 9.3 % (σ= 8.1%) ขณะที่เมื่อใช้ DF ในการวัดขนาดของโฟคอลสปอตจะใช้เวลาอย่างน้อยที่สุดเท่ากับ 60 นาที