ห้องสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

การสร้างภาพฉายมิติโดยการส่งผ่านรังสีแกมมา

2.1 องค์ประกอบของการถ่ายภาพด้วยรังสี

การถ่ายภาพด้วยรังสี ไม่ว่าจะใช้รังสีเอกซ์ รังสีแกมมาหรือนิวตรอนจะอาศัยความสามารถของรังสีในการทะลุทะลวงผ่านวัตถุ หรือชิ้นงานเพื่อทำให้เกิดภาพถ่ายบนตัวตรวจจับหรือตัวแสดงผล การถ่ายภาพด้วยรังสีจะต้องมีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ แหล่งกำเนิดรังสี ชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบและตัวแสดงผล

2.1.1 แหล่งกำเนิดรังสี

แหล่งกำเนิดรังสีที่ใช้ในการถ่ายภาพทางรังสีโดยทั่วไปมีอยู่ 2 ประเภท คือ เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ (X-Ray Machine) และต้นกำเนิดรังสีแกมมาแบบไอโซโทปรังสี (Radioisotopic Gamma-Ray Source) เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์จะให้กำเนิดรังสีเอกซ์ต่อเนื่อง โดยเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ที่ใช้ในงานตรวจสอบแบบไม่ทำลายจะใช้รังสีเอกซ์ที่มีพลังงานอยู่ในช่วงระหว่าง 100kV ถึง 400kV ส่วนต้นกำเนิดรังสีแกมมาที่ใช้ในการถ่ายภาพด้วยรังสีจะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับชนิดชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบ โดยพิจารณาจากพลังงานของรังสีและความเข้มหรือความแรงของรังสีรวมถึงความหนาของชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบ ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ต้นกำเนิดรังสีแกมมาบางชนิดที่ใช้ในการถ่ายภาพรังสี

ต้นกำเนิดรังสี	พลังงานของรังสีแกมมา (keV)	ครึ่งชีวิต	Half Value Thickness (นิ้ว)	ความหนาของเหล็กที่สามารถถ่ายได้ (นิ้ว)
Tm-170	84	129 วัน	เหล็ก 0.06	0.25 - 0.50
Ir-192	296, 308, 317,604 และ 612	74 วัน	เหล็ก 0.3	0.50 - 2.00
Cs-137	662	30 ปี	เหล็ก 0.6	1.00 - 2.50
Co-60	1170 และ 1330	5.26 ปี	เหล็ก 0.9	1.00 - 6.00

2.1.2 ชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบ

ชิ้นงานเป็นตัวแปรที่ทำให้ความเข้มของรังสีเกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยภายในของตัวชิ้นงาน เช่น ความแตกต่างของความหนา (thickness) ความหนาแน่น (density) ส่วนประกอบ (composition) ความไม่สม่ำเสมอหรือความไม่ต่อเนื่อง (discontinuity)

2.1.3 ตัวแสดงผลและอุปกรณ์วัดความเข้มรังสี

ตัวแสดงผลและอุปกรณ์วัดความเข้มรังสี เป็นตัวแปลผลของความเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มของรังสีหลังผ่านชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบ ได้แก่ ฟิล์ม (Film) ฉากเรืองแสง (Fluorescent Screen) และหัววัดรังสี (Radiation Detector)

2.2 อันตรกิริยาของรังสีแกมมากับสสาร

รังสีแกมมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) ที่มีพลังงานสูง ไม่มีมวลและไม่มีประจุ สามารถทะลุทะลวงวัสดุต่าง ๆ ได้ดี เมื่อรังสีแกมมาผ่านเข้าไปในวัตถุหรือสสารใด ๆ ก็ตามจะเกิดอันตรกิริยาสำคัญ 4 แบบ คือปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก (Photoelectric Effect) หรือการดูดซับโฟโตอิเล็กตรอน (Photoelectric Absorption) การกระเจิงแบบคอมพ์ตัน (Compton Scattering) แพร์โปรดักชั่น (Pair Production) และการกระเจิงแบบโคฮิเรนท์ (Coherent Scattering)

2.2.1 ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก

เมื่อรังสีแกมมาตกกระทบอะตอมของวัตถุหรือสสาร รังสีแกมมาจะถ่ายเทพลังงานทั้งหมดให้แก่อิเล็กตรอนภายในอะตอม ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากวงโคจรโดยมีพลังงานจลน์ (E_{pe}) ค่าหนึ่งเราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริกและเรียกอิเล็กตรอนที่หลุดออกจากวงโคจรนี้ว่า โฟโตอิเล็กตรอน (Photoelectron) พลังงานของรังสีแกมมาที่จะทำให้เกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริกได้ต้องมีพลังงานมากพอที่จะทำลายพลังงานยึดเหนี่ยวของอิเล็กตรอนที่อยู่ในวงโคจรระดับต่าง ๆ ของอะตอม ดังสมการ 2.1

$$E_{pe} = E_\gamma - \phi \qquad \ldots(2.1)$$

โดย E_{pe} แทนพลังงานจลน์ของโฟโตอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้น

E_γ แทนพลังงานของโฟตอนของรังสีแกมมา

ϕ แทนพลังงานยึดเหนี่ยวของอิเล็กตรอนในวงโคจรนั้นๆ ของอะตอม

ถ้าปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริกเกิดกับอิเล็กตรอนวงโคจรชั้นใน ๆ แล้วอิเล็กตรอนในวงโคจรนั้นหลุดออกจากอะตอม อิเล็กตรอนจากวงโคจรนอกจะเข้ามาแทนที่และปลดปล่อยพลังงานส่วนเกินออกมาในรูปของรังสีเอกซ์เฉพาะตัว (Characteristic X-Ray) ซึ่งเป็นพลังงานเฉพาะสำหรับธาตุแต่ละธาตุ

2.2.2. การกระเจิงแบบคอมป์ตัน

การกระเจิงแบบคอมป์ตันหรือคอมป์ตันเอฟเฟคท์ เป็นการกระเจิงแบบไม่ยืดหยุ่น (Inelastic Scattering) ของโฟตอนกับอิเล็กตรอนในวงโคจรของอะตอม เมื่อโฟตอนซึ่งมีพลังงาน (E_γ) ชนกับอิเล็กตรอนในวงโคจรซึ่งมีพลังงานยึดเหนี่ยว (ϕ) แล้วโฟตอนสูญเสียพลังงานบางส่วนให้กับอิเล็กตรอน ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากวงโคจร โดยอิเล็กตรอนที่หลุดออกมานั้น (recoilling electron) มีพลังงานจลน์ค่าหนึ่ง (E_e) ดังสมการ 2.2

$$E_e = E_\gamma - E'_\gamma - \phi \qquad \ldots(2.2)$$

แต่เนื่องจากพลังงานยึดเหนี่ยวของอิเล็กตรอนในวงโคจร มีค่าน้อยกว่าพลังงานของโฟตอนมาก ดังนั้นเราสามารถเขียนพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนได้ใหม่ ดังสมการ 2.3

$$E_e = E_\gamma - E'_\gamma \qquad (2.3)$$

เมื่อ (E'_γ) แทนพลังงานของโฟตอนที่กระเจิงออกมาเป็นมุม (υ) ต่าง ๆ ซึ่งสามารถหาได้จากสมการอนุรักษ์พลังงานและโมเมนตัมได้ ดังสมการ 2.4

$$E'_{\gamma} = \frac{E_{\gamma} E_{e}}{E_{\gamma}(1-\cos\upsilon) + E_{e}} \qquad \ldots(2.4)$$

เมื่อ $E_e = m_e c^2 = 0.511$ MeV โดย m_e แทนมวลของอิเล็กตรอน

การกระเจิงแบบคอมป์ตันจะมีความสำคัญมากเมื่อโฟตอนมีพลังงานสูงกว่า 0.1 MeV ขึ้นไป และหลังจากเกิดการกระเจิงแบบคอมป์ตันแล้ว โฟตอนที่กระเจิงออกมาบางตัวอาจทำให้เกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริกได้อีก

2.2.3 . แพร์โปรดักชัน

แพร์โปรดักชัน เป็นปรากฏการณ์หนึ่งที่เกิดขึ้นเมื่อโฟตอนซึ่งมีพลังงานสูงกว่าหรือเท่ากับ 1.022 MeV ผ่านเข้าไปใกล้สนามไฟฟ้าของนิวเคลียสแล้วโฟตอนหายไปและเกิดคู่อิเล็กตรอนขึ้น ซึ่งในที่นี้จะเรียกว่าโพสิตรอน (e^+) และเนกาตรอน (e^-) โดยแต่ละอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นจะมีมวลเท่ากับ 0.511 MeV และมีพลังงานจลน์รวมกันเท่ากับพลังงานที่เหลือของโฟตอนจากการเกิดคู่อิเล็กตรอนอิสระ ดังสมการ 2.5

$$E_{e^-} + E_{e^+} = E_{\gamma} - 2m_0c^2 \qquad \ldots(2.5)$$

โดยที่ E_{e+} และ E_{e-} แทนพลังงานจลน์ของโปสิตรอนและเนกาตรอนตามลำดับ

E_γ แทนพลังงานของรังสีแกมมาหรือโฟตอน

m_0c^2 แทนพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนเมื่อมีความเร็วเป็นศูนย์

เมื่ออิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นเคลื่อนที่ไปและชนอะตอมข้างเคียง จะทำให้สูญเสียพลังงานไปจนพลังงานของโปสิตรอนมีค่าน้อยมาก ๆ ก็จะเกิดการรวมตัวกับเนกาตรอนเกิดเป็นโฟตอน 2 ตัว เคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงกันข้าม โดยมีพลังงานเท่ากับ 0.511 MeV เราเรียกกระบวนการนี้ว่าการแผ่รังสีแอนนิฮิเลชัน (Annihilation Radiation)

2.2.4 การกระเจิงแบบโคฮิเรนท์

การกระเจิงแบบโคฮิเรนท์เป็นการกระเจิงรังสีชนิดหนึ่ง โดยรังสีไม่มีการสูญเสียพลังงานหรือมีพลังงานเท่าเดิมแต่จะมีการเปลี่ยนทิศทางเมื่อผ่านเข้าไปในอะตอมซึ่งมี 2 ชนิด คือ การกระเจิงแบบทอมสัน (Thomson Scattering) และการกระเจิงแบบเรย์ลี (Rayleigh Scattering) โดยที่การกระเจิงแบบทอมสันเกิดจากอิเล็กตรอนเพียงตัวเดียวถูกทำให้เกิดอันตรกิริยา ส่วนการกระเจิงแบบเรย์ลีเกิดจากอิเล็กตรอนทั้งหมดในอะตอมทำให้เกิดอันตรกิริยา ซึ่งทั้งสองแบบบางครั้ง เรียกว่า อันตรกิริยาอนุภาคคลื่น (wave-particle interaction) เมื่อรังสีพลังงานต่ำชนกับอิเล็กตรอนในอะตอมแล้วทำให้อะตอมเกิดการสั่นแต่พลังงานภายในของอะตอมไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ทำให้รังสีที่กระเจิงออกมามีพลังงานเท่ากับพลังงานรังสีที่ตกกระทบแต่มีทิศทางเปลี่ยนไป การกระเจิงแบบโคฮิเรนท์นี้จะเกิดขึ้นน้อยมากเมื่อเทียบกับอันตรกิริยาแบบอื่น ๆ

2.3 การลดทอนของรังสีแกมมา

เมื่อรังสีแกมมาทะลุผ่านวัตถุ ปริมาณหรือความเข้มของรังสีที่ผ่านวัตถุออกมาจะขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

ก. พลังงานของรังสีและความเข้มของรังสี
ข. ชนิดและความหนาของวัตถุ

2.3.1 ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนของรังสีแกมมา

ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนรวม (total attenuation coefficient, μ) หรือค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเชิงเส้น (linear absorption coefficient) จะเป็นสัดส่วนการลดลงของความเข้มซึ่งเกิดจากความหนาของตัวดูดกลืน โดยค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนรวมจะมีค่าเท่ากับผลรวมของค่าสัมประสิทธิ์ลดทอนของอันตรกิริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในตัวดูดกลืน ดังสมการ 2.6

$$\mu = \mu_{pe} + \mu_{c} + \mu_{pp} \qquad \ldots(2.6)$$

โดย μ แทนค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนรวม μ_{pe} แทนค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเนื่องจากการเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก μ_c แทนค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเนื่องจากการกระเจิงแบบคอมป์ตันและ μ_{pp} แทนค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเนื่องจากปรากฏการแพร์โปรดักชัน นอกจากนั้นเรายังสามารถเขียนสมการในรูปของการดูดกลืนเชิงเส้นได้ดังสมการ 2.7

$$\mu = k\lambda^3 z^3 \qquad \ldots(2.7)$$

จะเห็นว่าค่า μ ขึ้นอยู่กับความยาวคลื่น (λ) ของรังสีปฐมภูมิ (primary radiation) เลขอะตอมของตัวดูดกลืน (z) และค่าคงที่ (k) ซึ่งขึ้นกับความหนาแน่นของตัวดูดกลืน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่ารังสีที่มีความยาวคลื่นสูง (พลังงานต่ำ) จะถูกดูดกลืนรังสีได้มากกว่ารังสีที่มีความยาวคลื่นสั้น (พลังงานสูง) หรือตัวดูดกลืนที่มีเลขอะตอมสูงจะดูดกลืนรังสีได้มากกว่าตัวดูดกลืนที่มีเลขอะตอมต่ำ นอกจากนี้ความหนาแน่นของตัวดูดกลืนชนิดเดียวกันก็มีผลต่อการดูดกลืนรังสี กล่าวคือตัวดูดกลืนที่มีความหนาแน่นสูงจะมีการดูดกลืนรังสีมากกว่าตัวดูดกลืนที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า

2.3.2 การทะลุผ่านวัตถุของรังสีแกมมา

เมื่อรังสีแกมมาเคลื่อนผ่านเข้าไปในวัตถุ รังสีบางส่วนจะถูกดูดกลืนโดยปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริกและแพร์โปรดักชัน บางส่วนก็จะกระเจิงออกแบบคอมป์ตันและมีบางส่วนผ่านออกมาโดยไม่เกิดอันตรกิริยา ดังรูป 2.1 ถ้าพิจารณาลำรังสีแกมมาพลังงานเดียว (monoenergetic beam of gamma-ray) หรือรังสีแกมมาที่มีพลังงานของรังสีปฐมภูมิ (E_0) ซึ่งมีสเปกตรัมของพลังงาน (Energy Spectrum) ของรังสีดังรูป 2.2ก ซึ่งเป็นสเปกตรัมของรังสีก่อนผ่านเข้าไปในตัวดูดกลืนที่มีความหนา x และรูปที่ 2.2ข แสดงสเปกตรัมของพลังงานของรังสีหลังผ่านตัวดูดกลืน ส่วนของสเปกตรัมของพลังงานต่อเนื่องที่เกิดขึ้น ส่วนใหญ่จะเกิดจากรังสีกระเจิงที่มีการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการกระเจิงแบบคอมป์ตันของรังสีปฐมภูมิ รังสีเอกซ์จากกระบวนการโฟโตอิเล็กตริกและแพร์โปรดักชัน รวมทั้งการแผ่รังสีแอนนิฮิเลชัน โดยความเข้มของรังสีปฐมภูมิจะมีการลดลงแบบเอกซ์โปเนนเชียล ดังสมการ 2.8

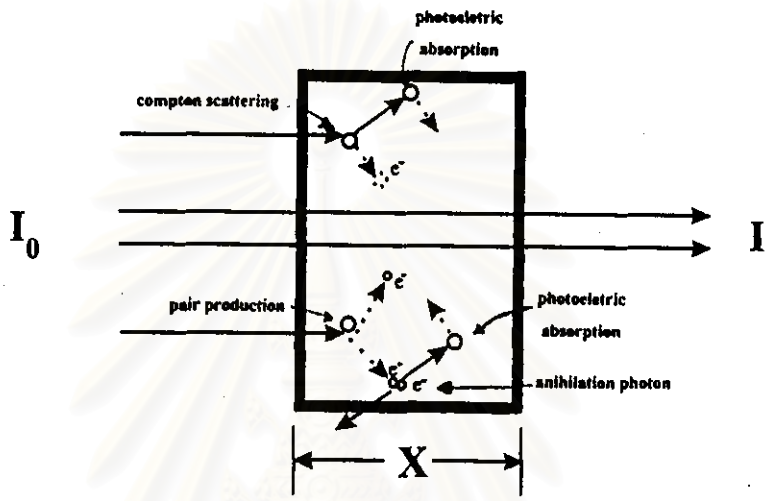
$$I = I_0 e^{(-\mu x)} \qquad \ldots(2.8)$$

โดย I_0 แทนความเข้มของรังสีก่อนผ่านตัวดูดกลืน

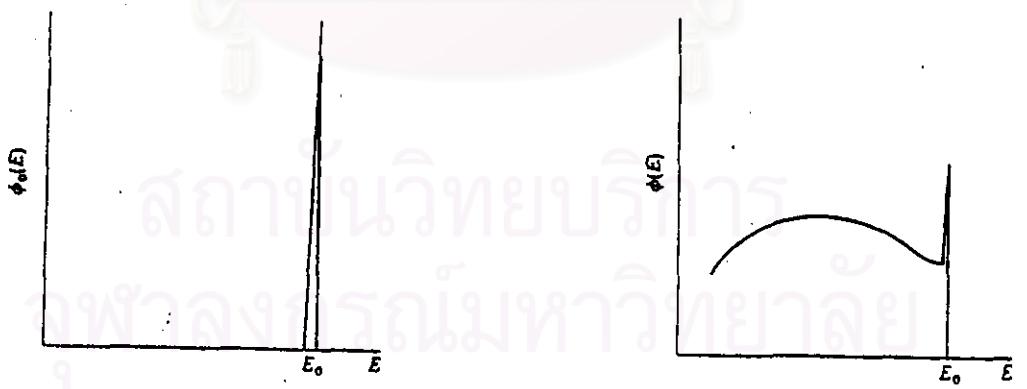
I แทนความเข้มของรังสีหลังผ่านตัวดูดกลืน

μ แทนค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนรวมของรังสีแกมมา

x แทนความหนาของตัวดูดกลืน



รูปที่ 2.1 แสดงการลดทอนของรังสีแกมมา



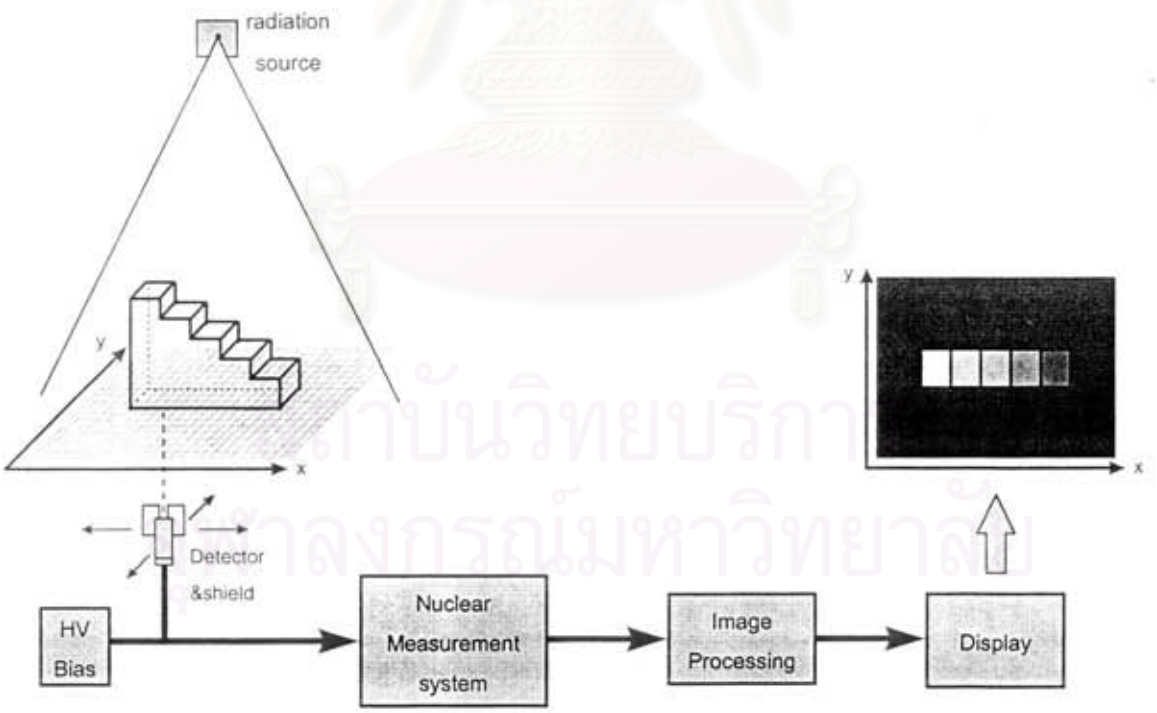
ก. สเปกตรัมของพลังงานก่อนผ่านตัวดูดกลืน ข. สเปกตรัมของพลังงานหลังผ่านตัวดูดกลืน

รูปที่ 2.2 แสดงสเปกตรัมของพลังงานของรังสีแกมมา[2]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 หลักการสร้างภาพสองมิติด้วยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

จากหลักการลดทอนรังสีและสมการที่ 2.8 จะเห็นว่าความเข้มของรังสีแกมมาจะลดลงเนื่องจากตัวกลางหรือชิ้นงานโดยมีปัจจัย 2 อย่าง คือความหนาของชิ้นงาน (x) และค่าสัมประสิทธิ์การลดทอน (μ) ซึ่งขึ้นกับชนิดของตัวกลาง ดังนั้นถ้าเรานำหลักดังกล่าวมาใช้การถ่ายภาพด้วยรังสีโดยวิธีการส่งผ่านรังสีและใช้ฟิล์มเป็นตัวแสดงผล ความเข้มรังสีที่ผ่านบริเวณที่ตัวกลางมีความหนาน้อยกว่าหรือมีค่า μ น้อยกว่าจะมีความเข้มรังสีที่ผ่านออกมามากกว่าบริเวณที่ตัวกลางมีความหนามากกว่าซึ่งจะทำให้ฟิล์มมีค่าความดำมากกว่า ดังนั้นถ้าเราแบ่งพื้นที่เงาของตัวกลางที่ต้องการถ่ายภาพเป็นช่องเล็ก ๆ (grid) เท่า ๆ กัน เรียงกันเป็นระนาบ โดยให้ช่องเล็ก ๆ แต่ละช่องมีพิกัดเฉพาะบนระนาบ XY เรียกว่า จุดภาพ แต่ละจุดภาพที่เกิดขึ้นจะมีค่าความเข้มของรังสีหรือค่าความดำแตกต่างกันไปตามความเข้มรังสีที่ผ่านวัตถุออกมา แสดงดังรูป 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงหลักการถ่ายภาพด้วยรังสีโดยใช้ระบบสแกนวัดรังสี

2.4.1 กระบวนการสร้างภาพเชิงตัวเลข (Digital Image Processing)

กระบวนการสร้างภาพเชิงตัวเลข เป็นการนำข้อมูลภาพเชิงอนาลอก (analog image data) ที่เก็บไว้อย่างมีลำดับด้วยอุปกรณ์ทางกายภาพ (physical device) ซึ่งสามารถสร้างสัญญาณเชิงอนาลอก (analog signal) ตามสัดส่วนของระดับความเข้มรังสีที่อุปกรณ์สามารถตรวจจับได้ในตำแหน่งจุดภาพบนระนาบ XY โดยสัญญาณเชิงอนาลอกแต่ละจุด I(x, y) จะถูกนำมาผ่านกระบวนการแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณเชิงตัวเลข (digital signal) โดยผ่านดิจิไตเซอร์ (Digitizer) ซึ่งใช้เป็นอุปกรณ์แปลงสัญญาณเพื่อนำมาเก็บเป็นข้อมูลภาพเชิงตัวเลข (digital image) อย่างมีลำดับ f(x, y) บนหน่วยความจำหรืออุปกรณ์บันทึกข้อมูลชนิดต่าง ๆ เมื่อต้องการแสดงผลก็นำข้อมูลภาพมาผ่านตัวประมวลผลภาพ (image processor) ซึ่งจะให้สัญญาณ g(x, y) ออกมาเพื่อให้ระดับความเข้มที่เก็บไว้เป็นข้อมูลเชิงตัวเลขสอดคล้องกับระดับสีเทา (gray level) ซึ่งเป็นตัวแสดงความเข้มบนจอภาพของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ I′(x, y) ดังแสดงหลักการดังรูป 2.4

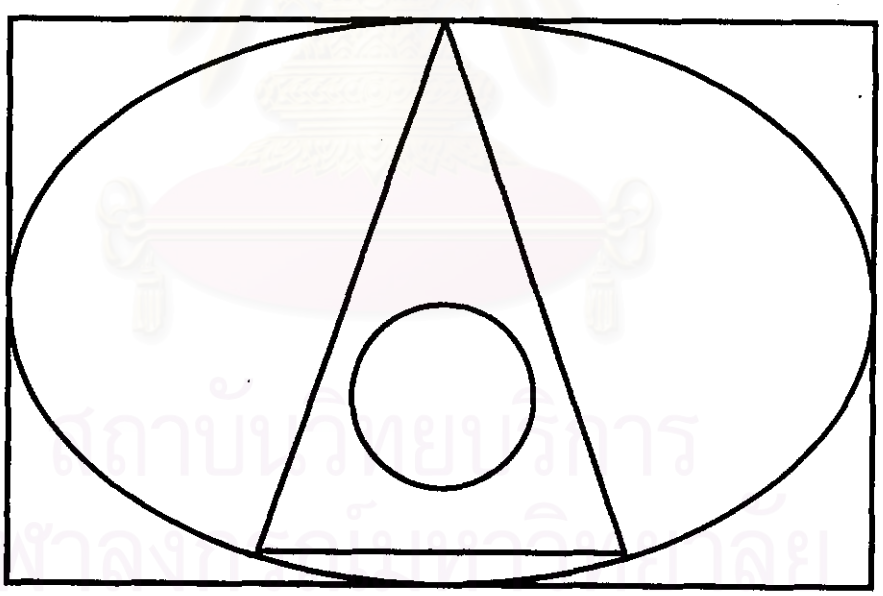
รูปที่ 2.4 แสดงหลักการกระบวนการสร้างภาพเชิงตัวเลข

2.4.2 ระบบการสร้างภาพ

ระบบการสร้างภาพ นับว่าเป็นส่วนสำคัญของการสร้างภาพสองมิติบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์หรือคอมพิวเตอร์กราฟิก แต่ระบบการแสดงภาพไม่ได้หมายถึงจอภาพ (monitor) และหน่วยประมวลผลภาพ (display processor) เท่านั้น แต่ยังรวมถึงวิธีการสร้างภาพ (image algorithms) และระบบการแทนค่าของข้อมูล (data representation) ของภาพที่สร้างขึ้นด้วย โดยทั่วไประบบการแสดงภาพแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ การแสดงภาพแบบเวกเตอร์ (vector display) และการแสดงภาพแบบแรสเตอร์ (raster display)

2.4.2.1 การสร้างภาพแบบเวกเตอร์

ระบบการสร้างภาพแบบเวกเตอร์ ประกอบด้วยหน่วยประมวลผลภาพ หน่วยความจำสำหรับแสดงภาพ (display memory) และจอภาพพร้อมทั้งวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ควบคุมลำอิเล็กตรอน หน่วยความจำจะทำหน้าที่เก็บคำสั่งสำหรับวาดภาพหรือวาดตัวอักษรแล้วกลุ่มคำสั่งเหล่านี้ก็จะถูกส่งไปยังหน่วยประมวลผลภาพเพื่อแปลงให้เป็นสัญญาณเชิงอนาลอก ซึ่งจะบังคับลำอิเล็กตรอนให้ตกกระทบบนสารเรืองแสงหรือฟอสฟอร์ที่ฉาบบนจอภาพ ภาพที่ถูกสร้างขึ้นนี้จะจางไปใน 10-100 ไมโครวินาที ดังนั้นหน่วยประมวลผลภาพจะต้องทำการแปลคำสั่งวนเพื่อสร้างภาพด้วยความถี่ที่ไม่น้อย 30 รอบต่อวินาที เพื่อให้สายตามองเห็นเป็นภาพที่ต่อเนื่องไม่เกิดการกระพริบขึ้น ระบบการสร้างภาพแบบเวกเตอร์นี้จะให้ภาพที่สร้างขึ้นมีความคมชัดสูงกว่าแบบแรสเตอร์ แต่มีข้อเสียคือต้องใช้หน่วยประมวลผลซึ่งมีความเร็วสูงและในการระบายสีให้กับพื้นที่ต่าง ๆ จะต้องอาศัยการทำงานที่ซับซ้อนมาก



รูปที่ 2.5 การแสดงภาพแบบเวกเตอร์

2.4.2.2 การแสดงภาพแบบแรสเตอร์

การแสดงภาพแบบแรสเตอร์ หรือการแสดงภาพแบบบิตแมพ (bitmap) ส่วนประกอบต่าง ๆ ของภาพ เช่น เส้น ตัวอักษรและรูปทรงต่าง ๆ จะถูกสร้างขึ้นและเก็บไว้ในหน่วยความจำสำหรับแสดงผลที่เรียกว่า รีเฟรชบัฟเฟอร์ (refresh buffer) ในรูปของข้อมูลบนจุดภาพที่ต่อเนื่องกันทีละเส้น ๆ อย่างเป็นลำดับ จนครบทั้งจอภาพหรือกรอบภาพ (frame) เรียกว่า บิตแมพ จากนั้นชุดข้อมูลภาพจะถูกส่งไปยังหน่วยประมวลผลภาพเพื่อแปลให้เป็นสัญญาณเชิงอนาลอก ซึ่งจะบังคับลำอิเล็กตรอนให้ตกกระทบจอภาพซึ่งฉาบสารเรืองแสง หรือฟอสฟอร์ตามตำแหน่งต่าง ๆ ของจุดภาพ พร้อมทั้งแสดงระดับความเข้มของแสงหรือสีตามค่าของข้อมูลในแต่ละจุดภาพ ซึ่งจะทำให้การระบายสีพื้นให้กับพื้นที่ต่าง ๆ เป็นเรื่องที่ง่ายกว่าการแสดงภาพแบบเวกเตอร์ ดังรูป 2.6

รูปที่ 2.6 การแสดงภาพแบบแรสเตอร์

โปรแกรมสร้างภาพที่พัฒนาขึ้นสำหรับงานวิจัยนี้ใช้การแสดงภาพทั้งสองแบบ โดยการแสดงภาพส่วนของหน้าจอทั้งหมดจะใช้การแสดงภาพแบบเวกเตอร์ ส่วนการแสดงภาพสองมิติของคอนกรีตเสริมเหล็กจะใช้การแสดงแบบแรสเตอร์ เพื่อความสะดวกในการแสดงระดับความเปรียบต่างหรือระดับของสีในแต่ละจุดภาพ

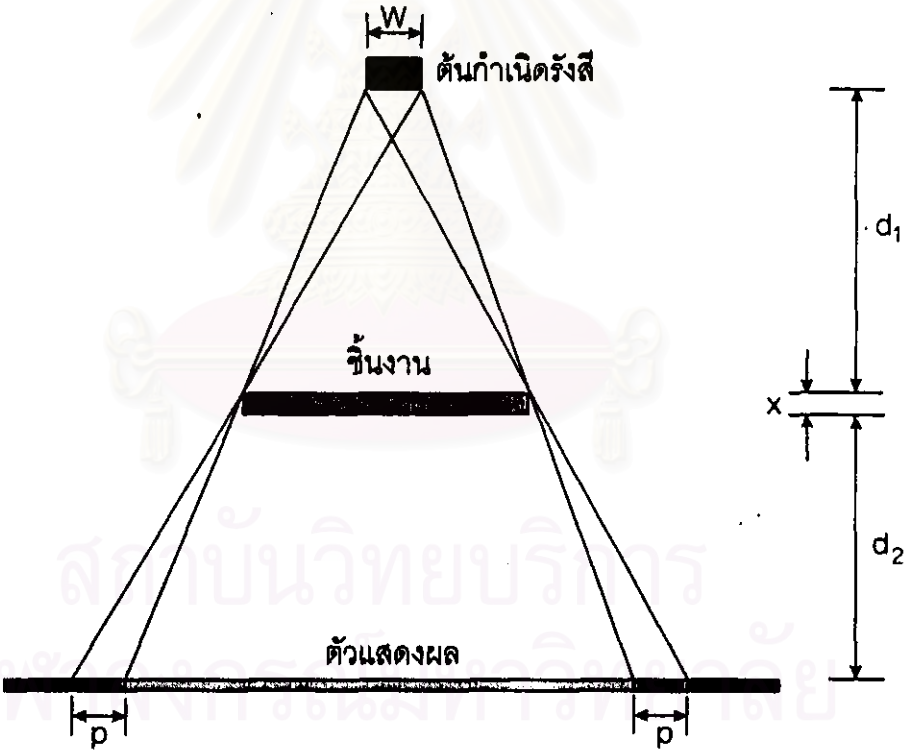
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของภาพถ่ายด้วยรังสี

ในการถ่ายภาพด้วยรังสีมีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเพื่อให้ภาพถ่ายที่ได้ สามารถบ่งบอกรายละเอียดต่าง ๆ ได้ดี หรือมีความไว (sensitivity) ในการถ่ายภาพสูง คือ ความเปรียบต่าง (contrast) และความคมชัด (sharpness)

2.5.1. ปัจจัยทางเรขาคณิต (Geometry factor)

ปัจจัยทางเรขาคณิต หมายถึงการจัดวางต้นกำเนิดรังสี ชิ้นงานและฟิล์ม ซึ่งจะมีผลต่อความคมชัด (sharpness definition) และความบิดเบือน (distortion) ของภาพ



รูปที่ 2.7 แสดงการจัดวางต้นกำเนิดรังสี ชิ้นงานและตัวแสดงผลในการถ่ายภาพ

จากรูปที่ 2.7 ขนาดของขอบภาพที่มัว (p) ซึ่งมีผลต่อความคมชัดหาได้จากสมการที่ 2.9 ตามปกติแล้วตาของมนุษย์ไม่สามารถเห็นขอบภาพที่มัวที่มีขนาดเล็กกว่า 0.25 มิลลิเมตรได้

$$p = W\left[\frac{d_2 + x}{d_1}\right] \qquad \ldots.2.9$$

โดยที่ W แทนขนาดของต้นกำเนิดรังสีแกมมา

x แทนความหนาของชิ้นงาน

d_1 แทนระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับชิ้นงาน

d_2 แทนระยะห่างระหว่างชิ้นงานกับตัวตรวจจับ

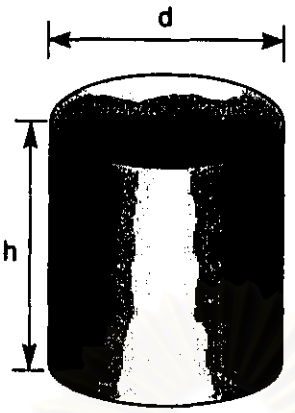
p แทนขนาดของขอบภาพที่มัว

ในการถ่ายภาพด้วยรังสีจะต้องทำการจัดปัจจัยทางเรขาคณิต เพื่อให้ภาพที่ได้มีความคมชัดสูงหรือมีขนาดของขอบภาพที่มัวให้น้อยที่สุด ซึ่งกระทำได้โดยจัดให้ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับชิ้นงานมีค่ามากและจัดให้ระยะห่างระหว่างชิ้นงานกับตัวตรวจจับมีค่าน้อยที่สุด นอกจากนั้นจะต้องวางชิ้นงานให้ตั้งฉากกับต้นกำเนิดรังสีมากที่สุด เพื่อมิให้ภาพถ่ายมีรูปร่างที่บิดเบือนจากรูปร่างจริง

2.5.2. ปัจจัยที่เกิดจากต้นกำเนิดรังสี

ต้นกำเนิดรังสี มีผลต่อคุณภาพของภาพดังต่อไปนี้

ก). ขนาดของต้นกำเนิดรังสีมีผลต่อความคมชัดของภาพ จากหัวข้อ 2.5.1 ซึ่งจะเห็นว่าขนาดของต้นกำเนิดรังสี (W) ถ้ามีค่ามากก็จะทำให้ภาพมีขนาดของขอบที่มัวมากขึ้นด้วย ดังนั้นต้นกำเนิดรังสีที่มีขนาดเล็กจะให้ภาพมีความคมชัดมากกว่า โดยขนาดของต้นกำเนิดรังสีแกมมาแบบไอโซโทป (f) หมายถึงขนาดของเส้นทะแยงมุมของเนื้อสารกัมมันตรังสี ดังแสดงในรูปที่ 2.8



$$f = \sqrt{h^2 + d^2}$$

รูปที่ 2.8 แสดงรูปร่างและการหาขนาดของต้นกำเนิดรังสีแกมมาแบบไอโซโทป

ข). ความแรงของต้นกำเนิดรังสี ต้นกำเนิดรังสีที่มีความแรงรังสีสูงจะช่วยให้ระยะเวลาในการถ่ายภาพลดลง โดยเวลาในการถ่ายภาพจะเป็นสัดส่วนกลับกับความแรงของรังสี แต่ถ้าเลือกใช้ต้นกำเนิดรังสีที่ความแรงสูงกับวัตถุที่บางหรือมีค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนต่ำและใช้เวลาไม่เหมาะสมก็ทำให้ภาพที่ได้ดำเกินไปหรือไม่สามารถแยกแยะรอยบกพร่องได้

ค). พลังงานของรังสีมีผลต่อความเปรียบต่างหรือดอนทราสต์ของภาพ รังสีพลังงานต่ำจะให้ภาพที่มีความเปรียบต่างสูงกว่ารังสีที่มีพลังงานสูง

2.5.3. ปัจจัยที่เกิดจากชิ้นงาน

ตัวชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบมีผลต่อคุณภาพของภาพถ่าย ดังต่อไปนี้

ก). ความหนาของชิ้นงาน เมื่อระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีถึงชิ้นงานและจากชิ้นงานถึงฟิล์มหรือหัววัดรังสีเท่ากัน ชิ้นงานที่มีความหนามากกว่าจะทำให้ขอบภาพที่มัวมีค่ามากขึ้น ซึ่งจะทำให้ความคมชัดของภาพลดลง

ข). ความกว้างของชิ้นงาน ความกว้างของชิ้นงานมีผลต่อความสม่ำเสมอของภาพ ส่วนที่อยู่ตรงกลางหรือใกล้ต้นกำเนิดรังสีมากที่สุดจะมีค่าความดำหรือความเข้มรังสีสูงที่สุด และค่าความดำหรือความเข้มรังสีจะลดน้อยลงเมื่อระยะไกลออกไปตามกฎกำลังสองผกผัน (inverse square law)

ค). ความแตกต่างของความหนาและความหนาแน่น ชิ้นงานที่มีความแตกต่างของปัจจัยดังกล่าวสูงจะทำให้ภาพที่ได้มีความเปรียบต่างสูงตามไปด้วย

ง).ส่วนประกอบธาตุหรือวัสดุที่เป็นส่วนประกอบหรือองค์ประกอบของชิ้นงาน ซึ่งจะทำให้มีการกระเจิงรังสีต่างกัน การกระเจิงของรังสีมีผลต่อทั้งความคมชัดและความเปรียบต่าง

จ). ความซับซ้อนของชิ้นงาน ชิ้นงานที่มีโครงสร้างซับซ้อนมากจะทำให้ภาพที่ได้ไม่สมบูรณ์ ขาดความคมชัด เนื่องจากการบังกันของชิ้นงานและความไม่ต่อเนื่องของชิ้นงาน

2.5.4. ปัจจัยเนื่องจากฟิล์ม

ปัจจัยเนื่องจากฟิล์มมีผลต่อคุณภาพของภาพ ดังต่อไปนี้

ก.) ชนิดของฟิล์ม หรือขนาดของช่องบังคับลำรังสี มีผลอย่างมากต่อคุณภาพของภาพทั้งในด้านความคมชัด ความเปรียบต่าง รวมทั้งระยะเวลาในการถ่ายภาพ ฟิล์มที่มีความไวสูง จะใช้เวลาในการถ่ายภาพน้อยกว่า แต่จะได้ภาพที่มีความคมชัดน้อยกว่าฟิล์มที่มีความเร็วต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากเกรนของฟิล์มหยาบกว่า ดังตารารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ชนิดของฟิล์มที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม

ชนิด	Fuji	Kodak	ความไว	ความคมชัด
I	50	DR	↓	↑ ดีขึ้น
	80	M		
II	100	T		
	150	AA		
III	200	D		
IV	400	RP	เพิ่มขึ้น	

ข.) เกรเดียนของฟิล์ม และกระบวนการล้างฟิล์ม หรือกระบวนการสร้างภาพจากคอมพิวเตอร์มีผลต่อความเปรียบต่างของภาพ

2.6 ปัจจัยในการออกแบบโปรแกรมแสดงภาพสองมิติบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

ในการสร้างภาพสองมิติด้วยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ นอกจากจะต้องพิจารณาจากหลักการถ่ายภาพด้วยรังสีดังที่กล่าวมาแล้ว ยังมีสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาในการออกแบบโปรแกรมเพื่อสร้างภาพอีก 2 อย่างคือความละเอียดของจอแสดงผลและระดับของสี ซึ่งเป็นขีดความสามารถของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ในการแสดงผล อันได้แก่ จอภาพและแผ่นวงจรแสดงผลแบบวีจีเอ

2.6.1 ความละเอียด (Resolution) ของจอภาพ

ภาพจากระบบเชิงตัวเลข เป็นการสร้างภาพบนจุดภาพอย่างต่อเนื่องจากภาพที่ได้ในระบบอนาลอก ดังนั้นความละเอียดของภาพจึงขึ้นกับความละเอียดของจุดภาพที่สุ่มด้วยการแบ่งจุดภาพตามแนวนอนและแนวตั้งของกรอบภาพ ถ้ามีการแบ่งจำนวนจุดภาพละเอียดมาก ภาพที่ได้ก็จะมีความละเอียดของภาพสูง ดังรูปที่ 2.9 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบความละเอียดของภาพโดยการกำหนดจำนวนจุดภาพต่าง ๆ กันที่ระดับสี 256 ระดับ

ก 256 x 256 ข 128 x 128

ค 64 x 64 ง 32 x 32

รูปที่ 2.9 แสดงการเปรียบเทียบความละเอียดของภาพโดยการกำหนดจำนวนจุดภาพต่าง ๆ กันที่ระดับสี 256 ระดับ[3]

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.6.2 ระดับสีของภาพ

ระดับสีของภาพหรือระดับความเปรียบต่างของภาพ ขึ้นอยู่กับระดับความแตกต่างของสัญญาณในแต่ละจุดภาพ ถ้าให้แต่ละจุดภาพมีจำนวนบิตสูงก็จะมีระดับความเปรียบต่างของภาพสูง ดังรูปที่ 2.10 ซึ่งเป็นการแสดงภาพเปรียบเทียบระดับสีระดับต่าง ๆ ที่ความละเอียด 1024 x 1024 ซึ่งจะเห็นว่าเราสามารถแยกความชัดเจนของภาพได้ดีขึ้น ถ้าแต่ละจุดภาพมีจำนวนบิตหรือระดับสีสูงขึ้น

ก 64 ระดับ

ข 32 ระดับ

ค 16 ระดับ

ง 8 ระดับ

จ 4 ระดับ

ฉ 2 ระดับ

รูปที่ 2.10 แสดงการเปรียบเทียบระดับสีที่ระดับต่าง ๆ กันที่ความละเอียด 1024 x 1024[3]