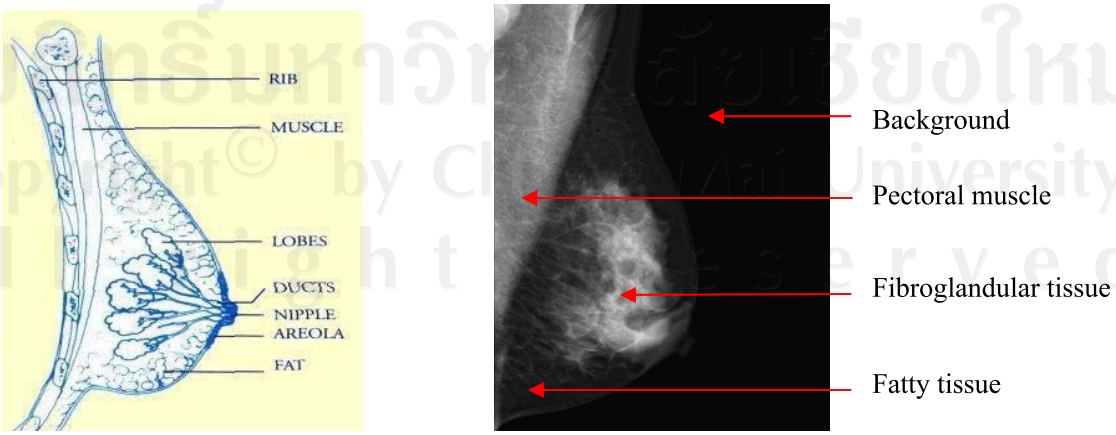
บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหนาแน่นของเต้านม

เต้านมเป็นอวัยวะที่อยู่บริเวณทรวงอกด้านหน้าทั้ง 2 ข้าง มีรูปร่างคล้ายกรวย อยู่ระหว่างซี่โครงที่ 2 ถึง 6 โดยวางอยู่บนกล้ามเนื้อทรวงอก (pectoral muscle) เต้านมของผู้หญิงในแต่ละคนจะมีรูปร่างและขนาดที่แตกต่างกันไป โดยมีลักษณะทางกายวิภาคของเต้านมที่เหมือนกัน คือ ประกอบด้วย ต่อมน้ำนม (mammary gland) ประมาณ 15-20 ต่อม ท่อน้ำนม (mammary duct) และเนื้อเยื่อไขมัน (fatty tissue) ดังแสดงในภาพที่1 โดยส่วนที่เป็นต่อมน้ำนมและท่อน้ำนมจะถูกซ้อนทับไว้ด้วยโครงสร้างที่เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (fibrous connective tissue) ซึ่งเมื่ออยู่รวมกันจะเรียกว่า เนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์ ดังนั้น ในภาพถ่ายรังสีเต้านมจะเห็นเนื้อเยื่อภายในเต้านมประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ เนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์และเนื้อเยื่อไขมัน โดยส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไขมันจะเป็นส่วนที่มีสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีที่น้อยกว่าส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์ ทำให้บริเวณที่เป็นเนื้อเยื่อไขมันจะสัมพันธ์กับบริเวณที่มืดในภาพถ่ายรังสีเต้านมและบริเวณที่สว่างจะสัมพันธ์กับส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์ โดยส่วนของเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์นี้จะเป็นส่วนที่ใช้บอกถึงความหนาแน่นของเต้านม (mammographic density) ถ้ามีส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์มากจะแสดงถึงเต้านมมีความหนาแน่นมาก สามารถแสดงได้ด้วยค่าร้อยละความหนาแน่นของเต้านม (percentage mammographic density) ซึ่งคำนวณได้จากการนำพื้นที่ของส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์หารด้วยพื้นที่ของเนื้อเยื่อภายในเต้านมทั้งหมดคูณด้วยหนึ่งร้อย [15]

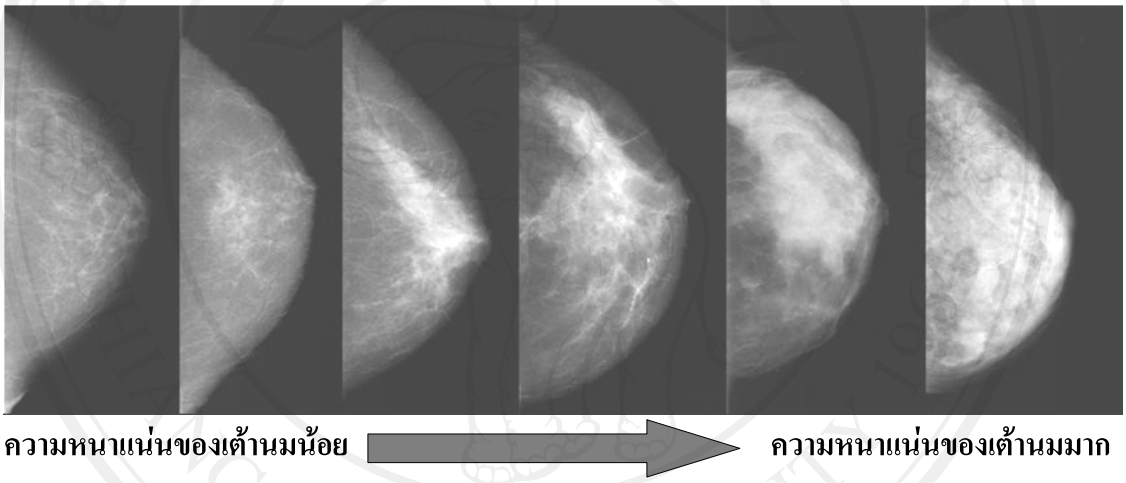


ภาพที่ 1 ภาพกายวิภาคของเต้านม [33] และส่วนประกอบที่ปรากฏบนภาพถ่ายรังสีเต้านม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 การจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านม

การรายงานผลการตรวจเอกซเรย์เต้านมจะแบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆได้แก่ ผลของความผิดปกติที่ตรวจพบจากภาพถ่ายรังสีเต้านมและผลการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านม เนื่องจากความหนาแน่นของเต้านมที่ปรากฏในภาพถ่ายรังสีมีระดับความหนาแน่นที่มากน้อยแตกต่างกันไป แสดงดังภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่าความหนาแน่นของเต้านมมีอยู่หลายระดับ ดังนั้น จึงต้องมีการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมออกเป็นกลุ่ม โดยวิธีการที่ใช้ในการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมนั้นมีหลายวิธี ดังนี้



ภาพที่ 2 แสดงภาพถ่ายรังสีเต้านมที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน จากภาพที่มีความหนาแน่นของเต้านมน้อยไปยังภาพที่มีความหนาแน่นของเต้านมมาก (จากซ้ายไปขวา)

2.2.1 การจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมเชิงคุณภาพโดยรังสีแพทย์

การจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมเชิงคุณภาพโดยรังสีแพทย์ เริ่มจากการศึกษาของ Wolfe และคณะ [7, 34] ได้จำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านม ออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ N1: เนื้อเยื่อเต้านมประกอบด้วยเนื้อเยื่อไขมัน P1: เนื้อเยื่อเต้านมส่วนใหญ่ประกอบด้วยเนื้อเยื่อไขมันและเห็นส่วนที่เป็นท่อน้ำนม P2: เนื้อเยื่อเต้านมประกอบด้วยส่วนที่เป็นท่อน้ำนมเป็นส่วนใหญ่ DY: เนื้อเยื่อเต้านมมีความหนาแน่นมากจนไม่สามารถเห็นส่วนที่เป็นท่อน้ำนม ต่อมา Gram และคณะ [35] ได้ปรับวิธีการของ Wolfe มาใช้ โดยแบ่งเป็น 5 รูปแบบ ตามความสัมพันธ์ของโครงสร้างทางกายวิภาคเต้านมกับส่วนที่ปรากฏในภาพถ่ายรังสีเต้านม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

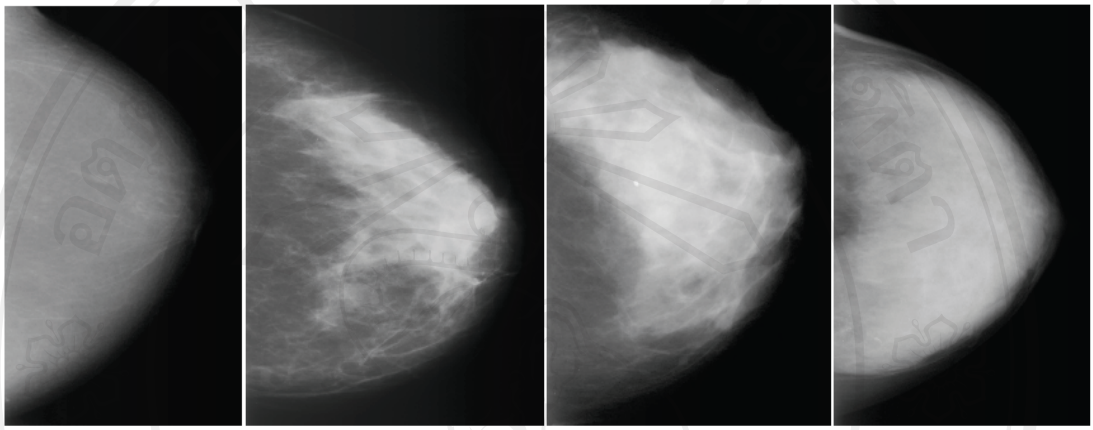
เกณฑ์การจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมเชิงคุณภาพที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ การจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมตามเกณฑ์ของ BI-RADS [4] ซึ่งแบ่งความหนาแน่นของเต้านมออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (BI-RADS I) เนื้อเยื่อเต้านมประกอบด้วยเนื้อเยื่อไขมันเป็นส่วนใหญ่ (almost entirely fat) กลุ่มที่ 2 (BI-RADS II) เนื้อเยื่อเต้านมมีการกระจายของเนื้อเยื่อไขมันมากกว่าส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์ (scattered fibroglandular density) กลุ่มที่ 3 (BI-RADS III) เต้านมมีความหนาแน่นของเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์มากกว่าเนื้อเยื่อไขมัน (heterogeneously dense) และกลุ่มที่ 4 เต้านมมีความหนาแน่นของเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์มากโดยมีเนื้อเยื่อไขมันเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีส่วนเนื้อเยื่อไขมันเลย (extremely dense breast) ทำให้ภาพที่เห็นมีลักษณะขาวทึบเป็นส่วนใหญ่และในเต้านมที่มีความหนาแน่นแบบกลุ่มที่ 4 (BI-RADS IV) จะเป็นกลุ่มที่บดบังความผิดปกติมากที่สุดและเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดโรคมะเร็งเต้านมสูงที่สุด [4-5, 7-12]

2.2.2 การจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมเชิงปริมาณร่วมกับเชิงคุณภาพโดยรังสีแพทย์

เป็นการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมโดยใช้หลักการร่วมกันระหว่างการประเมินเชิงปริมาณกับการจำแนกเชิงคุณภาพ วิธีการนี้รังสีแพทย์จะทำการประมาณค่าความหนาแน่นของเต้านมในเชิงปริมาณก่อน โดยประมาณจากสัดส่วนของพื้นที่ที่เป็นเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์กับพื้นที่ของส่วนเนื้อเยื่อเต้านมทั้งหมด ให้ออกมาเป็นค่าร้อยละความหนาแน่นของเต้านมจากการใช้สายตาของรังสีแพทย์ แล้วนำค่าที่ประมาณได้มาใช้ในการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมออกเป็นกลุ่มตามเกณฑ์ต่างๆต่อไป โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกความหนาแน่นของเต้านมตามหลักการดังกล่าวและเป็นเกณฑ์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ การจำแนกความหนาแน่นของเต้านมตามเกณฑ์ของ BI-RADS ฉบับแก้ไขที่ 4 [5] ที่มีการปรับปรุงโดย American College of Radiology (ACR) เป็นเกณฑ์ที่ใช้เป็นมาตรฐานในการรายงานผลการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมในประเทศสหรัฐอเมริกาและในอีกหลายๆประเทศ โดยแบ่งความหนาแน่นของเต้านมออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 (BI-RADS I) เนื้อเยื่อเต้านมประกอบด้วยเนื้อเยื่อไขมันเป็นส่วนใหญ่ โดยมีส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์อยู่น้อยกว่า 25% ของเนื้อเยื่อเต้านมทั้งหมด กลุ่มที่ 2 (BI-RADS II) เนื้อเยื่อเต้านมมีการกระจายของเนื้อเยื่อไขมันมากกว่าส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์ โดยมีความหนาแน่นประมาณ 25-49% ของเนื้อเยื่อเต้านมทั้งหมด กลุ่มที่ 3 (BI-RADS III) เต้านมมีความหนาแน่นของเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์มากกว่าเนื้อเยื่อไขมัน โดยมีความหนาแน่นประมาณ 50-75% ของเนื้อเยื่อเต้านมทั้งหมด และกลุ่มที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4 (BI-RADS IV) เต้านมมีความหนาแน่นของเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์มากกว่า 75% ของเนื้อเยื่อเต้านมทั้งหมด ตัวอย่างการประมาณค่าร้อยละความหนาแน่นของเต้านมจากภาพถ่ายรังสีเต้านมเพื่อนำไปจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมตามเกณฑ์ของ BI-RADS ฉบับแก้ไขที่ 4 แสดงดังภาพที่ 3



(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมตามเกณฑ์ของ BI-RADS ฉบับแก้ไขที่ 4

(ก) ประมาณค่าความหนาแน่นได้ 0% จำแนกอยู่ในกลุ่ม BI-RADS I

(ข) ประมาณค่าความหนาแน่นได้ 30% จำแนกอยู่ในกลุ่ม BI-RADS II

(ค) ประมาณค่าความหนาแน่นได้ 60% จำแนกอยู่ในกลุ่ม BI-RADS III

(ง) ประมาณค่าความหนาแน่นได้ 90% จำแนกอยู่ในกลุ่ม BI-RADS IV

นอกจากการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมตามเกณฑ์ของ BI-RADS แล้ว ยังมีเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมเชิงปริมาณในรูปแบบอื่นๆ ได้แก่ การจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมตามวิธีการของ Boyd และคณะ [11] ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ตามค่าร้อยละความหนาแน่นของเต้านม ดังนี้ 0% , 1-10%, 11-25%, 26-50%, 51-75% และมากกว่า 75% และการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมตามรูปแบบของ Norwegian Breast Cancer Screening Program [36] แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 เนื้อเยื่อเต้านมมีค่าความหนาแน่นน้อยกว่า 30% ของเนื้อเยื่อเต้านมทั้งหมด กลุ่มที่ 2 เนื้อเยื่อเต้านมมีค่าความหนาแน่น 30-70% ของเนื้อเยื่อเต้านมทั้งหมดและกลุ่มที่ 3 เนื้อเยื่อเต้านมมีค่าความหนาแน่นมากกว่า 70% ของเนื้อเยื่อเต้านมทั้งหมด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

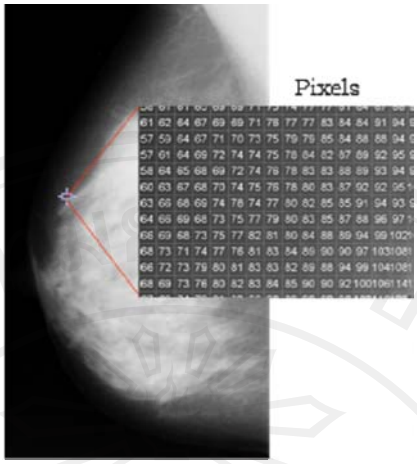
ในการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมโดยรังสีแพทย์นั้น จะอาศัยประสบการณ์และความชำนาญของรังสีแพทย์เป็นหลัก เนื่องจากการจำแนกดังกล่าวเป็นการประเมินจากการใช้สายตา ซึ่งโดยธรรมชาติของการใช้สายตาจะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละคน ทำให้ผลการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมก็จะแตกต่างกันไปในการรายงานของรังสีแพทย์แต่ละคน [14] ดังนั้นจึงได้มีการนำเอาวิธีการทางคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ เพื่อช่วยรังสีแพทย์ในการตัดสินใจในการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านม

2.2.3 การจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมโดยใช้วิธีการทางคอมพิวเตอร์

ในการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมโดยใช้วิธีการทางคอมพิวเตอร์นั้น ภาพที่ใช้จะต้องเป็นภาพแบบดิจิตอลที่สามารถแสดงผลบนจอภาพได้ ในภาพดิจิตอลจะประกอบด้วยตารางสี่เหลี่ยมขนาดเล็กที่เรียกว่า พิกเซล (pixel) หรือจุดภาพ โดยแต่ละจุดภาพจะมีค่าข้อมูลตัวเลขที่เป็นค่าของจุดภาพ (pixel value) ที่แสดงถึงระดับเฉดสีเทา (gray level) ซึ่งเมื่อนำมาเรียงต่อกันจะได้เป็นภาพดิจิตอล [37] ดังนั้นในภาพถ่ายรังสีเต้านมบริเวณภายในส่วนเนื้อเยื่อเต้านมก็จะประกอบไปด้วยจุดภาพของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์และจุดภาพของส่วนเนื้อเยื่อไขมัน โดยภาพถ่ายรังสีเต้านมที่แสดงบนจอภาพนั้นจะมีลักษณะเป็นภาพระดับสีเทา (grayscale image) และค่าของจุดภาพในแต่ละช่องสี่เหลี่ยมจะสัมพันธ์กับระดับเฉดสีเทาที่เกิดขึ้นในภาพ โดยระดับเฉดสีเทาของภาพจะขึ้นอยู่กับจำนวนบิตของภาพ เช่น ภาพที่อยู่ในรูปแบบไฟล์ 1 บิต จะมีระดับเฉดสีเทาทั้งหมด $2^1 = 2$ ระดับ แสดงถึงภาพที่มีเพียงสองระดับหรือเป็นภาพขาว-ดำ ที่มีค่าของจุดภาพเพียง 2 ค่า คือ 0 (สีดำ) กับ 1 (สีขาว) เท่านั้น และถ้าภาพอยู่ในรูปแบบไฟล์ 8 บิต จะมีระดับเฉดสีเทาทั้งหมด $2^8 = 256$ ระดับ นิยมระบุในช่วง 0-255 นั่นคือ ข้อมูลตัวเลขที่เป็นค่าของจุดภาพในแต่ละช่องจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 จนถึง 255 ตามระดับเฉดสีเทาที่ปรากฏบนภาพ แสดงดังภาพที่ 4

วิธีการทางคอมพิวเตอร์ได้นำมาใช้เพื่อช่วยในการประมาณค่าความหนาแน่นของเต้านมให้ออกมาเป็นเชิงปริมาณ เพื่อนำค่าที่ได้ไปจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านม ซึ่งเป็นวิธีการที่สอดคล้องกับการจำแนกประเภทความหนาแน่นตามเกณฑ์ของ BI-RADS ฉบับแก้ไขที่ 4 [5] วิธีการดังกล่าว มีดังนี้

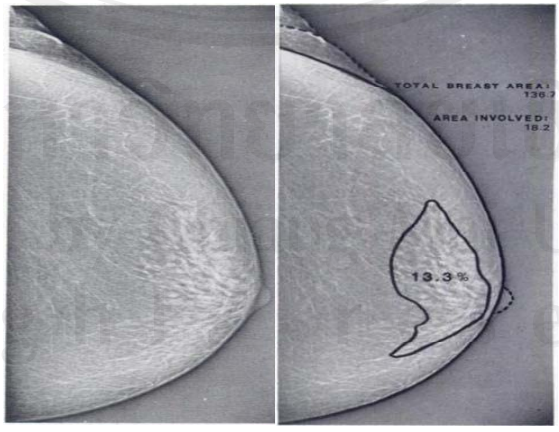
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4 แสดงภาพถ่ายรังสีเต้านมแบบดิจิตอลซึ่งประกอบด้วยข้อมูลตัวเลขที่เป็นค่าของจุดภาพที่นำมาเรียงต่อกันจนได้เป็นภาพ

2.2.3.1 วิธี Planimetry [27] [38]

เป็นการใช้ mouse หรือ trackball ในการลากเส้นล้อมรอบบริเวณส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์และบริเวณเนื้อเยื่อเต้านมทั้งหมด แสดงดังภาพที่ 5 ใช้คอมพิวเตอร์คำนวณหาพื้นที่ที่ล้อมรอบ เพื่อนำค่าที่ได้มาหาเป็นค่าร้อยละความหนาแน่นของเต้านม นำค่าที่ได้มาใช้ในการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านม วิธีการนี้เป็นวิธีที่มีความถูกต้องในการจำแนกสูง แต่เป็นวิธีที่ใช้เวลาในการปฏิบัติค่อนข้างมากทำให้ไม่เป็นที่นิยมใช้



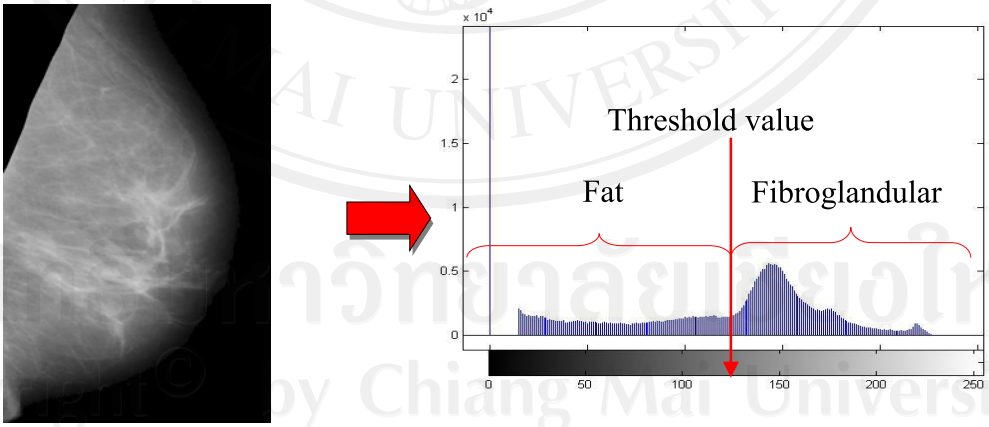
ภาพที่ 5 แสดงวิธี Planimetry โดยการลากเส้นล้อมรอบบริเวณส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์และบริเวณเนื้อเยื่อเต้านมทั้งหมด เพื่อนำมาคำนวณเป็นค่าร้อยละความหนาแน่นของเต้านม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.3.2 วิธีการใช้ค่าขีดแบ่งจุดภาพ

หลักการของการใช้ค่าขีดแบ่งจุดภาพ คือ เป็นค่าที่ใช้ในการแยกส่วนบริเวณที่สนใจออกจากบริเวณโดยรอบ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์บริเวณที่สนใจได้ง่ายขึ้น วิธีการนี้จะเป็นการแปลงภาพระดับสีเทา ที่มีค่าของจุดภาพอยู่ระหว่าง 0-255 ให้เป็นภาพที่มีค่าจุดภาพเพียงสองระดับ (binary image) โดยการนำค่าแต่ละจุดภาพไปเปรียบเทียบกับค่าคงที่ค่าหนึ่งที่เรียกว่า ค่าขีดแบ่งจุดภาพ (threshold value) ซึ่งมีเงื่อนไขว่า ถ้าค่าของจุดภาพใดมีค่าต่ำกว่าหรือเท่ากับค่าขีดแบ่งจุดภาพจะทำให้ค่าของจุดภาพในตำแหน่งนั้นมีค่าเป็น 0 หรือเป็นสีดำ และจุดภาพตำแหน่งใดที่มีค่าสูงกว่าค่าขีดแบ่งจุดภาพจะให้ค่าของจุดภาพนั้นมีค่าเป็น 1 หรือเป็นสีขาว ในการเลือกใช้ค่าขีดแบ่งนั้น ถ้าเลือกค่าที่ไม่เหมาะสมแล้วจะทำให้จำนวนจุดภาพของส่วนที่สนใจหายไปหรือได้ส่วนของจุดภาพที่ไม่ต้องการเพิ่มมากขึ้นได้

ภาพถ่ายรังสีเต้านมเมื่อนำมาทำเป็นฮิสโตแกรมแล้วจะได้เป็นกราฟที่มีการแจกแจงตามค่าของจุดภาพ ดังภาพที่ 6(ข) โดยค่าขีดแบ่งจุดภาพจะเป็นค่าของจุดภาพค่าหนึ่งที่ใช้ในการแยกส่วนจุดภาพของเนื้อเยื่อภายในเต้านมให้ออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มของจุดภาพที่มีค่าต่ำกว่าหรือเท่ากับค่าขีดแบ่งได้แก่ กลุ่มจุดภาพทางด้านซ้ายของกราฟในภาพที่ 6(ข) จะสัมพันธ์กับส่วนที่มีความสว่างน้อย ซึ่งก็คือส่วนของเนื้อเยื่อไขมันและกลุ่มของ



8-bits image

$2^8 = 256$ ระดับเฉดสีเทา

(ก) (ข)

ภาพที่ 6 แสดง (ก) ภาพถ่ายรังสีเต้านมในรูปแบบไฟล์ 8 บิต และ (ข) การใช้ค่าขีดแบ่งจุดภาพเพื่อแบ่งจุดภาพบนฮิสโตแกรมของภาพออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มจุดภาพของส่วนเนื้อเยื่อไขมัน (ด้านซ้ายของกราฟ) และจุดภาพของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์ (ด้านขวาของกราฟ)

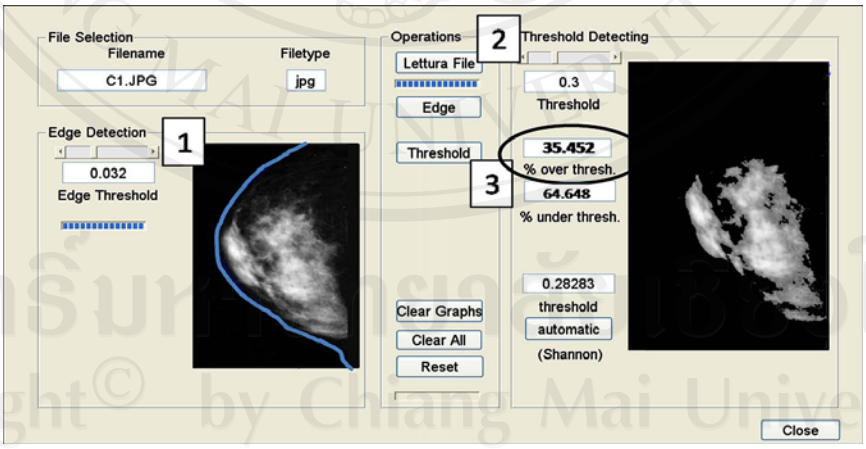
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จุดภาพที่มีค่ามากกว่าค่าขีดแบ่งจุดภาพ ได้แก่ กลุ่มจุดภาพทางด้านขวาของกราฟ ดังภาพที่ 6(ข) จะสัมพันธ์กับส่วนที่มีความสว่างมาก ซึ่งได้แก่ ส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์ในภาพถ่ายรังสีเต้านม

ค่าขีดแบ่งจุดภาพจะมีผลต่อการแยกส่วนจุดภาพของเนื้อเยื่อภายในเต้านม ถ้าเลือกใช้ค่าที่ไม่เหมาะสมแล้วจะทำให้จำนวนจุดภาพของส่วนที่สนใจ ซึ่งได้แก่ ส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์หายไปหรืออาจจะทำให้มีจุดภาพของส่วนของเนื้อเยื่อไขมันเพิ่มเข้ามาได้ วิธีการที่ใช้ในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพ มี 2 วิธี ดังนี้

(1). วิธีการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพแบบกึ่งอัตโนมัติ [13, 16-19]

เป็นวิธีการที่ให้รังสีแพทย์เป็นผู้ตั้งค่าขีดแบ่งจุดภาพ เพื่อใช้ในการระบุพื้นที่ที่มีความหนาแน่นในภาพถ่ายรังสีเต้านม โดยจะทำการปรับค่าจนเห็นว่าจุดภาพที่มีค่าสูงกว่าค่าขีดแบ่งจุดภาพ อยู่ในบริเวณส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์และจุดภาพที่มีค่าต่ำกว่าหรือเท่ากับค่าขีดแบ่งจุดภาพอยู่ในบริเวณส่วนเนื้อเยื่อไขมัน แสดงดังภาพที่ 7 คอมพิวเตอร์จะทำการนับจำนวนจุดภาพของส่วนเนื้อเยื่อภายในเต้านมทั้งหมดและจำนวนจุดภาพของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์ เพื่อคำนวณเป็นค่าร้อยละความหนาแน่นของเต้านมออกมาโดยอัตโนมัติ และนำค่าที่ได้ไปใช้ในการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมตามเกณฑ์ต่างๆต่อไป



ภาพที่ 7 แสดงภาพถ่ายรังสีเต้านมที่ผ่านการปรับตั้งค่าขีดแบ่งจุดภาพ โดย (1) รังสีแพทย์จะตั้งค่าขีดแบ่งจุดภาพเพื่อแยกส่วนเนื้อเยื่อเต้านมออกจากส่วนพื้นภาพ (2) ตั้งค่าขีดแบ่งจุดภาพเพื่อใช้ระบุพื้นที่ของส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์และ (3) ระบบคอมพิวเตอร์จะทำการคำนวณค่าร้อยละความหนาแน่นของเต้านมออกมาโดยอัตโนมัติ จากภาพตัวอย่างนี้มีค่าความหนาแน่นของเต้านมเท่ากับ 35%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการนี้ให้ผลการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมที่มีความสัมพันธ์อย่างมากกับการจำแนกโดยรังสีแพทย์ แต่มีข้อด้อย คือ ผลลัพธ์ที่ได้จะขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้ปรับตั้งค่าขีดแบ่งจุดภาพ ซึ่งจะต้องใช้ผู้ที่ผ่านการฝึกอบรมหรือใช้ผู้ที่มีประสบการณ์และความชำนาญ เนื่องจากค่าขีดแบ่งจุดภาพจะมีผลต่อค่าร้อยละความหนาแน่นของเต้านมที่จะนำไปใช้ในการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านม

(2). วิธีการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพแบบอัตโนมัติ [19]

เป็นวิธีการที่ใช้หลักการวิเคราะห์ฮิสโตแกรมของภาพถ่ายรังสีเต้านม ในการหาค่าขีดแบ่งจุดภาพแบบอัตโนมัติ เพื่อนำค่าขีดแบ่งจุดภาพไปใช้แยกส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์ออกจากส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไขมัน นำส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์ไปประมาณเป็นค่าร้อยละความหนาแน่นของเต้านม เพื่อนำค่าที่ได้ไปใช้ในการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านม การกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพจะขึ้นอยู่กับลักษณะและรูปร่างของฮิสโตแกรมของภาพถ่ายรังสีเต้านม ซึ่งมีลักษณะดังนี้

ถ้าฮิสโตแกรมของภาพมีรูปร่างที่มียอดเดียว (single peak) จะใช้หลักการ Maximum entropy ที่ทำการศึกษาโดย Wong [39] มาใช้ในการหาค่าขีดแบ่งจุดภาพ แสดงดังสมการที่ (1) และ (2)

$$F(t) = \sum_{i=0}^{L-1} f(i) \tag{1}$$

เมื่อ $f(i)$ คือ ฮิสโตแกรมของภาพที่ต้องการแยกส่วน โดย i คือ ค่าของจุดภาพ มีค่าตั้งแต่ 0, 1, 2,..., L-1 และ L เป็นค่าสูงสุดของระดับความเข้มของจุดภาพ โดย t คือ ค่าขีดแบ่งจุดภาพ และ $F(t)$ คือ ค่าฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสม (cumulative distribution function; cdf) ของจุดภาพที่มีค่าต่ำกว่าหรือเท่ากับค่า t ดังนั้น ส่วนที่อยู่นอกเหนือจากส่วนดังกล่าวที่มีค่าของจุดภาพสูงกว่าค่า t ก็สามารถหาได้จาก 1- $F(t)$ จากการศึกษาของ Wong พบว่า ค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสม คือ ค่าที่จะทำให้ผลการแยกส่วนระหว่างสองบริเวณมีจำนวนจุดภาพที่เท่าๆกัน แสดงได้ดังสมการที่ (2) เมื่อ $H(F(t))$ เป็นค่าเอนโทรปีของ $F(t)$

$$H(F(t)) = -F(t)\log_2(F(t)) - (1-F(t))\log_2(1-F(t)) \tag{2}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสม คือ ค่าที่ทำให้ค่า *F(t)* มีค่าเท่ากับ 0.5 ซึ่งวิธีการนี้จะใช้ได้ผลที่ดีในภาพทั่วๆไป ที่ไม่รู้อะไรเกี่ยวกับภาพเลย

ในกรณีที่ฮิสโตแกรมของภาพแสดงรูปร่างที่มียอดมากกว่าหนึ่งยอด (multimodal) จะใช้วิธีการวิเคราะห์แยกส่วนภาพ (discriminate analysis method) ที่ศึกษาโดย Otsu [40] มาใช้ในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพแบบอัตโนมัติ วิธีการวิเคราะห์แยกส่วนภาพโดย Otsu นั้น จะอนุมานว่าระดับความเข้มของภาพสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มได้ เมื่อใช้ค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสม ซึ่งวิธีการนี้จะใช้ได้ผลที่ดีเมื่อฮิสโตแกรมของภาพมีรูปร่างเป็นแบบสองยอด (bimodal) โดยทั้งสองยอดนั้นจะแสดงถึงส่วนที่เป็นวัตถุกับส่วนที่เป็นพื้นภาพและค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสม ก็คือ ค่าที่อยู่ระหว่างยอดทั้งสองยอดในฮิสโตแกรม

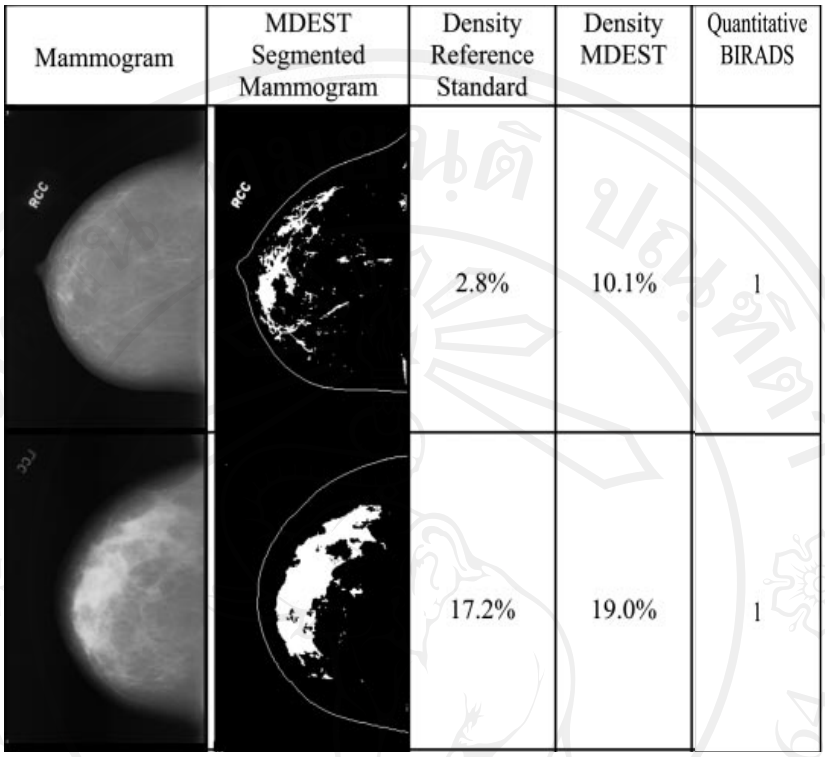
ผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ค่าขีดแบ่งจุดภาพที่หาได้จากทั้งสองกรณีนี้ จะได้ภาพที่มีค่าจุดภาพเพียงสองระดับ โดยการใช้เงื่อนไขที่ว่า ถ้าค่าของจุดภาพตำแหน่งใดมีค่าต่ำกว่าหรือเท่ากับค่าขีดแบ่งจุดภาพจะให้ค่าในตำแหน่งนั้นมีค่าเป็น 0 (จุดภาพสีดำ) ซึ่งจุดภาพเหล่านี้จะสัมพันธ์กับส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไขมันและส่วนที่เป็นพื้นภาพ และถ้าจุดภาพตำแหน่งใดมีค่าสูงกว่าค่าขีดแบ่งจุดภาพแล้วจะให้ค่าจุดภาพในตำแหน่งนั้นมีค่าเป็น 1 (จุดภาพสีขาว) ซึ่งได้แก่ ส่วนที่มีความหนาแน่นหรือส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์ แสดงได้ดังสมการที่ (3)

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & if \quad f(x,y) > T \\ 0 & if \quad f(x,y) \le T \end{cases} \tag{3}$$

เมื่อ *g(x,y)* คือ ภาพที่มีค่าจุดภาพเพียงสองระดับ *f(x,y)* คือ ภาพถ่ายรังสีเต้านม และ *T* คือ ค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้จากวิธี Maximum entropy หรือวิธีการของ Otsu

เมื่อทำการแยกส่วนแล้วจะได้ส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์ซึ่งเป็นส่วนที่เป็นสีขาว ดังแสดงในภาพที่ 8(ข) ทำการคำนวณหาจำนวนจุดภาพของส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์และนำมาคำนวณเป็นค่าร้อยละความหนาแน่นของเต้านม ดังภาพที่ 8(ง) นำค่าที่ได้มาจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมตามเกณฑ์ของ BI-RADS ได้ดังภาพที่ 8(จ) เปรียบเทียบผลการจำแนกที่ได้กับผลความหนาแน่นของเต้านมที่ใช้เป็นมาตรฐานจากการรายงานผลของรังสีแพทย์ (reference standard)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 8 แสดงตัวอย่างวิธีการประมาณค่าความหนาแน่นของเต้านมโดยใช้โปรแกรม MDEST (ก) ภาพถ่ายรังสีเต้านมในแนวบนลงล่าง (ข) ภาพที่ได้จากการใช้ค่าขีดแบ่งจุดภาพในการแยกส่วนเนื้อเยื่อภายในเต้านมโดยแสดงจุดภาพของส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์ (ค) ค่าร้อยละความหนาแน่นของเต้านมจากการประมาณค่าโดยรังสีแพทย์ ซึ่งใช้เป็นค่าอ้างอิงมาตรฐาน (ง) ค่าร้อยละความหนาแน่นของเต้านมจากการใช้โปรแกรม MDEST และ (จ) ผลการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมตามเกณฑ์ของ BI-RADS

ในการศึกษานี้ได้ใช้วิธีการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพแบบอัตโนมัติ โดยจะทำการศึกษาร่วมกับการใช้พื้นผิวเชิงสถิติของภาพถ่ายรังสีเต้านม โดยจะทำการคัดเลือกชนิดที่มีความจำเพาะต่อเนื้อเยื่อภายในเต้านมมาใช้ในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพ เพื่อนำมาใช้ในการแยกส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์ออกจากเนื้อเยื่อไขมัน แล้วนำจุดภาพของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์ไปคำนวณเป็นค่าร้อยละความหนาแน่นของเต้านม จากนั้นนำค่าดังกล่าวไปจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมตามเกณฑ์ของ BI-RADS ฉบับแก้ไขที่ 4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 พื้นผิวของภาพ (Texture)

พื้นผิวของภาพใช้ในการบอกถึงคุณลักษณะของภาพ โดยสามารถแสดงด้วยลักษณะพื้นผิวภายนอก (surface) หรือโครงสร้างของวัตถุ ซึ่งมีทั้งลักษณะที่ราบเรียบ (smooth) ขรุขระ (rough) หยาบ (coarse) หรือมีความสม่ำเสมอ (uniformity) โดยลักษณะต่างๆดังกล่าวนั้นสามารถที่จะปรากฏร่วมกันได้ เช่น ในภาพอาจมีทั้งบริเวณที่เรียบและบริเวณที่หยาบอยู่ในภาพเดียวกันได้ จะเห็นได้ว่าพื้นผิวของภาพสามารถแสดงออกมาในลักษณะที่มีความหลากหลายและมีรูปแบบที่ไม่แน่นอนตายตัว ทั้งนี้พื้นผิวของภาพเป็นส่วนที่สามารถรับรู้ได้ด้วยสายตา ซึ่งยากที่จะให้คำจำกัดความที่แน่นอนได้

ในการระบุค่าของพื้นผิวภาพ สามารถแสดงให้เห็นได้ว่าลักษณะของพื้นผิวภาพที่แตกต่างกันจะมีค่าของพื้นผิวที่แตกต่างกันด้วย โดยวิธีการหาค่าพื้นผิวของภาพมีอยู่หลายวิธี ที่มีพื้นฐานมาจากการใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์และสถิติ ซึ่งเป็นที่นิยมนำมาใช้ในการประมวลผลภาพ (Image processing) สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธี ได้แก่

1. วิธีเชิงสถิติ (statistical approach) เป็นวิธีที่ใช้ในการแยกพื้นผิวของภาพที่มีลักษณะที่แตกต่างกันให้ออกจากกัน เช่น พื้นผิวของภาพมีความเรียบ (smooth) หยาบ (coarse) หรือมีลักษณะเป็นเม็ดๆหยาบๆ (grainy) เป็นต้น
2. วิธีวิเคราะห์จากโครงสร้าง (structural approach) จะใช้ในการศึกษาแยกส่วนพื้นผิวของภาพที่มีรูปแบบที่ซับซ้อนมากๆ
3. วิธีการศึกษาจากลักษณะของช่วงคลื่น (spectral approach) จะอาศัยคุณสมบัติของ Fourier spectrum เพื่อพิจารณาลักษณะของช่วงคลื่นที่ปรากฏ จากพื้นผิวของภาพในภาพที่ต่างกันจะมีการสะท้อนแสงที่แตกต่างกัน ทำให้ลักษณะของช่วงคลื่นที่ปรากฏแตกต่างกันด้วย

ปัจจุบันได้มีการนำพื้นผิวของภาพมาใช้ในการแสดงถึงลักษณะเฉพาะของส่วนต่างๆในภาพ โดยเฉพาะการนำเอาพื้นผิวของภาพเข้ามาใช้ในการแยกส่วนบริเวณที่แตกต่างกันในภาพ (segmentation) โดยบริเวณที่มีพื้นผิวของภาพที่คล้ายคลึงกันหรือเหมือนกันจะถูกแยกให้อยู่ในกลุ่มบริเวณเดียวกัน ได้มีงานวิจัย [22-26] ที่นำเอาพื้นผิวของภาพมาใช้ในจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านม โดยมีความถูกต้องในการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมถึง 65-91%

ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าพื้นผิวของภาพสามารถนำมาใช้ในการแยกส่วนเนื้อเยื่อภายในเต้านมได้ โดยให้ผลการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมที่แตกต่างกันไปในแต่ละวิธี โดยวิธีที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็นที่นิยมและให้ผลในการจำแนกที่มีความถูกต้องสูง ได้แก่ การใช้พื้นผิวเชิงสถิติของภาพ (statistical approach texture) ในการแยกส่วนเนื้อเยื่อภายในเต้านม ซึ่งเป็นวิธีการพื้นฐานที่มีความถูกต้องมากถึง 80% [26] และให้ผลการจำแนกที่ถูกต้องถึง 91% ในเต้านมที่ประกอบไปด้วยไขมันเป็นส่วนใหญ่ (BI-RADS I) และมีความถูกต้อง 78% ในเต้านมที่มีความหนาแน่นมาก (BI-RADS IV) [25] ดังนั้น การศึกษาวิจัยนี้จึงได้เสนอถึงวิธีการในการคัดเลือกและการนำพื้นผิวเชิงสถิติของภาพถ่ายรังสีเต้านมมาใช้ในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสมเพื่อใช้แยกส่วนไฟโบรแกลนดูลาร์ออกจากส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไขมัน โดยพื้นผิวเชิงสถิติที่ใช้ในการศึกษานี้ได้ใช้พื้นผิวเชิงสถิติจากการศึกษาของ Sheshadri และ Kandaswamy [26] จำนวน 6 ชนิด ได้แก่ ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเรียบ ค่าความเบ้ ค่าความสม่ำเสมอและค่าเอนโทรปี แสดงได้ดังนี้

1. ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ (Mean) เป็นการหาค่าเฉลี่ยค่าความเข้มของจุดภาพในภาพ หาได้จากสมการที่ (4) ในภาพถ่ายรังสีเต้านมส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์จะมีค่าของจุดภาพที่สูงกว่าค่าของจุดภาพในส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไขมัน ดังนั้น ในภาพถ่ายรังสีเต้านมที่มีความหนาแน่นมาก (extremely dense breast) ซึ่งประกอบด้วยจุดภาพของส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์เป็นส่วนใหญ่ จะเป็นภาพที่มีค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพที่สูงกว่าภาพถ่ายรังสีเต้านมที่มีความหนาแน่นน้อยซึ่งประกอบด้วยจุดภาพของส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไขมันเป็นส่วนใหญ่ (almost entirely fat)

เมื่อ z เป็นตัวแปรสุ่ม (random variable) ซึ่งก็คือ จุดภาพในตำแหน่งต่างๆในภาพถ่ายรังสีเต้านมและ $p(z_i)$ เป็นความน่าจะเป็นที่จะพบจุดภาพที่มีค่า z_iใดๆ สามารถคำนวณได้จากฮิสโตแกรมของภาพ โดย i คือ ค่าความเข้มของจุดภาพ มีค่าตั้งแต่ 0, 1, 2,…, L-1 เมื่อ L คือค่าสูงสุดของระดับความเข้มของภาพ

$$\text{Mean} = \sum_{i=0}^{L-1} z_i p(z_i) \tag{4}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เป็นการหาค่าเฉลี่ยความเปรียบต่าง (contrast) ของภาพ [26] หาได้จากสมการที่ (5) เมื่อ m คือ ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ และ σ^2 คือ ค่าความแปรปรวนของจุดภาพ (variance)

$$\text{Standard deviation} = \sqrt{\sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^2 p(z_i)} = \sqrt{\sigma^2} \tag{5}$$

3. ค่าความเรียบ (Smoothness) หาได้จากสมการที่ (6) เป็นการหาความสัมพันธ์ของค่าความเข้มของจุดภาพภายในพื้นที่นั้นๆ เช่น ค่าความเรียบจะมีค่าเป็น 0 ในพื้นที่ที่จุดภาพมีค่าของจุดภาพเท่ากันหมดทั้งพื้นที่ โดยจะมีค่าความแปรปรวนของจุดภาพเป็น 0 และภาพจะมีค่าความเรียบเป็น 1 ในภาพที่มีค่าความแปรปรวนของจุดภาพสูง เนื่องจากค่าความแปรปรวนจะมีแนวโน้มที่สูงขึ้น ในภาพที่มีช่วงของค่าของจุดภาพที่มากขึ้น

$$\text{Smoothness} = 1 - 1/\left(1+\sigma^2\right) \tag{6}$$

4. ค่าความเบ้ (Skewness) เป็นการหาค่าเฉลี่ยลักษณะการเบ้ของฮิสโตแกรม โดยทั่วไปจะแสดงถึงระดับความสมมาตรของฮิสโตแกรม ถ้าฮิสโตแกรมมีความสมมาตรระหว่างซ้าย-ขวา ค่าเฉลี่ยลักษณะการเบ้จะเท่ากับ 0 แต่ถ้าฮิสโตแกรมมีลักษณะการเบ้ไปทางซ้าย นั่นคือ ภาพมีแนวโน้มไปทางด้านมืด ค่าเฉลี่ยลักษณะการเบ้จะมีค่าเป็นค่าลบ หรือถ้าฮิสโตแกรมมีลักษณะการเบ้ไปทางขวา แสดงถึงภาพมีแนวโน้มไปทางด้านสว่าง ค่าเฉลี่ยลักษณะการเบ้จะมีค่าเป็นค่าบวก ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ (7)

$$\text{Skewness} = \sum_{i=0}^{L-1} \left(z_i - m\right)^3 p\left(z_i\right) \tag{7}$$

5. ค่าความสม่ำเสมอ (Uniformity) หรือความเป็นเนื้อเดียวกัน จุดภาพที่มีลักษณะที่สอดคล้องกันจะมีรูปแบบที่เหมือนกันหรือคล้ายกัน โดยในภาพที่มีความเรียบมาก (smooth) ก็จะมีค่าความสม่ำเสมอมากด้วยเช่นกันและในภาพที่มีลักษณะหยาบไม่เป็นเนื้อเดียวกันจะมีค่าความสม่ำเสมอที่น้อย โดยค่าความสม่ำเสมอนั้นสามารถหาได้จากสมการที่ (8)

$$\text{Uniformity} = \sum_{i=0}^{L-1} p^2\left(z_i\right) \tag{8}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6. ค่าเอนโทรปี (Entropy) ใช้ในการหาระดับความไม่มีแบบแผน (randomness) หรือความไม่เป็นระเบียบของจุดภาพ โดยถ้าค่าเอนโทรปีมีค่าสูง แสดงถึงจุดภาพไม่มีแบบแผนที่แน่นอน คือมีความเป็นอิสระจากปัจจัยต่างๆ เช่น ไม่ขึ้นกับค่าของจุดภาพ ไม่ขึ้นกับตำแหน่ง หรือไม่ขึ้นกับจุดภาพที่อยู่รอบข้าง เป็นต้น ค่าเอนโทรปีหาได้จากสมการที่ (9)

$$\text{Entropy} = -\sum_{i=0}^{L-1} p(z_i)\log_2 p(z_i) \tag{9}$$

2.4 การใช้พื้นผิวของภาพในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพ

การกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพจากการใช้พื้นผิวของภาพนั้นได้มีการศึกษาของ Levine และ Nazif [41] ได้แสดงถึงวิธีการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพจากการใช้ฟังก์ชันการหาค่าพื้นผิวภาพชนิดค่าความสม่ำเสมอของภาพ (Uniformity; U_t) เพื่อนำค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้ไปใช้ในการแยกส่วนภาพ โดยวิธีดังกล่าวแสดงได้ดังนี้

ในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพหรือค่า t สามารถหาได้จากฟังก์ชันการหาค่าความสม่ำเสมอของภาพ แสดงดังสมการที่ (10)

$$U_t(t) = 1 - \left(\sigma_1^2 + \sigma_2^2\right) \tag{10}$$

เมื่อ t คือ ค่าขีดแบ่งจุดภาพ σ_1^2 คือ ค่าความแปรปรวนของจุดภาพที่มีค่าต่ำกว่าหรือเท่ากับค่าขีดแบ่งจุดภาพ และ σ_2^2 คือ ค่าความแปรปรวนของจุดภาพที่มีค่าสูงกว่าค่าขีดแบ่งจุดภาพ

จากสมการ (10) ค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสมในการแยกส่วนภาพ ได้แก่ ค่าที่ทำให้จุดภาพที่มีลักษณะที่คล้ายกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันมากที่สุด ซึ่งก็คือ ค่าที่ทำให้ผลรวมของค่าความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2 มีค่าน้อยที่สุด หมายความว่ามีจุดภาพของทั้งสองกลุ่มที่ปะปนกันน้อยที่สุดหรือแทบจะไม่มีส่วนที่ปะปนกันเลย ซึ่งก็คือ ค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ทำให้ค่าความสม่ำเสมอของภาพมีค่ามากที่สุด

2.5 การใช้พื้นผิวของภาพ 2 ชนิดร่วมกันในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพ

นอกจากการใช้พื้นผิวภาพชนิดที่เป็นค่าความสม่ำเสมอมาใช้ในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพแล้ว ในการศึกษาของ Levine และ Nazif [41] ยังได้เสนอวิธีการใช้พื้นผิวภาพ 2 ชนิด ได้แก่ การหาค่าความสม่ำเสมอและการหารูปร่างของวัตถุที่ปรากฏในภาพ มาใช้ในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการแยกส่วนภาพ โดยรูปร่างของวัตถุที่ปรากฏในภาพ สามารถหาได้จากการหาขอบภาพ (edge) โดยทั่วไปแล้วการหาขอบภาพจะหาได้จากความแตกต่างของจุดภาพที่อยู่ติดกันทั้งในแนวตั้ง (G_x) และในแนวนอน (G_y) ซึ่งก็คือ ค่า Gradient; ∇f แสดงดังสมการที่ (11)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \tag{11}$$

เมื่อ $\frac{\partial f}{\partial x}$ และ $\frac{\partial f}{\partial y}$ คือ ผลต่างของจุดภาพที่อยู่ในตำแหน่งที่ติดกันในแนวตั้งและแนวนอนตามลำดับ

ค่ารูปร่างของวัตถุที่ปรากฏในภาพ (Shape; *S*) เป็นฟังก์ชันของค่า Gradient ซึ่งพบว่าค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสมในการแยกส่วนภาพ คือ ค่าที่ทำให้ค่ารูปร่างของวัตถุที่ปรากฏในภาพมีค่ามากที่สุด ซึ่งค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้นี้อาจไม่เท่ากับค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ทำให้ค่าความสม่ำเสมอมีค่ามากที่สุด

ดังนั้นการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสมในการศึกษานี้ได้ใช้วิธีการพิจารณาค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ทำให้ค่าความสม่ำเสมอ (t_1) และให้ค่ารูปร่างของวัตถุที่ปรากฏในภาพ (t_2) มีค่ามากที่สุด แสดงดังสมการที่ (12) และ (13) ตามลำดับ โดยนำมาพิจารณาร่วมกับค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ทำให้ค่าเอนโทรปีของภาพมีค่ามากที่สุด (t^*) แสดงดังสมการที่ (14) เมื่อ Z_L^+ คือ ค่าความเข้มของจุดภาพ มีค่าตั้งแต่ 0, 1, 2,…, *L*-1 และ *L* คือ ค่าสูงสุดของระดับความเข้มของภาพ โดย *F(t)* คือ ค่าฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสม โดยค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ทำให้ค่าเอนโทรปีของภาพมีค่ามากที่สุด ได้แก่ ตำแหน่งที่มีค่าฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสมมีค่าเท่ากับ 0.5

$$t_1 = \arg\max_{t \in Z_L^+} U(t) \tag{12}$$

$$t_2 = \arg\max_{t \in Z_L^+} S(t) \tag{13}$$

$$t^* = \arg\max_{t \in Z_L^+} H(F(t)) \tag{14}$$

วิธีการพิจารณาค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสม (t) ว่าจะเป็นค่าใดนั้น สามารถทำได้โดยการนำค่าขีดแบ่งจุดภาพ t_1 และ t_2 มาหาค่า *F(t)* หรือค่าฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสม ซึ่งจะได้เป็นค่า $F(t_1)$, $F(t_2)$ และค่า *F(t*)* ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.5 นำค่า *F(t)* ที่ได้ทั้ง 3 ค่านี้มาเข้าเงื่อนไขเพื่อหาค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสม (t) โดยแบ่งเป็น 4 กรณี ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$t = \begin{cases} \max(t_1, t_2), & \text{ถ้า } F(t_1), F(t_2) \in [0,0.5] \\ \min(t_1, t_2), & \text{ถ้า } F(t_1), F(t_2) \in [0.5,1] \\ t^*, & \text{ถ้า } F(t_1) \in [0,0.5], F(t_2) \in [0.5,1] \\ t^*, & \text{ถ้า } F(t_2) \in [0,0.5], F(t_1) \in [0.5,1] \end{cases}$$

นั่นคือ

กรณีที่ 1 ถ้าค่า $F(t_1)$ และ $F(t_2)$ เป็นสมาชิกของค่าที่อยู่ระหว่าง 0-0.5 แล้ว ค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสม (t) จะเท่ากับค่าขีดแบ่งจุดภาพ t_1หรือ t_2 ที่มีค่ามากที่สุด

กรณีที่ 2 ถ้าค่า $F(t_1)$ และ $F(t_2)$ เป็นสมาชิกของค่าที่อยู่ระหว่าง 0.5-1 แล้ว ค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสม (t) จะเท่ากับค่าขีดแบ่งจุดภาพ t_1หรือ t_2 ที่มีค่าน้อยที่สุด

กรณีที่ 3 ถ้าค่า $F(t_1)$ เป็นสมาชิกของค่าที่อยู่ระหว่าง 0-0.5 และ $F(t_2)$ เป็นสมาชิกของค่าที่อยู่ระหว่าง 0.5-1 แล้ว ค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสม (t) จะเท่ากับค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้จากค่าเอนโทรปีของภาพ (t^*)

และกรณีที่ 4 ถ้าค่า $F(t_2)$ เป็นสมาชิกของค่าที่อยู่ระหว่าง 0-0.5 และ $F(t_1)$ เป็นสมาชิกของค่าที่อยู่ระหว่าง 0.5-1 แล้ว ค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสม (t) จะเท่ากับค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้จากค่าเอนโทรปีของภาพ (t^*)

การศึกษานี้จึงมีแนวคิดที่จะนำวิธีการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพ ที่ได้จากการศึกษาของ Levine และ Nazif [41] ซึ่งทำการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพทั้งวิธีการที่ใช้พื้นผิวของภาพแบบชนิดเดียวและวิธีการใช้พื้นผิวของภาพแบบ 2 ชนิดร่วมกัน เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการนำพื้นผิวเชิงสถิติของภาพที่คัดเลือกได้มาใช้ในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved