



การเปรียบเทียบคุณลักษณะเชิงเส้นที่ปรากฏบน ภาพรังสีเต้านมบริเวณเนื้อเยื่อเต้านม ปกติกับบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการบิดรูปโดยวิธี Linear Structure Identification (LSI)

Comparing the linear structure features of normal breast and architectural distortion tissue based on Linear Structure Identification (LSI)

■ กิ่งกานต์ อภิวัฒน์สุขเมธ¹ หัสฤกษ์ เนียมอินทร์¹
Kingkarn Aphiwatthanasumet¹ Hudsaleark Neamin¹
¹ภาควิชารังสีเทคนิค คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
¹Department of Radiologic Technology,
Faculty of Associated Medical Science, Chiang Mai University

Abstract

Architectural distortion (AD) indicates the occurrence of early breast cancer. In mammographic image, the line correspond to the linear structure of normal breast tissue differ from the distorted tissue. For this reason, this feature may benefit for seeking the abnormality. In a previous study, we found the computerized Linear Structure Identification method (LSI) has been successfully detected the linear structure in mammographic image. The purpose of this study is to compare the linear structure feature of normal breast and AD tissue based on linear structure identification (LSI). The method includes developing computer code based on the LSI, testing the robustness of the computer code on the simulation images, detecting linear structures and statistical analysis. The areas for examination consist of AD, fibroglandular and fatty tissue. The linear structure features extracted from the LSI are minimum standard deviation, variation of standard deviation and distribution of angle of minimum standard deviation. The results show that the set of pixels belonging to linear structures are more in AD than fibroglandular and fatty tissue. The mean of minimum standard deviation of AD, fibroglandular and fatty tissue are 0.4507, 0.4327 and 0.2583, respectively. Comparing results between AD and fibroglandular tissue show no significant difference between two areas ($p = 0.219$) but the comparative results between AD and fatty tissue show significant difference ($p < 0.0001$). The mean of variances are 0.2973, 0.2535 and 0.1216. Comparing results between AD and fibroglandular tissue show significant difference ($p = 0.022$) similarly to the comparative results between AD and fatty tissue ($p < 0.0001$). The distribution of angle with minimum standard deviation of all three areas show significant difference ($df = 18, p < 0.05$). In conclusion, LSI is successful in detecting linear structure in AD tissue. The linear structure features from the LSI are difference between AD and normal breast tissue. In the comparison between AD and fibroglandular tissue, linear structure features show no difference in the mean of minimum standard deviation but difference in the mean of variance and distribution of angle with minimum standard deviation. Likewise, linear structure features between AD and fatty tissue are difference all three values.

Keywords: Linear structure feature, linear structure, normal breast tissue, AD tissue, mammographic image

บทคัดย่อ

การหารูปของเนื้อเยื่อเต้านมเป็นความผิดปกติที่สามารถใช้บอกถึงการเกิดมะเร็งเต้านมระยะเริ่มต้นได้ ความผิดปกตินี้จะทำให้มีลักษณะโครงสร้างเชิงเส้นที่แตกต่างไปจากบริเวณเนื้อเยื่อปกติ มีการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ภาพรังสีเต้านมด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้วิธี Linear Structure Identification หรือ LSI แล้วประสบความสำเร็จในการตรวจหาโครงสร้างเชิงเส้นที่ปรากฏบนภาพรังสีเต้านม ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะใช้วิธีนี้หาความแตกต่างระหว่างบริเวณเนื้อเยื่อเต้านมปกติกับบริเวณที่มีการผิดปกติ วัตถุประสงค์ของการศึกษาคือครั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะเชิงเส้นที่ปรากฏบนภาพรังสีเต้านม บริเวณเนื้อเยื่อปกติกับบริเวณที่มีการผิดปกติโดยใช้วิธี LSI โดยพัฒนาชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์สำหรับตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นตามวิธี LSI ทดสอบความถูกต้องของชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์บนภาพจำลองของเส้นตรงที่มีขนาดต่างๆ นำชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์ไปใช้ตรวจหาจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบนภาพรังสีเต้านมที่มีการผิดปกติจำนวน 50 ภาพ กำหนดพื้นที่สำหรับตรวจทั้งหมด 3 บริเวณได้แก่ บริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติ บริเวณเนื้อเยื่อต่อมน้ำนมและบริเวณเนื้อเยื่อไขมัน นำคุณลักษณะเชิงเส้นที่พบ ได้แก่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด ค่าความแปรปรวนของค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานและค่าการกระจายของมุมที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบ T-test และไคสแควร์ ผลการทดลองพบว่ากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นที่ได้จากวิธี LSI มีอยู่เป็นจำนวนมากในบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติ รองลงมาเป็นบริเวณเนื้อเยื่อต่อมน้ำนมและบริเวณเนื้อเยื่อไขมัน เมื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะเชิงเส้นพบว่า ค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.4507, 0.4327 และ 0.2583 ตามลำดับ บริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติกับบริเวณเนื้อเยื่อต่อมน้ำนมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.219$) ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติกับบริเวณเนื้อเยื่อไขมันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.0001$) สำหรับค่าเฉลี่ยของค่าความแปรปรวนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.2973, 0.2535 และ 0.1216 โดยบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติกับบริเวณเนื้อเยื่อต่อมน้ำนมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.022$) เช่นเดียวกับบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติกับบริเวณเนื้อเยื่อไขมัน ($p < 0.0001$) สำหรับค่าการกระจายของมุมที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดพบว่าทั้ง 3 บริเวณมีสัดส่วนของค่าการกระจายของมุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($df = 18, p < 0.05$) สรุปได้ว่า LSI สามารถตรวจหาจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติได้ และคุณลักษณะเชิงเส้นที่ได้จากวิธี LSI บริเวณเนื้อเยื่อเต้านมปกติกับบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติมีความแตกต่างกัน โดยคุณลักษณะเชิงเส้นบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติกับบริเวณเนื้อเยื่อต่อมน้ำนมมีค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดไม่แตกต่างกัน ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าความแปรปรวนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานกับค่าการกระจายของมุมที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดแตกต่างกัน แต่สำหรับคุณลักษณะเชิงเส้นบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติกับบริเวณเนื้อเยื่อไขมันพบว่ามีค่าแตกต่างกันทั้งสามค่า

คำรหัส : คุณลักษณะเชิงเส้น โครงสร้างเชิงเส้น เนื้อเยื่อเต้านมปกติ เนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติ ภาพรังสีเต้านม

บทนำ

โครงสร้างเชิงเส้น (Linear structure) ที่ปรากฏอยู่บนภาพรังสีเต้านมเกิดจากโครงสร้างของอวัยวะที่อยู่ภายในเต้านมที่มีลักษณะเป็นเชิงเส้นได้แก่ หลอดเลือด (Blood vessel) ท่อน้ำนม (Milk duct) เนื้อเยื่อไขมัน (Parenchymal tissue) เอ็นยึดพุงต่อมน้ำนม (Cooper's ligament) และขอบของกล้ามเนื้อทรวงอก (Edge of pectoral muscle) เมื่อดูจากภาพรังสีเต้านมพบว่าโครงสร้างเชิงเส้นเหล่านี้จะมองเห็นเป็นสีขาว ส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไขมันหรืออากาศจะมองเห็นเป็นสีดำไปจนถึงสีดำแสดงดังรูปที่ 1 สำหรับเต้านมที่มีความผิดปกติในลักษณะที่สงสัยว่าน่าจะเป็นมะเร็งนั้นจะส่งผลต่อโครงสร้างเชิงเส้นที่ปรากฏอยู่บนภาพรังสีเต้านมให้มีการแสดงออกในลักษณะที่แตกต่างออกไปเช่นมองเห็นเป็นเส้นเขียวแหลมคล้ายเข็ม (Spicule หรือ spiculate)

หรือเป็นแฉกคล้ายรูปดาว (Stellate) ซึ่งลักษณะนี้เองจะสอดคล้องกับความผิดปกติที่เรียกว่า การผิดปกติของเนื้อเยื่อเต้านม (Architectural distortion) โดย Breast Imaging Reporting And Database System หรือ BIRADS¹ ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่า “เป็นความผิดปกติที่เกิดจากการผิดปกติของเนื้อเยื่อเต้านมโดยที่ยังไม่ปรากฏให้เห็นเป็นก้อนเนื้อ อาจพบเส้นที่มีการกระจายออกมาเป็นแฉกจากจุดที่ถูกดึงรั้งหรือมีการหดตัวของเนื้อเยื่อเต้านม” ดังนั้นหากลักษณะเช่นนี้ปรากฏบนภาพรังสีเต้านมก็จะเป็นสิ่งสำคัญที่บ่งบอกถึงการผิดปกติของเนื้อเยื่อเต้านมซึ่งอาจเป็นสาเหตุเริ่มต้นของการเกิดโรคมะเร็งได้

มีกลุ่มนักวิจัยที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับวิธีตรวจหาการผิดปกติของเนื้อเยื่อเต้านมด้วยคอมพิวเตอร์และนำเสนอผลการ



รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างเชิงเส้นของอวัยวะที่อยู่ภายในเต้านมที่ปรากฏอยู่บนภาพรังสีเต้านม ประกอบด้วย
(ก) Blood vessel (ข) Milk duct (ค) Mammary gland
(ง) Fatty tissue (จ) Pectoral muscle

ศึกษาที่แสดงถึงความไวและความจำเพาะได้แก่ Kegelmeyer และคณะ² ใช้วิธี Local edge orientation histogram ร่วมกับวิธี Laws texture feature ตรวจหารอยโรคที่มีโครงสร้างเป็นรูปดาวหรือรูปแฉกบนภาพรังสีเต้านม พบว่ามีความไวและความจำเพาะเท่ากับ 100% และ 82% ตามลำดับ Karssemeijer และ Brake³ ใช้วิธี Radial patterns of straight lines ตรวจหารอยโรคที่เป็นรูปดาวหรือรูปแฉกบนภาพรังสีเต้านมเช่นกัน พบว่ามีความไวถึง 90% Sampat และคณะ⁴ ใช้วิธี Radon transform และวิธี Radial spiculation filters มาตรวจหาเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติและตรวจหารอยโรคที่เป็นแบบ spiculate พบว่าวิธีนี้มีความไวในการตรวจหาเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติ 80% และมีความไวในการตรวจหารอยโรคที่เป็นแบบ spiculate สูงถึง 91% Mat-subara และคณะ^{5,6} ใช้ mathematical morphology มาตรวจหาการผิดปกติของเนื้อเยื่อเต้านม บริเวณรอบๆ skin line และบริเวณที่เป็นต่อมน้ำนม พบว่ามีความไวเท่ากับ 94% และ 84% ตามลำดับ ต่อมานักวิจัยกลุ่มนี้ได้ต่อยอดแนวความคิดดังกล่าวโดยพัฒนาวิธีการตรวจหาการผิดปกติแบบอัตโนมัติขึ้น และพบว่าวิธีการตรวจหาการผิดปกติแบบอัตโนมัติมีความไวในการตรวจถึง 80%

จะเห็นได้ว่าการศึกษเกี่ยวกับวิธีการตรวจหาการผิดปกติของเนื้อเยื่อเต้านมจากภาพรังสีเต้านมที่ผ่านมาได้รับความสนใจจากนักวิจัยต่างๆ ทั่วโลก แม้ว่าจะมีกลุ่มผู้ที่สนใจอยู่จำนวนไม่มาก แต่ก็มีความสำคัญเพราะมีงานวิจัยที่สนับสนุนว่าการผิดปกติของเนื้อเยื่อเต้านมเป็นสัญญาณเริ่มต้นที่บ่งบอกถึงมะเร็งเต้านม^{7,8} ซึ่งการตรวจพบมะเร็งเต้านมตั้งแต่เนิ่นๆ จะมีโอกาสรักษาให้หายขาดได้สูงถึง 90-95% และมีอัตราการตายลดลง 30-70%⁹ นอกจากนี้การผิดปกติของเนื้อเยื่อเต้านมยังพบ

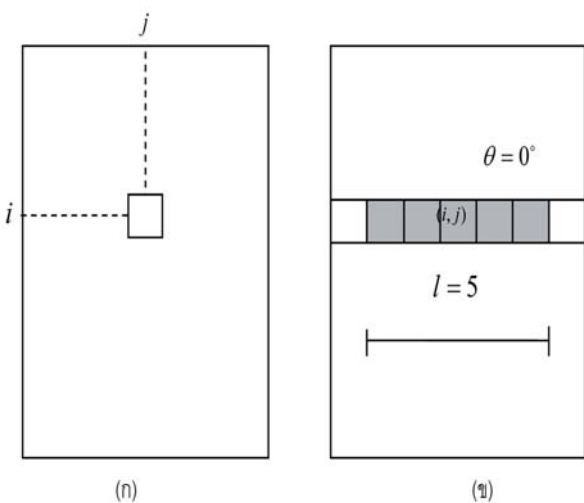
อีกกว่าเป็นสิ่งที่มักจะซ่อนเร้นหรือแอบแฝงอยู่ภายในเนื้อเยื่อเต้านมปกติทำให้ตรวจไม่พบจากการถ่ายภาพรังสีเต้านม Bird และคณะ¹⁰ ได้ศึกษาถึงความไวในการตรวจคัดกรองผู้ป่วยจากการถ่ายภาพรังสีเต้านม พบว่าการถ่ายภาพรังสีเต้านมมีความไวในการตรวจหามะเร็งเต้านม 85-90% ส่วนที่ตรวจไม่พบ 10-15% เกิดจากการอ่านแปลผลผิดพลาด 52% และการตรวจไม่พบ 43% ในส่วนที่ตรวจไม่พบประมาณ 12-45% เป็นการผิดปกติของเนื้อเยื่อเต้านม

งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างเชิงเส้นที่ปรากฏอยู่บนภาพรังสีเต้านมเช่น Marti และคณะ¹¹ ได้ติดตามการแสดงออกของโครงสร้างเชิงเส้นบนภาพรังสีเต้านมพบว่าสามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างเชิงเส้นในบริเวณที่มีความผิดปกติได้ตั้งแต่เนิ่นๆ Zwiggelaar และคณะ¹² ใช้การแสดงออกของโครงสร้างเชิงเส้นบนภาพรังสีเต้านมมาประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งเต้านม และพบว่าลักษณะการกระจายตัว (หรือความหนาแน่น) ของโครงสร้างเชิงเส้นมีความสัมพันธ์กับโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง สำหรับวิธีการตรวจหาโครงสร้างเชิงเส้นที่ปรากฏอยู่บนภาพรังสีเต้านมด้วยคอมพิวเตอร์มีอยู่หลายวิธี เช่น Line operator, Orientated Bins, Gaussian derivatives, Ridge detector, Steerable filters และ Gabor filter เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีอีกวิธีคือ Linear Structure Identification หรือ LSI เสนอโดย Liu และคณะ^{13,14} ซึ่งเป็นวิธีที่เน้นตำแหน่งรอยโรคหรือบริเวณที่มีความผิดปกติบนภาพรังสีเต้านมให้มองเห็นชัดเจนยิ่งขึ้น จากการตรวจหาและดึงเอาโครงสร้างเชิงเส้นของเนื้อเยื่อปกติออกจากภาพ ซึ่งบริเวณที่มีความผิดปกติภายในเต้านมปรากฏออกมาชัดเจนยิ่งขึ้น ต่อมา Wu และคณะ¹⁵ นำเอา LSI ไปใช้ตรวจหากลุ่มของหินปูนที่ปรากฏอยู่บนภาพรังสีเต้านม และพัฒนาคุณลักษณะเชิงเส้นใหม่ 6 ชนิด ทำให้การจำแนกกลุ่มที่สงสัยว่าเป็นกลุ่มของหินปูนเพิ่มขึ้นจากเดิม 3% (86% เป็น 89%)

วิธี LSI จะตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบนภาพรังสีเต้านม โดยกลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นจะต้องมีค่าของจุดภาพที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งคุณสมบัตินี้แสดงออกด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation หรือ $\sigma(\theta, l)$) ซึ่งมีขั้นตอนในการหา ดังนี้ กำหนดให้ (i, j) เป็นตำแหน่งจุดภาพใดๆ ที่อยู่ในแถวแนวนอน i และแถวแนวตั้ง j มี $f(i, j)$ เป็นค่าของจุดภาพที่ตำแหน่ง (i, j) และ $L(\theta, l)$ เป็นกลุ่มของจุดภาพที่วางตัวติดกันอยู่ในทิศทำมุมกับ θ แนวระนาบซึ่งมีความยาวเท่ากับ l แสดงดังรูปที่ 2 การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานกลุ่มของจุดภาพนี้ จะแสดงดังสมการที่ 1 และ 2 เมื่อกำหนดให้ $N_{L(\theta, l)}$ เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดที่อยู่ใน $L(\theta, l)$ และเป็น (m, n) ตำแหน่งของจุดภาพใดๆ ที่เป็นสมาชิกของ $L(\theta, l)$ โดยมี $f(m, n)$ เป็นค่าของจุดภาพ และ $\bar{f}_{L(\theta, l)}$ เป็นค่าจุดภาพเฉลี่ยของ $L(\theta, l)$

เมื่อได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มของจุดภาพแล้ว ต่อมาจะหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในมุมมองต่างๆ ตั้งแต่ เมื่อได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละมุมมองออกมาแล้ว จะทำการเลือกค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีค่าน้อยที่สุด เพื่อใช้เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของจุดภาพที่ตำแหน่ง (i,j) จากนั้นนำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละมุมมองไปคำนวณหาค่าความแปรปรวน ตามสมการที่ 3 และ 4 เพื่อนำไปใช้คัดเลือกกลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบนภาพรังสีเต้านม โดยกลุ่มของจุดภาพใดๆ ก็ตาม มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อย และมีค่าความแปรปรวนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มุมมองต่างๆ มาก มีความเป็นไปได้ว่ากลุ่มของจุดภาพเหล่านั้นจะเป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้น

จะเห็นได้ว่าวิธี LSI มีศักยภาพที่จะนำมาใช้ตรวจหาโครงสร้างเชิงเส้นที่ปรากฏอยู่บนภาพและอาจนำมาพัฒนาเพื่อใช้ตรวจหาการผิดปกติของเนื้อเยื่อเต้านมได้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วภาพรังสีเต้านมที่ถูกวินิจฉัยว่าเป็นปกติจะมีลักษณะการกระจายตัวของโครงสร้างเชิงเส้นบริเวณต่อมน้ำนมอยู่ในทิศทางเดียวกัน คือ มุ่งตรงไปยังหัวนม (Nipple) แต่ภาพรังสีเต้านมที่ถูกวินิจฉัย ว่าผิดปกติจะมีลักษณะการกระจายตัวของโครงสร้างเชิงเส้นบริเวณต่อมน้ำนมอยู่ในทิศทางอื่นๆ โดยมุ่งเข้าหาเนื้อเยื่อที่ผิดปกติเช่น เนื้อเยื่อที่ถูกดัดรั้ง เนื้อเยื่อที่มีการหดตัวหรือเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติ⁶ เห็นได้ว่าถ้านำเอาวิธี LSI มาใช้เปรียบเทียบคุณลักษณะเชิงเส้นที่ปรากฏบนภาพรังสีเต้านมบริเวณเนื้อเยื่อปกติและบริเวณที่มีการผิดปกติน่าจะจะสามารถแสดงความแตกต่างของคุณลักษณะเชิงเส้นได้ และอาจนำคุณลักษณะเหล่านี้ไปใช้ในการคัดแยกประเภทความผิดปกติของเต้านม ตลอดจนการพัฒนาวิธีการตรวจหาการผิดปกติให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น



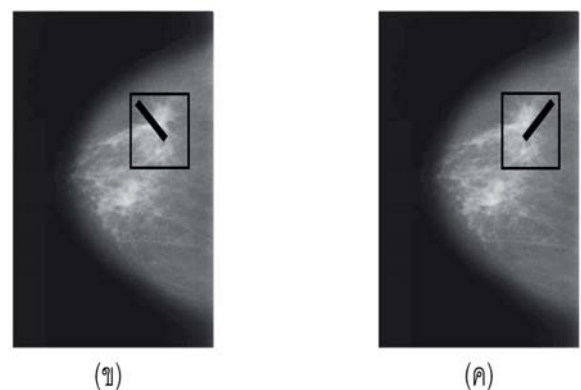
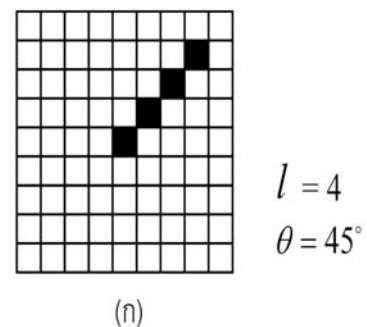
รูปที่ 2 (ก) ตำแหน่งจุดภาพใดๆ ที่อยู่ในแถวแนวนอน และแถวแนวตั้ง (ข) กลุ่มของจุดภาพที่วางตัวติดกันอยู่ในทิศทำมุมกับแนวระนาบ โดยมีความยาว = 5

วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะเชิงเส้นที่ปรากฏบนภาพรังสีเต้านมบริเวณเนื้อเยื่อเต้านมปกติกับบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติโดยวิธี Linear Structure Identification (LSI)

วัสดุอุปกรณ์

1. ภาพรังสีเต้านมที่มาจากฐานข้อมูลภาพรังสีเต้านมแบบดิจิทัล (Digital Database of Screening Mammography: DDSM)¹⁶ ให้รายละเอียดของภาพสูง มีมาตรฐาน มีการระบุตำแหน่งและขอบเขตของเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติ (Ground truth) อย่างชัดเจนโดยรังสีแพทย์ที่มีความเชี่ยวชาญ โดยจะสุ่มเลือกภาพรังสีเต้านมแบบดิจิทัลในท่าตรง (Cranio-caudal view หรือ CC) และภาพรังสีเต้านมในท่าแนวทแยงจากด้านข้าง (Mediolateral oblique view หรือ MLO) ที่มีผลการตรวจ ว่ามีการผิดปกติของเนื้อเต้านมจำนวน 50 ภาพ
2. เครื่องคอมพิวเตอร์
3. โปรแกรม MATLAB version 7.0
4. โปรแกรม SPSS 16.0 for Windows



รูปที่ 3 (ก) mask ฟังก์ชันสองมิติ $M(\theta, l)$ สำหรับตรวจหาจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้น กำหนดค่าความยาว $l=4$ สำหรับ ตรวจหาจุดภาพที่มีความยาวตั้งแต่ 1 จุดภาพจนถึง 3 จุดภาพและ วางตัวอยู่ที่มุม 45° (ข) การใช้ mask หาค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานของกลุ่มจุดภาพที่วางตัวอยู่ในตำแหน่ง $M(\theta, l)$ บนภาพรังสี เต้านม (ค) แสดงการหมุน mask เพื่อคำนวณหาค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานของกลุ่มจุดภาพในมุมมองอื่นๆ

วิธีการทดลอง

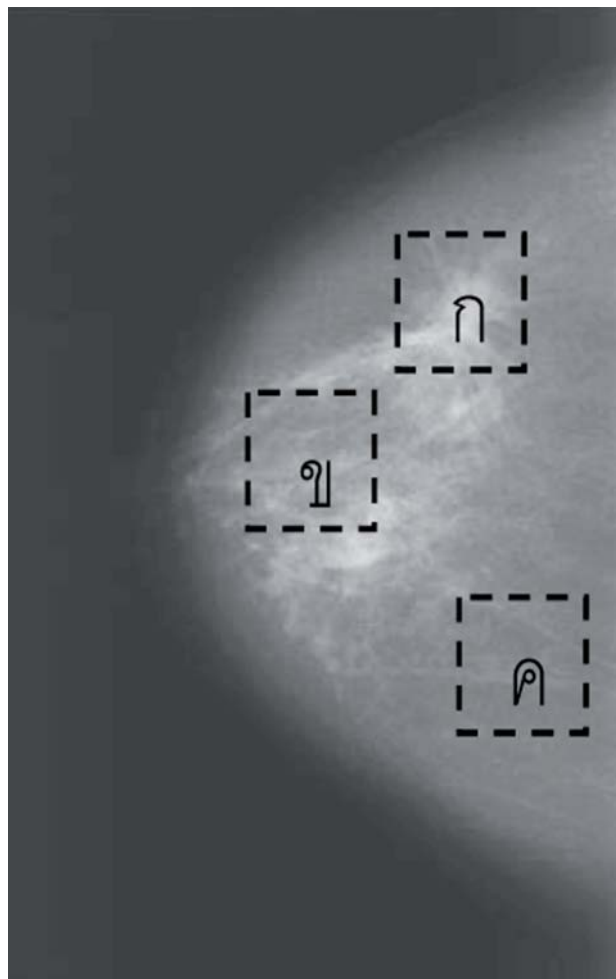
การเตรียมภาพเบื้องต้น

ภาพรังสีเต้านมแบบดิจิตอลที่จะนำไปใช้ตรวจหาโครงสร้างเชิงเส้นด้วยวิธี LSI จะต้องผ่านขั้นตอนการประมวลผลภาพเบื้องต้น (Pre-processing) ซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ การลดขนาดภาพและการกรองภาพเนื่องจากภาพรังสีเต้านมที่มาจากฐานข้อมูลภาพรังสีเต้านมแบบดิจิตอล DDSM มีขนาดใหญ่ ใช้เวลาในการประมวลผลนานและใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลอย่างมาก ดังนั้นลดขนาดรูปภาพที่จะนำมาทดลองให้เหลือ 4 เท่า จากนั้นกรองภาพด้วย Smoothing filter ขนาด 3×3 เพื่อกรองสิ่งรบกวน ลดความแตกต่างของจุดภาพและทำให้เห็นโครงสร้างเชิงเส้นบนภาพชัดเจนขึ้น

การตรวจหาโครงสร้างเชิงเส้นบนภาพรังสีเต้านม

เขียนชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม MATLAB version 7.0 สำหรับการตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้น เริ่มจากการสร้าง mask ฟังก์ชันสองมิติ $M(\theta, l)$ แสดงดัง รูปที่ 3(ก) โดย mask ที่สร้างขึ้นสามารถกำหนดค่าความยาว l สำหรับตรวจหาจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นที่มีความยาวตั้งแต่ 1 จุดภาพจนถึง $l-1$ จุดภาพและวางตัวอยู่ ระหว่างมุม 0 องศาไปจนถึง 180 องศาต่อมาจะนำ mask ไปวางลงบนจุดภาพใดๆ ที่ตำแหน่งบนภาพรังสีเต้านม จุดภาพใดก็ตามที่วางตัวอยู่ในตำแหน่ง $M(\theta, l)$ แสดงดังรูป 3 (ข) กลุ่มของจุดภาพเหล่านั้นจะถูกนำไปคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นจะหมุน mask เพื่อคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มจุดภาพเหล่านั้นในมุมต่างๆ ตั้งแต่ 0 องศาไปจนถึง 180 องศา แสดงดังรูป 3 (ค) เมื่อได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละมุมออกมาแล้ว เลือกค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีค่าน้อยที่สุด เพื่อใช้เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับกลุ่มของจุดภาพ พร้อมกับบันทึกค่ามุมที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดเอาไว้เพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์หาค่าการกระจายของมุมในแต่ละบริเวณ จากนั้นนำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานดังกล่าวไปคำนวณหาค่าความแปรปรวน เพื่อที่จะนำไปใช้คัดเลือกกลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบนภาพรังสีเต้านม โดยกลุ่มของจุดภาพใดๆ ก็ตามที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยและมีค่าความแปรปรวนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมาก มีความเป็นไปได้ว่ากลุ่มของจุดภาพนั้นจะเป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้น

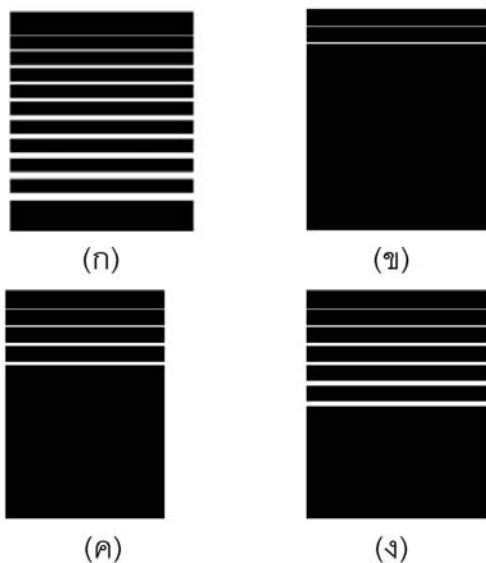
การหาความแตกต่างของคุณลักษณะเชิงเส้น (Linear structure features) ระหว่างเนื้อเยื่อปกติกับเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติ จะกำหนดพื้นที่ (Region of interest หรือ ROI) สำหรับตรวจหาจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นทั้งหมด 3 บริเวณได้แก่ บริเวณที่มีการผิดปกติของเนื้อเยื่อเต้านมตามที่รังสีแพทย์ได้ระบุไว้ในภาพ (Ground truth) และบริเวณ



รูปที่ 4 การกำหนด ROI บริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติ

- (ก) บริเวณของเนื้อเยื่อไขมัน
- (ข) บริเวณของเนื้อเยื่อต่อมน้ำนม
- (ค) บริเวณของเนื้อเยื่อไขมัน

เนื้อเยื่อปกติ 2 บริเวณคือ บริเวณของเนื้อเยื่อไขมัน (Fatty tissue) และบริเวณของเนื้อเยื่อต่อมน้ำนม (Fibrous tissue) ซึ่ง ROI ที่กำหนดขึ้นในแต่ละบริเวณจะมีขนาดพื้นที่ที่เท่ากัน แสดงดังรูป ที่ 4 จากนั้นใช้ชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นตรวจหาจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้น พร้อมทั้งหาคุณลักษณะเชิงเส้น (Linear structure features) ได้แก่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด ค่าความแปรปรวนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าการกระจายของมุมที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด ซึ่งค่าเหล่านี้จะถูกนำไปวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS 16.0 เพื่อหาความแตกต่างระหว่างบริเวณเนื้อเยื่อปกติกับบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติ โดยทำฮิสโตแกรมคุณลักษณะการกระจายของคุณลักษณะเชิงเส้น หาค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดและหาค่าเฉลี่ยของค่าความแปรปรวนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อหาความแตกต่างด้วยสถิติทดสอบ T-test และหาค่าสัดส่วนของค่าการกระจายของมุมที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดในแต่ละบริเวณด้วยสถิติทดสอบไคสแควร์



- รูปที่ 5 (ก) ภาพจำลองของเส้นตรงที่มีขนาดต่างๆ กันคือ มีขนาดเส้นตั้งแต่ 1 ถึง 10 จุดภาพจากบนลงล่าง
- (ข) ผลที่ได้จากการตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นที่มีความยาว 1 และ 2 จุดภาพ เมื่อกำหนดค่า $l=3$
- (ค) ผลที่ได้จากการตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นที่มีความยาวตั้งแต่ 1 จนถึง 4 จุดภาพ เมื่อกำหนดค่า $l=5$
- (ง) ผลที่ได้จากการตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นที่มีความยาวตั้งแต่ 1 จนถึง 6 จุดภาพ เมื่อกำหนดค่า $l=7$

ผลการทดลอง

การทดลองตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบนภาพจำลองของเส้นตรงที่มีขนาดต่างๆ กัน ด้วยชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น พบว่า สามารถตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นที่มีความยาวตั้งแต่ 1 จุดภาพไปจนถึง $l-1$ จุดภาพ แสดงดังรูปที่ 5 นอกจากนี้ยังมีการทดสอบขีดความสามารถของชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์เพิ่มเติม โดยทดลองตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบนภาพจำลองที่มีค่าความเข้มของเส้นตรงกับค่าความเข้มของ Background ต่างกัน โดยค่าความเข้มเหล่านี้เป็นค่าที่พบอยู่จริงบนภาพรังสีเต้านมในบริเวณที่เป็นเนื้อเยื่อต่อมน้ำนมกับบริเวณที่เป็นเนื้อเยื่อไขมัน ซึ่งค่าความเข้มของเส้นตรงบนภาพจำลองได้มาจากค่าเฉลี่ยของค่าจุดภาพบริเวณที่เป็นเนื้อเยื่อต่อมน้ำนมและมาจากการคำนวณที่ $-1SD$ (น้อยกว่าค่าเฉลี่ยของค่าจุดภาพบริเวณที่เป็นเนื้อเยื่อต่อมน้ำนม 34%) และ $-2SD$ (น้อยกว่าค่าเฉลี่ยของค่าจุดภาพบริเวณที่เป็นเนื้อเยื่อต่อมน้ำนม 48%) สำหรับค่าความเข้มของ Background บนภาพจำลองได้มาจากค่าเฉลี่ยของค่าจุดภาพบริเวณที่เป็นเนื้อเยื่อต่อมน้ำนมและมาจากการคำนวณที่ $+1SD$ (มากกว่าค่าเฉลี่ยของค่าจุดภาพบริเวณที่เป็นเนื้อเยื่อไขมัน 34%) และ $+2SD$ (มากกว่าค่าเฉลี่ยของค่าจุดภาพบริเวณที่เป็นเนื้อเยื่อไขมัน 48%) ซึ่งพบว่าชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์สามารถตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นที่มีค่าความเข้มแตกต่างกันได้ แสดงดังรูปที่ 6

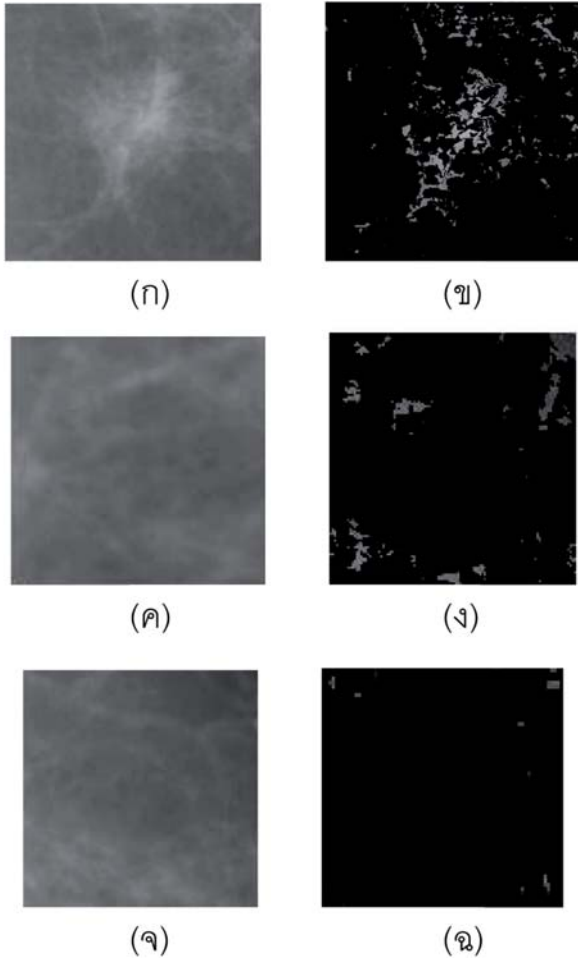
การใช้ชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบนภาพรังสีเต้านมบริเวณต่างๆ ได้แก่ บริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติบริเวณเนื้อเยื่อไขมัน และบริเวณเนื้อเยื่อต่อมน้ำนม โดยกำหนดค่า $l=11$ กำหนดค่ามุม θ ตั้งแต่ 0 องศาไปจนถึง 180 องศา กำหนดเกณฑ์สำหรับคัดเลือกกลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้น คือ กลุ่มของจุดภาพที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 0.8 และมีค่าความแปรปรวนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่า 0.4 พบว่า ชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์สามารถตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบนภาพรังสีเต้านมทั้ง 50 ภาพได้ เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะเห็นกลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของ



รูปที่ 6 ผลที่ได้จากการตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบนภาพจำลองที่มีค่าความเข้มของเส้นตรงกับค่าความเข้มของ Background แตกต่างกัน

โครงสร้างเชิงเส้นมีอยู่เป็นจำนวนมากบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติรวมทั้งสิ้น 36 ภาพ และภาพที่เหลืออีก 14 ภาพจะเห็นกลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นอยู่เป็นจำนวนมากบริเวณเนื้อเยื่อต่อมน้ำนม แต่ในบริเวณเนื้อเยื่อไขมันจะเห็นกลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นอยู่น้อยมาก แสดงดังรูป 7 สำหรับการกระจายของคุณลักษณะเชิงได้แก่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด ค่าความแปรปรวนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าการกระจายของมุมที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดในแต่ละบริเวณ แสดงดังรูปที่ 8

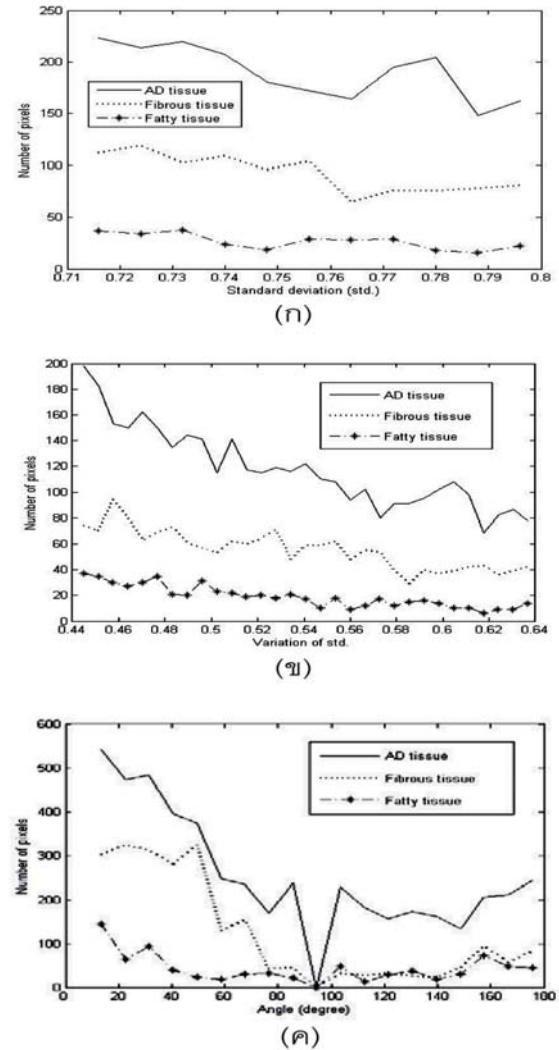
กลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติมีค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดเท่ากับ 0.4507 บริเวณเนื้อเยื่อต่อมน้ำนมมีค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน น้อยที่สุดเท่ากับ 0.4327 บริเวณเนื้อเยื่อไขมันมีค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดเท่ากับ 0.2583 เมื่อทดสอบหาความแตกต่างด้วยสถิติ T-test พบว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติกับ



รูปที่ 7 (ก) ภาพรังสีเต้านมบริเวณที่มีการบิดรูป
(ข) กลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบริเวณที่มีการบิดรูป
(ค) ภาพรังสีเต้านม บริเวณเนื้อเยื่อต่อมน้ำนม
(ง) กลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบริเวณเนื้อเยื่อต่อมน้ำนม
(จ) ภาพรังสีเต้านมบริเวณเนื้อเยื่อไขมัน
(ฉ) กลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบริเวณเนื้อเยื่อไขมัน

บริเวณเนื้อเยื่อต่อมน้ำนมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\text{Sig}=0.219$) สำหรับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด บริเวณเนื้อเยื่อที่มีการบิดรูปกับบริเวณเนื้อเยื่อไขมันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\text{Sig}<0.0001$)

กลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการบิดรูปมีค่าเฉลี่ยของค่าความแปรปรวนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.2973 บริเวณเนื้อเยื่อต่อมน้ำนมมีค่าเฉลี่ยของค่าความแปรปรวนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.2535 บริเวณเนื้อเยื่อไขมันมีค่าเฉลี่ยของค่าความแปรปรวนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.1216 เมื่อทดสอบหาความแตกต่างด้วยสถิติ T-test พบว่า ค่าเฉลี่ยของค่าความแปรปรวนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการบิดรูปกับบริเวณเนื้อเยื่อต่อมน้ำนมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 8 ฮิสโตแกรมแสดงค่าการกระจายของคุณลักษณะเชิงเส้นในบริเวณต่างๆ
(ก) ฮิสโตแกรมของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด
(ข) ฮิสโตแกรมของค่าความแปรปรวนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
(ค) ฮิสโตแกรมของค่าการกระจายของมุมที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด

ทางสถิติ ($\text{Sig}=0.022$) สำหรับค่าเฉลี่ยของค่าความแปรปรวนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการบิดรูปกับบริเวณเนื้อเยื่อไขมันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\text{Sig} < 0.0001$)

ผลการทดสอบไคสแควร์เพื่อหาสัดส่วนของค่าการกระจายของมุมที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการบิดรูปบริเวณเนื้อเยื่อต่อมน้ำนมและบริเวณเนื้อเยื่อไขมันพบว่าสัดส่วนของค่าการกระจายของมุมที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการบิดรูปกับบริเวณเนื้อเยื่อต่อมน้ำนมและกับบริเวณเนื้อเยื่อไขมัน จากการเปรียบเทียบค่าไคสแควร์ที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่ได้จากการเปิดตารางไคสแควร์ที่ $df = 18$ ระดับ นัยสำคัญ 0.05 พบว่า ค่าที่ได้จากการเปิดตารางมีค่าน้อยกว่าค่าที่คำนวณได้ แสดงว่า ค่าการกระจาย

ของมุมที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติกับบริเวณเนื้อเยื่อต่อมน้ำนม และบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติกับบริเวณเนื้อเยื่อต่อมไขมันมีค่าการกระจายของมุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

วิจารณ์ผลการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะเชิงเส้น (Linear structure features) ที่ปรากฏบนภาพรังสีเต้านมบริเวณเนื้อเยื่อเต้านมปกติกับบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติภายใต้สมมติฐานที่ว่าลักษณะโครงสร้างเชิงเส้นบริเวณเนื้อเยื่อปกติจะแตกต่างจากบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติ จากการทดสอบสมมติฐาน พบว่าชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติได้ โดยชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์ดังกล่าวสามารถตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบนภาพจำลองตามค่าความยาว และค่ามุมที่กำหนดขึ้น สอดคล้องกับวิธีตรวจหาโครงสร้างเชิงเส้นที่เสนอโดย Liu และคณะ¹⁴ ซึ่งได้ทดลองตรวจหาเส้นที่มีขนาดต่างๆ บนภาพจำลองเช่นกัน พบว่าวิธี LSI สามารถตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นที่มีขนาดตั้งแต่ 1 จุดภาพจนถึงจุดภาพสำหรับกลุ่มของจุดภาพที่มีขนาดมากกว่าจะถูกพิจารณาเป็น background ของภาพแทน นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบขีดความสามารถของวิธี LSI เพิ่มเติม โดยตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบนภาพจำลองที่มีค่าความเข้มของเส้นตรงกับค่าความเข้มของ Background ที่แตกต่างกัน โดยค่าความเข้มที่แตกต่างกันนี้กำหนดตามค่าที่พบอยู่จริงบนภาพรังสีเต้านมในบริเวณที่เป็นเนื้อเยื่อต่อมน้ำนมกับบริเวณที่เป็นเนื้อเยื่อต่อมไขมัน ซึ่งพบว่าชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมาจากวิธี LSI สามารถตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบนภาพจำลองที่มีค่าความเข้มของเส้นตรงกับค่าความเข้มของ Background ต่างๆ ตามที่กำหนดได้ เห็นได้ว่า LSI มีความสามารถในการตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบนภาพรังสีเต้านมที่มีค่าความเข้มบริเวณที่เป็นเนื้อเยื่อต่อมน้ำนมกับค่าความเข้มบริเวณที่เป็นเนื้อเยื่อต่อมไขมันแตกต่างกันระหว่าง $\pm 1SD$ ถึง $\pm 2 SD$ ดังนั้น ชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมาจากวิธี LSI มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบนภาพรังสีเต้านม

ความจำเพาะเจาะจงของวิธี LSI กับบริเวณเนื้อเยื่อที่ผิดปกติ สังเกตได้จากการมองเห็นกลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติอยู่เป็นจำนวน

มากรองลงมาจะเป็นกลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบริเวณเนื้อเยื่อต่อมน้ำนม และกลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบริเวณเนื้อเยื่อไขมันตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นได้จากวิธี LSI บริเวณเนื้อเยื่อเต้านมปกติกับบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติ โดยทดสอบ T-test เพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดและค่าเฉลี่ยของค่าความแปรปรวนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบไคสแควร์เพื่อหาสัดส่วนของค่าการกระจายของมุมที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด พบว่ากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นเหล่านั้นมีค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดแตกต่างกันในบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติกับบริเวณเนื้อเยื่อไขมัน แต่บริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติกับบริเวณเนื้อเยื่อต่อมน้ำนมจะไม่นับถึงความแตกต่าง ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าความแปรปรวนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติกับบริเวณเนื้อเยื่อต่อมน้ำนมและบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติกับบริเวณเนื้อเยื่อไขมัน พบว่ามีความแตกต่างกัน สำหรับค่าการกระจายของมุมที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด พบว่า กลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นมีการกระจายอยู่ในทิศทางตั้งแต่ 0 องศาจนถึง 180 องศา ซึ่งพบการกระจายที่มุม 90 องศา มีจำนวนน้อย อาจเป็นเพราะกลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นไม่ได้มีการวางตัวอยู่ในทิศตั้งฉากกับแนวระนาบ แต่มีการวางตัวอยู่ในทิศทางเดียวกันกับแนวระนาบของภาพ เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนของค่าการกระจายของมุมที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติกับบริเวณเนื้อเยื่อต่อมน้ำนมและเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติกับบริเวณเนื้อเยื่อไขมัน พบว่ามีค่าการกระจายของมุมที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดแตกต่างกันทั้ง 3 บริเวณ คือ บริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติกับบริเวณเนื้อเยื่อต่อมน้ำนมและกับบริเวณเนื้อเยื่อต่อมไขมัน แสดงให้เห็นว่าบริเวณเนื้อเยื่อเต้านมปกติมีค่าการกระจายของมุม แตกต่างจากบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Matsubara และคณะ⁶ ที่พบว่าภาพรังสีเต้านมที่มีผลการตรวจว่าเป็นปกติมีการกระจายตัวของโครงสร้างเชิงเส้นอยู่ในทิศทางเดียวกัน ส่วนภาพรังสีเต้านมที่มีผลการตรวจว่าผิดปกติจะมีการกระจายตัวอยู่ในทิศทางอื่นๆ โดยมักจะมุ่งไปตามเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติ

สรุปผลการทดลอง

การผิดปกติของเนื้อเยื่อเต้านมเป็นความผิดปกติที่สามารถใช้บอกถึงการเกิดมะเร็งเต้านมระยะเริ่มต้นได้ เนื่องจากเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติจะมีลักษณะโครงสร้างเชิงเส้นแตกต่างจากบริเวณเนื้อเยื่อปกติ วิธีการตรวจหาโครงสร้างเชิงเส้นบนภาพรังสี

ด้านด้วย LSI บริเวณเนื้อเยื่อเต้านมปกติกับบริเวณที่มีการผิดปกติจะกำหนดพื้นที่สำหรับการตรวจทั้งหมด 3 บริเวณได้แก่ บริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติบริเวณเนื้อเยื่อต่อมน้ำนมและบริเวณเนื้อเยื่อไขมันซึ่งพบว่าชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมาจากวิธี LSI สามารถตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติได้เมื่อนำคุณลักษณะเชิงเส้นที่ตรวจพบได้แก่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด ค่าความแปรปรวนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าการกระจายของมุมที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบ T-test และโคสแควร์เพื่อหาความแตกต่างในแต่ละบริเวณ พบว่าคุณลักษณะเชิงเส้นบริเวณเนื้อ

เยื่อเต้านมปกติ กับบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติมีความแตกต่างกัน โดยคุณลักษณะเชิงเส้นบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติกับบริเวณเนื้อเยื่อต่อมน้ำนม จะมีค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดไม่แตกต่างกันส่วนค่าเฉลี่ยของค่าความแปรปรวนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานกับค่าการกระจายของมุมที่มีค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานน้อยที่สุดแตกต่างกัน แต่สำหรับคุณลักษณะเชิงเส้นบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติกับบริเวณเนื้อเยื่อไขมันนั้นพบว่ามีความแตกต่างกันทั้งสามค่า แสดงให้เห็นว่าคุณลักษณะเชิงเส้นที่ได้จาก LSI สามารถแยกความแตกต่างระหว่างบริเวณที่เป็นเนื้อเยื่อเต้านมปกติกับบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติได้

เอกสารอ้างอิง

1. American College of Radiology. American College of Radiology Breast Imaging Reporting and Data System (BI-RADS). 4th ed, Reston, Va: American College of Radiology, 2003.
2. Kagelmayer WP, Prunededa JM, Bourland PD, Hillis A, Riggs MW, Nipper ML. Computer aided mammographic screening for speculated lesions. Radiology. 1994; 191(2): 331-7.
3. Karssemeijer N, Brake GM. Detection of stellate distortions in mammograms. IEEE Transaction Medical Imaging. 1996; 611-9.
4. Sampat MP and Bovik AC. Detection of speculated lesion in mammograms. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. 2003; 810-3.
5. Matsubara T, Ichikawa T, Hara T, Fujita H, Kasai S, Endo T, et al. Automated detection methods for architectural distortions around skin line and within mammary gland on mammograms. Elsevier. 2003; 950-955.
6. Matsubara T, Fukuoka D, Yagi N, Hara T, Fujita H, Inenaga Y, et al. Detection method for architectural distortion based on analysis of structure of mammary gland on mammograms. Elsevier. 2005; 1036-40.
7. Sickles EA. Mammographic features of 300 consecutive nonpalpable breast cancers. American Journal of Roentgenology. 1986; 146 (4): 661-3.
8. Van Dijck J, Verbeek A, Hendriks J, Holland R. The current detectability of breast cancer in a mammographic screening program. Cancer. 1993; 72(6): 1933-8.
9. Schneider M. Better detection: Improving our chances. Digital Mammography: Proceedings of the 5th International Workshop on Digital Mammography. Toronto, Canada: Medical Physics Publishing. 2000; 3-6.
10. Bird RE, Wallace TW, Yankaskas BC. Analysis of cancers missed at screening mammography. 1992; 184 (3): 613-7.
11. Marti R, Zwiggelaar R, Rubin C. Tracking mammographic structures over time. The British Machine Vision Conference: Proceedings of the 12th British Machine Vision Conference. Manchester, UK. 2001; 143-52.
12. Hadley EM, Denton E, Zwiggelaar R. Mammographic risk assessment based on anatomical linear structures. Digital mammography. 2006; 626-33.
13. Liu S, Babbs CF, Delp EJ. Normal mammogram analysis and recognition: Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing. Chicago, Illinois. 1998; 727-31.
14. Liu S. The analysis of digital mammograms: spiculate tumor detection and normal mammogram characterization. Ph.D. Thesis, Purdue University, 1999.
15. Wu ZQ, Jiang J, Peng YH. Effective features based on normal linear structures for detecting microcalcifications in mammograms: Proceeding of 19th International Conference on Pattern Recognition. 2008; 1-4.
16. Health M, Bowyer K, Kopans D, Moore R, Kegelmeyer PJ. The digital database for screening mammography. Proc. Int. Workshop Dig. Mammography 2000: 212-8.