บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัย ซึ่งผู้วิจัยใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ ออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริการตรวจรักษาทางรังสีรักษา

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโรคมะเร็ง [2]

การศึกษาทางรังสีรักษา เป็นการศึกษาอุบัติการณ์ ลักษณะการดำเนินโรค การพยากรณ์โรค หรือโรคมะเร็งที่พบบ่อย วิธีการรักษาโรคมะเร็งทั้งการรักษามะเร็งด้วยรังสีหรือการรักษาด้วยรังสีร่วมกับวิธีการอื่นๆ ผลข้างเคียงจากการรักษา ทฤษฎีทางรังสีฟิสิกส์ เครื่องมือทางรังสีรักษา เทคนิควิธีการที่ใช้ในการฉายรังสีภายนอกร่างกายและการให้รังสีภายในร่างกาย

1) **โรคมะเร็ง** เกิดจากเซลล์ในร่างกายเจริญเติบโตผิดปกติ โดยที่ไม่สามารถควบคุมได้ ตามปกติเซลล์จะแบ่งตัวเพื่อสร้างเซลล์ใหม่ต่อเมื่อร่างกาย ต้องการเท่านั้น เพื่อให้เจริญเติบโตและซ่อมแซมเนื้อเยื่อต่างๆ แต่ถ้าเมื่อเซลล์เกิดการแบ่งตัวขณะที่ร่างกายไม่มีความต้องการ จะก่อตัวเป็นก้อนเนื้อที่ผิดปกติ เรียกว่า เนื้องอก (Tumor) ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ เนื้องอกธรรมดา (Benign Tumor) เป็นเนื้องอกที่ไม่ใช่มะเร็งสามารถทำการผ่าตัดออกได้ ไม่กระจายไปยังส่วนอื่นของร่างกาย และเนื้อร้าย (Malignant Tumor) เป็นมะเร็งที่สามารถกระจายและทำลายเนื้อเยื่อและอวัยวะใกล้เคียงได้โดยผ่านทางเส้นเลือด และระบบน้ำเหลือง เรียกว่ามะเร็งในระยะลุกลาม (Metastasis)

2) **การวินิจฉัย** ในการวินิจฉัยว่าเป็นมะเร็งหรือไม่ แพทย์ทำการตรวจร่างกาย ซักประวัติการรักษา รวมทั้งการสั่งตรวจทางห้องปฏิบัติการและการตรวจอื่น ๆ เช่น

(1) การถ่ายภาพเอกซเรย์ เป็นวิธีที่ใช้ถ่ายภาพภายในร่างกาย บางกรณีอาจใช้สารทึบรังสีร่วมด้วย เพื่อช่วยให้เห็นรายละเอียดในฟิล์มเพิ่มมากขึ้น

(2) การตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ เป็นการตรวจโดยให้สารกัมมันตรังสีเข้าไปในร่างกายผู้ป่วย ซึ่งอาจให้โดยการฉีดเข้าทางเส้นเลือดหรือโดยการกลืน รอเวลาจนกัมมันตรังสีที่ให้นั้นเข้าไปยังอวัยวะที่ต้องการตรวจ จากนั้นจึงตรวจโดยเครื่องมือทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ เพื่อวัดระดับของกัมมันตรังสีในอวัยวะและพิมพ์ภาพออกมาบนกระดาษหรือฟิล์ม

(3) การตรวจโดยใช้เครื่องอัลตร้าซาวด์ เป็นการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงส่งผ่านเข้าไปในร่างกาย แล้วอาศัยการสะท้อนกลับของคลื่น นำมาสร้างเป็นภาพทางการแพทย์

(4) การตรวจโดยใช้เครื่องเอ็มอาร์ไอ (MRI: Magnetic Resonance Imaging) เป็นวิธีการตรวจที่ใช้คลื่นวิทยุร่วมกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และคอมพิวเตอร์ ในการสร้างภาพอวัยวะต่างๆภายในร่างกาย

(5) การตรวจโดยใช้กล้องส่องตรวจ (Endoscopes) ซึ่งมีลักษณะเป็นท่อบางและยาว สอดเข้าไปตรวจดูภายในร่างกาย ขณะทำการตรวจแพทย์จะนำตัวอย่างชิ้นเนื้อหรือเซลล์ออก มาเพื่อตรวจ ดูว่าเป็นมะเร็งหรือไม่

(6) การตรวจทางห้องปฏิบัติการ (Laboratory) เป็นการตรวจผลเลือด ผลปัสสาวะ ชนิดเซลล์ น้ำเมือกและเนื้อเยื่อ เพื่อวัดระดับของสารแต่ละชนิดว่าเป็นมะเร็งชนิดใด

(7) การตรวจชิ้นเนื้อ(Biopsy) เป็นวิธีการตรวจ ที่ให้ผลในระดับเซลล์ว่าเป็นมะเร็งหรือไม่ โดยแพทย์จะนำตัวอย่างชิ้นเนื้อจากบริเวณที่ผิดปกติ ส่งให้พยาธิแพทย์เพื่อนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ดูว่าเป็นเซลล์มะเร็งชนิดใด และสามารถทำนายการเจริญของเซลล์ได้ว่าเร็วหรือช้าเพียงใด

3) **การหาระยะของโรคและการรักษา** เมื่อพบว่าเป็นมะเร็ง แพทย์ต้องทราบระยะหรือการกระจายของโรค เพื่อวางแผนการรักษา ซึ่งแพทย์อาจจะสั่งให้ตรวจพิเศษเพิ่มเติมเพื่อดูว่ามีการกระจายของมะเร็งหรือไม่ สำหรับการรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งส่วนใหญ่ใช้วิธีการผ่าตัด การใช้ฮอร์โมน การให้รังสีรักษาหรือเคมีบำบัด ผู้ป่วยจะได้รับการรักษา จากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง ซึ่งรวมถึงรังสีแพทย์และแพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านโรคมะเร็ง ศัลยแพทย์ ฯลฯ ส่วนการตัดสินใจใช้วิธีการรักษาแบบใดนั้น ขึ้นอยู่กับชนิด ตำแหน่ง ระยะของโรค อายุ และสุขภาพโดยทั่วไปของผู้ป่วย

4) **วิธีการรักษา**

(1) การผ่าตัด เป็นการรักษาเฉพาะที่โดยทำการผ่าเอาก้อนเนื้องอกออก รวมถึงเนื้อเยื่อโดยรอบและต่อมน้ำเหลืองบริเวณใกล้เคียง

(2) รังสีรักษา เป็นการรักษาเฉพาะที่เช่นเดียวกับการผ่าตัด โดยการใช้รังสีพลังงานสูงในการทำลายและหยุดยั้งการแบ่งเซลล์ และการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง ซึ่งรังสีจะมีผลต่อเซลล์เฉพาะบริเวณที่ทำการรักษา การให้รังสีอาจจะเป็นรังสีจากเครื่องฉายรังสี (การฉายรังสีภายนอก) หรือจากการใส่สารกัมมันตรังสี (การให้รังสีภายใน) เข้าไปที่ก้อนมะเร็งหรือใกล้กับก้อนมะเร็งโดยตรง ซึ่งผู้ป่วยบางรายอาจได้รับการรักษาทั้งการฉายรังสีภายนอกและการให้รังสีภายในร่วมกัน

- วิธีที่1 การฉายรังสีภายนอกเป็นการรักษา โดยที่ต้นกำเนิดรังสีอยู่ ภายนอกร่างกายผู้ป่วย การฉายรังสีจะคลอบคลุมเนื้อที่ ทั้งก้อนมะเร็งและบริเวณที่มะเร็งลุกลาม เข้าไปยังอวัยวะข้างเคียง โดยกำหนดพื้นที่ไว้บนร่างกายผู้ป่วย รังสีที่ใช้มี 2 ลักษณะ คือ

ลักษณะเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มีความถี่สูงมาก เช่น เอ็กซเรย์และรังสีแกมมา หรือเป็นอนุภาค เช่น รังสีเบต้า รังสีแอลฟา เป็นต้น ในระหว่างการรักษา ผู้ป่วยต้องพบรังสีแพทย์ ตรวจผลทางพยาธิวิทยาและบันทึกผลไว้ประกอบการรักษาเพื่อพิจารณาการตอบสนองของร่างกายต่อรังสีเป็นระยะๆ

▪ วิธีที่2 การให้รังสีภายใน เป็นการนำต้นกำเนิดรังสีสอดใส่เข้าไป ยังเป้าหมายที่เป็นก้อนมะเร็ง หรือโพรงของอวัยวะที่เป็นมะเร็ง ที่ต้องการในตัวผู้ป่วย ตามระยะ เวลาที่ได้คำนวณไว้ ทำให้บริเวณนั้นได้รับปริมาณรังสีสูง ในขณะที่เนื้อเยื่อปกติที่อยู่ห่างออกไปได้รับปริมาณรังสีลดลง ในขั้นตอนการวางแผนรักษา

(3) เคมีบำบัด เป็นวิธีการรักษา โดยการใช้ยาเคมีไปทำลายเซลล์มะเร็ง ซึ่งยาต้านมะเร็งส่วนใหญ่มักจะให้โดยการฉีดเข้าหลอดเลือดดำ หรือเข้ากล้ามเนื้อ บางชนิดจะให้โดยการรับประทาน เคมีบำบัดเป็นวิธีการรักษา ที่ไม่ใช่การรักษาเฉพาะที่ เพราะยาจะไปตามกระแสเลือดเกือบทุกส่วนของร่างกาย การให้ยาเคมีมักจะให้เป็นวงจร คือช่วงการรักษา และช่วงการพักฟื้น สลับกันไป ขณะที่อยู่ในช่วงการรับยาเคมี ผู้ป่วยจะพักในโรงพยาบาลหรือไม่ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของยาที่ใช้

(4) การรักษาโดยฮอร์โมน ใช้สำหรับรักษามะเร็งบางชนิด เช่น มะเร็งเต้านมและมะเร็งต่อมลูกหมาก แพทย์จะใช้วิธีนี้เพื่อไม่ให้เซลล์มะเร็งเจริญเติบโต ผู้ป่วยบางคนอาจต้องรับการผ่าตัดอวัยวะที่ทำหน้าที่สร้างฮอร์โมนออก หรือ ให้ยาบางชนิดที่มีผลให้หยุดการสร้างฮอร์โมน หรือทำให้การทำงานของฮอร์โมนเปลี่ยนแปลงไป

5) **ผลข้างเคียงของการรักษา** ผลข้างเคียงการรักษาจะแตกต่างกันไปขึ้นกับวิธีการรักษาและผู้ป่วยแต่ละคนจะมีการตอบสนองต่อการรักษาแตกต่างกัน แพทย์จะวางแผนการรักษา ที่ก่อให้เกิดผลข้างเคียงน้อยที่สุด และช่วยแก้ไขปัญหาหากเกิดผลข้างเคียงขึ้น

(1) การผ่าตัด ผลข้างเคียงของการผ่าตัดนั้น ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของเนื้องอก ชนิดของเนื้องอก ความรุนแรงของโรค ชนิดของการผ่าตัด และสุขภาพของผู้ป่วย รวมทั้งปัจจัยอื่นๆ ภายหลังจากการผ่าตัด 2-3 วัน ผู้ป่วยจะรู้สึกอ่อนเพลีย จึงต้องอยู่ในความดูแลของแพทย์และพักฟื้นระยะเวลาหนึ่ง

(2) รังสีรักษา ผลข้างเคียงของการรักษาด้วยรังสีนั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีและบริเวณที่ทำการรักษา อาการที่มักเกิดขึ้น คือ อ่อนเพลีย ผิวหนังบริเวณที่ฉายเป็นสีแดง เบื่ออาหาร จำนวนเม็ดเลือดขาวลดลง ซึ่งอาการดังกล่าวจะเป็นแบบชั่วคราว

(3) เคมีบำบัด ผลข้างเคียงของการใช้ยาเคมี ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของยาที่ใช้ ยาต้านมะเร็งมีผลต่อเซลล์ที่แบ่งตัวเร็ว เช่น เซลล์เม็ดเลือดขาว เกล็ดเลือด และเซลล์

เม็ดเลือดแดง ทำให้ผู้ป่วยมีอาการติดเชื้อได้ง่าย มีรอยช้ำหรือเลือดออกง่ายและอ่อนเพลีย รวมทั้งเซลล์ในระบบทางเดินอาหารจะได้รับผลกระทบจากยาด้วย ทำให้มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน เบื่ออาหาร ผมร่วง ซึ่งเป็นผลข้างเคียงที่มักเกิดขึ้นกับผู้ป่วย ยาเคมีบางชนิดมีผลทำให้ผมร่วงบางส่วน แต่บางชนิดก็อาจทำให้ผมร่วงทั้งหมด ซึ่งแพทย์จะทำการรักษาผลข้างเคียงที่เกิดขึ้น ผลข้างเคียงส่วนใหญ่มักจะหายไปเองในช่วงพักฟื้น หรือหลังจากจบการรักษาแล้ว

(4) การรักษาด้วยฮอร์โมน จะทำให้เกิดผลข้างเคียง เช่น คลื่นไส้ อาเจียน มีอาการบวม น้ำหนักเพิ่ม ผู้ป่วยบางรายอาจเกิดอาการร้อนวูบวาบ ผู้ป่วยเพศหญิงประจำเดือนอาจขาดหายไป ช่องคลอดแห้ง และอาจเป็นหมันได้ หากเป็นผู้ป่วยเพศชาย อาจทำให้ความรู้สึกทางเพศลดลงและทำให้เป็นหมันได้เช่นกัน ซึ่งเป็นได้ทั้งแบบชั่วคราวหรือถาวร

2.1.2 ความรู้พื้นฐานทางฟิสิกส์รังสี

1) ทฤษฎีทางฟิสิกส์รังสี[3]

รังสีสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ รังสีที่เป็นอนุภาค (Corpuscular Radiation) และรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Radiation)

(1) รังสีที่เป็นอนุภาค สสารในธรรมชาติทุกชนิดจะประกอบด้วยส่วนที่เล็กที่สุดคือ อนุภาค (particles) เช่น อิเล็กตรอน โปรตอน และนิวตรอนเป็นต้น รังสีอนุภาคที่รู้จักกันทั่วไปได้แก่ รังสีแอลฟา รังสีเบต้า และรังสีอิเล็กตรอน

(2) รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คือรังสีที่เป็นกลุ่มของพลังงาน มีความเร็วเท่ากับแสง ไม่มีมวล ไม่มีประจุ เคลื่อนที่ไปในสุญญากาศได้ รังสีประเภทนี้ สามารถพบได้ตั้งแต่ระดับความถี่ของคลื่นวิทยุ (radio wave) จนกระทั่งในช่วงความถี่สูงของรังสีเอกซ์ (x-rays) จากการทดสอบของเรินเกนต์ (W.C.Roentgen) ในปีค.ศ.1895 พบว่า เมื่อยิงอนุภาคอิเล็กตรอนความ เร็วสูงไปยังแผ่นโลหะ จะมีรังสีชนิดหนึ่งแผ่ออกมา ซึ่งมี คุณสมบัติเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงมาก เรียกรังสีนี้ว่ารังสีเอกซ์ สามารถทะลุผ่านไม้ โลหะบางๆ และทำให้เกิดภาพบนแผ่นฟิล์มถ่ายรูปได้ เมื่อเพิ่มพลังงานของอนุภาคอิเล็กตรอนที่ใช้ยิงโลหะให้สูงขึ้น รังสีที่เกิดขึ้นจะมีพลังงานเพิ่มขึ้นด้วย ต่อมาได้มีการศึกษาลักษณะการเกิดรังสีเอกซ์ พบว่าเมื่อยิงอนุภาคอิเล็กตรอนไปในอะตอมของโลหะกระบวนการที่ทำให้เกิดรังสีเอกซ์มี 2 กระบวนการ คือ

- *เบรมสตราลุง (Bremsstrahlung)*ในการเกิดรังสีเอกซ์พบว่า 99 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานของอนุภาคอิเล็กตรอนทั้งหมด ถูกเปลี่ยนเป็นความร้อนให้กับอะตอมของโลหะที่ใช้ทำเป้ามีหนึ่งเปอร์เซนต์เท่านั้น ที่เปลี่ยนเป็นรังสีเอกซ์และในหนึ่งเปอร์เซนต์นี้ 95 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นรังสีเอกซ์ชนิดเบรมสตราลุง ซึ่งเกิดขึ้นจากการที่อนุภาคอิเล็กตรอนเคลื่อนที่เข้าไปในสนามไฟฟ้าของนิวเคลียสของอะตอม เนื่องจากนิวเคลียสมีประจุบวก จึงมีแรงดึงดูดอนุภาคอิเล็กตรอนเข้าไป ทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเปลี่ยนไป การที่อนุภาคอิเล็กตรอน

เปลี่ยนทิศทางหรือถูกดูดเข้าไปยังนิวเคลียสทำให้ความเร็วของอิเล็กตรอนลดลง ตามทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าการเปลี่ยนแปลงความเร่งและทิศทางของอิเล็กตรอนจะมีการปลดปล่อย พลังงานออกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโฟตอน ซึ่งก็คือรังสีเอกซ์และพลังงานของอิเล็กตรอน ที่สูญหายไป จะมีค่าเท่ากับพลังงานของรังสีเอกซ์ที่เกิดขึ้น ดังสมการต่อไปนี้

$$mv^2 - mv^2_1 = hf$$

โดย m = มวลของอนุภาค

v = ความเร็วของอนุภาค

h = ค่าคงที่ของ แพรงค์ = 6.63×10^{-34} จูล-วินาที

f = ความถี่ของรังสี

mv^2 = พลังงานจลน์ของอนุภาคอิเล็กตรอนที่ถ่ายทอดให้แก่นิวเคลียส

mv^2_1 = พลังงานจลน์ของอนุภาคอิเล็กตรอนที่เปลี่ยนแปลงทิศทาง

hf = พลังงานของรังสีเอกซ์ ที่เกิดขึ้น

จากสมการ จะพบว่ารังสีเอกซ์ ที่เกิดขึ้นจะมีพลังงานต่อเนื่อง คือมีค่าพลังงานจลน์มากกว่าศูนย์ จนถึงค่าสูงสุดของอนุภาคอิเล็กตรอนก่อนชนนิวเคลียส ซึ่งคือพลังงานจลน์ทั้งหมดของนุภาคอิเล็กตรอนที่ถ่ายทอดให้แก่นิวเคลียส

■ *คาแรคเตอริสติค เอกซเรย์ (Characteristic X-rays)* เกิดจากการเกิดรังสีเอกซ์ ชนิดเบรมสตราลุง ซึ่งหมายถึงอนุภาคอิเล็กตรอนทำปฏิกิริยากับนิวเคลียสแล้ว อนุภาคอิเล็กตรอนยังมีโอกาสวิ่งชนอิเล็กตรอนในวงโคจรของอะตอม (orbital electron) อีกด้วย ส่วนใหญ่แล้ว อิเล็กตรอนในวงโคจรของอะตอม ที่ถูกชนจะเป็น เค-อิเล็กตรอน (K- electron) เนื่องจากอยู่ใกล้กับนิวเคลียสมากที่สุด เมื่อ เค-อิเล็กตรอน หลุดออกจากวงโคจรของอะตอมทำให้อะตอมนั้นเกิดสภาวะถูกกระตุ้น (Excited state) อิเล็กตรอนที่อยู่ในวงโคจรรอบนอกจะถูกดึงลงมาแทนที่ การที่อิเล็กตรอนเปลี่ยนระดับพลังงานจะปล่อยพลังงานส่วนเกินออกมา ในรูปของรังสีเอกซ์หรือโฟตอน ซึ่งแต่ละวงโคจรจะมีระดับพลังงานที่แตกต่างกัน เช่น กรณีของโลหะทังสเตน เค-อิเล็กตรอน มีระดับพลังงาน –69.525 กิโลโวลต์ ถูกชนหลุดออกไปจากวงโคจร แอล-อิเล็กตรอน (L_{111} electron) ซึ่งมีระดับพลังงาน -10.204 กิโลโวลต์ กระโดดลงมาแทนที่ในชั้นเค (K-shell) นั่นคือ แอล-อิเล็กตรอน จำเป็นต้องปลดปล่อยส่วนเกินออกมาเท่ากับ 59.321 กิโลโวลต์ (69.525-10.204 กิโลโวลต์) ซึ่งจะได้ รังสีเอกซ์ มีพลังงานเท่ากับ 59.321 กิโลโวลต์ จะเห็นว่ารังสีเอกซ์ที่ได้แต่ละตัวมีพลังงานเฉพาะ ซึ่งขึ้นอยู่กับอิเล็กตรอนในชั้นใดลงมาแทนที่จึงเรียกรังสีเอกซ์ที่เกิดจากขบวนการนี้ว่า "คาแรคเตอริสติค เอกซเรย์ "

2) **หน่วยทางรังสี** (Unit of Radiation) [3]

หน่วยทางรังสี ประกอบด้วย อัตราการสลายตัวของกัมมันตรังสี หน่วยเป็น เบคเคอเรล (Bq;Becquerel) ปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืน หน่วยเป็น เกรย์ (Gy;Gray) หน่วยวัดปริมาณรังสีที่ทำให้อากาศแตกตัว หน่วยเป็น เรินเกนต์ (R;Roentgen) และปริมาณรังสีสมมูล หน่วยเป็น ซีเวิร์ต (Sv;sievert) การกำหนดหน่วยวัดรังสี ก็เพื่อให้เปรียบเทียบผลกันได้ โดยอาศัยการวัดค่าพื้นฐานตามคำจำกัดความของแต่ละหน่วย มีดังนี้

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบหน่วยวัดทางรังสี ระหว่างการวัดค่าพื้นฐาน และหน่วยเอสไอ (SI unit ;The International System of Unit) [3]

ปริมาณ	หน่วยเดิม	หน่วยเอสไอ (SI unit)
อัตราการสลายตัวของกัมมันตรังสี (Radioisotope activity)	คูรี (Ci)	เบคเคอเรล (Bq)
ปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืน (Absorbed dose)	แรด (Rad)	เกรย์ (Gy)
ปริมาณรังสีที่ทำให้อากาศแตกตัว (Exposure)	เรินเกนต์ (R)	คูลอมบ์ต่อกิโลกรัม (C/kg)
ปริมาณรังสีสมมูล (Dose Equivalent)	เรม (Rem)	ซีเวิร์ต (Sv)

(1) ปริมาณกัมมันตรังสี (Radioactivity) การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางนิวเคลียร์ ทำให้เกิดรังสีหรือมีอนุภาคที่มีพลังงานเกิดขึ้น ไอโซโทปรังสีหรือนิวไคลด์รังสี (Radionuclide)เป็นต้นกำเนิดรังสีชนิดหนึ่งในหลายชนิด การวัดจำนวนไอโซโทปรังสี หรือนิวไคลด์รังสี ไม่อาจทำได้โดยการชั่งน้ำหนัก หรือ ตวงวัดได้ เพราะไอโซโทปรังสีจะปนอยู่กับไอโซโทปอื่นๆ เสมอ แม้แต่เมื่อทำการแยกให้บริสุทธิ์แล้ว เมื่อเวลาผ่านไปการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว จะทำให้เกิดธาตุใหม่ขึ้นปะปน ดังนั้นปริมาณกัมมันตรังสีในขณะใดขณะหนึ่ง จึงวัดได้โดยการวัดรังสีที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ซึ่งเป็นผลของการเปลี่ยนแปลงทางนิวเคลียร์ที่เกิดขึ้น หน่วยของปริมาณกัมมันตรังสีเดิมอาศัยการเกิดการเปลี่ยนแปลงทางนิวเคลียร์ของธาตุเรเดียม -226 หนัก 1 กรัม ซึ่งมีค่าการสลายตัวเท่ากับ 3.7×10^{10} ครั้งต่อวินาที (disintegration per second) และเรียกว่า 1 คูรี (Ci) ต่อมาใช้ หน่วยเอสไอ ซึ่งใช้ชื่อเฉพาะว่า เบคเคอเรล (Bq) โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

1 คูรี (Ci) = 3.7×10^{10} ครั้งต่อวินาที (s^{-1})

$$1\ (Bq) = 1\ s^{-1} \text{ และ } 1\ Ci = 3.7 \times 10^{10} Bq$$

(2) ปริมาณกัมมันตรังสีจะมีผลเมื่อเข้าสู่ร่างกาย เพราะรังสีที่เกิดขึ้นจะถูกดูดกลืนในอวัยวะและเนื้อเยื่อของร่างกายมากที่สุด โดยเฉพาะเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางนิวเคลียร์นั้นให้อนุภาคแอลฟาหรือเบต้า เพราะอนุภาคทั้งสองเป็นอนุภาคที่มีพิสัยต่ำ ซึ่งจะถ่ายเทพลังงานทั้งหมด ให้อวัยวะและเนื้อเยื่อในร่างกายได้ จึงทำลายเซลได้มากที่สุด

(3) ปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืน (Absorbed dose) ผลของรังสีต่อวัตถุบางอย่างสามารถสังเกตได้ เช่น การที่แก้วหรือพลาสติกเปลี่ยนสีเมื่อนำไปฉายรังสี เป็นเพราะเนื้อแก้วดูดกลืนพลังงานของรังสีเข้าไว้ เนื่องจากรังสีแต่ละชนิดมีความสามารถทะลุผ่านวัตถุ และถ่ายเทพลังงานให้วัตถุแต่ละชนิดได้ไม่เท่ากัน ดังนั้น ผลของรังสีต่อวัตถุ จึงแปรผันตามปริมาณพลังงานรังสีที่วัตถุนั้นดูดกลืนไว้ ตัวอย่าง เช่นอนุภาคแอลฟา และอนุภาคเบต้า จะถ่ายเทพลังงานทั้งหมดให้กับวัตถุในระยะทางจากผิวเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โฟตอนพลังงานต่ำ ๆ ก็เช่นกัน ผลก็คือจะทำให้เกิดรอยไหม้ที่ผิวหนัง ถ้าเป็นโฟตอนพลังงานสูงหรือนิวตรอน พลังงานบางส่วนอาจทะลุออกไปจากวัตถุ บางส่วนของพลังงานถูกดูดกลืนไว้ หน่วยของปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืน (radiation absorbed dose) เดิมใช้แรด (rad) ซึ่งเท่ากับพลังงานรังสีที่ถูกดูดกลืน 100 เอิกส์ (ergs) ในวัตถุมวล 1 กรัม (gm)

$$1\ rad = 100\ ergs/gm$$

ปัจจุบันใช้หน่วยเอสไอ เป็นมาตรฐาน โดยกำหนด ให้หน่วยของปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืนเป็น เกรย์ (Gy) จากหน่วยของพลังงานเป็นจูล (Joule) ต่อหน่วยของมวลเป็นกิโลกรัม (kg) โดยที่

$$1\ Gy = 1\ Jkg^{-1} = 100\ rads$$

(4) ปริมาณรังสีที่ทำให้อากาศแตกตัว (Exposure) ปริมาณรังสีที่ทำให้อากาศแตกตัว เป็นปริมาณรังสีที่ไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับผลของรังสีเพราะเป็นการวัดว่ามีการแตกตัวของอากาศเนื่องจากรังสีมากน้อยเพียงใด การวัดปริมาณรังสีที่ทำให้อากาศแตกตัวเป็นที่นิยมเพราะเป็นวิธีที่มีความไวสูง และสามารถวัดค่าได้ถูกต้องมากด้วยเทคนิคในปัจจุบัน หน่วยเดิมของปริมาณรังสีที่ทำให้อากาศแตกตัว คือ เรินเกนต์ ปัจจุบันหน่วยเอสไอ ใช้เป็น คูลอมบ์ต่อกิโลกรัม (C/kg) โดยปริมาณรังสีจะเท่ากับ 1 เรินเกนต์ เมื่อรังสีนั้น ทำให้เกิดประจุเท่ากับ 2.58×10^{-4} คูลอมบ์ต่อกิโลกรัม ในอากาศที่มีมวล 1 กิโลกรัมที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน

(5) ปริมาณรังสีสมมูล (Dose Equivalent) เมื่อเซลที่มีชีวิตถูกฉายรังสี เซลจะดูดกลืนพลังงานที่รังสีนำมาเป็นบางส่วนหรือทั้งหมด ซึ่งพลังงานที่รังสีถ่ายเทนี้ จะไปทำลายเซลที่มีชีวิตเหล่านั้น แต่เนื่องจากการดูดกลืนพลังงานจากรังสีต่างชนิดกัน ถึงแม้จะมีปริมาณที่เท่ากัน ก็อาจจะมีผลการทำลายไม่เท่ากันได้ ดังนั้น ทางการป้องกันอันตรายจากรังสี จึงต้องกำหนดหน่วยซึ่งบอกถึงการทำลายที่เท่ากัน เมื่อเซลได้รับรังสีชนิดใด ๆ ก็ตาม ด้วยปริมาณเป็นหน่วยที่เท่ากัน และเรียกปริมาณรังสีนี้ว่า "ปริมาณรังสีสมมูล" โดยคำนวณได้จากการคูณปริมาณรังสีดูดกลืน ด้วยค่าที่แสดงถึงการทำให้เกิดการทำลายทางชีววิทยาไม่เท่ากัน หรือเรียกว่า ค่ามอดิฟายอิง แฟกเตอร์ (Modifying factor) และคูณด้วยตัวกำหนดน้ำหนักของปริมาณรังสีดูดกลืนในการทำให้เกิดการทำลายจากรังสี (Quality factor;Q) โดยเลือกค่า Q ให้ครอบคลุมค่าที่เหมาะสมของรีเลทีฟ ไบโอโลจิคอล เอฟเฟ็คทีฟเน็ต(relative biological effectiveness,RBE) ซึ่งเป็นค่าที่อาศัยการเปรียบเทียบความเสียหายของเนื้อเยื่อ เมื่อได้รับปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืนจากรังสีต่างชนิดและ ต่างพลังงาน ซึ่งมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$H = DQN$$

โดย H = ปริมาณรังสีสมมูล

D = ปริมาณรังสีดูดกลืน

Q = ตัวกำหนดน้ำหนักของปริมาณรังสีดูดกลืนในการทำให้เกิดการทำลายจากรังสี

N = ผลของการทำให้เกิดการทำลายทางชีววิทยา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 ถ้าไม่ใช่เป็นการกลืนสารกัมมันตรังสีเข้าไป

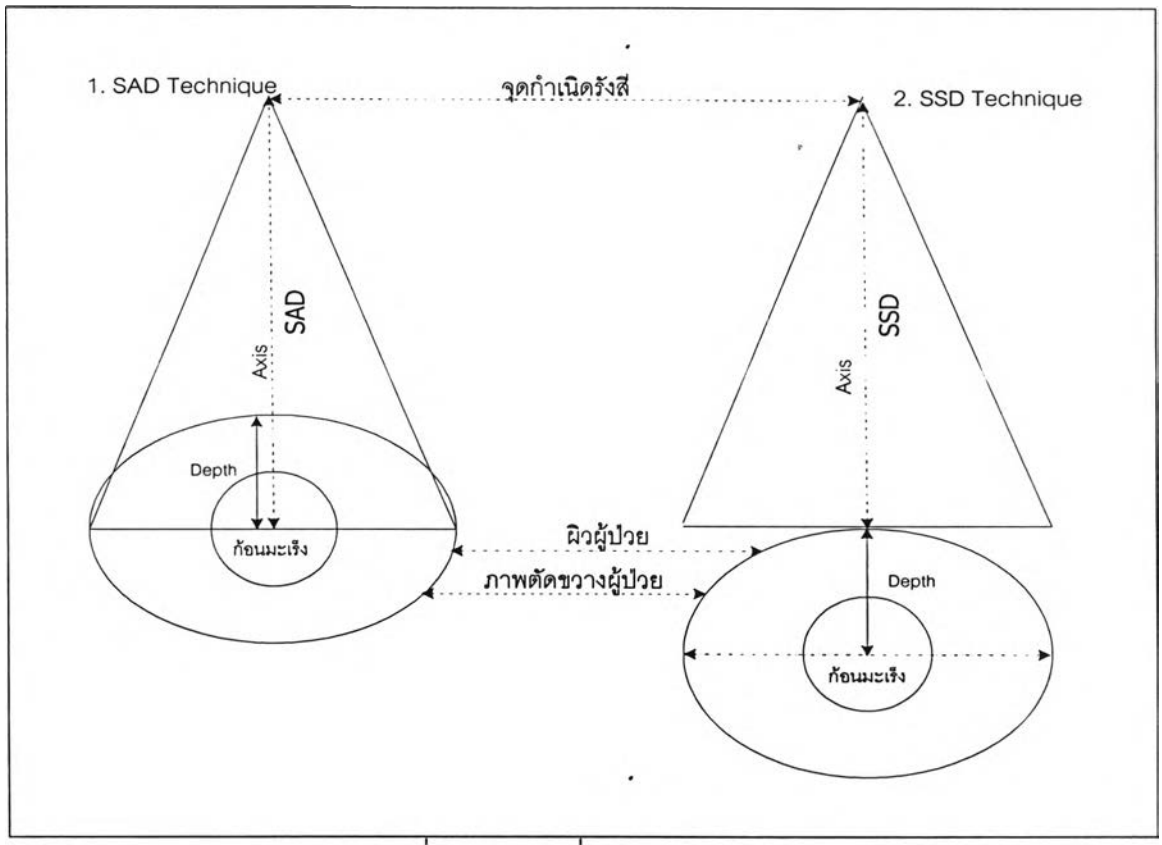
กรณีที่ได้รับรังสีหลายชนิด ก็ใช้สมการข้างบนนี้ คำนวณหาค่าปริมาณรังสีสมมูลของรังสีแต่ละชนิด แล้วนำมารวมกัน จะได้ปริมาณรังสีสมมูลทั้งหมด หน่วยของปริมาณรังสีสมมูลเดิมคือ เรม (Rem) ต่อมาเปลี่ยนเป็นหน่วยเอสไอ คือ ซีเวิร์ต (Sv) โดยที่ 1 เรม (Rem) คือปริมาณรังสีที่ก่อให้เกิดผลทางชีววิทยา เทียบเท่าผลที่เกิดจากรังสีเอกซ์ หรือรังสีแกมมา 1 เซนติเกรย์

2.1.3 เทคนิคที่ใช้ในการฉายรังสีภายนอก

การคำนวณปริมาณรังสีภายนอกนั้นขึ้นอยู่กับเทคนิคที่ใช้ในการฉายรังสีแก่ผู้ป่วยเป็นหลัก โดยทั่วไปมี 2 วิธี ดังแสดงในรูปที่ 2.1

1) เอสเอดี เทคนิค [SAD (Source Axis Distance) Technique หรือ Isocentric Technique] เป็นการฉายรังสีไปยังก้อนมะเร็ง โดยให้ค่าเอสเอดี ซึ่งเป็นระยะจากจุดกำเนิดรังสีถึงแกนจุดหมุนของเครื่องฉายรังสีคงที่ โดยจะจัดตำแหน่งในการฉายรังสีให้จุดกึ่งกลางก้อนมะเร็งในตัวผู้ป่วยอยู่ที่ตำแหน่งที่เป็นแกนจุดหมุนของเครื่องฉายรังสี

2) เอสเอสดี เทคนิค [SSD (Source Skin Distance) Technique] เป็นการฉายรังสีไปที่ก้อนมะเร็ง โดยให้ค่า เอสเอสดี ซึ่งเป็นระยะจากจุดกำเนิดรังสีถึงผิวของผู้ป่วยมีค่าคงที่



รูปที่ 2.1 เทคนิคที่ใช้ในการฉายรังสี

2.1.4 **ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณรังสีภายนอก** (Dosimetric parameter)

การคำนวณปริมาณรังสีภายนอก เป็นการหาปริมาณรังสีดูดกลืนในร่างกายผู้ป่วย เนื่องจากการวัดปริมาณรังสีโดยตรงจากร่างกายผู้ป่วยไม่สามารถทำได้ รวมทั้งข้อจำกัดของเครื่องฉายรังสีที่สามารถเปิดพื้นที่การให้รังสีได้เป็นรูปสี่เหลี่ยมเท่านั้น จึงต้องนำค่าปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณรังสีดูดกลืนในร่างกายผู้ป่วยมาใช้ในการคำนวณ ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะวิธีการคำนวณและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ที่ใช้ในหน่วยงานรังสีรักษา โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้าเท่านั้น ซึ่งมีปัจจัยที่ใช้ประกอบการคำนวณ ดังนี้

1) ทิชชู แอร์ เรโช [Tissue Air Ratio (TAR)] เป็นอัตราส่วนของปริมาณรังสีดูดกลืนในตัวกลางที่เป็นเนื้อเยื่อเทียบกับในอากาศ
2) ทิชชู แมกซิมั่ม เรโช [Tissue Maximum Ratio (TMR)] เป็นอัตราส่วนปริมาณรังสีดูดกลืนที่ตำแหน่งใดๆ เทียบกับตำแหน่งที่มีปริมาณรังสีดูดกลืนสูงสุด ที่จุดเดียวกัน ที่คำนวณในตัวกลางที่เป็นเนื้อเยื่อ

3) เปอร์เซนต์เทจ เดพโดส [Percentage Depth Dose (PDD)] เป็นค่าเปอร์เซ็นต์รังสีดูดกลืนในความลึกใดๆ เทียบกับปริมาณรังสีดูดกลืนสูงสุด ในตัวกลางที่เป็นเนื้อเยื่อ

4) ฟิลด์แฟกเตอร์ [Field Factor (FS)] เป็นปัจจัยของบริเวณที่ได้รับปริมาณรังสีสัมพันธ์กับความกว้างและความยาวของพื้นที่ที่รับรังสีในอากาศ

5) เทรย์แฟกเตอร์ [Tray Factor (TR)] เป็นปัจจัยของตัวกลางที่ใช้ในการกั้นลำรังสี โดยวัตถุที่ใช้กั้นลำรังสีนั้น มีความหนาสม่ำเสมอกัน

6) ค่าเวดจ์แฟกเตอร์ [Wedge Factor (WF)] เป็นปัจจัยของตัวกลาง ที่ใช้ในการกั้นลำรังสี โดยวัตถุที่ใช้กั้นลำรังสี มีความหนาไม่สม่ำเสมอกัน คือมีลักษณะเป็นรูปลิ่ม

7) แบลคสแกตเตอร์ แฟกเตอร์ [Back Scatter Factor (BSF)] เป็นอัตราส่วนของปริมาณรังสีดูดกลืนในตัวกลางที่เป็นเนื้อเยื่อเทียบกับในอากาศ ที่ความลึกที่ค่าปริมาณรังสีสูงสุดในแนวศูนย์กลางเดียวกัน ใช้กับรังสีแกมมาเท่านั้น

8) กฎกำลังสองผกผัน [Inverse Square Law (ISL)] เป็นปัจจัยของระยะทางที่มีผลต่อปริมาณรังสีที่แนวศูนย์กลางเดียวกัน แต่ระยะ ทางต่างกัน ซึ่งปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อจะแปรผกผันกับค่ากำลังสองของระยะทาง

จากปัจจัยที่ใช้ประกอบการคำนวณทั้งหมด ถ้าวัดค่าปริมาณรังสีที่ทำให้อากาศแตกตัว ได้ จะสามารถคำนวณค่าปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อได้ โดยใช้สมการดังนี้

$$Dmed = X \times f_factor \times PDD \text{ หรือ } TAR \text{ หรือ } TMR \times FS \times TF \times WF$$

โดย *Dmed* = ปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อ หน่วยเป็นเซนติเกรย์

X = ปริมาณรังสีที่ทำให้อากาศแตกตัว ซึ่งวัดในอากาศ หน่วยเป็นเรินเกนต์

f_factor = ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อ หรือค่าที่เปลี่ยนจากเรินเกนต์ไปเป็นเซนติเกรย์ ซึ่งในอดีตเรียกว่าค่าเปลี่ยนจากเรินเกนต์ไปเป็นแรด (Roentgen to Rad conversion)

2.1.5 การคำนวณข้อมูลการรักษาผู้ป่วยรังสี ด้วยเครื่องซีเซียม

การให้รังสีภายในเป็นการนำสารกัมมันตรังสีใส่ในโพรงของร่างกายผู้ป่วย ในปัจจุบันที่มีใช้อยู่เป็น เรเดียม-226 (Radium;Ra-226) ซีเซียม-137 (Cesium;Cs-137) และเออริเดียม-192 (Iridium; Ir-192) สำหรับโรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า ใช้กัมมันตรังสีซนิดซีเซียมมีค่าครึ่งชีวิต 30 ปี ให้พลังงานเฉลี่ยที่ 0.66 เมกกะอิเล็กตรอนโวลต์ ดังนี้

$$^{137}_{55}Cs \rightarrow ^{137}_{56}Ba + \beta^{-} + \gamma_{(0.66\ Mev)}$$

วัตถุประสงค์ของการคำนวณข้อมูลสำหรับผู้ป่วยรังสีรักษาก็คือ ให้ผู้ป่วยได้รับรังสีในปริมาณตามที่แพทย์กำหนดมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจาก การกำหนดปริมาณรังสีที่ให้กับผู้ป่วยในแต่ละครั้งแพทย์จะกำหนดเป็น ปริมาณรังสีดูดกลืน (Absorbed dose) ในจุดที่กำหนดไว้ ที่มีหน่วยเป็นเซนติเกรย์ (cGy) ในขณะที่การให้รังสีนั้น เราจะกำหนดเป็นหน่วยของเวลา สำหรับเครื่องที่มีต้นกำเนิดเป็นสารกัมมันตรังสี สำหรับการคำนวณมีดังนี้

$$D_F = T \times D_R$$

D_F = ปริมาณรังสีที่ให้ต่อครั้ง (Dose per fraction) รังสีแพทย์เป็นผู้กำหนด

T = เวลาในการให้รังสีหน่วยเป็น นาที

D_R = อัตราการให้รังสีต่อหน่วยเวลา(Dose Rate) ขึ้นกับแต่ละเครื่อง พิจารณาในจุดที่สนใจ

$$TDF = TDF_{ext} + TDF_{\text{int}}$$

$$TDF_{\text{int}} = 4.76 \times 10^{-3} \times (A_0 \times D_F \times 60)^{1.35} \times T$$

ค่า ทาม-โดส-แฟคชั่น(ทีดีเอฟ) [Time Dose Fraction (TDF)] หมายถึงปัจจัยทางรังสีที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของ เวลาในการให้รังสี อัตราการให้รังสีต่อหน่วยเวลาและจำนวนครั้งที่ให้รังสี ที่มีผลต่อเซลล์ในด้านชีววิทยา โดยทีดีเอฟ ที่เท่ากันจะมีผลต่อเซลล์ทางด้านชีววิทยาเท่ากัน การคำนวณเพื่อควบคุมไม่ให้อวัยวะสำคัญของร่างกาย ในที่นี้หมายถึง บริเวณที่เป็นที่รวมของเส้นเลือด และต่อมน้ำเหลืองบริเวณใกล้เคียง รวมถึงกระเพาะปัสสาวะและลำไส้ใหญ่ อาจได้รับรังสีเกินปริมาณที่เซลล์ของอวัยวะนั้นจะทนได้ โดยค่าที่ได้จะนำไปเปรียบเทียบค่ามาตรฐานที่เซลล์ของอวัยวะแต่ละส่วนจะทนได้ หากเกินค่ามาตรฐาน จะต้องลดปริมาณรังสีที่จะให้ลง หรืออาจต้องใส่เครื่องมือให้ผู้ป่วยใหม่เพื่อลดอัตราเสี่ยงต่อการตายของเซลล์ของอวัยวะเหล่านั้น

TDF_{ext} = ปัจจัยทางรังสีที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของ เวลาในการให้รังสี อัตราการให้รังสีต่อหน่วยเวลาและจำนวนครั้งที่ให้รังสี ที่มีผลต่อเซลล์ในด้านชีววิทยา สำหรับการฉายรังสีภายนอก จะสามารถหาได้จากการตารางค่า ทีดีเอฟ มาตรฐานการฉายรังสีภายนอก

TDF_{int} = ปัจจัยทางรังสีที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของ เวลาในการให้รังสี อัตราการให้รังสีต่อหน่วยเวลาและจำนวนครั้งการให้รังสี ที่มีผลต่อเซลล์ในด้านชีววิทยา สำหรับการให้รังสีภายใน สามารถคำนวณได้จากสมการข้างบน

2.1.6 **เครื่องมือทางรังสีรักษา**[4] เครื่องมือที่ใช้ทางรังสีรักษาประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการรักษาผู้ป่วยและเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการใช้รังสีรักษา ดังนี้

1) เครื่องซุปเปอร์ฟิเชียลเอกซเรย์ (Superficial X-ray Machine) เป็นเครื่องฉายรังสีเอกซ์แบบตื้น ขนาดแรงดันไฟฟ้าอยู่ในช่วง 50-150 กิโลโวลต์ ให้รังสีที่มีอำนาจทะลุทะลวงต่ำ ปริมาณรังสีสูงสุดอยู่ที่ผิว รังสีที่ผ่านลึกเข้าไปจะลดลงอย่างรวดเร็ว เหมาะกับการฉายรังสีบริเวณผิวหนัง

2) เครื่องดีพเอกซเรย์ (Deep X-ray Machine) เครื่องฉายรังสีเอกซ์แบบลึก ขนาดแรงดันไฟฟ้าอยู่ในช่วง 150-300 กิโลโวลต์ ให้รังสีที่มีอำนาจทะลุทะลวงมากขึ้น ปริมาณรังสีสูงสุดยังอยู่ที่ผิว แต่เปอร์เซ็นต์ของปริมาณรังสีที่ผ่านลึกลงไปจะสูงขึ้น เหมาะกับการฉายรังสีบริเวณผิวหนังที่มีความหนา หรือเป้าหมายที่ใกล้ผิวหนัง

3) เครื่องโคบอลต์ (Cobalt-60 Teletherapy Machine) เป็นเครื่องฉายรังสีแกมมาจากสารกัมมันตรังสีโคบอลต์-60 มีพลังงานของรังสีแกมมาเฉลี่ย 1.25 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ ลักษณะของเครื่องจะเก็บต้นกำเนิดรังสีไว้ในส่วนหัวเครื่อง มีชุดควบคุมลำรังสีให้อยู่ในบริเวณที่กำหนด การให้รังสีจะมีระบบการดึงต้นกำเนิดรังสีมาให้อยู่ในตำแหน่งเปิด ตามเวลาที่ต้องการ เมื่อครบกำหนดเวลาแล้วก็จะดึงต้นกำเนิดรังสี กลับเข้าไว้ในส่วนหัวเครื่องเหมือนเดิม

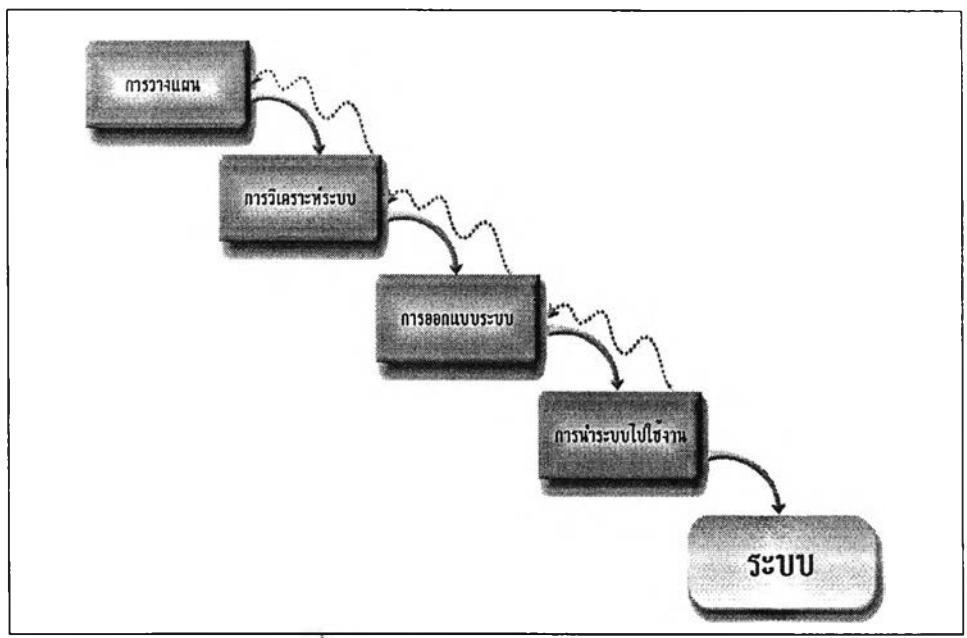
4) เครื่องเร่งอนุภาค (Linear Accelerator : LINAC) เป็นเครื่องฉายรังสีเร่งอนุภาคอิเล็กตรอนด้วยคลื่นวิทยุความถี่สูง สามารถให้รังสีทั้งที่เป็นอนุภาคความเร็วสูง คือลำอิเล็กตรอน และรังสีที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คือรังสีเอกซ์ พลังงานของรังสีที่นำมาใช้ทางการแพทย์อยู่ในช่วง 2-30 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ สำหรับลำอิเล็กตรอน และ 4-35 เมกะโวลต์สำหรับรังสีเอกซ์ ลักษณะการใช้งานจะคล้ายกับเครื่องโคบอลต์

5) เครื่องใส่แร่กัมมันตรังสี (Brachytherapy Machine) เป็นเครื่องมือสำหรับนำต้นกำเนิดรังสีไปยังตำแหน่งที่ชิดเป้าหมายที่ต้องการให้รังสี โดยใช้อุปกรณ์นำแร่ (applicator) ที่มีการออกแบบมาให้เหมาะสมกับตำแหน่งที่ใช้ เพื่อนำต้นกำเนิดรังสีที่เก็บไว้ในเครื่องไปยังตำแหน่งที่ต้องการในตัวผู้ป่วย และนำกลับมาเก็บในตัวเครื่องเมื่อครบกำหนดเวลา ทำให้เนื้อเยื่อบริเวณนั้นได้รับพลังงานสูง ในขณะที่เนื้อเยื่อปกติที่ห่างออกไปได้รับพลังงานลดลง

6) เครื่องซิมูเลเตอร์ (Simulator) เป็นเครื่องที่ใช้กำหนดตำแหน่งและขอบเขตของเป้าหมายที่ต้องการรักษาด้วยรังสีเอกซ์ เพื่อกำหนดขนาดพื้นที่และทิศทางในการให้รังสีของเครื่องฉายรังสี ลักษณะของเครื่องจะเลียนแบบลักษณะการทำงานของเครื่องฉายรังสี มีชุดกำหนดขนาดพื้นที่รับรังสีเป็นรูปสี่เหลี่ยม มีช่องสำหรับใส่ตลับฟิล์มเอกซ์เรย์สามารถถ่ายภาพเอกซ์เรย์ เพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐานประกอบการรักษา รวมทั้งมีชุดรับและขยายสัญญาณภาพ (Image Intensifier) สามารถเห็นภาพตัดขวางของผู้ป่วย ทำให้กำหนดเป้าหมายที่ต้องการรักษา ได้ถูกต้อง สามารถกำหนดระยะของจุดหมุนได้ เพื่อใช้ในกรณีที่ต้องปรับเปลี่ยนเทคนิคการฉายแสง

2.1.7 **วงจรการพัฒนาระบบ** (System Development Life Cycle : SDLC) [5][6]

วงจรการพัฒนาระบบเป็นวงจรที่แสดงกิจกรรมต่าง ๆ ที่เป็นขั้นตอนในการพัฒนาระบบมี 4 ขั้นตอน ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 วงจรการพัฒนาระบบ[5][6]

1) การวางแผน (Planning) การพัฒนาระบบเริ่มจากพิจารณาระบบปัจจุบัน ว่ามีปัญหาอย่างไร จากนั้นทำการวางแผนการดำเนินการและการควบคุมการพัฒนาระบบให้เป็นไปตามข้อกำหนดที่ต้องการ โดยให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีและเสียค่าใช้จ่ายและเวลาน้อยที่สุด เพื่อให้ผู้บริหารตัดสินใจว่าการสร้างระบบสารสนเทศหรือการแก้ไขระบบสารสนเทศเดิมมีความเป็นไปได้หรือไม่ และจะดำเนินโครงการต่อหรือไม่

2) การวิเคราะห์ระบบ(Analysis) เป็นการวิเคราะห์ระบบปัจจุบัน ค้นหาปัญหาของระบบปัจจุบัน โดยการสังเกตจากการทำงาน สัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงานและผู้บริการ หรือจัดทำแบบสอบถาม รวมถึงศึกษาจากเอกสารที่ใช้ในระบบ เป็นต้น จากนั้นจะรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแบบเดียว
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เพื่อวิเคราะห์ว่าจะปรับปรุงระบบงานปัจจุบันอย่างไรจึงจะสามารถสนองความต้องการให้กับผู้ใช้และผู้บริหารมากที่สุด ซึ่งในขั้นตอนนี้จะออกแบบโครงร่างของระบบงานใหม่ (System Prototype) มาช่วยในการวิเคราะห์และตรวจสอบกับผู้ใช้เพื่อให้ตรงกับความต้องการใช้งาน

3) การออกแบบระบบ (Design) เป็นการนำการตัดสินใจของฝ่ายบริหารที่ได้จากขั้นตอนของการวิเคราะห์ระบบมาพิจารณาว่าระบบใหม่จะเป็นอย่างไร เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้และฝ่ายบริหาร โดยเป็นการออกแบบฮาร์ดแวร์ซอฟต์แวร์ เครือข่ายและส่วนต่อประสานผู้ใช้ (User Interface Design) การออกแบบฐานข้อมูล และการออกแบบข้อกำหนดของโปรแกรม (Program Specification) เพื่อให้โปรแกรมเมอร์ทำได้ตรงกับระบบที่ออกแบบไว้

4) การนำระบบไปใช้งาน (Implementation) ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ

(1) การสร้าง (Construction) เป็นหน้าที่ของโปรแกรมเมอร์ในการเขียนโปรแกรมและสร้างเอกสารของ ระบบและเอกสารที่เกี่ยวข้องอื่นๆ นอกจากนี้ยังต้องมีการทดสอบระบบและแก้ไขข้อผิดพลาดในระบบ เพื่อให้แน่ใจว่าระบบสามารถใช้ได้จริงและมีข้อผิดพลาดน้อยที่สุดเมื่อใช้งาน ในขั้นตอนนี้จะได้เป็นโปรแกรมที่พร้อมจะนำไปใช้งานจริงต่อไป

(2) การติดตั้งระบบ (Installation) ขั้นตอนนี้เป็นการนำระบบใหม่มาใช้แทนของเก่าภายใต้การดูแลของนักวิเคราะห์ระบบหากเรียบร้อยดีก็เริ่มต้นใช้ระบบใหม่ต่อไป

2.1.8 **สารสนเทศ** (Information)[7]

ข้อมูล (Data) คือ ข้อเท็จจริง หรืออาจเรียกได้ว่าเป็นวัตถุดิบของสารสนเทศ (Information) เมื่อข้อมูลถูกนำมาประมวลผลซึ่งได้แก่ การเรียงลำดับ การแยกประเภท การเชื่อมโยง การคำนวณ หรือการสรุปผลเป็นต้น และได้ผลลัพธ์ออกมาซึ่งถูกจัดให้อยู่ในรูปที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เราจึงเรียกว่า สารสนเทศ ลักษณะของสารสนเทศที่ดี จำแนกได้เป็น 5 ลักษณะด้วยกัน ดังนี้

1) เป็นปัจจุบัน (Current) ข้อมูลอาจมีการปรับเปลี่ยนไปตามกาลเวลา ฉะนั้นข้อมูลที่ตรงตามความจริงในปัจจุบันเท่านั้นจึงจะเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ ระบบสารสนเทศที่ดีจะต้องสามารถยืดหยุ่น ปรับเปลี่ยนค่าให้เป็นปัจจุบัน และทันสมัยอยู่เสมอ

2) ทันเวลา (Timely) ระบบสารสนเทศที่ดีจะต้องให้สารสนเทศแก่ผู้ใช้ได้เมื่อผู้ใช้ต้องการ มิฉะนั้นอาจจะเกิดการสูญเสียโอกาสต่าง ๆ ได้

3) มีความเที่ยงตรง (Relevant) ผู้ใช้ต้องการสารสนเทศที่ตรงกับงานของเขา ถ้าผู้ใช้ได้รับสารสนเทศที่ไม่ครบถ้วนหรือไม่สมบูรณ์ อาจทำให้ผู้ใช้ทำงานในส่วนของตนได้ไม่เต็มที่ ระบบสารสนเทศที่ดีและมีประสิทธิภาพจะต้องให้สารสนเทศที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้

4) มีความคงที่ (Consistent) ในหลาย ๆ กรณี สารสนเทศเองก่อให้เกิดความขัดแย้งกันเนื่องจากมีการจัดเก็บไว้หลายๆที่ วิธีการประมวลผลที่แตกต่างกันอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้

5) นำเสนอในรูปแบบที่มีประโยชน์ (Presented in usable form) ถึงแม้ระบบสารสนเทศจะมีลักษณะทั้ง 4 ประการข้างต้น แต่ถ้านำเสนอผลลัพธ์ที่ไม่อยู่ในรูปแบบที่ผู้ใช้นำไปใช้ประโยชน์ได้ ระบบดังกล่าวก็ถือว่าไม่มีประโยชน์เท่าที่ควร

2.1.9 **ระบบฐานข้อมูล** (Database System)[8][9][10]

ฐานข้อมูล คือ โครงสร้างระบบสารสนเทศ ที่ประกอบด้วยกลุ่มข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กัน และข้อมูลที่ประกอบกันเป็นฐานข้อมูลนั้นต้องตรงตามวัตถุประสงค์ขององค์กร เพื่อให้ผู้ใช้และโปรแกรมประยุกต์ต่าง ๆ สามารถดำเนินการกับข้อมูลได้ โดยอาศัยระบบการจัดการฐานข้อมูลในการควบคุมดูแลและเรียกใช้ฐานข้อมูล ข้อดีของระบบฐานข้อมูล มีดังนี้

1) ลดความซ้ำซ้อน (Redundancy)ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลในการประมวลผลฐานข้อมูลเนื่องจากข้อมูลจะถูกเก็บเพียงที่เดียวในฐานข้อมูลโดยอาศัยหลัก ความสัมพันธ์ของข้อมูล (Relationship)

2) หลีกเลี่ยงความขัดแย้ง (Inconsistency) คือ ข้อมูลเดียวกัน แต่มีเก็บมากกว่าหนึ่งแห่ง อาจจะเกิดความขัดแย้งกันได้ ถ้าหากแห่งหนึ่งถูกแก้ไข แต่อีกแห่งไม่ถูกแก้ไขตามไปด้วย ทำให้ข้อมูลที่มีในฐานข้อมูลไม่ตรงกัน

3) สามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้ (Share Data) ในระบบฐานข้อมูลจะมีการเก็บข้อมูลไว้ในที่เดียวกันเรียกว่าฐานข้อมูลโปรแกรมประยุกต์สามารถออกคำสั่งผ่านระบบการจัดการฐานข้อมูล ให้ทำการอ่านข้อมูลจากหลายตารางได้

4) มีความเป็นมาตรฐาน (Enforce Standard) การควบคุมจากส่วนกลางทำให้ผู้ดูแลระบบฐานข้อมูลสามารถกำหนดมาตรฐานต่างๆ ได้ เช่น การตั้งชื่อแฟ้มข้อมูลหรือเอกสารประกอบต่างๆ เป็นประโยชน์ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างระบบย่อยหรือการเคลื่อนย้าย ข้อมูลระหว่างระบบ

5) มีความปลอดภัย (Security) ผู้ควบคุมฐานข้อมูล (Database Administrator: DBA) เป็นผู้บริหารและจัดการฐานข้อมูลทั้งหมด โดยสามารถจัดการกับโครงสร้างฐานข้อมูลได้ สามารถแบ่งความปลอดภัยออกเป็นระดับต่าง ๆ และตรวจสิทธิการเข้าถึงข้อมูลแบบต่าง ๆ เช่น การเพิ่ม ลบ เปลี่ยนแปลง แก้ไข หรือดึงข้อมูล โดยสามารถกำหนดขอบเขตของการใช้ได้ เพื่อป้องกันผู้ที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องเข้าไปใช้งานฐานข้อมูล และทำให้สามารถเข้าไปก่อความเสียหายกับระบบฐานข้อมูลได้

6) รักษาการคงสภาพ (Integrity) ของข้อมูลคือความถูกต้อง ความคล้องจอง ความสมเหตุ สมผล หรือความเชื่อถือได้ของข้อมูลป้องกันไม่ให้เกิดความผิดพลาดต่าง ๆ เข้าสู่ระบบทำให้มั่นใจ ถึงความถูกต้องแม่นยำของข้อมูล

2.1.10 **ระบบการจัดการฐานข้อมูล**(Database Management System : DBMS)[8][9]

ระบบการจัดการฐานข้อมูล คือ โปรแกรมที่ออกแบบขึ้นมาเพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลในฐานข้อมูล ระบบการจัดการฐานข้อมูลทำหน้าที่ควบคุมดูแล การสร้างและการเรียกใช้ฐานข้อมูล ซึ่งเป็นส่วนที่มีหน้าที่อำนวยความสะดวกในการทำงานต่าง ๆ เช่น การสร้างและการแก้ไขโครงสร้างข้อมูลของฐานข้อมูล การจัดเก็บ การดูแลการเข้าถึง การกำหนดคุณลักษณะ การป้องกันความเสียหาย และการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล เป็นต้น

วัตถุประสงค์หลักของระบบการจัดการฐานข้อมูล คือ การจัดหามุมมองของข้อมูลให้ผู้ใช้เพื่อให้สามารถใช้ข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด หน้าที่ของระบบการจัดการฐานข้อมูลประกอบด้วย

1) ทำหน้าที่ติดต่อกับตัวจัดการระบบไฟล์เนื่องจากการใช้งานส่วนใหญ่ของระบบฐานข้อมูล คือ ลักษณะการใช้งานกับข้อมูลขนาดใหญ่ ซึ่งเราไม่สามารถนำข้อมูลทั้งหมดมาไว้ในหน่วยความจำหลักพร้อมๆ กันได้ กล่าวคือ ข้อมูลทั้งหมดจะถูกจัดเก็บอยู่ในแผ่นบันทึกข้อมูล (Diskette) และจะนำเฉพาะส่วนที่ต้องการใช้งานมาไว้ในหน่วยความจำหลัก โดยระบบการจัดการฐานข้อมูลจะทำหน้าที่ในการประสานงานกับตัวจัดการระบบไฟล์ในการจัดเก็บ การเรียกใช้ และการแก้ไขข้อมูล ซึ่งทำได้โดยการออกคำสั่งด้วยภาษา (Data Manipulation Language : DML)

2) การควบคุมความคงสภาพ ระบบการจัดการฐานข้อมูล จะต้องควบคุมค่าของข้อมูลในระบบให้อยู่ในกรอบที่ถูกต้องตามที่กำหนดไว้ในส่วนของสคีมา(Schema) ดังนั้นการแก้ไขข้อมูลทุกครั้ง จึงเป็นหน้าที่ของระบบการจัดการฐานข้อมูล ที่ต้องดูแลผลลัพธ์ให้ถูกต้องเสมอ การควบคุมระบบความปลอดภัย ได้แก่ การป้องกันไม่ให้ผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาตเข้ามาดู หรือแก้ไขข้อมูลในส่วนที่ต้องการปกป้องเอาไว้ได้

3) การสร้างระบบสำรองและฟื้นสภาพ ได้แก่ ฟังก์ชันในการจัดทำข้อมูลสำรอง และเมื่อใดก็ตามที่ระบบมีปัญหาเกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการขัดข้องของระบบไฟล์ หรือเครื่องเกิดความเสียหาย ระบบการจัดการฐานข้อมูลต้องใช้ระบบข้อมูลสำรองในการฟื้นสภาพ ให้ระบบข้อมูลกลับมาสู่สภาพที่ถูกต้องสมบูรณ์ได้

4) การควบคุมภาวะพร้อมกัน คือ การควบคุมการใช้งานข้อมูลในสภาวะที่มีผู้ใช้ข้อมูลพร้อม ๆ กันหลายคน อันได้แก่ การควบคุมภาวะพร้อมกัน โดยระบบการจัดการฐานข้อมูลจะต้องควบคุมลำดับการทำงานให้เป็นไปอย่างถูกต้อง

2.1.11 **สถาปัตยกรรมของระบบฐานข้อมูล[11]**

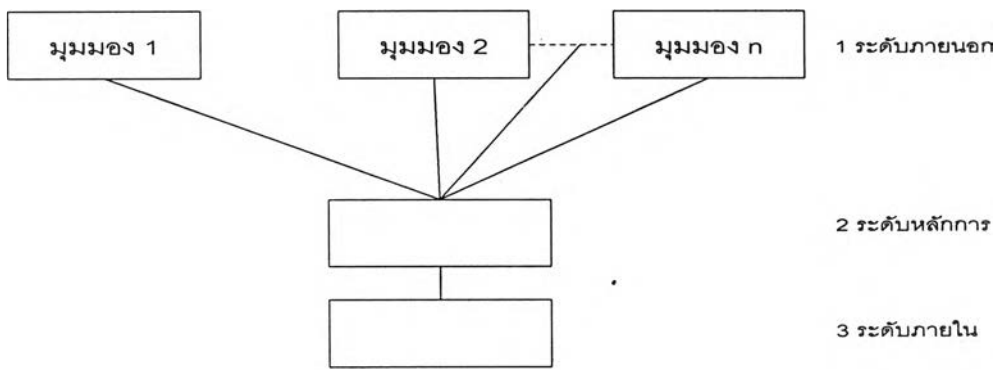
สถาปัตยกรรมของระบบฐานข้อมูล แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังรูปที่ 2.3

1) ระดับภายนอก (External Level) เป็นระดับที่อยู่สูงสุด ในระดับนี้จะมองเห็นข้อมูลจากการใช้งาน โดยผู้ใช้งานแต่ละรายหรือแต่ละกลุ่มสามารถมองเห็นข้อมูลเฉพาะในส่วนที่

เกี่ยวข้องเท่านั้น มุมมองเหล่านี้ได้มาจากบางส่วนของฐานข้อมูลที่ระดับหลักการ ซึ่งมุมมองของผู้ใช้แต่ละคนอาจจะเหมือนกันหรือแตกต่างกันบ้าง ผู้ใช้ไม่สามารถมองเห็นข้อมูลที่อยู่นอกมุมมองที่สร้างให้ได้ ดังนั้นที่ระดับภายนอกนี้สามารถทำให้ฐานข้อมูลมีความปลอดภัยได้

2) ระดับหลักการ (Conceptual Level) เป็นระดับที่อยู่ถัดขึ้นมา เกี่ยวข้องกับการอธิบายฐานข้อมูล เช่น ระดับการมองเห็น Entity รวมทั้งกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับข้อมูลและผู้มีสิทธิ์ใช้เป็นต้น ข้อมูลในระดับนี้จะอยู่ในความสนใจของ Database Administrator (DBA) เพราะเป็นผู้ออกแบบและควบคุมการใช้ฐานข้อมูล

3) ระดับภายใน (Internal Level) เป็นระดับที่อยู่ล่างสุด เกี่ยวข้องกับการจัดเก็บข้อมูล รวมทั้งโครงสร้างและวิธีการเข้าถึงข้อมูล โดยพิจารณารูปแบบข้อมูลที่บันทึกและชนิดของดัชนีที่ใช้เชื่อมโยงภายใน ซึ่งจะทำงานประสานกับระบบปฏิบัติการ (Operating System)



รูปที่ 2.3 ระดับต่าง ๆ ของสถาปัตยกรรมระบบฐานข้อมูล[11]

2.1.12 **ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์** (Relational Database)[12]

ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ คือ การจัดเก็บข้อมูลเป็นแบบตารางหลายตารางที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกัน ซึ่งในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ประกอบด้วย

- รีเลชัน (Relation) หมายถึง ตารางซึ่งใช้เก็บข้อมูลของแต่ละเอนติตี
- แอตทริบิวต์ (Attribute) หมายถึง สดมภ์ เป็นส่วนประกอบของรีเลชัน
- โดเมน (Domain) หมายถึง กรอบค่าต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ของแต่ละแอตทริบิวต์
- ทูเปิล (Tuple) หมายถึง แถว เป็นค่าของแต่ละแอตทริบิวต์ในรีเลชันในช่วงเวลาใดๆ

การออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Design) เป็นขั้นตอนการแปลงจากแบบจำลองข้อมูลเชิงตรรกะเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์อย่างมีเสถียรภาพภายใต้ระบบการจัดการฐานข้อมูลที่ติดตั้งอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นๆการออกแบบประกอบด้วย 2 ขั้นตอน

1) แบบจำลองข้อมูลเชิงตรรกะ (Logical Data Model) เป็นแบบ จำลอง ที่สร้างขึ้นมาเพื่ออธิบายลักษณะโครงสร้างของข้อมูล และความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล รวมถึงการเรียกใช้ข้อมูลและการแก้ไขข้อมูลตามความต้องการของผู้ใช้ในลักษณะที่ถูกต้อง ก่อนที่จะทำการแปลงให้อยู่ในรูปของฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ต่อไป การออกแบบในขั้นนี้จะมีการกำหนดสิ่งที่เป็นพื้นฐาน ได้แก่ เอนติตี (Entity) แอตทริบิวต์ (Attribute) รีเลชันชิป (Relationship)

2) แบบจำลองข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Data Model) เป็นแบบ จำลองข้อมูลที่เปลี่ยนรูปแบบมาจากแบบจำลองเชิงตรรกะ เพื่อเป็นแนวคิดที่แสดงให้เห็นถึงข้อมูลที่ถูกมองเห็นโดยผู้ใช้งาน ซึ่งจะแสดงรายละเอียดของข้อมูลที่ปรากฏแก่ผู้ใช้ การดำเนินการกับข้อมูลและกฎเกณฑ์ต่างๆ โดยใช้หลักการออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Design : RDD) มีส่วนประกอบดังนี้

(1) โครงสร้างข้อมูล (Data Structure) เป็นข้อมูลที่มองเห็นโดยผู้ใช้งานอยู่ในลักษณะของตารางความสัมพันธ์

(2) การดำเนินการกับข้อมูล (Data Manipulation) เป็นการดำเนินการกับข้อมูลในตารางความสัมพันธ์

(3) ความเป็นบูรณภาพของข้อมูล (Data Integrity) เป็นกฎข้อมูลบังคับสำหรับข้อมูลในตารางความสัมพันธ์ (Business Rule)

2.1.13 แผนภาพแบบจำลองเส้นทางเดินเอกสาร [13]

แผนภาพแบบจำลองเส้นทางเดินเอกสารเป็นโครงร่างแสดงให้เห็นภาพกว้างๆ ขององค์กรหรือเป็นการสรุปกิจกรรมที่เอกสารจะได้เดินทางไปตามหน่วยงานหรือกิจกรรมนั้นๆ การจัดทำแผนภาพโครงร่างเพื่อให้ทราบถึงหน่วยงานที่เริ่มต้นของเอกสารและเอกสารจะเดินทางไปตามเส้นทางใด ทำอะไรต่อไปหน่วยงานไหนและแต่ละหน่วยงาน มีเส้นกั้นเพื่อแสดงสัดส่วนของหน่วยงาน การออกแบบแผนภาพแบบจำลองเส้นทางเดินเอกสารใช้สัญลักษณ์ดังตารางที่ 2.2

2.1.14 แผนภาพแบบจำลองข้อมูล[13]

แผนภาพแบบจำลองข้อมูล เป็นแผนภาพที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ของเอนติตีต่างๆ (Entity Relationship Diagram : ERD) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ทางตรรกศาสตร์ของสิ่งต่าง ๆ ในระบบ เป็นเครื่องมือช่วยในออกแบบการจำลองข้อมูล โดยใช้สัญลักษณ์ดังตารางที่ 2.3

2.1.15 แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram : DFD) [5][13]

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้แผนภาพกระแสของข้อมูลเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเขียนภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ โดยแผนภาพนี้เป็นส่วนที่ช่วยสื่อให้การวิเคราะห์เป็นไปโดยง่าย และมีความเข้าใจตรงกัน ประโยชน์ในการใช้แผนภาพกระแสข้อมูล ได้ดังนี้

1) การใช้แผนภาพนี้จะใช้ได้อย่างอิสระในการวิเคราะห์ระบบโดยไม่ต้องมีเทคนิคอื่นมาช่วย เนื่องจากสามารถใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ แทนสิ่งที่วิเคราะห์มา

2) การใช้แผนภาพนี้เป็นสื่อที่ง่ายต่อการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระบบย่อยกับระบบใหญ่ ซึ่งจะทำให้เข้าใจความสัมพันธ์ต่าง ๆ ได้ดี

3) การใช้แผนภาพเป็นสื่อที่ช่วยให้การวิเคราะห์ เป็นไปโดยง่ายและมีความเข้าใจตรงกันระหว่างผู้วิเคราะห์ระบบ โปรแกรมเมอร์ หรือผู้ใช้ระบบ

4) การใช้แผนภาพนี้ช่วยให้การวิเคราะห์ระบบเป็นไปได้สะดวก โดยเห็นถึงข้อมูลและขั้นตอนต่างๆ เป็นแผนภาพกระแสข้อมูล สัญลักษณ์ต่าง ๆ ในการเขียนแผนภาพกระแสข้อมูลดังตารางที่ 2.4

2.1.16 **แผนภาพการออกแบบโครงสร้างส่วนต่อประสานผู้ใช้** (Interface Structure Diagram : ISD)[13]

แผนภาพการออกแบบโครงสร้างส่วนต่อประสานงาน เป็นเครื่องมือในออกแบบโครงสร้างส่วนต่อประสานงาน เพื่อใช้แสดงความสัมพันธ์ของหน้าจอ(Screen) ฟอร์ม (Form) และรายงาน (Report) ทั้งหมดที่ใช้ในระบบ ซึ่งจะทำให้มองเห็นภาพรวมว่าผู้ใช้งานสามารถเคลื่อนไหว จากจุดหนึ่งไปยังจุดอื่นๆ ของโครงสร้างส่วนต่อประสานงาน สัญลักษณ์ต่างๆ ในการเขียนแผนภาพโครงสร้างส่วนต่อประสานงาน ดังตารางที่ 2.5

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 วิทยานิพนธ์เรื่อง การออกแบบระบบสารสนเทศทะเบียนและบริการทางการแพทย์ โดยนางสาวกลิ่นแก้ว นพวงศ์ ณ อยุธยา วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สาขาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2539[14] เป็นการออกแบบระบบสารสนเทศทะเบียนและบริการทางการแพทย์ของสำนักงานประกันสังคม และพัฒนาต้นแบบระบบสารสนเทศขึ้นโดยการออกแบบเป็นฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์บนระบบผู้ใช้บริการและผู้ให้บริการ และระบบเครือข่ายที่ใช้เป็นระบบเครือข่ายเฉพาะที่ ระบบสารสนเทศที่พัฒนาประกอบด้วย 3 ระบบ คือ

1) ระบบทะเบียนสถานประกอบการ

2) ระบบทะเบียนผู้ประกันตน

3) ระบบบริการทางการแพทย์

ส่วนนี้ผู้วิจัยได้ใช้เป็นแนวทาง ในการออกแบบระบบเครือข่ายเฉพาะที่และการออกแบบฐานข้อมูลส่วนงานเวชระเบียนรังสีรักษา

2.2.2 วิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาระบบสารสนเทศงานบริการทันตกรรมในโรงพยาบาลชุมชน โดยนายวิวัฒน์ ธาราสมบัติ วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สาขาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2540 [15] เป็นการออกแบบและพัฒนา ระบบสารสนเทศงานบริการทันตกรรม ในโรงพยาบาลชุมชน โดยการออกแบบเป็น ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์บนระบบ ผู้ใช้บริการ/ผู้ให้บริการ โดยใช้เป็นระบบเครือข่ายเฉพาะที่ พร้อมทั้งได้พัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งระบบสารสนเทศที่พัฒนานั้นประกอบด้วย 3 ระบบ คือ

1) งานตรวจรักษาทางทันตกรรม

2) งานนัดหมายผู้ป่วย

3) งานจัดทำรายงาน

ส่วนนี้ผู้วิจัยได้ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบระบบการนัดหมายผู้ป่วย การบันทึกการรักษา และส่วนของการจัดทำรายงานทางสถิติสำหรับระบบงานรังสีรักษา

2.2.3 วิทยานิพนธ์เรื่อง การออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศผู้ป่วยนอกของสถานพยาบาลรัฐวิสาหกิจ โดยนางสาวสุภา ฉายแสง วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สาขาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2543 [16] เป็นการออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศผู้ป่วยนอก สถานพยาบาลรัฐวิสาหกิจ เพื่อสนองความต้องการการใช้สารสนเทศ สำหรับผู้บริหารนำไปใช้ ในการบริหารงานด้านการบริการรักษาพยาบาล ผู้ป่วยนอกของสถานพยาบาลรัฐวิสาหกิจ โดยการออกแบบเป็นฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์บนระบบผู้ใช้บริการและผู้ให้บริการ ระบบเครือข่ายที่ใช้เป็นระบบเครือข่ายเฉพาะที่ ระบบสารสนเทศที่พัฒนาประกอบด้วย 4 ระบบ คือ

1) งานเวชระเบียน

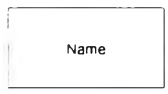
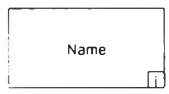
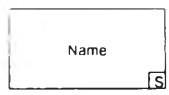
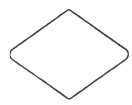
2) งานห้องตรวจ

3) งานห้องจ่ายยา

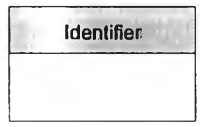
4) งานดูแลและควบคุมความปลอดภัยของระบบ

ส่วนนี้ผู้วิจัยได้ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบกระบวนการของงานต่างๆ เช่น ออกแบบระบบการนัดหมายผู้ป่วย การบันทึกการรักษา การจัดทำใบสั่งยาและการจัดทำใบรับรองแพทย์ เป็นต้น รวมทั้งเป็นแนวทางในการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ และการออกแบบโปรแกรมสำหรับการบริการตรวจรักษาทางรังสีรักษาด้วย

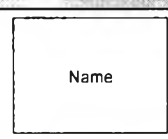
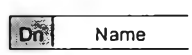
ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนภาพแบบจำลองเส้นทางเดินเอกสาร[13]

สัญลักษณ์	ความหมาย
	เอกสาร
	เอกสารมีการลงนามย่อแสดงว่าเอกสารนั้นมีการตรวจสอบ
	เอกสารนั้นมีการลงชื่ออนุมัติ
	ขั้นตอนของการตัดสินใจ
	จุดเริ่มต้นเส้นทางเดินเอกสาร No : หมายเลขที่อ้างอิงกระบวนการเส้นทางเดินเอกสาร
	จุดอ้างอิงระหว่างหน้า (Off-Page Reference) No : หมายเลขที่อ้างอิงไปยังจุดอ้างอิงในหน้าอื่น
	การนำเอกสารมาตรวจสอบและเก็บแนบไว้ด้วยกัน
	แฟ้มถาวรจัดเรียงตามตัวเลข
	เส้นทางเดินเอกสารจากซ้ายไปขวา
	การนำข้อมูลเข้าสู่กระบวนการ
	การสิ้นสุดรายการ
	สมุดบันทึก

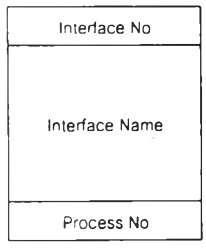
ตารางที่ 2.3 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภาพแบบจำลองข้อมูล[13]

สัญลักษณ์	ความหมาย
	เอนติตีของระบบ
	ความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อหลาย (1 : M)
	ความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อหนึ่ง (1 : 1)
ชื่อแอตทริบิวต์ (pk)	แอตทริบิวต์ ที่เป็นคีย์หลัก (Primary Key)
ชื่อแอตทริบิวต์ (fk)	แอตทริบิวต์ ที่เป็นคีย์ภายนอก (Foreign Key)

ตารางที่ 2.4 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภาพกระแสของข้อมูล[5][13]

สัญลักษณ์	ความหมาย
	เอนติตีภายนอก (External Entity) Name : ชื่อเอนติตี
	กระบวนการ (Process) n : หมายเลขกระบวนการ Name : ชื่อกระบวนการ
	ที่เก็บข้อมูล(Data Store) ประกอบด้วย D : อักษรย่อที่เก็บข้อมูล n : หมายเลขที่เก็บข้อมูล Name : ชื่อที่เก็บข้อมูล
	ทิศทางของกระแสข้อมูล (Flow of Data) Name : ข้อมูล
	แสดงคำอธิบาย (Annonation) Annonation : ที่แสดงคำอธิบาย

ตารางที่ 2.5 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการออกแบบแผนภาพโครงสร้างส่วนต่อประสานงาน[13]

สัญลักษณ์	ความหมาย
	ส่วนประสานงาน (Interface) Interface No : หมายเลขส่วนประสานงาน Interface Name : ชื่อส่วนประสานงาน Process No : หมายเลขกระบวนการ (Process Number) ที่ส่วนประสานงานสนับสนุน (Support) ซึ่งอาจจะมีหลาย ๆ ส่วนประสานงานสนับสนุนหนึ่งกระบวนการ
	จุดอ้างอิงระหว่างหน้า (Off-Page Reference) ISD No : หมายเลขโครงสร้างส่วนต่อประสานผู้ใช้ที่อ้างอิงไปยังจุดอ้างอิงในหน้าอื่น
	จุดอ้างอิงหน้าเดียวกัน (On-Page Reference) ISD No : หมายเลขโครงสร้างส่วนต่อประสานผู้ใช้ที่อ้างอิงไปยังจุดอ้างอิงในหน้าเดียวกัน
	เส้น (Line) : ใช้เชื่อมระหว่างโครงสร้างส่วนต่อประสานผู้ใช้