

## บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึงหลักการและทฤษฎีพื้นฐานที่จำเป็นต่องานวิจัย โดยแยกเป็นหัวข้อดังนี้  
ลักษณะการผิดปกติและรอยโรคแบบ Spiculate บนภาพถ่ายรังสีเต้านม เทคนิคการประมวลผลภาพ  
ลักษณะโครงสร้างเชิงเส้น วิธีตรวจหาโครงสร้างเชิงเส้นบนภาพถ่ายรังสีเต้านมด้วย LSI

### 2.1 ลักษณะการผิดปกติและรอยโรคแบบ Spiculate บนภาพถ่ายรังสีเต้านม

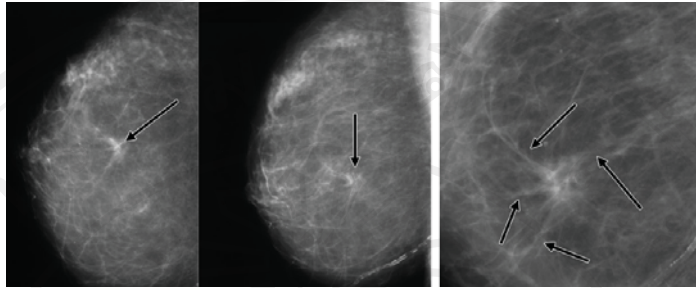
การตรวจหามะเร็งเต้านมจากการถ่ายภาพรังสีเต้านม (Mammogram) เป็นการตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านมเพื่อหาความผิดปกติในระยะเริ่มต้นและดูว่าความผิดปกติที่เห็นนั้นจัดอยู่ในกลุ่มใดจะได้ทำการวิเคราะห์ได้อย่างเหมาะสม [33] ความผิดปกติที่เห็นบนภาพถ่ายรังสีเต้านม เช่น ก้อนเนื้อ กลุ่มหินปูน การผิดปกติของเนื้อเยื่อเต้านม การมีความหนาแน่นของเต้านมที่ไม่เท่ากันทั้งสองข้าง การพบภาวะที่เต้านมโตขึ้นหรือบวม (Edema of the breast) และการมีความผิดปกติรวมกันหลายอย่าง (Combination) เช่น อาจมีก้อนเนื้อกับกลุ่มหินปูน มีก้อนเนื้อกับการผิดปกติของเนื้อเยื่อเต้านม หรือมีกลุ่มหินปูนกับการผิดปกติของเนื้อเยื่อเต้านม เป็นต้น

การผิดปกติของเนื้อเยื่อเต้านมเป็นความผิดปกติในระยะเริ่มต้นที่เป็นสัญญาณบ่งบอกถึงมะเร็งเต้านมและยังพบอีกว่าเป็นความผิดปกติที่มักจะซ่อนหรือแอบแฝงอยู่ในเนื้อเยื่อเต้านมปกติทำให้ตรวจไม่พบจากการถ่ายภาพรังสีเต้านม แสดงดังรูปที่ 1 ลักษณะการผิดปกติของเนื้อเยื่อเต้านมที่ปรากฏให้เห็นบนภาพถ่ายรังสีเต้านม คือ เนื้อเยื่อเต้านมถูกดึงรั้งให้เกิดการบิดเบี้ยวไปจากปกติ โดยที่ยังไม่ปรากฏให้เห็นเป็นก้อนเนื้อ อาจพบรอยโรคแบบ Spiculate หรือ Stellate แสดงดังรูปที่ 2 เกิดขึ้นร่วมด้วย ลักษณะของ Spiculate หรือ Stellate ที่ทำให้เกิดมะเร็งเต้านมมีดังนี้

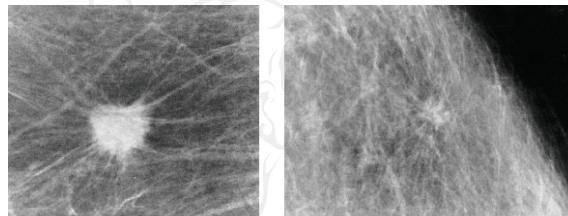
1. เป็นเส้นที่มีการกระจายออกมามากทิศทางจากบริเวณที่ถูกดึงรั้ง
2. มีความหนาแน่นมากกว่าปกติ (ขาวกว่าบริเวณรอบๆที่เป็นเนื้อเยื่อเต้านมปกติ)
3. มีลักษณะแบบ lace-like
4. มีการพันกันของโครงสร้าง (Fine reticular radiating structure) ทำให้เนื้อเยื่อวัยจะเกิดการผิดปกติหรือบิดเบี้ยวไปจากเดิม

หากพบความผิดปกติในลักษณะเช่นนี้บนภาพถ่ายรังสีเต้านมก็จะเป็นสิ่งสำคัญที่บ่งบอกถึงมะเร็งเต้านมในระยะเริ่มต้นได้ สำหรับลักษณะของ Spiculate หรือ Stellate ที่ไม่ใช่มะเร็งเต้านมคือ เป็นเส้นบางๆค่อนข้างยาว มีความหนาแน่นต่ำ มีความโปร่งต่อรังสี (Radiolucent) แสดงดังรูป

ที่ 3 มีการเปรียบเทียบภาพถ่ายรังสีเต้านมและลักษณะโครงสร้างเชิงเส้นที่ปรากฏบนภาพถ่ายรังสีเต้านมในบริเวณเนื้อเยื่อเต้านมปกติกับบริเวณที่พบรอยโรคแบบ Spiculate แสดงดังรูปที่ 4



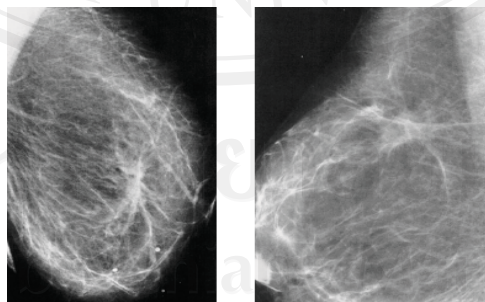
รูปที่ 1 การผิดปกติของเนื้อเยื่อเต้านมที่เห็นบนภาพถ่ายรังสีเต้านม



(ก)

(ข)

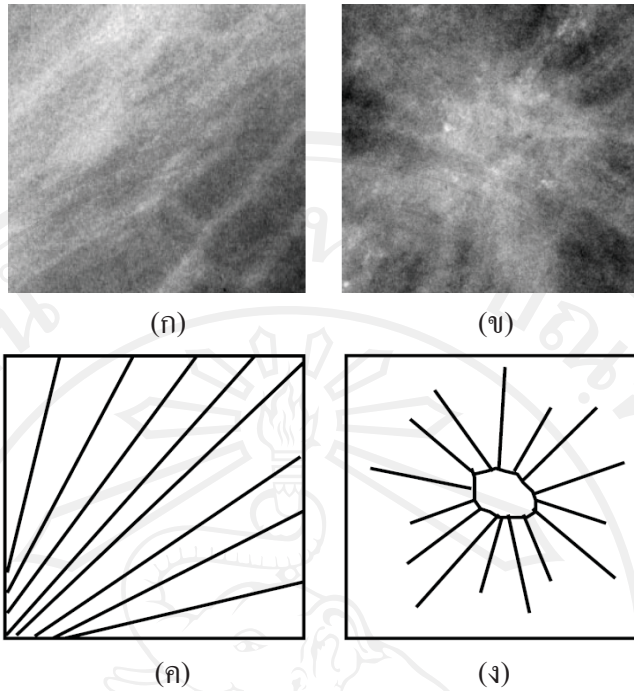
รูปที่ 2 ตัวอย่างรอยโรคแบบ Spiculate หรือ Stellate ที่เป็นมะเร็งเต้านม (ก) เส้นที่มีการกระจายออกมาทุกทิศทางและมีความหนาแน่นมากกว่าปกติ (ข) มีลักษณะแบบ lace-like และมีการพันกันของโครงสร้างทำให้เนื้อเยื่อเต้านมผิดปกติหรือบิดเบี้ยวไปจากเดิม



(ก)

(ข)

รูปที่ 3 ตัวอย่างรอยโรคแบบ Spiculate หรือ Stellate ที่ไม่ใช่มะเร็งเต้านม (ก) ตำแหน่งกึ่งกลางรอยโรคจะโปร่งต่อรังสีและมีขอบเรียบ (ข) เป็นเส้นบางๆ ค่อนข้างยาวและมีความหนาแน่นต่ำ



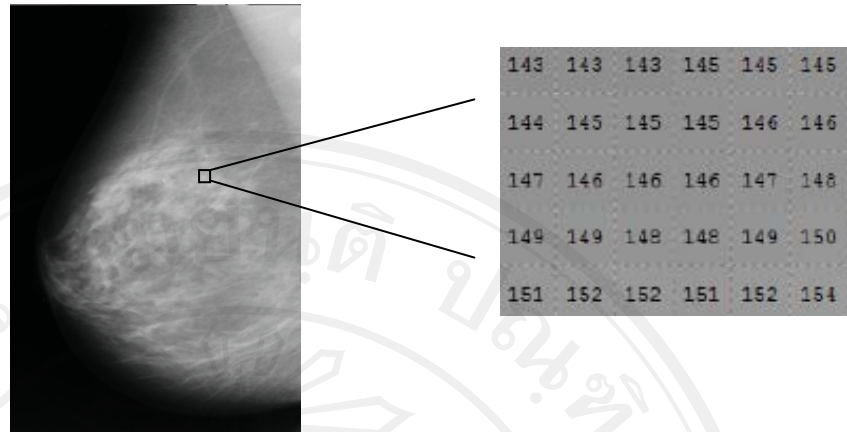
**รูปที่ 4** (ก) บริเวณเนื้อเยื่อเต้านมปกติที่เห็นบนภาพถ่ายรังสีเต้านม (ข) รอยโรคแบบ Spiculate ที่เห็นบนภาพถ่ายรังสีเต้านม (ค) โครงสร้างเชิงเส้นของเนื้อเยื่อปกติจะอยู่ในทิศทางเดียวกัน (ง) ลักษณะ โครงสร้างเชิงเส้นของรอยโรคแบบ Spiculate จะมีการกระจายออกมาทุกทิศทาง

## 2.2 เทคนิคการประมวลผลภาพ

การวิจัยนี้ใช้ภาพดิจิทัลในการทดลอง มีข้อดีคือ สามารถจัดการกับภาพได้หลากหลายวิธี ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคการประมวลผลภาพที่นำมาใช้มีดังนี้

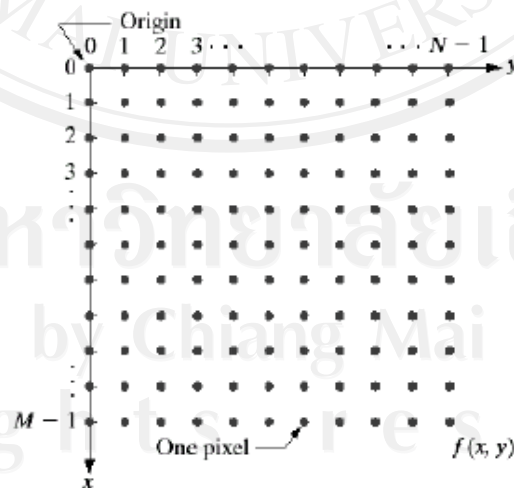
### 2.2.1 ความรู้เกี่ยวกับภาพดิจิทัล

ในการประมวลผลภาพดิจิทัลเมื่อคอมพิวเตอร์ได้รับข้อมูลภาพเข้าไปแล้วจะทำการคำนวณและส่งออกมาเป็นข้อมูลที่ใช้แทนข้อมูลภาพดิจิทัลเหล่านั้น การเก็บข้อมูลภาพลงหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์สามารถทำได้โดยการจองหน่วยความจำของเครื่องไว้ในรูปของตัวแปร Array ที่เป็นโครงสร้างของข้อมูลที่จัดเรียงข้อมูลได้หลายมิติ ภาพดิจิทัลประกอบด้วยจุดภาพเล็กๆจำนวนมากที่เรียกว่า พิกเซล (Pixel) แสดงดังรูปที่ 5 ค่าในแต่ละช่องแสดงถึงค่าความเข้มของจุดภาพ (Intensity) และตำแหน่งของ Array จะเป็นตัวกำหนดตำแหน่งของจุดภาพ



**รูปที่ 5** ภาพดิจิทัลซึ่งประกอบด้วยจุดภาพเล็กๆจำนวนมาก โดยตัวเลขที่อยู่ในแต่ละช่องจะแสดงถึงค่าความเข้มของจุดภาพ

การจัดเก็บรูปภาพจะจัดเก็บข้อมูลของภาพไว้ในรูปของเมทริกซ์ สมมติว่าภาพมีขนาด  $m \times n$  (จำนวนแถวแนวนอน  $\times$  จำนวนแถวแนวตั้ง) ค่าของจุดภาพของภาพที่แทนด้วยเลขจำนวนเต็มจะสามารถอ้างอิงกับเมทริกซ์ได้ ดังเช่น จุดภาพที่อยู่ ณ ตำแหน่งจุดกำเนิดมีค่า  $(x, y) = (0, 0)$  จะเท่ากับเมทริกซ์แถวแนวนอนที่ 0 แถวแนวตั้งที่ 0 และพิกัดที่อยู่แถวแรกมีค่า  $(x, y) = (0, 1)$  เท่ากับเมทริกซ์แถวแนวนอนที่ 0 แถวแนวตั้งที่ 1 จะแสดงให้เห็นการอ้างอิงจุดภาพของภาพ ดังรูปที่ 6



**รูปที่ 6** พิกัดที่ใช้อ้างอิงถึงภาพดิจิทัล ซึ่งมีการบอกตำแหน่งตามแกนอ้างอิง  $xy$  เช่น จุดภาพที่อยู่ ณ ตำแหน่งจุดกำเนิดมีค่า  $(x, y) = (0, 0)$

### 2.2.2 ภาพระดับสีเทา (Grayscale Image)

ค่าของจุดภาพบนภาพระดับสีเทา คือ ค่าความเข้มของสี ณ แต่ละตำแหน่งของจุดภาพนั้น ซึ่งค่าที่เป็นไปได้ของภาพระดับสีเทาทั้งหมดขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้ ตัวอย่างเช่น ภาพระดับสีเทา 8 บิต จะมีระดับสีทั้งหมด  $2^8$  เท่ากับ 256 ระดับ โดยนิยมระบุในช่วง 0-1 หรือ 0-255 แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ภาพระดับสีเทาที่มีระดับสีทั้งหมด 256 ระดับ โดยระบุในช่วง 0 (สีดำ) ถึง 255 (สีขาว)

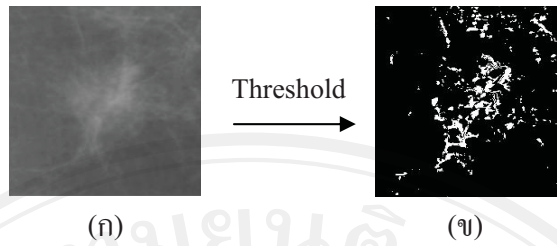
### 2.2.3 ภาพขาว-ดำ (Binary Image)

ภาพขาว-ดำ เป็นภาพ 2 ระดับที่ประกอบไปด้วยสีขาวและสีดำ ซึ่งค่าในแต่ละจุดภาพของภาพขาว-ดำจะมีได้เพียง 2 ค่า คือ 0 และ 1 หรือ 0 และ 255 โดยที่ค่า 0 แทนจุดภาพสีดำและค่า 1 หรือ 255 แทนจุดภาพสีขาว ดังนั้นค่าในแต่ละจุดภาพจะใช้แค่ 1 บิตในการเก็บข้อมูล การมีค่าความเข้มเพียงสองระดับในภาพทำให้สามารถที่จะเลือกพิจารณาให้ความเข้มระดับหนึ่งแทนจุดภาพที่เราสนใจ (Foreground) และความเข้มอีกระดับแทนพื้นภาพ (Background)

### 2.2.4 การแบ่งกลุ่มของระดับความเข้ม

เป็นการแปลงภาพจากภาพระดับสีเทาให้เป็นภาพ 2 ระดับ (ภาพขาว-ดำ) เพื่อที่จะช่วยแยกบริเวณที่สนใจออกจากบริเวณที่เป็นพื้นภาพ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์บริเวณที่สนใจได้ง่ายขึ้น และมีประโยชน์อีกอย่างคือ ช่วยลดเนื้อที่ในการเก็บข้อมูลภาพ กล่าวคือ ภาพที่มีระดับสีเทาจะใช้เนื้อที่ในการเก็บข้อมูลถึง 8 บิต หรือ 256 ระดับ แต่เมื่อสร้างเป็นภาพขาวดำแต่ละจุดจะใช้เนื้อที่การเก็บข้อมูลเพียง 1 บิต ซึ่งใช้พื้นที่น้อยลงถึง 8 เท่า การแบ่งกลุ่มของระดับความเข้มในภาพจะใช้วิธีการหาค่าขีดแบ่งจุดภาพ (Threshold) โดยนำค่าของจุดภาพแต่ละจุดภาพไปเปรียบเทียบกับค่าคงที่ค่าหนึ่งที่เรียกว่า ค่าขีดแบ่งจุดภาพ (Threshold value) ซึ่งหากค่าของจุดภาพที่กำลังพิจารณาอยู่มีน้อยกว่าค่าขีดแบ่งจุดภาพ ค่าใหม่ของจุดภาพนั้นจะถูกกำหนดให้เป็น 0 ซึ่งก็คือสีดำ และถ้าหากค่าของจุดภาพที่กำลังพิจารณาอยู่มีนอกค่าขีดแบ่งจุดภาพ ค่าใหม่ของจุดภาพนั้นจะถูกกำหนดให้เป็น 1 ซึ่งก็คือสีขาว แสดงดังรูป 8

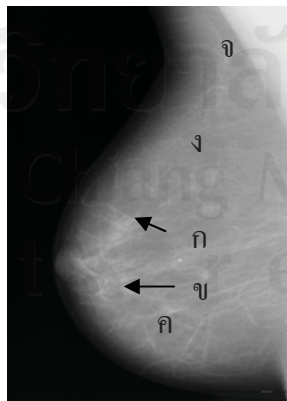




**รูปที่ 8** การแปลงภาพจากภาพระดับสีเทามาเป็นภาพขาว-ดำ โดยใช้วิธีการหาค่าขีดแบ่งจุดภาพ ค่าของจุดภาพที่น้อยกว่าค่าขีดแบ่งจุดภาพจะถูกกำหนดเป็นสีดำและค่าของจุดภาพที่มากกว่าค่าขีดแบ่งจุดภาพจะถูกกำหนดเป็นสีขาว (ก) ภาพระดับสีเทา (ข) ภาพขาว-ดำ

### 2.3 ลักษณะโครงสร้างเชิงเส้น

โครงสร้างเชิงเส้น (Linear structure) ที่ปรากฏอยู่บนภาพถ่ายรังสีเต้านมเกิดจากโครงสร้างของอวัยวะที่อยู่ภายในเต้านมที่มีลักษณะเป็นเชิงเส้น ได้แก่ หลอดเลือด ท่อน้ำนม เนื้อเยื่ออวัยวะเอ็นยึดพุงต่อมน้ำนม และขอบของกล้ามเนื้อทรวงอก เมื่อดูจากภาพถ่ายรังสีเต้านม พบว่าโครงสร้างเชิงเส้นเหล่านี้จะมองเห็นเป็นสีขาว ส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไขมันหรืออากาศจะมองเห็นเป็นสีดำไปจนถึงสีดำแสดงดังรูปที่ 9 สำหรับเต้านมที่มีความผิดปกติในลักษณะที่สงสัยว่าน่าจะเป็นมะเร็งจะส่งผลต่อโครงสร้างเชิงเส้นที่ปรากฏอยู่บนภาพถ่ายรังสีเต้านมให้มีการแสดงออกในลักษณะที่ต่างออกไป เช่น มองเห็นเป็นเส้นเรียวแหลมคล้ายเข็ม (Spicule หรือ spiculate) หรือเป็นแฉกคล้ายรูปดาว (Stellate) ซึ่งลักษณะนี้เองจะสอดคล้องกับความผิดปกติที่เรียกว่า การผิดรูปของเนื้อเยื่อเต้านม ดังนั้นหากลักษณะเช่นนี้ปรากฏบนภาพถ่ายรังสีเต้านมก็เป็นสิ่งสำคัญที่บอกร่องการผิดรูปของเนื้อเยื่อเต้านมซึ่งอาจเป็นสาเหตุเริ่มต้นของการเกิดโรคมะเร็งได้

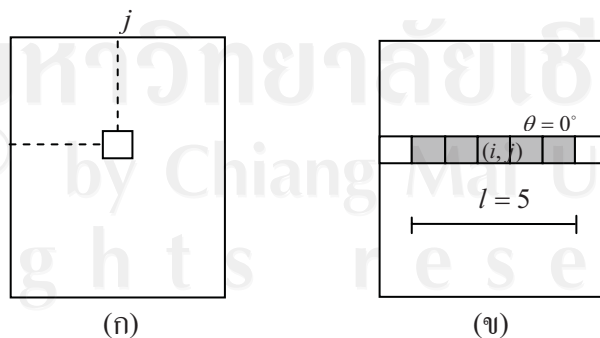


**รูปที่ 9** โครงสร้างเชิงเส้นของอวัยวะภายในเต้านมที่ปรากฏอยู่บนภาพถ่ายรังสีเต้านม ประกอบด้วย (ก) Blood vessel (ข) Milk duct (ค) Mammary gland (ง) Fatty tissue (จ) Pectoral muscle

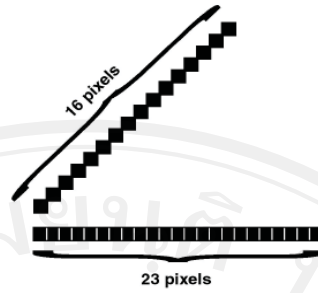
## 2.4 วิธีตรวจหาโครงสร้างเชิงเส้นบนภาพถ่ายรังสีเต้านมด้วย LSI

การตรวจหาเส้นบนภาพ (Line detection) เป็นอีกเทคนิคหนึ่งของการประมวลผลภาพ จุดภาพที่เป็นส่วนหนึ่งของเส้นจะมีขอบที่ต่อเนื่องกัน วิธีหาจุดภาพที่เป็นส่วนหนึ่งของเส้นทำได้โดยการวัดการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มจุดภาพที่เป็นขอบเปรียบเทียบกับจุดภาพข้างเคียง ตัวอย่างวิธีการหาขอบ เช่น Gradient method เป็นวิธีตรวจหาและดึงเอาบริเวณที่เป็นขอบให้แสดงออกมา แต่พบว่า จุดภาพที่เป็นส่วนของเส้นที่มีความหนา Gradient method ไม่สามารถทำได้ ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้ Liu และคณะ [14] คิดค้นวิธีการตรวจหาเส้นบนภาพขึ้นมาใหม่ โดยการออกแบบตัวกรองสำหรับตรวจหาเส้นปกติต่างๆ ไปบนภาพถ่ายรังสีเต้านมทั้งหมด 16 ทิศทาง และพบว่าตัวกรองชนิดนี้สามารถตรวจหาเส้นปกติที่มีขนาดต่างๆ ได้ ต่อมานักวิจัยกลุ่มนี้จึงนำเสนอวิธีและหลักการสำหรับการตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้น Linear Structure Identification หรือ LSI โดยมีเงื่อนไข 3 ประการดังนี้ กลุ่มของจุดภาพเหล่านั้นต้องมีค่าความเข้มของจุดภาพที่ใกล้เคียงกันตามทิศทางของเส้น ค่าความเข้มของจุดภาพที่อยู่ล้อมรอบต้องแตกต่างจากค่าความเข้มของจุดภาพที่เป็นส่วนของเส้น และขนาดของเส้นที่ต้องการตรวจหา นั้นจะต้องมีความยาวมากกว่าความกว้าง

วิธี LSI จะตรวจหากกลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบนภาพถ่ายรังสีเต้านม 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  $L(\theta, l)$  เป็นกลุ่มของจุดภาพที่วางตัวติดกันอยู่ในทิศทำมุม  $\theta$  กับแนวระนาบซึ่งมีความยาวเท่ากับ  $l$  แสดงดังรูปที่ 10 และ 11



รูปที่ 10 (ก) ตำแหน่งจุดภาพใดๆ ที่อยู่ในแถวแนวนอน  $i$  และแถวแนวตั้ง  $j$  (ข) กลุ่มของจุดภาพที่วางตัวติดกันอยู่ในทิศทำมุม  $\theta = 0$  องศา กับแนวระนาบ และมีความยาว  $l$  เท่ากับ 5



รูปที่ 11 กลุ่มของจุดภาพที่วางตัวติดกันอยู่ในทิศทางมุม  $\theta = 0$  องศาและ 45 องศา กับแนวระนาบ โดยมีความยาว  $l$  เท่ากัน

การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานกลุ่มของจุดภาพนี้ จะแสดงคั้งสมการที่ 1 และ 2 เมื่อ กำหนดให้  $N_{L(\theta,l)}$  เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดที่อยู่ใน  $L(\theta,l)$  และ  $(m,n)$  เป็นตำแหน่งของจุดภาพ ใดๆที่เป็นสมาชิกของ  $L(\theta,l)$  โดยมี  $f(m,n)$  เป็นค่าของจุดภาพ และ  $\bar{f}_{L(\theta,l)}$  เป็นค่าจุดภาพเฉลี่ย ของ  $L(\theta,l)$

$$\sigma(\theta,l) = \sqrt{\frac{1}{N_{L(\theta,l)} - 1} \sum_{(m,n) \in L(\theta,l)} (f(m,n) - \bar{f}_{L(\theta,l)})^2} \quad (1)$$

$$\bar{f}_{L(\theta,l)} = \frac{1}{N_{L(\theta,l)}} \sum_{(m,n) \in L(\theta,l)} f(m,n) \quad (2)$$

เมื่อได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มจุดภาพแล้ว ต่อไปจะหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในมุม ต่างๆ ตั้งแต่  $0 - \pi$  เมื่อได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละมุมออกมาแล้ว จะทำการเลือกค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานที่มีค่าน้อยที่สุด เพื่อใช้เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของจุดภาพที่ตำแหน่ง  $(i,j)$  ซึ่งการ นำเอาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดมาใช้คัดเลือกจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นยังไม่ เพียงพอที่จะบอกว่าจุดภาพที่ตำแหน่ง  $(i,j)$  เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้น เนื่องจากจุดภาพที่ ตำแหน่ง  $(i,j)$  ดังกล่าวอาจอยู่ในบริเวณ Uniform region ซึ่งจุดภาพที่อยู่ในบริเวณ Uniform region จะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดในมุมต่างๆ ไม่แตกต่างกัน แสดงคั้งรูปที่ 12 มีการเปรียบเทียบ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดของจุดภาพที่ตำแหน่ง  $(i,j)$  บริเวณ Uniform region, Thick line และ Thin line ในมุมต่างๆตั้งแต่  $0$  จนถึง  $180$  องศา พบว่า จุดภาพที่วางตัวอยู่บนเส้น Thin line จะมีความแตกต่างของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดในมุมต่างๆค่อนข้างมากเช่นเดียวกับจุดภาพที่



วางตัวอยู่บนเส้น Thick line แต่สำหรับจุดภาพที่อยู่ในบริเวณ Uniform region จะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดในมุมต่างๆ ไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าจุดภาพที่อยู่ในบริเวณ Uniform region จะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดในมุมต่างๆ เท่ากับศูนย์

นอกจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดในมุมต่างๆ แล้ว ยังต้องหาค่าความแปรปรวนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด  $\sigma^2_{\sigma_{i,j}}(l)$  ในมุมต่างๆ ด้วย ตามสมการที่ 3 และ 4 เพื่อที่จะนำมาใช้คัดเลือกจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้น โดยจุดภาพใดก็ตามมีค่าความแปรปรวนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดค่อนข้างมาก จุดภาพนั้นมีความเป็นไปได้ที่จะเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างเชิงเส้น และในทางตรงกันข้ามจุดภาพใดก็ตามมีค่าความแปรปรวนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดค่อนข้างน้อย จุดภาพนั้นจะเป็นส่วนของ Uniform region

$$\sigma^2_{\sigma_{i,j}}(l) = \int_0^{\pi} \left\{ (\sigma_{i,j}(\theta, l) - \bar{\sigma}_{i,j}(l))^2 \frac{1}{\pi} \right\} d\theta \quad (3)$$

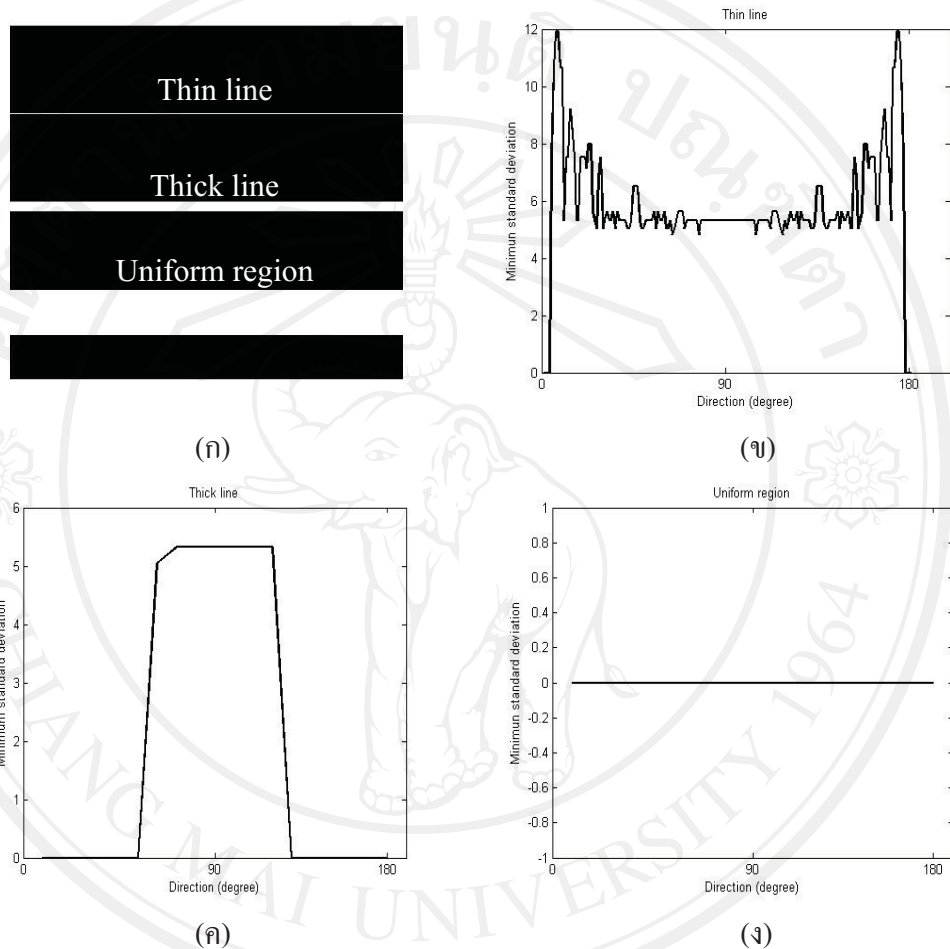
$$\bar{\sigma}_{i,j}(l) = \int_0^{\pi} \left\{ \sigma_{i,j}(\theta, l) \frac{1}{\pi} \right\} d\theta \quad (4)$$

ดังนั้นการเลือกกลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นจะพิจารณาจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดและค่าความแปรปรวนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดในมุมต่างๆ ตามสมการที่ 5 ซึ่งมีอยู่ว่า กลุ่มของจุดภาพใดก็ตาม  $D(i, j)$  จะเป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นได้จะต้องมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดน้อยกว่าค่าขีดแบ่ง  $T_{\sigma}$  และมีค่าความแปรปรวนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดมากกว่าค่าขีดแบ่ง  $T_{\sigma^2}$

$$D(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } \sigma_{i,j}(l) < T_{\sigma} \text{ and } \sigma^2_{\sigma_{i,j}}(l) > T_{\sigma^2} \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

กลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นที่ได้จาก LSI จะถูกนำไปหาคุณลักษณะเชิงเส้น ซึ่งได้แก่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด ค่าความแปรปรวนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าการกระจายของมุมที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด เพื่อศึกษาการแสดงออกของคุณลักษณะเชิงเส้นที่ปรากฏบนภาพถ่ายรังสีด้านมบริเวณเนื้อเยื่อปกติกับบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการผิดปกติ ตัวอย่างการนำเอาวิธี LSI ไปตรวจหากกลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นบนภาพจำลองที่มีขนาดเส้นตรงต่างกัน แสดงดังรูป 13 พบว่าวิธี LSI สามารถตรวจหากกลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วน

ของโครงสร้างเชิงเส้นที่มีความยาว  $l$  ตั้งแต่ 1 จุดภาพไปจนถึง  $l-1$  จุดภาพ สำหรับจุดภาพที่มีความยาวมากกว่า  $l$  จะถูกพิจารณาให้เป็นส่วนของพื้นภาพหรือ Uniform region แทน



**รูปที่ 12** (ก) กลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของ โครงสร้างเชิงเส้น ในบริเวณต่างๆ ได้แก่ บริเวณ Uniform region, เส้น Thin line ขนาด 1 จุดภาพ และเส้น Thick line ขนาด 10 จุดภาพ  
 (ข) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดของจุดภาพที่อยู่บนเส้น Thin line ขนาด 1 จุดภาพ  
 (ค) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดของจุดภาพที่อยู่บนเส้น Thick line ขนาด 10 จุดภาพ  
 และ (ง) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดของจุดภาพที่วางอยู่บริเวณ Uniform region



**รูปที่ 13** ตัวอย่างภาพจำลองและผลจากการตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้น (ก) ภาพจำลองที่มีขนาดเส้นตรงต่างกัน เริ่มจากเส้นขนาด 1 จุดภาพ เพิ่มขึ้นทีละ 2 จุดภาพ ไปจนถึงขนาด 25 จุดภาพ (ข) ผลที่ได้จากการตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นเมื่อกำหนดค่า  $l=5$  (ค) ผลที่ได้จากการตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นเมื่อกำหนดค่า  $l=10$  (ง) ผลที่ได้จากการตรวจหากลุ่มของจุดภาพที่เป็นส่วนของโครงสร้างเชิงเส้นเมื่อกำหนดค่า  $l=20$