

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การวิเคราะห์และการแยกประเภทผู้ป่วยภาวะกระดูกบาง จากภาพถ่าย X-ray ปอด

OSTEOPOROSIS ANALYSIS FROM CHEST X-RAY IMAGES

จัดทำโดย

ดร. นवलสวาท หิรัญสกสว่างค์

ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์

คณะวิทยาศาสตร์

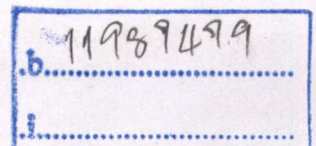
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ คณะวิทยาศาสตร์ 2550

RCH
R
857
-06
นช48ก

84060

25 ก.ย. 2551



บทคัดย่อ

เนื่องจากภาวะโรคกระดูกบาง (Osteoporosis) พบได้มากและมีอัตราสูงขึ้นเรื่อย ๆ ในผู้สูงอายุ ปัจจุบันองค์การอนามัยโลก (WHO) ได้นิยามโรคกระดูกบางไว้ว่าเป็นภาวะที่ค่าความหนาแน่นของกระดูกสะโพกและกระดูกสันหลังที่วัดจากเครื่อง Dual Energy X-ray Absorptiometry (DEXA) มีค่าต่ำกว่า -2.5 SD ของประชากรในวัยหนุ่มสาว แต่เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการตรวจวัดด้วยวิธีนี้ราคาค่อนข้างสูง และเครื่อง DEXA ยังคงมีเฉพาะโรงพยาบาลใหญ่ ๆ ไม่ครอบคลุมทั่วทุกพื้นที่จึงทำให้การคัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงจากภาวะโรคกระดูกบางทำได้ไม่ทั่วถึง โดยปกติการตรวจสุขภาพประจำปีจะมีการถ่ายภาพเอกซเรย์ปอดรวมด้วย ทำให้มีข้อมูลฟิล์มเอกซเรย์ปอดของประชากรอยู่มาก แต่ไม่ได้มีการนำข้อมูลนั้นมาวิเคราะห์เกี่ยวกับภาวะกระดูกบาง งานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีการคัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงภาวะโรคกระดูกบางจากฟิล์มเอกซเรย์ปอดโดยนำการประมวลผลภาพ (Image processing) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ ซึ่งบริเวณที่จะทำการตรวจสอบคือบริเวณกระดูกไหปลาร้า เพราะบริเวณกระดูกไหปลาร้าเป็นส่วนกระดูกที่เห็นเด่นชัด และไม่มีอวัยวะอื่นใดมาซ้อนทับ ซึ่งจากการวิเคราะห์กระดูกไหปลาร้าทั้งทางด้านขวาและทางด้านซ้าย พบว่าความกว้างของกระดูกท่อนบน, ความกว้างของกระดูกท่อนล่าง, ความกว้างของกระดูกบริเวณไหปลาร้า และรายละเอียดภายในโพรงกระดูกบริเวณไหปลาร้า ของกลุ่มคนปกติและกลุ่มภาวะโรคกระดูกบางจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นค่าบ่งชี้ภาวะโรคกระดูกบางได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณอย่างสูงต่อคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณนายแพทย์ดำรง ฐาปนกุลศักดิ์ และเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลแพทย์ศาสตร์ และ วชิรพยาบาลที่อำนวยความสะดวก และเอื้อเฟื้อด้านข้อมูล ขอขอบคุณ คณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในทุกด้านของการดำเนินงานวิจัยนี้

ดร. นवलสวาท หิรัญสกุลวงศ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	I
กิตติกรรมประกาศ.....	II
สารบัญ.....	III
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 โรคกระดูกบาง.....	3
2.1.1 ปัจจัยที่ทำให้เกิดโรคกระดูกบาง.....	4
2.1.2 การป้องกันและรักษาโรคกระดูกบาง.....	5
2.1.3 การวินิจฉัยโรคกระดูกบาง.....	5
2.2 การประมวลผลทางภาพดิจิทัล.....	7
2.2.1 รูปแบบสี.....	8
2.2.2 ค่าฮิสโทแกรม.....	10
2.2.3 การปรับปรุงคุณภาพของรูปภาพ.....	11
2.2.4 การหาขอบภาพ.....	14
2.2.5 การแปลงภาพสีให้เป็นภาพขาว - ดำ.....	16
2.2.6 การจำแนกวัตถุออกจากภาพ.....	21
2.3 การจำแนกกลุ่มข้อมูล.....	22
บทที่ 3 การวิเคราะห์ภาวะโรคกระดูกบางจากภาพ X-ray ปอด.....	24
3.1 การแปลงจากฟิล์ม X-ray ปอดให้อยู่ในรูปแบบภาพดิจิทัล.....	24
3.2 การปรับปรุงคุณภาพของภาพที่ได้.....	25
3.3 การแยกวัตถุออกจากภาพ.....	26
3.4 การแยกคุณลักษณะเฉพาะของภาพ.....	28
3.5 การจำแนกกลุ่มของข้อมูล.....	34
3.5.1 ลักษณะเฉพาะของกระดูกบริเวณไหล่ปลาร้าทางด้านขวา.....	35
3.5.1 ลักษณะเฉพาะของกระดูกบริเวณไหล่ปลาร้าทางด้านซ้าย.....	36
3.5.1 ลักษณะเฉพาะของกระดูกบริเวณไหล่ปลาร้าทั้งด้านขวาและทางด้านซ้าย.....	36

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง	38
4.1 ระบบคอมพิวเตอร์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	38
4.2 รายละเอียดและที่มาของข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง	38
4.3 วิธีการทดลอง	39
4.4 ผลการวิเคราะห์จากลักษณะของกระดูกที่ได้	39
4.4.1 ผลการวิเคราะห์จากลักษณะของกระดูกที่ได้จากภาพ X-ray ปอดบริเวณ กระดูกไหปลาร้าทางด้านขวา	39
4.4.2 ผลการวิเคราะห์จากลักษณะของกระดูกที่ได้จากภาพ X-ray ปอดบริเวณ กระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้าย	41
4.4.3 ผลการวิเคราะห์จากลักษณะของกระดูกที่ได้จากภาพ X-ray ปอดบริเวณ กระดูกไหปลาร้าทางด้านขวาและทางด้านซ้าย	43
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	48
5.1 สรุปผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง	48
5.2 แนวทางการพัฒนางานวิจัย	52
เอกสารอ้างอิง	53

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากภาวะโรคกระดูกบางพบได้มากและมีอัตราสูงขึ้นเรื่อย ๆ ในผู้สูงอายุ ซึ่งทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนและก่อให้เกิดทุพพลภาพได้มากมาย เช่น กระดูกข้อสะโพกหัก, กระดูกสันหลังยุบตัว, กระดูกข้อมือหัก เป็นต้น โดยเฉพาะกระดูกข้อสะโพกหัก ทำให้มีอัตราการตายและอัตราความพิการสูงอย่างชัดเจน แม้ว่าจะได้รับการรักษา ก็พบว่ามีปัญหาในการผ่าตัดและความเสี่ยงในการผ่าตัดสูง ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการรักษา จึงได้มีแนวทางการป้องกันการเกิดกระดูกข้อสะโพกหักขึ้น ซึ่งวิธีในการป้องกันเพื่อไม่ให้เกิดภาวะกระดูกข้อสะโพกหักนี้คือการคัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงจากภาวะโรคกระดูกบาง

ในอดีตนั้นการคัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงจากภาวะโรคกระดูกบางจะใช้การตรวจสอบจากประวัติการเคยเกิดกระดูกหักมาก่อนของผู้ป่วย, ประวัติกระดูกหักของญาติสายตรง และปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ เช่น อายุ, น้ำหนัก เป็นต้น จนได้มีการคิดสูตรที่ใช้เป็นเครื่องมือในการคัดกรองในเบื้องต้นออกมา โดยการนำค่าน้ำหนักตัวและอายุ มาเป็นปัจจัยในการวิเคราะห์ ซึ่งทำให้ได้สูตรในการวิเคราะห์ดังนี้ [10]

$$\text{OSTA (Osteoporosis Self Assessment Tool for Asians)} = 0.2 \times (\text{น้ำหนักตัว} - \text{อายุ})$$

โดยพิจารณาว่า ถ้าค่าที่คำนวณได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ -4 ก็จะมีแนวโน้มที่จะเกิดภาวะโรคกระดูกบาง ซึ่งปัจจุบันนี้วิธีการคำนวณนี้ไม่ได้ถูกนำมาใช้แล้ว ต่อมาจึงมีแนวคิดในการวิเคราะห์ภาวะโรคกระดูกบางจากฟิล์มเอกซเรย์ในส่วนของข้อมือหรือกระดูกขา [12] โดยทำการวิเคราะห์หาอัตราส่วนระหว่าง ค่าความยาวของข้อกระดูกกับความกว้างของเนื้อกระดูก เพื่อบ่งชี้ว่าผู้ที่มีภาวะโรคกระดูกบางจะมีอัตราส่วนระหว่างค่าความยาวของข้อกระดูกกับความกว้างของเนื้อกระดูกเท่าใด ซึ่งก็สามารถคัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงจากภาวะโรคกระดูกบางได้เช่นกัน แต่ก็ยังคงไม่ได้ถูกกำหนดให้ใช้เป็นมาตรฐานในการวินิจฉัยภาวะโรคกระดูกบาง เนื่องจากได้มีการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวินิจฉัยภาวะโรคกระดูกบางที่ให้ค่าความน่าเชื่อถือที่ดีกว่า

ในปัจจุบันได้มีการวิจัยโรคกระดูกบางโดยใช้วิธีการวัดความหนาแน่นของกระดูก (Bone Mineral Density) โดยใช้เครื่อง Dual Energy X-ray Absorptiometry (DEXA) ซึ่งทำงานโดยการฉายรังสีเอกซ์พลังงานต่ำ 2 ระดับสลับกันแล้วถ่ายภาพกระดูกออกมา โดยจะวัดความหนาแน่นของ

กระดูกที่บริเวณกระดูกสันหลัง, กระดูกสะโพก, กระดูกต้นขา และปลายกระดูกข้อมือ แล้วจึงนำค่าความหนาแน่นของกระดูกที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าความหนาแน่นของกระดูกของคนปกติ ในเพศเดียวกัน (T-Score) [9] โดยองค์การอนามัยโลก (WHO) [14] ได้นิยามโรคกระดูกบางว่าเป็นภาวะที่ค่าความหนาแน่นของกระดูกที่วัดจากเครื่อง DEXA มีค่าต่ำกว่า -2.5 SD ของประชากรในวัยหนุ่มสาว ถ้าหากค่าความหนาแน่นของกระดูกที่วัดได้น้อยกว่า -1 SD แต่ไม่ถึง -2.5 SD จะมีโอกาสที่จะอยู่ในภาวะกระดูกหักได้ง่าย แต่เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการตรวจวัดด้วยวิธีนี้ราคาค่อนข้างสูง และเครื่อง DEXA ยังคงมีเฉพาะโรงพยาบาลใหญ่ ๆ ไม่ครอบคลุมทั่วทุกพื้นที่จึงทำให้การคัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงจากภาวะโรคกระดูกบางทำได้ไม่ทั่วถึง

จากปัญหาค่าใช้จ่ายที่แพง, เครื่อง DEXA ยังคงมีอยู่เฉพาะในโรงพยาบาลใหญ่ ๆ ไม่ครอบคลุมทั่วทุกพื้นที่ และเนื่องจากการรณรงค์ให้มีการตรวจสุขภาพเป็นประจำทุกปี ฟิล์มเอกซเรย์ที่มีการเอกซเรย์มากที่สุดในปัจจุบันคือข้อมูลของฟิล์มเอกซเรย์ปอด (Chest X-ray) งานวิจัยนี้จะนำเสนอการวิเคราะห์การคัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงจากภาวะโรคกระดูกบางจากฟิล์มเอกซเรย์ปอดโดยนำการประมวลผลภาพ (Image processing) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ ซึ่งบริเวณที่จะทำการตรวจสอบคือบริเวณกระดูกไหปลาร้า เพราะบริเวณกระดูกไหปลาร้าเป็นส่วนกระดูกที่เห็นเด่นชัดและไม่มีอวัยวะอื่นใดมาซ้อนทับ

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษารายละเอียดลักษณะเฉพาะ (Feature) บริเวณกระดูกไหปลาร้า จากภาพเอกซเรย์ปอด โดยนำการประมวลผลภาพ (Image processing) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์หาลักษณะเฉพาะที่แตกต่าง ในภาพเอกซเรย์ปอดระหว่างกลุ่มคนปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะโรคกระดูกบาง เพื่อศึกษาคุณลักษณะเฉพาะที่สามารถใช้บ่งชี้และคัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงที่จะอยู่ในกลุ่มภาวะโรคกระดูกบาง

บทที่ 2

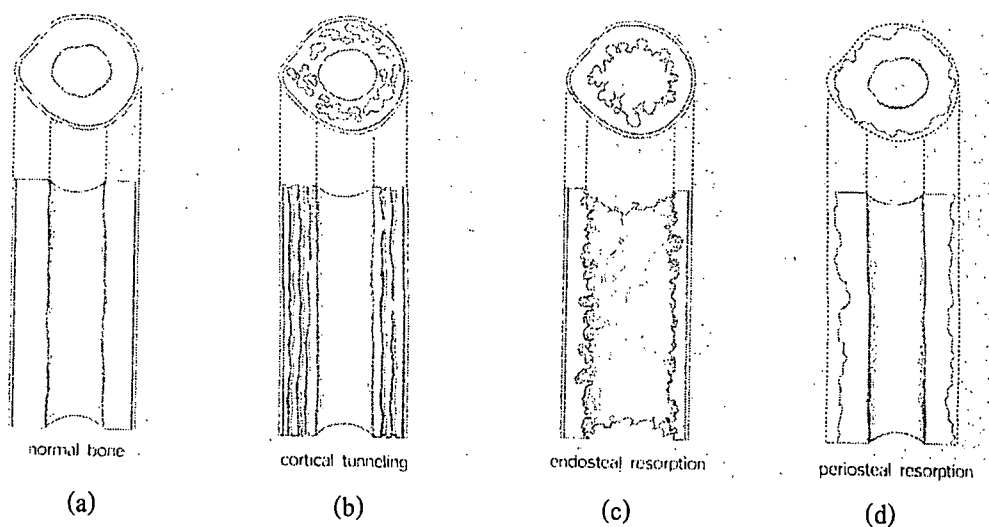
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โรคกระดูกบาง (Osteoporosis) เป็นโรคที่ประชากรสูงอายุส่วนใหญ่เป็นมาก และยังไม่มียาวิจัยทางการแพทย์ที่ประมวลผลทางภาพโดยคอมพิวเตอร์ (Image Processing) ที่เกี่ยวข้องกับงานนี้โดยตรง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาถึงขั้นตอนวิธีการต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่การวิจัย จากงานวิจัยทางการแพทย์ที่ใกล้เคียง โดยแยกสรุปเป็นหัวข้อตามขั้นตอนการวิจัยได้ดังนี้

2.1 โรคกระดูกบาง (Osteoporosis)

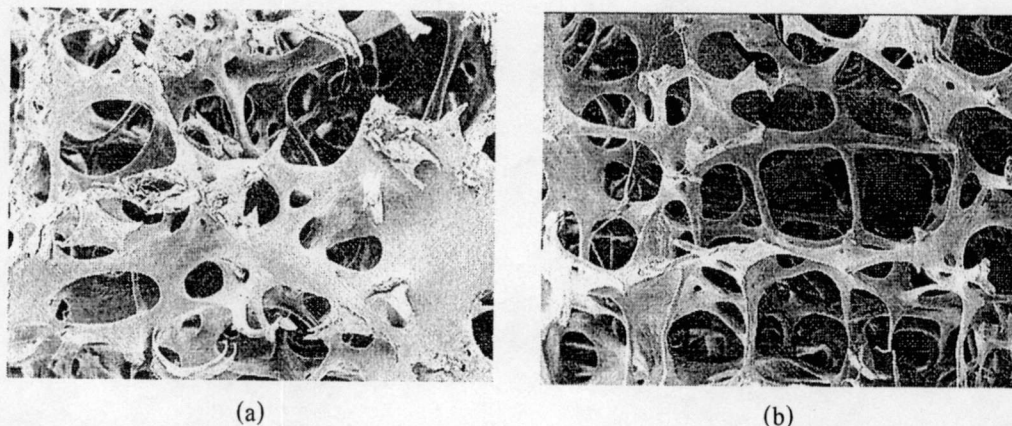
กระดูกมนุษย์สามารถจำแนกเป็น 2 แบบตามลักษณะโครงสร้างของกระดูก [15] คือ cortical bone และ cancellous bone โดย

1. Cortical bone คือกระดูกเปลือกนอกซึ่งแข็งและจับตัวกันอย่างหนาแน่น ซึ่งเป็นส่วนที่เห็นอยู่ด้านนอกของโครงกระดูก
2. Cancellous bone จะเป็นส่วนที่เป็นแผ่นเยื่อใยที่สอดไขว้กันไปมาอยู่ในช่องโพรงภายในของกระดูก



รูปที่ 2.1 (a) แสดงลักษณะของกระดูกปกติ (b), (c) และ (d) แสดงลักษณะของกระดูกสูญเสียเนื้อกระดูกในรูปแบบต่าง ๆ [12]

โรคกระดูกบาง คือ โรคที่ความหนาแน่นของเนื้อกระดูกลดลงเรื่อยๆ รวมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะโครงสร้างของกระดูก ซึ่งมีผลให้กระดูกไม่สามารถจะรับน้ำหนักหรือแรงกดดันได้ตามปกติ ทำให้เกิดกระดูกหักตามมา นอกจากนี้จะเรียกโรคกระดูกบางแล้วอาจจะเรียกว่า โรคกระดูกบาง โรคกระดูกโปร่งบาง หรือโรคกระดูกผุก็ได้ [15]



รูปที่ 2.2 (a) แสดงลักษณะ โครงสร้างของกระดูกที่ปกติ (b) แสดงลักษณะ โครงสร้างของกระดูกที่เป็นโรคกระดูกบาง

2.1.1 ปัจจัยที่ทำให้เกิดโรคกระดูกบาง

กระดูกของคนนั้นจะมีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนคือ ส่วนของคอลลาเจน (Collagen) ซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่ง, แคลเซียมและฟอสเฟต กระบวนการสร้างกระดูกของมนุษย์นั้นเริ่มทำงานตั้งแต่อยู่ในท้องแม่ ซึ่งจะเป็นการสร้างและสลายไปของกระดูกควบคู่กันไปเรื่อยๆ โดยกระดูกนั้นจะถูกสร้างในอัตราที่มากกว่าการสลายไป

โรคกระดูกบางจึงเป็นโรคที่เกิดจากอัตราการสร้างกระดูกที่ผิดไปจากปกติคือมีการสลายไปของกระดูกมากกว่าการสร้าง ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเป็นโรคกระดูกบางมีดังนี้

1. ผู้หญิงหลังจากหมดประจำเดือน เกิดจากภาวะขาดฮอร์โมนเอสโตรเจน
2. อายุ เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดโรคกระดูกบาง
3. โภชนาการ การบริโภคแคลเซียมต่ำหรือบริโภคอาหารที่มีโปรตีนในอัตราที่มากเกินไป
4. กรรมพันธุ์ ผู้ที่มีคนในครอบครัวเป็นโรคกระดูกบาง ก็จะมีความเสี่ยงมากขึ้น
5. การสูบบุหรี่ ดื่มสุรา ดื่มกาแฟมาก บริโภคเกลือมาก
6. รับประทานยารักษาโรค เช่น ยากลุ่มสเตียรอยด์ ยากันชัก ยาขับปัสสาวะซึ่งมักใช้ในโรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น ยากลุ่มสเตียรอยด์ เป็นยาที่ก่อให้เกิดปัญหาบ่อยที่สุด เนื่องจากการซื้อยามารับประทานเองหรือถูกผสมมากับยาสมุนไพรไทย

7. โรคบางอย่าง เช่น โรคเบาหวาน โรคขาดวิตามินดี โรคเลือดจางธาลัสซีเมีย โรคข้ออักเสบรูมาตอยด์ โรคพิษสุราเรื้อรัง โรคมะเร็งบางชนิด

8. การออกกำลังกาย ที่สม่ำเสมอและเหมาะสมจะช่วยให้มีกระดูกที่แข็งแรง ความเสี่ยงในการเป็นโรคกระดูกบางจึงน้อยลง

2.1.2 การป้องกันและรักษาโรคกระดูกบาง

เนื่องจากภาวะโรคกระดูกบางนั้นใช้เวลาในการแสดงอาการที่เด่นชัดออกมานานมาก การดูแลรักษาให้ห่างจากปัจจัยเสี่ยงต่อโรคกระดูกบางจะเป็นวิธีที่ดีกว่าการรักษาในภายหลัง โดยมีวิธีการป้องกันดังนี้

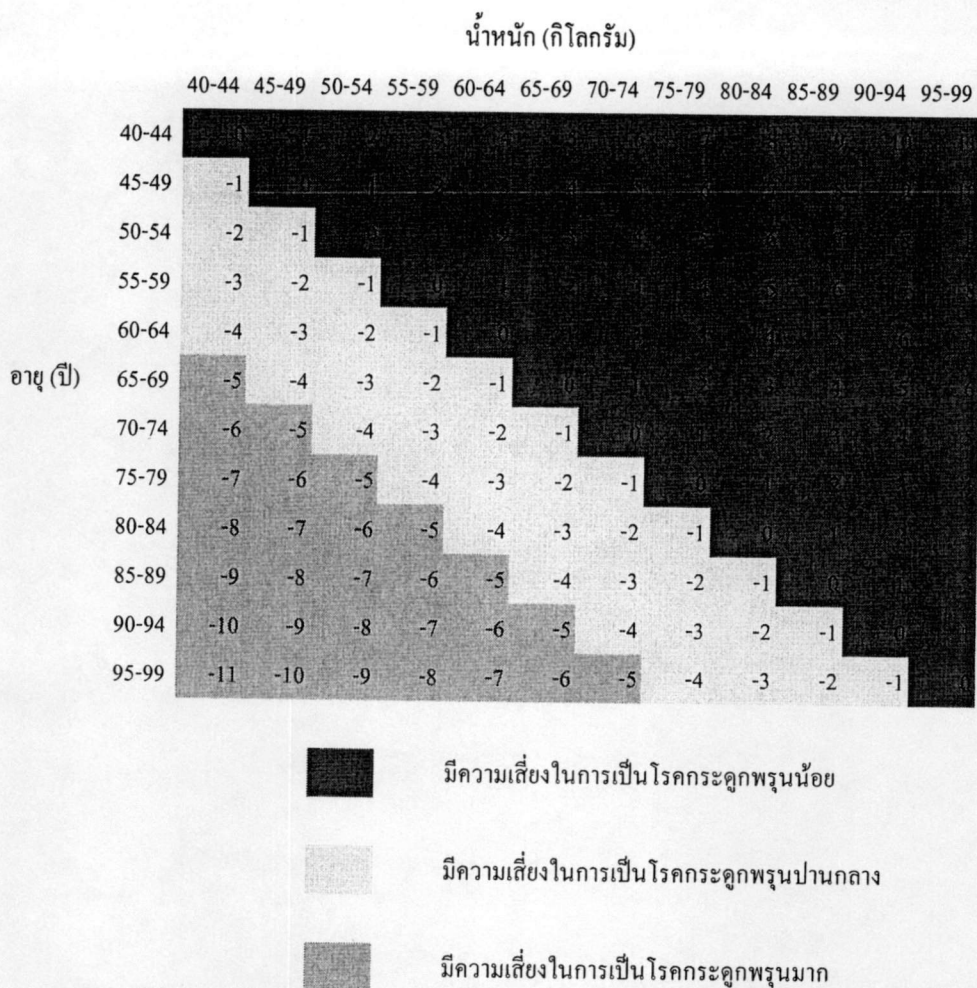
1. ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมออย่างน้อยวันละ 30 นาที จะทำให้กระดูกมีความหนาและแข็งแรงมากขึ้น
2. รับประทานอาหารที่มีแคลเซียมให้เพียงพอ
3. ป้องกันการขาดฮอร์โมนเอสโตรเจนในผู้หญิงหลังหมดประจำเดือน โดยไปทำการขอรับคำปรึกษาจากสูตินรีแพทย์ เพื่อรับการประเมินความเสี่ยงต่อการเป็นโรคกระดูกบาง ในช่วงที่กำลังจะหมดประจำเดือน
4. หลีกเลี่ยงปัจจัยเสี่ยง ๆ ต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดโรคกระดูกบาง

2.1.3 การวินิจฉัยโรคกระดูกบาง

ในอดีตนั้นการคัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงจากภาวะโรคกระดูกบางจะใช้การตรวจสอบจากประวัติการเคยเกิดกระดูกหักมาก่อนของผู้ป่วย, ประวัติกระดูกหักของญาติสายตรง และปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ เช่น อายุ, น้ำหนัก เป็นต้น จนได้มีการคิดสูตรที่ใช้เป็นเครื่องมือในการคัดกรองในเบื้องต้นออกมา โดยการนำค่าน้ำหนักตัวและอายุ มาเป็นปัจจัยในการวิเคราะห์ ซึ่งทำให้ได้สูตรในการวิเคราะห์ดังนี้ [10]

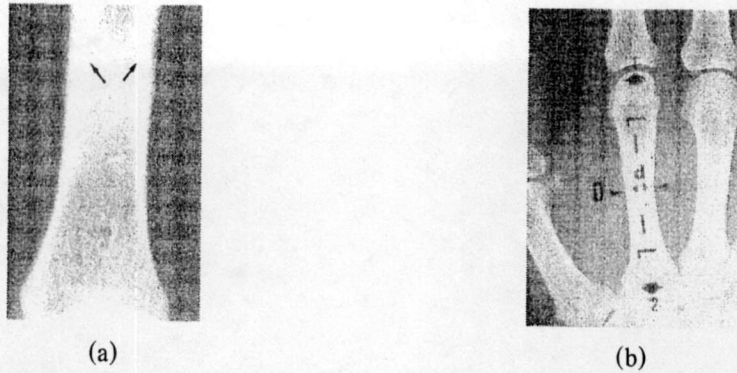
$$\text{OSTA (Osteoporosis Self Assessment Tool for Asians)} = 0.2 \times (\text{น้ำหนักตัว} - \text{อายุ})$$

พิจารณาค่าที่ได้จากการคำนวณถ้ามากกว่า -1 หมายถึง มีความเสี่ยงในการเป็นโรคกระดูกบางต่ำ ถ้าค่าที่ได้จากการคำนวณอยู่ระหว่าง -1 ถึง -4 หมายถึง มีความเสี่ยงในการเป็นโรคกระดูกบางปานกลางและถ้าค่าที่ได้จากการคำนวณน้อยกว่า -4 หมายถึง มีความเสี่ยงในการเป็นโรคกระดูกบางมาก



รูปที่ 2.3 แสดงระดับความเสี่ยงของการเป็นโรคกระดูกบางโดยใช้วิธี OSTA ในการคำนวณ

ต่อมาจึงมีแนวคิดในการวิเคราะห์ภาวะโรคกระดูกบางจากฟิล์มเอกซเรย์ในส่วนของข้อมือหรือกระดูกขา [12] โดยทำการวิเคราะห์ห่าอัตราส่วนระหว่าง ค่าความยาวของข้อกระดูกกับความกว้างของเนื้อกระดูก เพื่อบ่งชี้ว่าผู้ที่มีภาวะโรคกระดูกบางจะมีอัตราส่วนระหว่างค่าความยาวของข้อกระดูกกับความกว้างของเนื้อกระดูกเท่าใด ซึ่งก็สามารถคัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงจากภาวะโรคกระดูกบางได้เช่นกัน แต่ก็ยังคงไม่ได้ถูกกำหนดให้ใช้เป็นมาตรฐานในการวินิจฉัยภาวะโรคกระดูกบาง เนื่องจากได้มีการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวินิจฉัยภาวะโรคกระดูกบางที่ให้ค่าความน่าเชื่อถือที่ดีกว่า



รูปที่ 2.4 (a) แสดงการวัดความกว้างของกระดูกขา (b) แสดงการวัดค่าความหนาของกระดูกจากนิ้วมือ [12]

ในปัจจุบันได้มีการ การวิจัยโรคกระดูกบางโดยใช้วิธีการวัดความหนาแน่นของกระดูก (Bone Mineral Density) โดยใช้เครื่อง Dual Energy X-ray Absorptiometry (DEXA) ซึ่งทำงานโดยการฉายรังสีเอกซ์พลังงานต่ำ 2 ระดับสลับกันแล้วถ่ายภาพกระดูกออกมา โดยจะวัดความหนาแน่นของกระดูกที่บริเวณกระดูกสันหลัง, กระดูกสะโพก, กระดูกต้นขา และปลายกระดูกข้อมือ แล้วจึงนำค่าความหนาแน่นของกระดูกที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าความหนาแน่นของกระดูกของคนปกติในเพศเดียวกัน (T-Score) [9] โดยองค์การอนามัยโลก (WHO) [14] ได้นิยามโรคกระดูกบางว่าเป็นภาวะที่ค่าความหนาแน่นของกระดูกที่วัดจากเครื่อง DEXA มีค่าต่ำกว่าต่ำกว่า -2.5 SD ของประชากรในวัยหนุ่มสาว ถ้าหากค่าความหนาแน่นของกระดูกที่วัดได้น้อยกว่า -1 SD (Standard deviation) แต่ไม่ถึง -2.5 SD จะมีโอกาสที่จะอยู่ในภาวะกระดูกหักได้ง่าย

2.2 การประมวลผลทางภาพดิจิทัล (Digital image processing)

ภาพดิจิทัล (Digital image) คือรูปภาพที่ได้ถูกเปลี่ยนเป็นรูปแบบของตัวเลขแล้ว ในที่นี้หมายถึงแถวลำดับ (Array) 2 มิติของตัวเลข โดยให้ $f(x, y)$ เรียกว่าค่าความเข้มแสง (Intensity) หรือระดับสีเทา (Gray level) ค่าต่ำสุดเป็น 0 (สีดำ) ส่วนค่าสูงสุด (สีขาว) นั้นขึ้นอยู่กับความสามารถในการเก็บตัวเลขในคอมพิวเตอร์ สมมติ 1 จุดภาพเก็บ 1 บิตหรือ 2^1 จะมีค่าความเข้มแสงสูงสุดเป็น 1 ถ้าหากเปลี่ยนเป็นแต่ละจุดภาพเก็บ 1 ไบต์หรือ 2^8 ค่าความเข้มแสงสูงสุดของจุดภาพจะเป็น 255 ตัวแปร y คือค่าของหลัก (column) และตัวแปร x คือค่าของแถว (row) ซึ่งจุดเล็ก ๆ ที่ประกอบด้วยตัวเลขพวกนี้เรียกว่าจุดภาพ หรือ พิกเซล (Pixel)

พิกเซล (x,y)

หลัก y →

แถว x ↓

223	205	99	37	233	23	195	215	212	73
73	103	179	69	241	210	224	113	142	199
19	201	57	12	68	20	24	232	40	15
65	43	157	131	23	144	91	140	120	248
61	209	84	148	82	144	51	151	31	174
127	40	139	8	255	20	225	131	79	57
227	26	45	81	192	188	61	130	63	206
152	3	111	72	184	55	10	187	173	71
152	34	65	164	12	147	43	12	242	19
63	58	244	160	55	180	221	177	209	239

รูปที่ 2.5 แสดงรูปแบบการจัดเก็บค่าสีของพิกเซลในภาพดิจิทัล

การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital image processing) คือการประมวลผลทางคอมพิวเตอร์โดยใช้เทคนิคและอัลกอริทึมต่าง ๆ กับภาพที่อยู่ในรูปแบบตัวเลขแล้ว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพให้ได้ภาพใหม่ที่มีคุณสมบัติตามต้องการซึ่งเทคนิคของการประมวลผลทางภาพนั้นจะเป็นวิธีการเกี่ยวกับการจัดรูปแบบของสีและแสงเงา, การทำให้ภาพที่รับเข้ามามีความชัดเจนมากขึ้น, การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะต่าง ๆ ของภาพและการจัดประเภทของภาพ เป็นต้น

2.2.1 รูปแบบสี (Color model)

รูปแบบสี คือ รูปแบบการแสดงค่าสีในลักษณะตัวเลข ซึ่งค่าของตัวเลขจะถูกเก็บเป็นชุดตัวเลข (Vector) โดยอาจจะแบ่งเป็นชุดตัวเลข 1 ชุดเก็บค่าสี 3 สีหรือชุดตัวเลข 1 ชุดเก็บค่าสี 4 สี เป็นต้น เช่นรูปแบบสี RGB หรือ CMYK เป็นต้น

2.2.1.1 รูปแบบสีขาว - ดำ (Binary model)

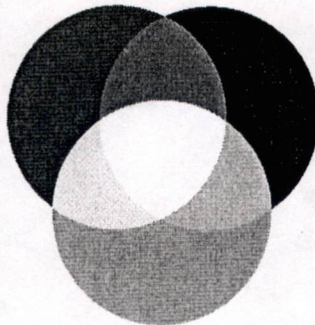
ลักษณะของภาพในรูปแบบนี้จะมีสีที่แสดงอยู่ 2 สี คือค่าสีดำ (0) และค่าสีขาว (1) ทำให้ขนาดภาพในรูปแบบนี้มีขนาดเล็กเนื่องจากการเก็บข้อมูลภาพเพียง 1 บิต

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

รูปที่ 2.6 แสดงรูปแบบสีขาว - ดำ

2.2.1.2 รูปแบบสี RGB (RGB model)

รูปแบบสี RGB เป็นรูปแบบที่เกิดจากการรวมตัวกันของแสงสีแดง (Red), แสงสีเขียว (Green) และแสงสีน้ำเงิน (Blue) ในอัตราส่วนความเข้มแสงที่แตกต่างกัน จึงทำให้เกิดสีต่าง ๆ ออกมามากมาย

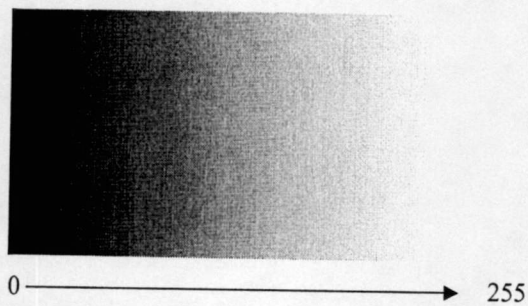


รูปที่ 2.7 แสดงรูปแบบสี RGB

ค่าความลึกของพิกเซล (Pixel Depth) จะเป็นตัวบอกว่าแต่ละสีสามารถเก็บค่าความเข้มแสงได้มากที่สุดเท่าไร ถ้าหากแต่ละสีมีการเก็บค่าความเข้มแสง 256 ค่าหรือ 2^8 นั่นคือมีค่าความลึกของพิกเซลก็จะมีค่าเท่ากับ 8 บิต การผสมของสีทั้ง 3 ด้วยความลึกของสีที่มีค่าเท่ากับ 8 บิต จะทำให้เกิดสีที่แตกต่างกันทั้งหมด $2^8 \times 2^8 \times 2^8 = 2^{24}$ (16,777,216) สี

2.2.1.3 รูปแบบสีเทา (Gray scale model)

ภาพที่ถูกจัดเก็บในรูปแบบนี้จะมีลักษณะเป็นภาพสีเทาที่ไล่ระดับของสีจากดำไป ขั้วขาว ซึ่งหากสมมติให้สีที่มีค่าความเข้มแสงต่ำสุดเท่ากับ 0 (สีดำ) และสีที่มีค่าความเข้มแสง สูงสุดเท่ากับ 255 (สีขาว) ทำให้มีระดับสีที่แตกต่างกัน 256 ระดับการจัดเก็บสีในรูปแบบของ เลขฐานสองก็จะถูกจัดเก็บทั้งหมด 8 บิต หรือ 1 ไบต์ นั่นเอง



รูปที่ 2.8 แสดงการไล่ระดับของสีดำไปขาว

ถ้าเราต้องการที่จะให้ระดับความแตกต่างของสีมีมากขึ้นเท่าไรก็จะทำให้ได้ภาพที่ มีความละเอียด (Resolution) เพิ่มขึ้น การจัดเก็บในรูปแบบของเลขฐานสองก็จะมีค่ามากตามไปด้วยทำ ให้รูปภาพที่จัดเก็บมีขนาดไฟล์ใหญ่ตามความละเอียดของภาพด้วย

การแปลงภาพสี RGB ให้เป็นภาพสีเทานั้นสามารถทำได้โดยนำค่าความเข้มแสง ของแต่ละแฉดสีมาคำนวณจากสมการ [8]

$$\text{Grayscale} = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (2.1)$$

โดยที่	<i>Grayscale</i>	คือค่าความเข้มแสงในรูปแบบสีเทา
	<i>R</i>	คือค่าความเข้มแสงของสีแดง
	<i>G</i>	คือค่าความเข้มแสงของสีเขียว
	<i>B</i>	คือค่าความเข้มแสงของสีน้ำเงิน

2.2.2 ค่าฮิสโทแกรม (Histogram)

ฮิสโทแกรมในความหมายของการประมวลผลทางภาพ คือ การอ้างอิงถึงค่าความถี่ของค่า ความเข้มแสงของพิกเซล ค่าฮิสโทแกรมที่แสดงในรูปที่ 2.9 อธิบายถึงค่าความถี่ของจำนวนพิกเซล

ที่มีค่าความเข้มแสงที่ต่างกัน สำหรับภาพสีที่เก็บในรูปแบบ RGB นั้น จะแสดงค่าฮิสโทแกรมได้เป็น 3 ค่า คือ ค่าฮิสโทแกรมของสีแดง, ค่าฮิสโทแกรมของสีเขียว และค่าฮิสโทแกรมของสีน้ำเงิน

ฮิสโทแกรมจะเป็นข้อมูลที่ถูกนำมาใช้ในอัลกอริทึมต่าง ๆ ในกระบวนการประมวลผลทางภาพ เช่น การปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Image Enhancement), การหาค่า Threshold และการหาขอบภาพ (Edge detection) เป็นต้น



รูปที่ 2.9 แสดงค่าฮิสโทแกรม

2.2.3 การปรับปรุงคุณภาพของรูปภาพ (Image enhancement)

เป็นขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพของรูปภาพ ให้มีความถูกต้องชัดเจนยิ่งขึ้น เพื่อลดสัญญาณรบกวน (Noise) ที่เกิดขึ้นภายในภาพ, เน้นภาพให้ชัดเจนกว่าเดิม และปรับปรุงให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน การปรับปรุงคุณภาพของรูปภาพโดยวิธี Spatial domain method คือ การใช้กระบวนการวิธีการประมวลผลทางภาพกับค่าความเข้มแสงของพิกเซลที่อยู่ในรูปภาพนั้นโดยตรง

2.2.3.1 การทำคอนโวลูชัน (Convolution)

การคอนโวลูชันคือการกระทำระหว่าง Mask กับรูปภาพ โดยที่ Mask คือเมตริกซ์ขนาด $m \times n$ ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$f(i, j) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} h(m, n) \cdot g(i-m, j-n) \quad (2.2)$$

เมื่อ i คือค่าของแถวของรูปภาพ
 j คือค่าของหลักของรูปภาพ

- M คือความกว้างของ Mask
 N คือความยาวของ Mask
 f คือผลลัพธ์ที่เกิดจากการคอนโวลูชัน
 h คือค่าใน mask
 g คือค่าความเข้มแสงของรูปภาพ

K_{11}	K_{12}	K_{13}
K_{21}	K_{22}	K_{23}
K_{31}	K_{32}	K_{33}

(a)

I_{11}	I_{12}	I_{13}	I_{14}	I_{15}	I_{16}	I_{17}	I_{18}	I_{19}
I_{21}	I_{22}	I_{23}	I_{24}	I_{25}	I_{26}	I_{27}	I_{28}	I_{29}
I_{31}	I_{32}	I_{33}	I_{34}	I_{35}	I_{36}	I_{37}	I_{38}	I_{39}
I_{41}	I_{42}	I_{43}	I_{44}	I_{45}	I_{46}	I_{47}	I_{48}	I_{49}
I_{51}	I_{52}	I_{53}	I_{54}	I_{55}	I_{56}	I_{57}	I_{58}	I_{59}
I_{61}	I_{62}	I_{63}	I_{64}	I_{65}	I_{66}	I_{67}	I_{68}	I_{69}
I_{71}	I_{72}	I_{73}	I_{74}	I_{75}	I_{76}	I_{77}	I_{78}	I_{79}
I_{81}	I_{82}	I_{83}	I_{84}	I_{85}	I_{86}	I_{87}	I_{88}	I_{89}
I_{91}	I_{92}	I_{93}	I_{94}	I_{95}	I_{96}	I_{97}	I_{98}	I_{99}

(b)

รูปที่ 2.10 (a) แสดง Mask ขนาด 3×3 (b) แสดงค่าความเข้มแสงในตำแหน่งใด ๆ ของภาพ

จากรูปที่ 2.10 สามารถแสดงตัวอย่างการคอนโวลูชันได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 f(2,2) &= (K_{11} \times I_{11}) + (K_{12} \times I_{12}) + (K_{13} \times I_{13}) + \\
 &+ (K_{21} \times I_{21}) + (K_{22} \times I_{22}) + (K_{23} \times I_{23}) + \\
 &+ (K_{31} \times I_{31}) + (K_{32} \times I_{32}) + (K_{33} \times I_{33})
 \end{aligned}$$

2.2.3.2 การลดสัญญาณรบกวนของภาพโดยวิธี Averaging filters

กระบวนการทำงานของ Averaging filter เป็นการลดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ โดยกำหนดหน้าต่าง (Window) ขนาดต่าง ๆ เช่น 3×3 , 5×5 , 7×7 เป็นต้น หาค่าเฉลี่ยของพิกเซลทุกจุดที่อยู่ในหน้าต่างที่พิจารณา ปรับค่าความเข้มแสงของพิกเซลที่พิจารณาตามค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้ ดังตัวอย่างรูปที่ 2.11 ค่าความเข้มแสงใหม่ของพิกเซลที่พิจารณาจะเท่ากับ

$$(92+71+54+148+143+229+241+197+97)/9 = 141.33 \approx 141$$

92	71	54	→	92	71	54
148	143	229		148	141	229
241	197	97		241	197	97

รูปที่ 2.11 แสดงการทำงานของ Averaging Filters

2.2.3.3 การลดสัญญาณรบกวนของภาพโดยวิธี Median filters

กระบวนการทำงานของ Median filter จะแตกต่างจากกระบวนการทำงานของ Averaging filter ตรงการหาค่าที่จะทำการเปลี่ยนค่าความเข้มแสงของพิกเซลจุดที่พิจารณา โดยจะทำการหาค่ามัธยฐานจากหน้าต่างที่พิจารณาแทนการหาค่าเฉลี่ย ดังตัวอย่างรูปที่ 2.12 หาค่ามัธยฐานโดยการเรียงลำดับตัวเลขใหม่จากข้อมูล 106, 74, 81, 140, 183, 16, 184, 39, 61 จะเรียงได้ดังนี้ 16, 39, 61, 74, 81, 106, 140, 183, 184 ดังนั้นค่าความเข้มแสงของพิกเซลจุดที่พิจารณาจะมีค่าเท่ากับ 81

106	74	81	→	106	74	81
140	183	16		140	81	16
184	39	61		184	39	61

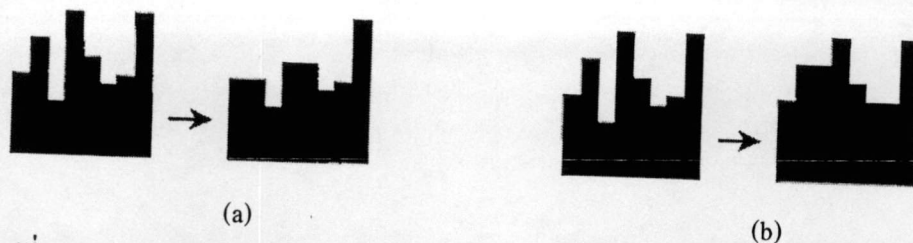
รูปที่ 2.12 แสดงการทำงานของ Median Filters

2.2.3.4 การลดสัญญาณรบกวนของภาพโดยวิธี Peak and valley

วิธี Peak and valley [13] เป็นการลดสัญญาณรบกวนออกจากภาพโดยการพิจารณาค่าความเข้มแสงของพิกเซลรอบข้าง ทางแนวแกน x และแนวแกน y ทีละแกน ถ้าค่าความเข้มแสงของพิกเซลที่พิจารณาอยู่นั้นมีค่ามากที่สุด (peak cutting) หรือน้อยที่สุด (valley filling) เมื่อเทียบกับพิกเซลรอบ ๆ ข้างก็จะทำการปรับค่าความเข้มแสงของพิกเซลนั้น จากสมการที่ 2.3

$$P'(i) = \begin{cases} \text{Min}(P(i-1), P(i+1)) & , \text{if}((P(i) < P(i-1)) \text{and} (P(i) < P(i+1))) \\ \text{Max}(P(i-1), P(i+1)) & , \text{if}((P(i) > P(i-1)) \text{and} (P(i) > P(i+1))) \\ P(i), & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (2.3)$$

- โดยที่ i คือตำแหน่งของพิกเซล
 $P(i)$ คือค่าความเข้มแสง
 $P'(i)$ คือค่าความเข้มแสงที่ปรับค่าแล้ว

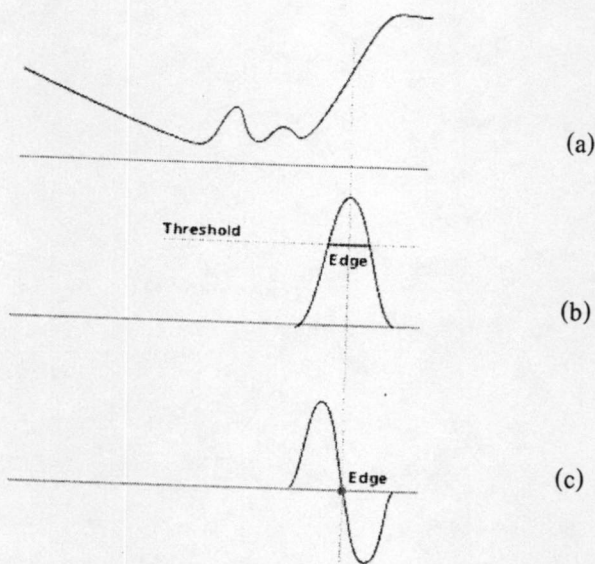


รูปที่ 2.13 (a) แสดงการพิจารณาการปรับค่าความเข้มแสงที่สูงสุด (b) แสดงการพิจารณาการปรับค่าความเข้มแสงที่ต่ำสุด [12]

2.2.4 การหาขอบภาพ (Edge detection)

การหาขอบภาพเป็นการหาเส้นรอบวัตถุที่อยู่ในภาพ โดยวัดจากการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับพิกเซลดังกล่าวมากที่สุด ขอบภาพที่ได้จะทำให้สามารถคำนวณหาพื้นที่, ขนาด การแบ่งแยกวัตถุของรูปภาพหรือการรู้จำชนิดของวัตถุนั้นได้

วิธีการหาขอบนั้นมีด้วยกันหลายวิธี แต่อย่างไรก็ตามสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มที่เกิดจากการหาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง 1 ตัวอย่างวิธีการหาขอบของกลุ่มนี้ เช่น Roberts, Prewitt, Sobel และ Canny เป็นต้น และกลุ่มที่เกิดจากการหาอนุพันธ์อันดับสอง 2 ตัวอย่างวิธีการหาขอบของกลุ่มนี้ เช่น Laplacian (Zerocross) และ Laplacian of Guassian (LoG) เป็นต้น



รูปที่ 2.14 (a) แสดงค่าความเข้มแสงที่แตกต่างกันของรูปภาพ (b) แสดงการหาค่าอนุพันธ์อันดับหนึ่ง และ (c) แสดงการหาค่าอนุพันธ์อันดับสอง [4]

2.2.4.1 วิธีการหาขอบภาพจากอนุพันธ์อันดับหนึ่ง (Gradient method)

วิธีนี้จะหาขอบโดยการหาจุดต่ำสุดและจุดสูงสุดในรูปของอนุพันธ์อันดับหนึ่งของภาพ โดยจุดที่เป็นขอบจะอยู่ในส่วนที่เหนือค่า Threshold จึงทำให้เส้นขอบที่ได้มีลักษณะหนา ตัวอย่างวิธีการหาขอบของกลุ่มนี้ เช่น Roberts, Prewitt, Sobel และ Canny เป็นต้น

2.2.4.2 วิธีการหาขอบภาพโดยวิธีแคนนี่ (Canny edge detection)

การหาขอบภาพโดยวิธีแคนนี่ [1] สามารถแบ่งขั้นตอนการทำงานได้เป็น 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการลดสัญญาณรบกวนของภาพ โดยการการใช้ Gaussian filter จากสมการ

$$g(m, n) = G_{\sigma}(m, n) * f(m, n) \quad (2.4)$$

โดยที่

$$G_{\sigma} = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[-\frac{m^2 + n^2}{2\sigma^2}\right]$$

2. ทำการหา Gradient ของ $g(m, n)$ จากสมการ

$$M(m, n) = \sqrt{g_m^2(m, n) + g_n^2(m, n)} \quad (2.5)$$

และ

$$\theta(m, n) = \tan^{-1}\left[g_n(m, n)/g_m(m, n)\right] \quad (2.6)$$

โดยที่ θ คือค่ามุมของจุด m, n

3. ขั้นตอนการทำ Nonmaximum suppression คือ การตรวจสอบพิกเซลที่มีทิศทางเดียวกับ Gradient และมีความเข้มแสงมากที่สุดคือพิกเซลเส้นขอบภาพ ส่วนพิกเซลอื่น ๆ ให้กำหนดค่าความเข้มแสงให้มีค่าเท่ากับ 0

4. การตรวจสอบค่า Threshold ซึ่งวิธีแคนนี่จะทำการกำหนดค่า Threshold ที่แตกต่างกันไว้ 2 ค่า คือ T_1 และ T_2 โดยที่ $T_1 > T_2$ พิกเซลที่มีค่ามากกว่า T_1 จะถูกกำหนดค่าให้เป็น 1 และพิกเซลที่มีค่าน้อยกว่า T_2 จะถูกกำหนดให้มีค่าเป็น 0 ส่วนพิกเซลที่อยู่ระหว่าง T_1 และ T_2

จะต้องพิจารณาพิกเซลรอบ ๆ ข้าง หากพบว่าพิกเซลที่อยู่รอบข้างของพิกเซลที่เป็นขอบ มีค่ามากกว่า T_2 แล้ว จะปรับค่าพิกเซลดังกล่าวให้มีค่าเป็น 1 และถือเป็นสมาชิกหนึ่งในภาพขอบด้วยเช่นกัน

2.2.4.3 วิธีการหาขอบภาพจากอนุพันธ์อันดับสอง (Laplacian method)

การหาขอบภาพโดยใช้อนุพันธ์อันดับ 2 วิธีนี้เมื่อทำการหาอนุพันธ์อันดับ 2 แล้วก็พิจารณาจากจุดที่ค่า y เป็น 0 ซึ่งคือจุดที่ค่าของ y มีการเปลี่ยนค่าจากบวกเป็นลบ หรือ เปลี่ยนค่าของ y จากลบเป็นบวก ตัวอย่างวิธีการหาขอบของกลุ่มนี้ เช่น Laplacian (Zerocross) และ Laplacian of Gaussian เป็นต้น ฟังก์ชันการหาขอบภาพของโปรแกรม MATLAB [6] มีรูปแบบคำสั่งดังต่อไปนี้

```
BW = edge(Image,'Method',Threshold)
```

โดยที่	BW	คือภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการหาขอบภาพ
	Image	คือภาพในรูปแบบระดับสีเทา
	Method	คือวิธีการหาขอบภาพซึ่งมีด้วยกัน 6 วิธี ได้แก่ roberts, prewitt, sobel, zerocross, log และ canny
	Threshold	คือค่า Threshold ที่กำหนด

งานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการค้นหาขอบภาพด้วยเทคนิคของแคนนี่ เนื่องจากวิธีนี้มีจุดเด่นคือเส้นขอบที่บางและมีการใช้ตัวกรองเกาส์เซียน (Gaussian Filter) ทำให้ลดสัญญาณรบกวนลงได้ดีกว่าวิธีอื่น ๆ

2.2.5 การแปลงภาพสีให้เป็นภาพขาว - ดำ (Binary Image)

การแปลงภาพสีให้เป็นภาพขาว - ดำก็คือการแยกวัตถุที่ปรากฏอยู่ในภาพออกจากพื้นหลังของภาพ ซึ่งใช้วิธีการหาค่า Threshold ในการแบ่งภาพออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นวัตถุและส่วนที่เป็นพื้นหลัง ภาพที่ได้จะเรียกว่าภาพไบนารี (Binary image)

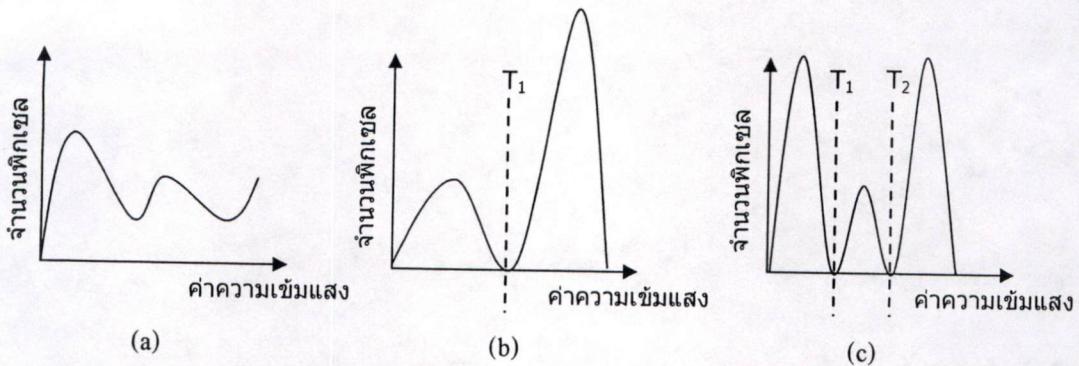
Threshold คือ ค่าที่ใช้วิเคราะห์ในกระบวนการแปลงภาพสีให้เป็นภาพขาว - ดำ โดยกำหนดให้พิกเซลที่มีค่าความเข้มแสงมากกว่าหรือเท่ากับค่า Threshold เป็นส่วนของวัตถุภายในภาพ (Foreground) ซึ่งจะถูกรับค่าความเข้มแสงให้เท่ากับ 1 และพิกเซลที่มีค่าความเข้มแสงที่น้อยกว่าค่า Threshold จะเป็นส่วนของพื้นหลังของภาพ (Background) ซึ่งจะถูกรับค่าความเข้มแสงให้เท่ากับ 0 แสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{If } f(x,y) \geq T \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (2.7)$$

โดยที่ $g(x,y)$ คือค่าความเข้มแสงในรูปแบบขาว - ดำของพิกเซล x,y ใด ๆ
 T คือค่า Threshold

ค่า Threshold แบ่งออกเป็น 2 ชนิดตามลักษณะการคำนวณค่า Threshold คือ

1. Global Threshold คือค่า Threshold ที่ได้จากการคำนวณพิกเซลทั้งหมดของภาพ เพื่อให้ได้ค่า Threshold เพียงค่าเดียว
2. Local Threshold คือการคำนวณหาค่า Threshold ของรูปภาพโดยแบ่งรูปภาพออกเป็น ส่วน ๆ แล้วทำการหาค่า Threshold ทีละส่วน ทำให้ได้ค่า Threshold ที่มีค่าที่แตกต่างกันในแต่ละส่วน



รูปที่ 2.15 (a) แสดงค่าความเข้มแสงของรูปภาพ (b) แสดงการแบ่งค่าความเข้มแสงออกเป็น 2 ช่วง และ (c) แสดงการแบ่งค่าความเข้มแสงออกเป็น 3 ช่วง

การแปลงภาพสีให้เป็นภาพขาว - ดำให้ได้ภาพที่คมชัดสามารถแยกส่วนที่เป็นวัตถุออกจาก ส่วนที่เป็นพื้นหลังได้อย่างถูกต้องชัดเจนนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการเลือกค่า Threshold ที่ถูกต้องและเหมาะสม จึงมีวิธีการหาค่า Global Threshold อยู่หลายวิธีเช่น วิธีการหาค่า Threshold ของ Otsu และวิธี Adaptive Threshold เป็นต้น

2.2.5.1 วิธีการหาค่า Threshold ของ Otsu (Otsu's thresholding)

วิธีการคำนวณค่า Threshold ของ Otsu [11] เป็นวิธีที่ใช้ค่าความน่าจะเป็น (Probability) ของความเข้มแสงจากฮิสโทแกรมมาเป็นข้อมูลในการคำนวณหาค่า Threshold ของภาพ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

เริ่มจากการหาค่าความน่าจะเป็นของความเข้มแสงจากสมการ

$$P(i) = f_i / N \quad (2.8)$$

โดยที่ f_i คือค่าความถี่ของพิกเซลที่ระดับค่าความเข้มแสง i
 N คือจำนวนพิกเซลทั้งหมดของภาพ

กำหนดให้ $C_1 = [1, 2, \dots, t]$ และ $C_2 = [t+1, t+2, \dots, L]$ เมื่อ t คือค่าความเข้มแสงและ L คือค่าสูงสุดของค่าความเข้มแสงจะได้สมการความน่าจะเป็นของความเข้มแสงระหว่าง 2 ส่วน ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$C_1 = \frac{P(1)}{\omega_1(t)}, \frac{P(2)}{\omega_1(t)}, \dots, \frac{P(t)}{\omega_1(t)} \quad (2.9)$$

$$C_2 = \frac{P(t+1)}{\omega_2(t)}, \frac{P(t+2)}{\omega_2(t)}, \dots, \frac{P(L)}{\omega_2(t)} \quad (2.10)$$

โดยที่

$$\omega_1(t) = \sum_{i=1}^t P(i)$$

$$\omega_2(t) = \sum_{i=t+1}^L P(i)$$

ค่าเฉลี่ยของส่วน C_1 และ C_2 คำนวณจากสมการ

$$\mu_1(t) = \sum_{i=1}^t \frac{iP(i)}{\omega_1(t)} \quad (2.11)$$

$$\mu_2(t) = \sum_{i=t+1}^L \frac{iP(i)}{\omega_2(t)} \quad (2.12)$$

กำหนดให้ μ_T คือค่าเฉลี่ยของค่าความเข้มแสงของภาพ

$$\omega_1 \mu_1 + \omega_2 \mu_2 = \mu_T \quad (2.13)$$

โดยที่

$$\omega_1 + \omega_2 = 1$$

จากสมการการหาค่าความแปรปรวน (Variance) จะได้

$$\sigma_B^2 = \omega_1 (\mu_1 - \mu_T)^2 + \omega_2 (\mu_2 - \mu_T)^2 \quad (2.14)$$

จะได้สมการ

$$t^* = \text{Max} \left\{ \sigma_B^2(t) \right\}, 1 \leq t < L \quad (2.15)$$

เลือกค่า Threshold t^* จากสมการที่ 2.15 ที่มีค่ามากที่สุด จะได้ค่า Threshold โดยวิธีการคำนวณของ Otsu [11]

2.2.5.2 การหาค่า Threshold โดยวิธี Adaptive Threshold

การหาค่า Threshold โดยวิธี Adaptive Threshold [2] เป็นการหาค่า Threshold แบบ Local Threshold ซึ่งกระทำได้โดยการแบ่งพื้นที่ของภาพ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ (Window) โดยแบ่งออกเป็นส่วนละเท่า ๆ กันเช่น 3×3 , 5×5 , 7×7 เป็นต้น ไม่นิยมแบ่งเป็นคู่เพราะจะทำให้ไม่สามารถหาจุดพิกเซลที่อยู่ตรงกลางของส่วนที่แบ่งได้ ค่า Threshold ของแต่ละส่วนคำนวณได้จากการหาค่าเฉลี่ย (Mean), ค่ามัธยฐาน (Median) หรือค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าความเข้มแสงมากที่สุดกับค่าความเข้มแสงน้อยที่สุดในส่วนย่อย ๆ นั้นดังสมการ

$$\text{Threshold} = \frac{\text{Max} - \text{Min}}{2} \quad (2.16)$$

โดยที่ Max คือ ค่าความเข้มแสงมากที่สุด
 Min คือ ค่าความเข้มแสงน้อยที่สุด

พิจารณาจุดพิกเซลที่เป็นจุดศูนย์กลางของส่วนที่คำนวณ ถ้ามีค่าความเข้มแสงมากกว่าหรือเท่ากับค่า Threshold จะถูกทำให้มีค่าความเข้มแสงเท่ากับ 0 และพิกเซลที่มีค่าความเข้มแสงที่น้อยกว่าค่า Threshold จะถูกทำให้มีค่าความเข้มแสงเท่ากับ 1 ทำการเลื่อน (Slide) จำนวนพื้นที่ส่วนต่อไปเรื่อย ๆ วิธีนี้จะเหมาะกับการนำไปใช้ในงานประเภทการรู้จำตัวอักษร (Optical Characteristic Recognition), การประมวลผลภาพเอกซเรย์ เนื่องจากความสว่างของภาพไม่สม่ำเสมอ

```

N2=3;
for i = 1+N2 : H-N2
    for j = 1+N2 : W-N2
        % extract subimage
        subimage = p(i-N2:i+N2,j-N2:j+N2);
        threshold = mean(mean(subimage));
        if p(i,j) < threshold
            outimage(i,j) = 1;
        else
            outimage(i,j) = 0;
        end
    end
end
end

```

รูปที่ 2.16 แสดงขั้นตอนทางคอมพิวเตอร์ของการคำนวณหาค่า Threshold โดยวิธี Adaptive Threshold

118	217	20	224	144
111	212	2	116	238
110	57	178	246	123
205	24	193	117	94
110	131	35	247	11
217	24	70	61	252
216	31	156	99	121

(a)

118	217	20	224	144
111	212	2	116	238
110	57	178	246	123
205	24	193	117	94
110	131	35	247	11
217	24	70	61	252
216	31	156	99	121

(b)

118	217	20	224	144
111	212	2	116	238
110	57	178	246	123
205	24	193	117	94
110	131	35	247	11
217	24	70	61	252
216	31	156	99	121

(c)

118	217	20	224	144
111	212	2	116	238
110	57	178	246	123
205	24	193	117	94
110	131	35	247	11
217	24	70	61	252
216	31	156	99	121

(d)

รูปที่ 2.17 (a), (b), (c) และ (d) แสดงการเลื่อนส่วนย่อยๆ (หน้าต่างขนาด 3x3) ตามลำดับ เพื่อคำนวณหาค่า Threshold ที่ละส่วน

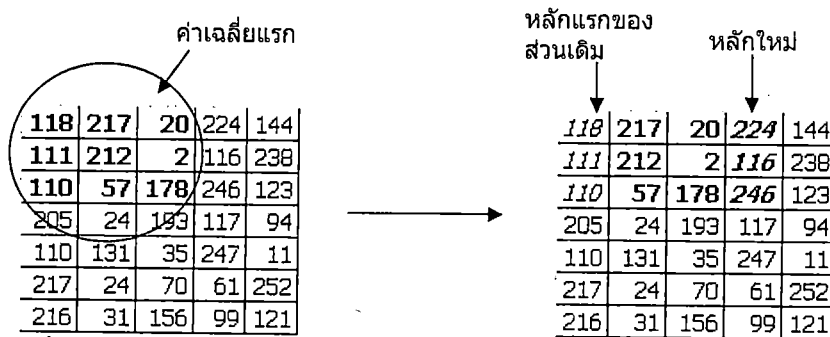
2.2.5.3 การหาค่า Threshold โดยวิธี Optimizing Speed for Adaptive Local

Thresholding Algorithm Using Dynamic Programming

ในปี ค.ศ. 2004 Duong Anh Duc, Tran Le Hong Du และ Tran Duc Duan [3] ได้นำเสนองานวิจัยที่ทำการหาค่า Threshold โดยการปรับปรุงวิธีการคำนวณค่า Threshold ตามวิธี Adaptive Threshold ให้มีประสิทธิภาพในการคำนวณเร็วกว่าเดิม โดยการนำเอาอัลกอริทึม

Dynamic Programming เข้ามาประยุกต์ใช้ ดังนั้นค่า Threshold ที่คำนวณได้จึงไม่จำเป็นต้องหาคำนวณจากทุกพิกเซลในแต่ละส่วน

การคิดค่าเฉลี่ยโดยคำนวณจากผลรวมของค่าความเข้มแสงทุกพิกเซลหารด้วยจำนวนของพิกเซลนั้นจะคำนวณ เฉพาะส่วนแรกของแถวเท่านั้น สำหรับการหาค่าเฉลี่ยในส่วนถัดไปจะคำนวณจากการนำค่าผลรวมของค่าความเข้มแสงเดิม + ค่าผลรวมของหลักใหม่ - ค่าผลรวมของหลักแรกของส่วนเดิมดังแสดงในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 แสดงการคำนวณค่า Threshold โดยการใช้อัลกอริทึม Dynamic Programming

2.2.6 การจำแนกวัตถุออกจากภาพ (Segmentation)

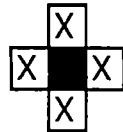
2.2.6.1 การจำแนกวัตถุออกจากภาพโดยใช้วิธี Label (Connected Components Labeling)

Labeling)

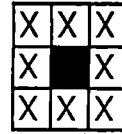
เป็นการแยกวัตถุออกจากภาพ ซึ่งภาพที่นำมาประมวลผลจะต้องเป็นภาพที่อยู่ในรูปแบบของภาพขาว - ดำ (Binary image) โดยพิกเซลที่อยู่ติดต่อกันจะถูกกำหนดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ส่วนพิกเซลที่แยกออกไม่ต่อเนื่องกับพิกเซลอื่นก็จะถูกกำหนดอยู่ในกลุ่มที่ต่างกันไป ซึ่งฟังก์ชันการ Label [6] ของโปรแกรม MATLAB มีรูปแบบคำสั่งดังต่อไปนี้

$$L = \text{belabel}(BW, n)$$

- โดยที่ L คือผลลัพธ์ที่ได้จากการ Label
- BW คือภาพในรูปแบบขาว - ดำ
- n คือจำนวนพิกเซลรอบข้าง ๆ มีค่าเท่ากับ 4 หรือ 8



(a)



(b)

รูปที่ 2.19 (a) แสดงพิกเซล 4 จุกรอบข้างพิกเซล และ (b) แสดงพิกเซล 8 จุกรอบข้างพิกเซล

1	1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	0	1	1	0	0
1	1	1	0	1	1	0	0
1	1	1	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	1	0
1	1	1	0	1	1	1	0
1	1	1	0	0	0	0	0

→

1	1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	0	2	2	0	0
1	1	1	0	2	2	0	0
1	1	1	0	0	0	3	0
1	1	1	0	0	0	3	0
1	1	1	0	0	0	3	0
1	1	1	0	3	3	3	0
1	1	1	0	0	0	0	0

รูปที่ 2.20 แสดงผลที่ได้จากการ Label โดยพิจารณาพิกเซลรอบ ๆ ข้าง 4 พิกเซล

2.3 การจำแนกกลุ่มข้อมูล (Data Clustering)

การจำแนกกลุ่มข้อมูล (Data clustering) คือการแบ่งชุดข้อมูล (Vector data) ออกเป็นกลุ่ม (Cluster) โดยนำข้อมูลที่มีคุณลักษณะเหมือนกันจัดไว้ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งพิจารณาจากการคำนวณระยะห่างระหว่างเวกเตอร์ของชุดข้อมูล โดยใช้การวัดระยะแบบต่าง ๆ เช่น การวัดระยะแบบยูคลิด (Euclidean distance) การวัดระยะแบบแมนฮัตตัน (Manhattan distance) การวัดระยะแบบเชบิเชฟ (Chebychev distance) เป็นต้น เป็นค่าตัดสินว่าชุดข้อมูลควรอยู่ในกลุ่มใดจากระยะห่างของกลุ่มที่น้อยที่สุด

2.3.1 จำแนกกลุ่มข้อมูลโดยวิธี K-mean

การแบ่งกลุ่มโดยวิธี K-mean จะใช้ผลต่างของแต่ละลักษณะต่าง ๆ (Euclidean distance) ที่ปรากฏอยู่ในชุดข้อมูล (vector data) เป็นเกณฑ์พิจารณาในการเลือกกลุ่ม ซึ่งสามารถเขียนเป็นขั้นตอนหลักการทำงานได้ดังนี้

1. ทำการสุ่มเลือกชุดข้อมูลที่เป็นจุดกึ่งกลาง K กลุ่ม
2. ใช้ระยะห่างระหว่างชุดข้อมูลใด ๆ กับชุดข้อมูลที่เป็นจุดกึ่งกลางของแต่ละกลุ่มเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาว่าจะให้ชุดข้อมูลใด ๆ อยู่ในกลุ่มไหนจากระยะห่างที่น้อยที่สุด
3. ทำการคำนวณจุดกึ่งกลางของแต่ละกลุ่มใหม่
4. ทำขั้นตอนที่ 2-3 ซ้ำจนกว่าจุดกึ่งกลางจะไม่เปลี่ยนแปลง

ซึ่งฟังก์ชันการจำแนกกลุ่มโดยวิธี K-mean [6][7] ของโปรแกรม MATLAB มีรูปแบบ
คำสั่งดังต่อไปนี้

$$[\text{IDX}] = \text{kmeans}(X,k)$$

โดยที่	IDX	คือผลลัพธ์ที่ได้จากการจำแนกกลุ่มโดยวิธี K-mean
	X	คือชุดข้อมูลที่จะทำการจำแนกกลุ่ม
	K	คือจำนวนกลุ่มข้อมูลที่จะทำการจำแนก

บทที่ 3

การวิเคราะห์ภาวะโรคกระดูกบางจากภาพ X-ray ปอด

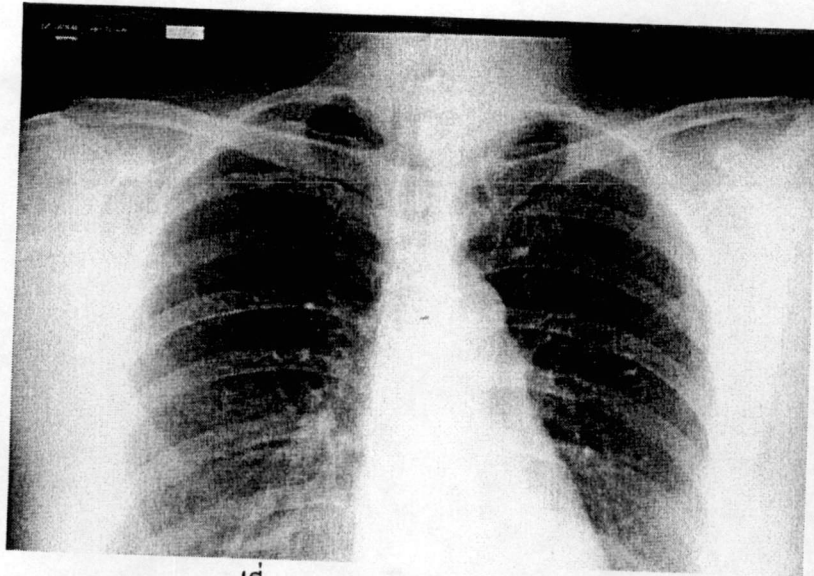
งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่ทำการทดลองหาลักษณะที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มคนปกติและกลุ่มภาวะโรคกระดูกบางโดยพิจารณาจากบริเวณกระดูกไหปลาร้าของภาพ X-ray ปอดเพื่อบ่งชี้และคัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงที่จะอยู่ในกลุ่มภาวะโรคกระดูกบางซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การแปลงจากฟิล์ม X-ray ปอดให้อยู่ในรูปแบบภาพดิจิทัล
2. การปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Image Enhancement)
3. การแยกวัตถุออกจากภาพ (Segmentation)
4. การแยกคุณลักษณะเฉพาะของภาพ (Feature Extraction)
5. การจำแนกกลุ่มของข้อมูล (Clustering Data)

จากการศึกษาการวิเคราะห์ภาพ X-ray ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้าระหว่างกลุ่มคนปกติและกลุ่มภาวะโรคกระดูกบาง ทำให้ทราบถึงลักษณะที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มคนปกติและกลุ่มภาวะโรคกระดูกบาง โดยที่อัตราส่วนระหว่างขนาดของกระดูกเปลือกนอกและส่วนที่เป็นแผ่นเยื่อใยภายในช่องโพรงกระดูกบริเวณไหปลาร้า ของกลุ่มคนปกติจะมีอัตราส่วนที่แตกต่างจากกลุ่มภาวะโรคกระดูกบาง

3.1 การแปลงจากฟิล์ม X-ray ปอดให้อยู่ในรูปแบบภาพดิจิทัล

ข้อมูลภาพ X-ray ปอดที่นำมาวิจัยได้จากโรงพยาบาลวชิรพยาบาลซึ่งเป็นข้อมูลที่ผ่านการคัดแยกระหว่างภาพ X-ray ของปอดของกลุ่มผู้ที่มีภาวะโรคกระดูกบางและกลุ่มบุคคลที่มีกระดูกปกติจากแพทย์แล้วแต่เนื่องจากข้อมูลที่ได้ยังไม่เป็นรูปภาพดิจิทัลจึงไม่สามารถนำการประมวลผลทางภาพโดยคอมพิวเตอร์มาใช้ได้ ดังนั้นจึงต้องทำการแปลงฟิล์ม X-ray ปอดดังกล่าวให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัลก่อน โดยการใช้กล้องดิจิทัลที่มีความละเอียด 5 ล้านพิกเซล ถ่ายภาพฟิล์ม X-ray ปอดผ่านเครื่องฉายภาพ X-ray ในระยะทางที่เท่ากัน



รูปที่ 3.1 แสดงภาพ X-ray ของปอด

3.2 การปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Image Enhancement)

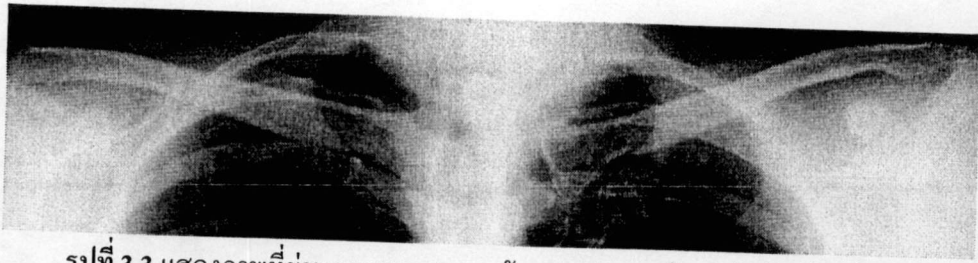
3.2.1 การเตรียมภาพก่อนทำการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะ

เนื่องจากบริเวณที่จะนำมาวิเคราะห์หาลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกัน คือบริเวณกระดูกไหปลาร้า จึงทำการนำภาพถ่ายดิจิทัลของฟิล์ม X-ray ปอดมาตัด (Crop) เฉพาะส่วนบนซึ่งครอบคลุมกระดูกไหปลาร้าเพื่อความลดเวลาในการประมวลผลทางภาพ



รูปที่ 3.2 แสดงภาพ X-ray ที่ตัดจากภาพถ่ายดิจิทัลของฟิล์ม X-ray ปอดเฉพาะส่วนที่ครอบคลุมกระดูกไหปลาร้า

เมื่อได้ภาพที่ทำการตัดภาพถ่ายดิจิทัลของฟิล์ม X-ray ปอดเฉพาะส่วนบนลำตัวครอบคลุมกระดูกไหปลาร้าแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการทำให้ภาพมีสัญญาณรบกวนน้อยลง โดยใช้วิธีการ peak and valley [13] ในการลดสัญญาณรบกวนของภาพ เนื่องจากเป็นวิธีลดสัญญาณรบกวนที่มีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดี และใช้เวลาในการทำงานน้อย



รูปที่ 3.3 แสดงภาพที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน โดยวิธี peak and valley

3.3 การแยกวัตถุออกจากภาพ (Segmentation)

3.3.1 การแปลงภาพสีให้เป็นภาพขาว - ดำ (Binary Image)

เนื่องจากความสว่างของภาพไม่สม่ำเสมอและภาพมีรายละเอียดมากทำให้ไม่สามารถใช้ค่า Threshold เพียงค่าเดียวในการแปลงภาพสีให้อยู่ในรูปแบบขาว-ดำเพราะการใช้ค่า Threshold เพียงค่าเดียวจะทำให้รายละเอียดภายในภาพขาดหายไป งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธี Optimizing Speed for Adaptive Local Thresholding Algorithm Using Dynamic Programming [3] ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้เวลาในการทำงานน้อยและเป็นการหาค่า Threshold แบบ Local ทำให้ได้รายละเอียดของภาพสูงแต่ก็ได้สัญญาณรบกวนมากกับภาพมากเช่นกัน

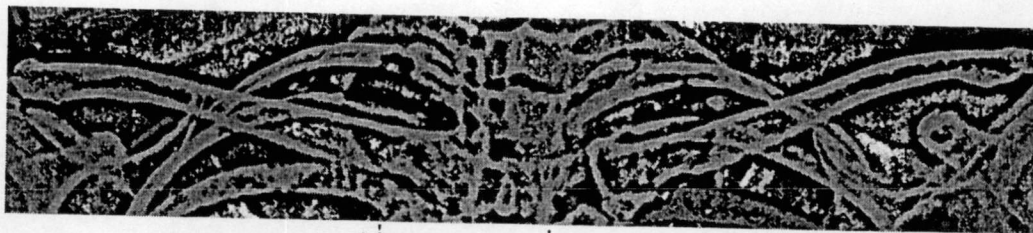


รูปที่ 3.4 แสดงภาพขาว-ดำ ที่ถูกแปลงมาจากภาพสี

3.3.2 การลดสัญญาณรบกวน (Noise reduction)

สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนการทำงานได้ดังนี้

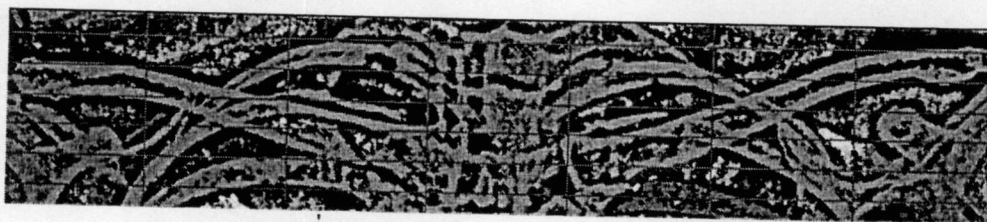
1. ภาพที่เกิดจากการแปลงภาพสีเป็นภาพขาว - ดำนั้นมีสัญญาณรบกวนอยู่มากจึงต้องทำการลดสัญญาณรบกวนออก โดยขั้นตอนแรกทำการ Label วัตถุภาพที่มีความต่อเนื่องกันให้มีสีเดียวกัน ดังแสดงในรูป 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงภาพที่ผ่านการ Label

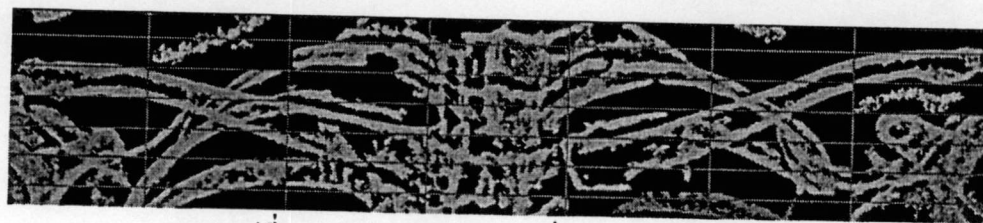
2. จากภาพผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 นำหาค่าเฉลี่ยของจำนวนพิกเซลในแต่ละวัตถุของภาพ โดยกำหนดให้วัตถุที่มีจำนวนพิกเซลน้อยกว่า 60 เปรอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ยของจำนวนพิกเซลของวัตถุทั้งหมด จะถือว่าเป็นสัญญาณรบกวนของภาพ จึงทำการปรับค่าความเข้มแสงของพิกเซลที่อยู่ภายในวัตถุนั้นให้เป็นสีดำหรือสีพื้น

3. ทำการแบ่งภาพออกเป็น 7 ส่วนทั้งแนวตั้งและแนวนอน จะทำให้ได้ส่วนย่อยรวมทั้งสิ้น 49 ส่วน เพื่อพิจารณาทีละส่วนว่าวัตถุที่มีจำนวนพิกเซลมากที่สุดคือวัตถุส่วนใด แล้วทำการปรับค่าความเข้มแสงของพิกเซลในวัตถุอื่น ๆ ให้เป็นสีดำ การแบ่งภาพออกเป็น 7 ส่วนทั้งแนวตั้งและแนวนอนเนื่องจากจะได้สมมาตรของรูปภาพในแนวตั้ง โดยส่วนที่ 4 จะเป็นส่วนของกระดูกสันหลังพอดี และเป็นขนาดที่เหมาะสมที่จะทำการพิจารณาหาวัตถุต่าง ๆ ภายในภาพมากกว่าการแบ่งออกเป็น 3, 5 หรือ 11 ส่วน



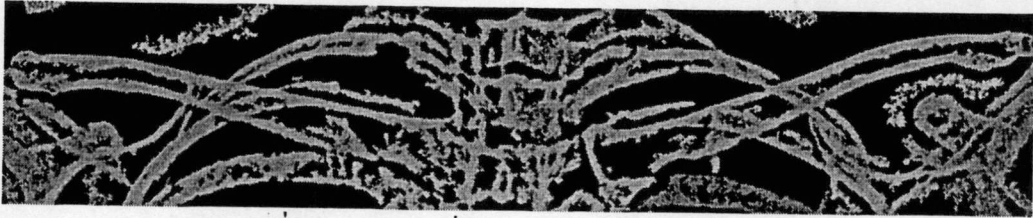
รูปที่ 3.6 แสดงการแบ่งภาพออกเป็นส่วนย่อย ๆ

4. นำภาพผลลัพธ์จากขั้นตอนที่ 3 (รูปที่ 3.6) ซึ่งเป็นภาพที่แยกออกเป็นส่วนย่อย ๆ เพื่อหาวัตถุที่มีจำนวนพิกเซลมากที่สุดของแต่ละส่วนมาต่อกันเป็นภาพเดียวกันดังแสดงในรูปที่ 3.7



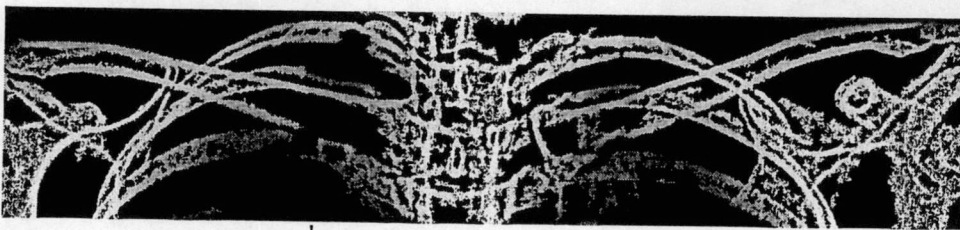
รูปที่ 3.7 แสดงภาพแต่ละส่วนที่ต่อกันเป็นภาพเดียว

5. ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 (รูปที่ 3.7) นำมาตรวจสอบหาส่วนของวัตถุในภาพที่พิกเซลหายไปโดยเทียบจากภาพผลลัพธ์จากขั้นตอนที่ 1 ซึ่งเป็นขั้นตอนการ Label วัตถุภายในภาพ (รูปที่ 3.5) เพื่อให้ได้ภาพที่ถูกต้องสมบูรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงภาพที่ผ่านการตรวจสอบวัตถุที่ถูกต้อง

6. ทำการรวมภาพ (Intersection) ระหว่างภาพที่ผ่านกระบวนการ Peak and valley (รูปที่ 3.3) กับภาพผลลัพธ์จากขั้นตอนที่ 5 (รูปที่ 3.8) ซึ่งทำให้ได้ภาพโครงสร้างของกระดูกที่ชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 3.9



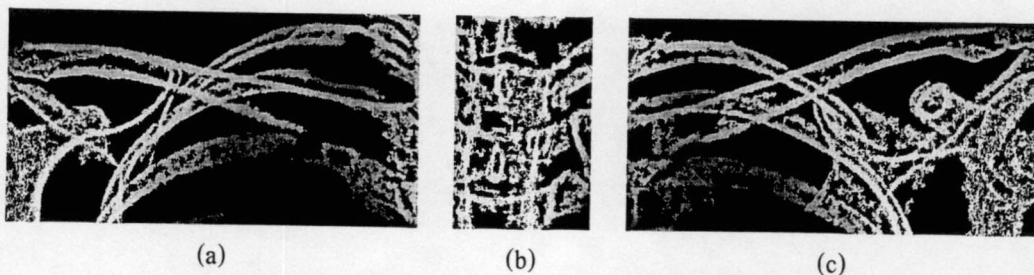
รูปที่ 3.9 แสดงภาพโครงสร้างของกระดูก

3.4 การแยกคุณลักษณะเฉพาะของภาพ (Feature Extraction)

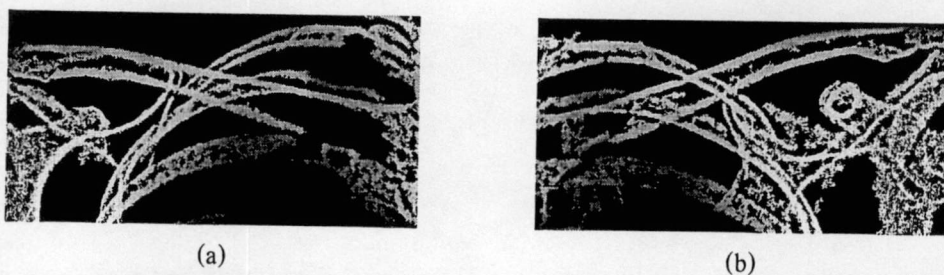
สำหรับขั้นตอนนี้จะทำการหาคุณลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกันของภาพบริเวณกระดูกไหปลาร้า โดยทำการวัดขนาดความหนาของกระดูกเปลือกนอกและส่วนที่เป็นแผ่นเยื่อใยภายในช่องโพรงกระดูกบริเวณไหปลาร้า แล้วทำการวิเคราะห์หาค่าอัตราส่วนของแต่ละกลุ่ม มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. ทำการตัดเฉพาะบริเวณกระดูกไหปลาร้าทั้งสองด้าน โดยการแบ่งอัตราส่วนของในแนวนอนออกเป็น 3 ส่วนคือลำตัวทางด้านขวา, ส่วนของกระดูกลำคอ และลำตัวทางด้านซ้าย ดังแสดงในรูปที่ 3.10 ซึ่งส่วนที่จะพิจารณาคือส่วนของลำตัวทางด้านขวาและลำตัวทางด้านซ้าย เพื่อพิจารณาหาค่าความกว้างของกระดูกท่อนบน และความกว้างของกระดูกท่อนล่างของกระดูกไห

ปลาร้า ซึ่งแต่ละด้านจะมีอัตราส่วนความยาวเป็น $\frac{3}{7}$ ของภาพที่แสดงโครงสร้างของกระดูก (รูปที่ 3.9) ดังแสดงในรูปที่ 3.11 (a) และ (b)



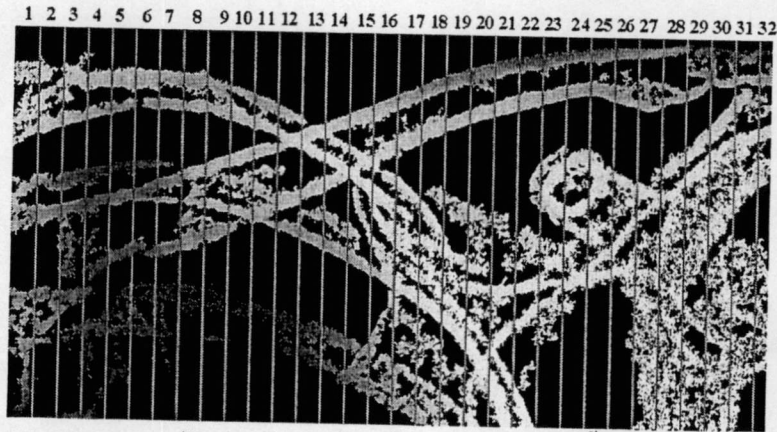
รูปที่ 3.10 (a) แสดงภาพกระดูกใหญ่ปลาร้าทางด้านขวามีอัตราส่วน $\frac{3}{7}$ ของภาพที่แสดงโครงสร้างของกระดูก, (b) แสดงภาพกระดูกส่วนกลางมีอัตราส่วน $\frac{1}{7}$ ของภาพที่แสดงโครงสร้างของกระดูกและ (c) แสดงภาพกระดูกใหญ่ปลาร้าทางด้านซ้ายมีอัตราส่วน $\frac{3}{7}$ ของภาพที่แสดงโครงสร้างของกระดูก



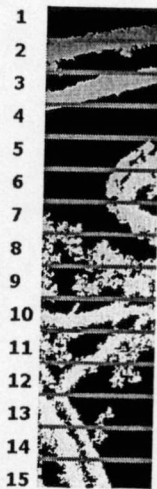
รูปที่ 3.11 (a) แสดงภาพกระดูกใหญ่ปลาร้าทางด้านขวาและ (b) แสดงภาพกระดูกใหญ่ปลาร้าทางด้านซ้าย

2. ขั้นตอนนี้จะเป็นการกำหนดขอบเขตที่จะทำการคำนวณหาค่าความกว้างของกระดูกท่อนบน และความกว้างของกระดูกท่อนล่างของกระดูกใหญ่ปลาร้าทั้งสองด้าน โดยแบ่งกระดูกใหญ่ปลาร้าแต่ละด้านในแนวตั้งออกเป็น 32 ส่วนเท่า ๆ กันเพื่อกำหนดขอบเขตของกระดูกใหญ่ปลาร้าที่จะนำมาคำนวณดังแสดงในรูปที่ 3.12 ขอบเขตที่ใช้คำนวณในแนวนอนโดยปกติด้านขวาจะ เริ่มจากส่วนที่ 8 ด้านซ้ายจะเริ่มจากส่วนที่ 24 เพราะเป็นส่วนที่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ของภาพส่วนมาก แต่เนื่องจากขอบเขตที่กำหนดดังกล่าวบางภาพไม่สามารถนำมาคำนวณได้ จึงสามารถเลือกขอบเขตใหม่ที่สามารถคำนวณได้แทนขอบเขตเดิม

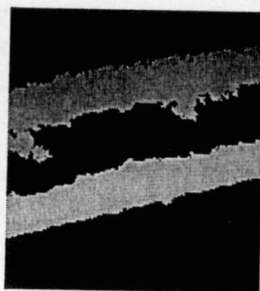
เมื่อได้ขอบเขตในแนวตั้ง ขั้นตอนต่อไปคือการเลือกขอบเขตในแนวตั้ง โดยแบ่งภาพที่ได้ในแนวนอนออกเป็น 15 ส่วนเท่า ๆ กัน ดังแสดงในรูปที่ 3.13 เลือกส่วนที่เป็นขอบเขตเริ่มต้นและขอบเขตสุดท้ายของภาพเพื่อที่จะคำนวณหาค่าความกว้างของกระดูกท่อนบน และความกว้างของกระดูกท่อนล่างของกระดูกไหปลาร้า



รูปที่ 3.12 แสดงภาพกระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้ายโดยแบ่งในแนวตั้งออกเป็น 32 ส่วนเท่า ๆ กัน

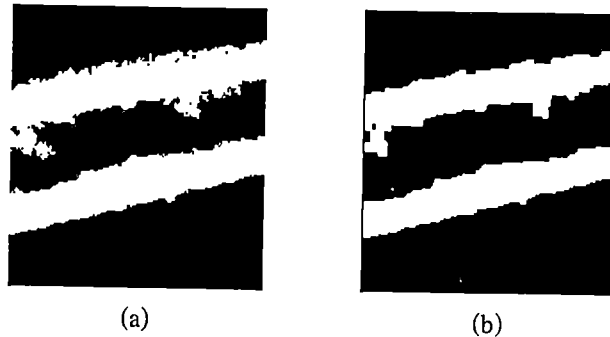


รูปที่ 3.13 แสดงภาพกระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้ายโดยแบ่งในแนวนอนออกเป็น 15 ส่วนเท่า ๆ กัน



รูปที่ 3.14 แสดงภาพกระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้าย

3. ทำการแปลงภาพให้อยู่ในรูปแบบขาว-ดำ และทำการปรับลดสัญญาณรบกวนอีกครั้ง โดยใช้กระบวนการมอโฟโลยี (Morphology) โดยใช้วิธี Opening และ Closing ซึ่งกระบวนการ Opening จะเป็นการทำให้มุมขอบเรียบขึ้น ส่วนกระบวนการ Closing จะเป็นกระบวนการปรับให้พื้นที่สีดำเล็กมาก ๆ ที่อยู่ภายในพื้นที่สีขาว (Hole) ให้กลายเป็นพื้นที่สีขาว



รูปที่ 3.15 (a) แสดงภาพในรูปแบบขาว-ดำบริเวณกระดุกไพลาร้าทางด้านซ้าย, (b) ภาพที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวนโดยใช้กระบวนการมอโฟโลยี

4. เนื่องจากลักษณะภาพของบริเวณกระดุกไพลาร้าของแต่ละด้านนั้นยังไม่อยู่ในแนวระนาบจึงจำเป็นต้องทำการหมุนภาพ (rotation) ให้อยู่ในแนวระนาบก่อนเพื่อทำการวัดค่าความกว้างของกระดุกไพลาร้า โดยหาองศาของภาพจากความชันของกระดุกส่วนบนดังแสดงในรูปที่ 3.16

กำหนดจุด x_1, y_1 โดยหาจากเส้นขอบกระดุกส่วนบนและกำหนดระยะห่าง l เพื่อทำการหาจุด x_2, y_2 โดย

$$x_2 = x_1 + l \quad (3.1)$$

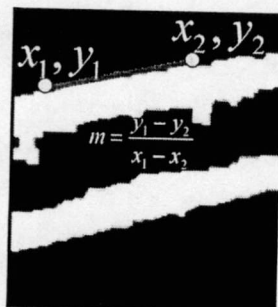
หาตำแหน่ง y_2 จากเส้นขอบกระดุกส่วนบนที่จุด x_2 จะได้จุด x_2, y_2 ซึ่งเป็นจุดปลายของเส้นตรง หาค่าความชัน m ของเส้นตรง จากสมการ

$$m = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} \quad (3.2)$$

แล้วนำค่าความชันที่ได้แทนค่าในฟังก์ชัน imrotate ในโปรแกรม Matlab ซึ่งมีรูปแบบคำสั่งดังนี้

$$B = \text{imrotate}(A, \text{angle})$$

โดยที่ B คือภาพผลลัพธ์ที่ผ่านการหมุนมาแล้ว
 A คือภาพที่ทำการหมุน
 angle คือองศาในการหมุน



รูปที่ 3.16 แสดงการวัดค่าความชันของกระดุกส่วนบน

5. จากภาพที่ผ่านการหมุนมาแล้วนั้นเมื่อพิจารณาจากภาพจะมีวัตถุที่เห็นเด่นชัดอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนของกระดุกท่อนบนและกระดุกท่อนล่างเพื่อทำการเก็บลักษณะเฉพาะของแต่ละภาพ จึงทำการวัดค่าความกว้างของกระดุกท่อนบน, ค่าของความกว้างของกระดุกท่อนล่าง, ค่าความสูงกว้างของกระดุกบริเวณไหล่ปลาร้าทั้งทางด้านซ้ายและด้านขวา และนับจำนวนวัตถุที่อยู่ระหว่างกระดุกท่อนบนกับกระดุกท่อนล่าง โดยที่การวัดค่าความกว้างของกระดุกแต่ละส่วนสามารถแสดงได้ดังนี้

กำหนดจุด x_1, y_1 โดยหาจากเส้นขอบกระดุกส่วนบนและกำหนดระยะห่าง l เพื่อทำการหาจุด x_2, y_2 โดย

$$x_2 = x_1 + l \quad (3.3)$$

หาด้านแนง y_2 จากเส้นขอบกระดุกส่วนบนที่จุด x_2 จะได้จุด x_2, y_2 ซึ่งเป็นจุดปลายของเส้นตรง L_1 หาค่าความชัน m ของเส้นตรง L_1 จากสมการ

$$m = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} \quad (3.4)$$

ทำให้หาค่า c_1 ได้จากการแทน x_1, y_1 ค่าในสมการเส้นตรง ดังแสดงในสมการที่ 3.5

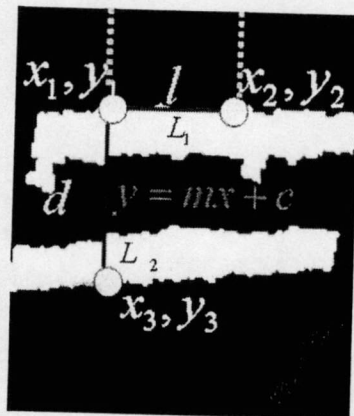
$$y = m_1x + c_1 \quad (3.5)$$

เส้นตรง L_2 เป็นเส้นตรงที่ตั้งฉากกับเส้นตรง L_1 ซึ่งความชันจะคูณกันได้ -1 เมื่อนำไปแทนในสมการที่ 3.6 จะได้

$$y = -m_1x + c_2 \quad (3.6)$$

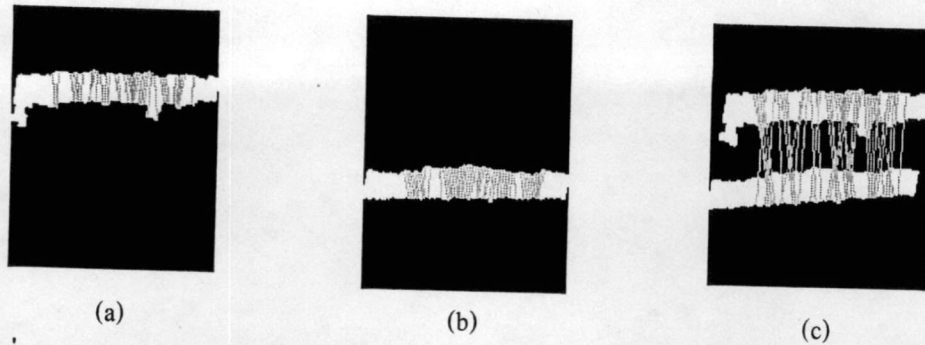
แทนค่า x_1, y_1 ลงในสมการ 3.6 เพื่อหาค่า c_2 จะได้สมการเส้นตรง L_2 ที่ตั้งฉากกับเส้นตรง L_1 หาค่าความยาวของเส้นตรงที่ตั้งฉากได้จากสมการที่ 3.7

$$d = \sqrt{(x_1 - x_3)^2 + (y_1 - y_3)^2} \quad (3.7)$$



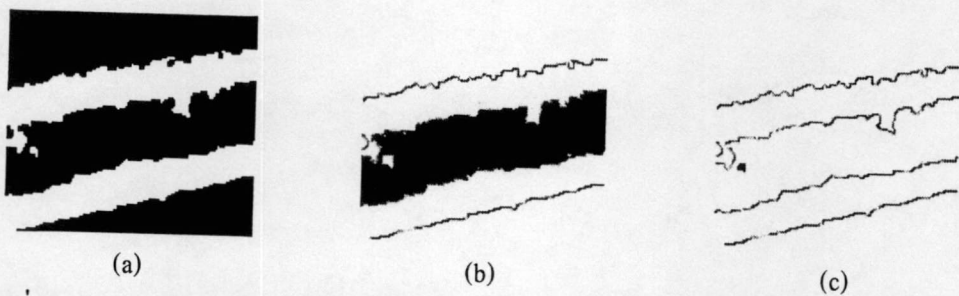
รูปที่ 3.17 แสดงการวัดความกว้างของกระดุก

ค่าความยาวของกระดุกแต่ละส่วนคือ ค่าเฉลี่ยของค่าความยาวทุกเส้นที่วัดได้จากกระดุกแต่ละส่วน



รูปที่ 3.18 (a) แสดงการวัดค่าความกว้างของกระดูกท่อนบน, (b) แสดงการวัดค่าความกว้างของกระดูกท่อนล่างและ (c) แสดงการวัดค่าความยาวของของกระดูกบริเวณไหล่ปลาร้า

จำนวนวัตถุที่อยู่ระหว่างกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่าง หาได้โดยการพิจารณาวัตถุที่อยู่ภายในบริเวณโครงกระดูกจากภาพที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 ว่ามีจำนวนเท่าใดดังแสดงในรูปที่ 3.19



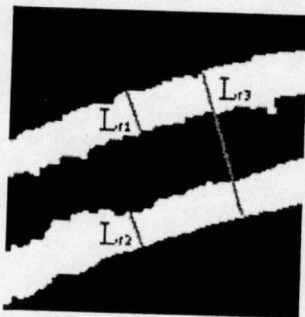
รูปที่ 3.19 (a) แสดงภาพผลลัพธ์จากการลดสัญญาณรบกวน, (b) แสดงภาพขอบเขตบริเวณโครงกระดูกและ (c) แสดงจำนวนชิ้นวัตถุที่อยู่ภายในบริเวณโครงกระดูก

3.5 การจำแนกกลุ่มของข้อมูล (Data Clustering)

เป็นการจำแนกกลุ่มของข้อมูลโดยการนำลักษณะเฉพาะ (Feature) ที่ได้จากทุกภาพจากสมการ K-mean จากโปรแกรม MATLAB ผลลัพธ์ที่ได้จะทำให้ทราบว่าลักษณะเฉพาะที่ใช้พิจารณาสามารถใช้เป็นลักษณะบ่งชี้ระหว่างกลุ่มคนปกติและกลุ่มภาวะโรคกระดูกบางได้มากหรือน้อยเพียงใด โดยวิเคราะห์จากความถูกต้องของกลุ่มที่แบ่งได้ โดยกำหนดให้

- L_{11} คือความกว้างของกระดูกท่อนบนทางด้านซ้าย
- L_{12} คือความกว้างของกระดูกท่อนล่างทางด้านซ้าย
- $L_{11} + L_{12}$ คือผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างทางด้านซ้าย
- L_{13} คือความกว้างของกระดูกบริเวณไหล่ปลาร้าทางด้านซ้าย

L_{r1}	คือ ความกว้างของกระดูกท่อนบนทางด้านขวา
L_{r2}	คือความกว้างของกระดูกท่อนล่างทางด้านขวา
$L_{r1} + L_{r2}$	คือผลรวมค่าความกว้างของกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างทางด้านขวา
L_{r3}	คือความกว้างของกระดูกบริเวณไหล่ปลาร้าทางด้านขวา



รูปที่ 3.20 แสดงการวัดขนาดความกว้างของกระดูกทางด้านขวา

ลักษณะเฉพาะที่นำมาวิเคราะห์จะสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี

3.5.1 ลักษณะเฉพาะของกระดูกบริเวณไหล่ปลาร้าทางด้านขวา

จะประกอบไปด้วย 6 ลักษณะ คือ

1. ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดูกท่อนบนขวา (L_{r1}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างทางด้านขวา ($L_{r1} + L_{r2}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{r1}}{L_{r1} + L_{r2}}$
2. ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดูกท่อนล่างขวา (L_{r2}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างทางด้านขวา ($L_{r1} + L_{r2}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{r2}}{L_{r1} + L_{r2}}$
3. ค่าอัตราส่วนระหว่างผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนขวากับกระดูกท่อนล่างขวา ($L_{r1} + L_{r2}$) ต่อค่าความกว้างของกระดูกบริเวณไหล่ปลาร้าทางด้านขวา (L_{r3}) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{r1} + L_{r2}}{L_{r3}}$
4. ค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนวัตถุที่อยู่ระหว่างกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างต่อพื้นที่ของโพรงกระดูกทางด้านขวา
5. ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าลักษณะเฉพาะทั้ง 4 ลักษณะแรก

6. ค่าเฉลี่ยของค่าลักษณะเฉพาะทั้ง 4 ลักษณะแรก

3.5.2 ลักษณะเฉพาะของกระดุกบริเวณโพลาร้าทางด้านซ้าย

จะประกอบไปด้วย 6 ลักษณะ คือ

1. ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดุกท่อนบนซ้าย (L_{11}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดุกท่อนบนกับกระดุกท่อนล่างทางด้านซ้าย ($L_{11} + L_{12}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{11}}{L_{11} + L_{12}}$

2. ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดุกท่อนล่างซ้าย (L_{12}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดุกท่อนบนกับกระดุกท่อนล่างทางด้านซ้าย ($L_{11} + L_{12}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{12}}{L_{11} + L_{12}}$

3. ค่าอัตราส่วนระหว่างผลรวมของความกว้างของกระดุกท่อนบนซ้ายกับกระดุกท่อนล่างซ้าย ($L_{11} + L_{12}$) ต่อค่าความกว้างของกระดุกบริเวณโพลาร้าทางด้านซ้าย (L_{13}) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{11} + L_{12}}{L_{13}}$

4. ค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนวัตถุที่อยู่ระหว่างกระดุกท่อนบนกับกระดุกท่อนล่างต่อพื้นที่ของโพรงกระดุกทางด้านซ้าย

5. ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าลักษณะเฉพาะทั้ง 4 ลักษณะแรก

6. ค่าเฉลี่ยของค่าลักษณะเฉพาะทั้ง 4 ลักษณะแรก

3.5.3 ลักษณะเฉพาะของกระดุกบริเวณโพลาร้าทั้งด้านขวาและทางด้านซ้าย

ลักษณะเฉพาะที่นำมาวิเคราะห์มีอยู่ 10 ลักษณะ คือ

1. ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดุกท่อนบนขวา (L_{r1}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดุกท่อนบนกับกระดุกท่อนล่างทางด้านขวา ($L_{r1} + L_{r2}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{r1}}{L_{r1} + L_{r2}}$

2. ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดุกท่อนล่างขวา (L_{r2}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดุกท่อนบนกับกระดุกท่อนล่างทางด้านขวา ($L_{r1} + L_{r2}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{r2}}{L_{r1} + L_{r2}}$

3. ค่าอัตราส่วนระหว่างผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนขวา กับกระดูกท่อนล่างขวา ($L_{r1} + L_{r2}$) ต่อค่าความกว้างของกระดูกบริเวณไหปลาร้าทางด้านขวา (L_{r3}) ซึ่งเท่ากับ
$$\frac{L_{r1} + L_{r2}}{L_{r3}}$$
4. ค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนวัตถุที่อยู่ระหว่างกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างต่อพื้นที่ของโพรงกระดูกทางด้านขวา
5. ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดูกท่อนบนซ้าย (L_{l1}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างทางด้านซ้าย ($L_{l1} + L_{l2}$) ซึ่งเท่ากับ
$$\frac{L_{l1}}{L_{l1} + L_{l2}}$$
6. ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดูกท่อนล่างซ้าย (L_{l2}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างทางด้านซ้าย ($L_{l1} + L_{l2}$) ซึ่งเท่ากับ
$$\frac{L_{l2}}{L_{l1} + L_{l2}}$$
7. ค่าอัตราส่วนระหว่างผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนซ้ายกับกระดูกท่อนล่างซ้าย ($L_{l1} + L_{l2}$) ต่อค่าความกว้างของกระดูกบริเวณไหปลาร้าทางด้านซ้าย (L_{l3}) ซึ่งเท่ากับ
$$\frac{L_{l1} + L_{l2}}{L_{l3}}$$
8. ค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนวัตถุที่อยู่ระหว่างกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างต่อพื้นที่ของโพรงกระดูกทางด้านซ้าย
9. ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าลักษณะเฉพาะทั้ง 8 ลักษณะแรก
10. ค่าเฉลี่ยของค่าลักษณะเฉพาะทั้ง 8 ลักษณะแรก

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในบทนี้จะแสดงผลการทดลองที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพ X-ray บริเวณกระดูกไหปลาร้า โดยวิเคราะห์จากลักษณะเฉพาะ ดังกล่าวไว้ในบทที่ 3 เพื่อสรุปผลลัพธ์ที่ได้ว่าการเลือกลักษณะดังกล่าวมาวิเคราะห์โรคภาวะกระดูกบางจากภาพ X-ray สามารถวิเคราะห์ได้ถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง มากน้อยเพียงใด

4.1 ระบบคอมพิวเตอร์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ระบบคอมพิวเตอร์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

หน่วยประมวลผลกลาง (CPU)	: Intel Pentium Duo core 1.66 GHz
หน่วยความจำหลัก (RAM)	: 1 GB DRR2
หน่วยความจำสำรอง (Hard Disk)	: 80 GB
ระบบปฏิบัติการ (OS)	: Windows XP Service Pack 2 Professional
โปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนา	: Matlab Version 6.5

4.2 รายละเอียดและที่มาของข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง

ภาพ X-ray ที่ใช้ในการทดลองนี้ได้ถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มคนปกติจำนวน 12 คน, กลุ่มภาวะโรคกระดูกบางจำนวน 12 คน และกลุ่มข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบจำนวน 8 คน จากโรงพยาบาลศิริพยาบาล ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้ได้ผ่านการคัดแยกระหว่างภาพ X-ray ของกลุ่มผู้ที่มีภาวะโรคกระดูกบางและกลุ่มบุคคลที่มีกระดูกปกติจากแพทย์แล้ว กลุ่มข้อมูลของคนปกติจำนวน 12 คนและกลุ่มภาวะโรคกระดูกบางจำนวน 12 คน จะเป็นข้อมูลที่ใช้ทดสอบเพื่อหาค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของกลุ่มคนปกติและกลุ่มภาวะโรคกระดูกบางซึ่งจะเป็นค่าที่ใช้ในการชี้วัดภาวะโรคกระดูกบาง ส่วนกลุ่มข้อมูลทดสอบจำนวน 8 คนจะใช้ทดสอบค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของกลุ่มคนปกติและกลุ่มภาวะโรคกระดูกบางที่คำนวณได้จากการทดสอบข้างต้นว่ามีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด

4.3 วิธีการทดลอง

การทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 วิธีคือการทดลองหาค่าลักษณะเฉพาะของภาพ X-ray บริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้าย, ทางด้านขวา และทั้งสองด้านพร้อมกัน โดยพิจารณาจากการเลือกช่วงของภาพ X-ray บริเวณกระดูกไหปลาร้าของแต่ละด้านที่แบ่งออกเป็น 32 ส่วนในแนวตั้ง ออกมาวิเคราะห์ 2 ช่วง ทำการหาค่าลักษณะเฉพาะของแต่ละภาพจากกลุ่มตัวอย่าง เมื่อได้ลักษณะเฉพาะของทุกภาพแล้วก็จะนำมาทดสอบจำแนกประเภทข้อมูลด้วยฟังก์ชัน K-mean จากโปรแกรม Matlab จะได้หาค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่ม ซึ่งจะเป็นค่าที่ใช้ในการบ่งชี้ภาวะโรคกระดูกบางของแต่ละวิธี

4.4 ผลการวิเคราะห์จากลักษณะของกระดูกที่ได้

ผลการทดลองแสดงตามวิธีการทดลอง 3 วิธี ได้ดังนี้

4.4.1 ผลการวิเคราะห์จากลักษณะของกระดูกที่ได้จากภาพ X-ray บริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านขวา

ทดลองจากข้อมูลภาพ X-ray จำนวน 24 ภาพ โดยเลือกช่วงที่วิเคราะห์ 2 ช่วง โดยแบ่งเป็นกลุ่มคนปกติจำนวน 12 คน และกลุ่มภาวะโรคกระดูกบางจำนวน 12 คน จะได้ค่าลักษณะเฉพาะ 6 ลักษณะดังแสดงในตารางที่ 4.1

ซึ่งลักษณะเฉพาะทั้ง 6 ลักษณะคือ

1. ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดูกท่อนบนขวา ($L_{r,1}$) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างทางด้านขวา ($L_{r,1} + L_{r,2}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{r,1}}{L_{r,1} + L_{r,2}}$
2. ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดูกท่อนล่างขวา ($L_{r,2}$) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างทางด้านขวา ($L_{r,1} + L_{r,2}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{r,2}}{L_{r,1} + L_{r,2}}$
3. ค่าอัตราส่วนระหว่างผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนขวากับกระดูกท่อนล่างขวา ($L_{r,1} + L_{r,2}$) ต่อค่าความกว้างของกระดูกบริเวณไหปลาร้าทางด้านขวา ($L_{r,3}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{r,1} + L_{r,2}}{L_{r,3}}$

4. ค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนวัตถุที่อยู่ระหว่างกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างต่อพื้นที่ของโพรงกระดูกทางด้านขวา

5. ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าลักษณะเฉพาะทั้ง 4 ลักษณะแรก

6. ค่าเฉลี่ยของค่าลักษณะเฉพาะทั้ง 4 ลักษณะแรก

ตารางที่ 4.1 แสดงตำแหน่งที่เลือกมาวิเคราะห์ 2 ช่วงของภาพ X-ray บริเวณกระดูกไหปลาร้า
ทางด้านขวา

ภาพ	ช่วงที่	ลักษณะที่ 1	ลักษณะที่ 2	ลักษณะที่ 3	ลักษณะที่ 4	ลักษณะที่ 5	ลักษณะที่ 6
1	8-9	0.50507	0.49493	0.65624	0.00106	0.285214918	0.414325
2	8-9	0.51796	0.48204	0.65564	0.00136	0.285247572	0.41425
3	8-9	0.36037	0.63963	0.65473	0.00051	0.306979827	0.41381
4	8-9	0.35554	0.64446	0.70672	0.00115	0.322483529	0.4269675
5	8-9	0.5203	0.4797	0.72995	0.001	0.308007146	0.4327375
6	4-5	0.50939	0.49061	0.48264	0.001	0.246861501	0.37091
7	4-5	0.53808	0.46192	0.4866	0.00065	0.249467443	0.3718125
8	8-9	0.47104	0.52896	0.60161	0.00071	0.271879332	0.40058
9	8-9	0.31498	0.68502	0.64419	0.001	0.319783272	0.4112975
10	8-9	0.52195	0.47805	0.52121	0.00375	0.2524954	0.38124
11	4-5	0.49975	0.50025	0.69574	0.00153	0.296577843	0.4243175
12	8-9	0.51095	0.48905	0.57186	0.001	0.263813393	0.393215
13	9-10	0.52159	0.47841	0.36801	0.00237	0.235855815	0.342595
14	8-9	0.55176	0.44824	0.35114	0.0005	0.23939164	0.33791
15	8-9	0.43367	0.56633	0.35446	0.0011	0.241562077	0.33889
16	8-9	0.45622	0.54378	0.32829	0.00064	0.23811368	0.3322325
17	8-9	0.52734	0.47266	0.32881	0.00117	0.236220685	0.332495
18	11-12	0.47082	0.52918	0.29395	0.00339	0.236183735	0.324335
19	8-9	0.43711	0.56289	0.42034	0.00376	0.243307045	0.356025
20	8-9	0.50704	0.49296	0.31431	0.00035	0.235801677	0.328665
21	11-12	0.50634	0.49366	0.26339	0.00385	0.236639812	0.31681
22	8-9	0.56388	0.43612	0.24797	0.00307	0.243847346	0.31276

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ภาพ	ช่วงที่	ลักษณะที่ 1	ลักษณะที่ 2	ลักษณะที่ 3	ลักษณะที่ 4	ลักษณะที่ 5	ลักษณะที่ 6
23	8-9	0.45481	0.54519	0.337	0.00034	0.238421069	0.334335
24	11-12	0.6145	0.3855	0.23243	0.0002	0.258457002	0.3081575

จากผลการทดลองจำแนกประเภทของกลุ่มข้อมูลของภาพ X-ray บริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านขวาจะทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่มดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของภาพ X-ray บริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านขวา

ลักษณะเฉพาะ	กลุ่มปกติ	กลุ่มภาวะโรคกระดูกบาง
ลักษณะที่ 1	0.46878	0.50376
ลักษณะที่ 2	0.53122	0.49624
ลักษณะที่ 3	0.92589	0.48001
ลักษณะที่ 4	0.0012267	0.0017283
ลักษณะที่ 5	0.28407	0.24032
ลักษณะที่ 6	0.40462	0.33043

4.4.2 ผลการวิเคราะห์จากลักษณะของกระดูกที่ได้จากภาพ X-ray บริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้าย

ทดลองจากข้อมูลภาพ X-ray จำนวน 24 ภาพ โดยเลือกช่วงที่วิเคราะห์ 2 ช่วง โดยแบ่งเป็นกลุ่มคนปกติจำนวน 12 คน และกลุ่มภาวะโรคกระดูกบางจำนวน 12 คน จะได้ค่าลักษณะเฉพาะ 6 ลักษณะดังแสดงในตารางที่ 4.3

ซึ่งลักษณะเฉพาะทั้ง 6 ลักษณะคือ

1. ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดูกท่อนบนซ้าย (L_{11}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างทางด้านซ้าย ($L_{11} + L_{12}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{11}}{L_{11} + L_{12}}$

2. ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดูกท่อนล่างซ้าย (L_{12}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างทางด้านซ้าย ($L_{11} + L_{12}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{12}}{L_{11} + L_{12}}$
3. ค่าอัตราส่วนระหว่างผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนซ้ายกับกระดูกท่อนล่างซ้าย ($L_{11} + L_{12}$) ต่อค่าความกว้างของกระดูกบริเวณไหล่ปลาร้าทางด้านซ้าย (L_{13}) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{11} + L_{12}}{L_{13}}$
4. ค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนวัตถุที่อยู่ระหว่างกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างต่อพื้นที่ของโพรงกระดูกทางด้านซ้าย
5. ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าลักษณะเฉพาะทั้ง 4 ลักษณะแรก
6. ค่าเฉลี่ยของค่าลักษณะเฉพาะทั้ง 4 ลักษณะแรก

ตารางที่ 4.3 แสดงตำแหน่งที่เลือกมาวิเคราะห์ 2 ช่วงของภาพ X-ray บริเวณกระดูกไหล่ปลาร้าทางด้านซ้าย

ภาพ	ช่วงที่	ลักษณะที่ 1	ลักษณะที่ 2	ลักษณะที่ 3	ลักษณะที่ 4	ลักษณะที่ 5	ลักษณะที่ 6
1	24-25	0.42193	0.57807	0.68114	0.00052	0.299525586	0.420415
2	24-25	0.47844	0.52156	0.55256	0.00053	0.260275729	0.3882725
3	24-25	0.38832	0.61168	0.61658	0.00402	0.287834334	0.40515
4	24-25	0.39664	0.60336	0.59514	0.00076	0.282155143	0.398975
5	25-26	0.54175	0.45825	0.56036	0.00169	0.262990659	0.3905125
6	24-25	0.43779	0.56221	0.66691	0.00229	0.292094277	0.4173
7	26-27	0.61164	0.38836	0.56858	0.00323	0.27723273	0.3929525
8	24-25	0.35413	0.64587	0.67584	0.00089	0.314356877	0.4191825
9	17-18	0.45275	0.54725	0.68162	0.00262	0.294342046	0.42106
10	24-25	0.54288	0.45712	0.64856	0.00576	0.282929305	0.41358
11	24-25	0.45443	0.54557	0.62242	0.001	0.278500618	0.405855
12	24-25	0.37979	0.62021	0.58898	0.00078	0.285169378	0.39744
13	24-25	0.61967	0.38033	0.53681	0.00375	0.272940517	0.38514
14	24-25	0.52868	0.47132	0.42893	0.00059	0.241346584	0.35738
15	24-25	0.43033	0.56967	0.40702	0.0002	0.245157165	0.351805

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ภาพ	ช่วงที่	ลักษณะที่ 1	ลักษณะที่ 2	ลักษณะที่ 3	ลักษณะที่ 4	ลักษณะที่ 5	ลักษณะที่ 6
16	24-25	0.49953	0.50047	0.36116	0.00264	0.234844876	0.34095
17	27-28	0.55567	0.44433	0.34419	0.00688	0.236900016	0.3377675
18	24-25	0.38449	0.61551	0.37155	0.0017	0.253826399	0.3433125
19	18-19	0.59847	0.40153	0.39934	0.00127	0.250625642	0.3501525
20	24-25	0.46494	0.53506	0.4308	0.00122	0.241783798	0.358005
21	24-25	0.37778	0.62222	0.34551	0.00413	0.254222764	0.33741
22	18-19	0.60029	0.39971	0.41623	0.00597	0.250157292	0.35555
23	22-23	0.39422	0.60578	0.42361	0.00054	0.254803019	0.3560375
24	19-20	0.55361	0.44639	0.43083	0.00183	0.243746612	0.358165

จากผลการทดลองจำแนกประเภทของกลุ่มข้อมูลของภาพ X-ray บริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้ายจะทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่มดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของภาพ X-ray บริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้าย

ลักษณะเฉพาะ	กลุ่มปกติ	กลุ่มภาวะโรคกระดูกบาง
ลักษณะที่ 1	0.4677	0.48982
ลักษณะที่ 2	0.5323	0.51018
ลักษณะที่ 3	0.92256	0.59443
ลักษณะที่ 4	0.0021415	0.0024518
ลักษณะที่ 5	0.28387	0.24613
ลักษณะที่ 6	0.40429	0.34969

4.4.3 ผลการวิเคราะห์จากลักษณะของกระดูกที่ได้จากภาพ X-ray บริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านขวาและทางด้านซ้าย

เมื่อนำข้อมูลค่าลักษณะเฉพาะของกลุ่มข้อมูลที่ได้ทำการทดลองในข้างต้นทั้ง 2 กรณีมารวมกันเป็น 10 ลักษณะดังแสดงในตารางที่ 4.5

ซึ่งลักษณะเฉพาะทั้ง 10 ลักษณะคือ

1. ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดูกท่อนบนขวา (L_{r1}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างทางด้านขวา ($L_{r1} + L_{r2}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{r1}}{L_{r1} + L_{r2}}$
 2. ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดูกท่อนล่างขวา (L_{r2}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างทางด้านขวา ($L_{r1} + L_{r2}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{r2}}{L_{r1} + L_{r2}}$
 3. ค่าอัตราส่วนระหว่างผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนขวากับกระดูกท่อนล่างขวา ($L_{r1} + L_{r2}$) ต่อค่าความกว้างของกระดูกบริเวณไหปลาร้าทางด้านขวา (L_{r3}) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{r1} + L_{r2}}{L_{r3}}$
 4. ค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนวัตถุที่อยู่ระหว่างกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างต่อพื้นที่ของโพรงกระดูกทางด้านขวา
 5. ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดูกท่อนบนซ้าย (L_{l1}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างทางด้านซ้าย ($L_{l1} + L_{l2}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{l1}}{L_{l1} + L_{l2}}$
 6. ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดูกท่อนล่างซ้าย (L_{l2}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างทางด้านซ้าย ($L_{l1} + L_{l2}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{l2}}{L_{l1} + L_{l2}}$
 7. ค่าอัตราส่วนระหว่างผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนซ้ายกับกระดูกท่อนล่างซ้าย ($L_{l1} + L_{l2}$) ต่อค่าความกว้างของกระดูกบริเวณไหปลาร้าทางด้านซ้าย (L_{l3}) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{l1} + L_{l2}}{L_{l3}}$
 8. ค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนวัตถุที่อยู่ระหว่างกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างต่อพื้นที่ของโพรงกระดูกทางด้านซ้าย
 9. ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าลักษณะเฉพาะทั้ง 8 ลักษณะแรก
 10. ค่าเฉลี่ยของค่าลักษณะเฉพาะทั้ง 8 ลักษณะแรก
- จากผลการทดลองจำแนกประเภทของกลุ่มข้อมูลของภาพ X-ray บริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านขวาและทางด้านซ้ายจะทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่มดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของภาพ X-ray บริเวณกระดูกไหปลาร้าทาง
ด้านขวาและทางด้านซ้าย

ลักษณะเฉพาะ	กลุ่มปกติ	กลุ่มภาวะโรคกระดูกบาง
ลักษณะที่ 1	0.46878	0.50376
ลักษณะที่ 2	0.53122	0.49624
ลักษณะที่ 3	0.92589	0.48001
ลักษณะที่ 4	0.0012267	0.0017283
ลักษณะที่ 5	0.45504	0.50064
ลักษณะที่ 6	0.54496	0.49936
ลักษณะที่ 7	0.93234	0.612
ลักษณะที่ 8	0.0020075	0.00256
ลักษณะที่ 9	0.26409	0.22678
ลักษณะที่ 10	0.40526	0.34154

เมื่อนำค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่มมาวิเคราะห์ภาวะโรคกระดูกบางโดยให้ค่าน้ำหนัก (Weight) ของแต่ละลักษณะเฉพาะดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าน้ำหนักของแต่ละลักษณะเฉพาะ

ลักษณะเฉพาะ	กระดูกไหปลาร้าทาง ด้านขวา	กระดูกไหปลาร้าทาง ด้านซ้าย	กระดูกไหปลาร้าทาง ด้านขวาและทางด้านซ้าย
ลักษณะที่ 1	1	1	1
ลักษณะที่ 2	1	1	1
ลักษณะที่ 3	1.5	1.5	1.5
ลักษณะที่ 4	1	1	1
ลักษณะที่ 5	1	1	1
ลักษณะที่ 6	1	1	1
ลักษณะที่ 7	-	-	1.5
ลักษณะที่ 8	-	-	1
ลักษณะที่ 9	-	-	1
ลักษณะที่ 10	-	-	1

ทำการทดสอบค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะที่ได้ของทั้ง 3 กรณีกับกลุ่มภาพตัวอย่างที่คัดแยกไว้จำนวน 8 ภาพ โดยใช้สมการที่ 4.1 (Euclidean distance) เป็นตัววัดว่าข้อมูลภาพที่ทำการทดสอบควรอยู่ในกลุ่มคนปกติหรือกลุ่มภาวะโรคกระดูกบางจากระยะห่างของกลุ่มที่น้อยที่สุด ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ในแต่ละกรณีแสดงในตารางที่ 4.7, ตารางที่ 4.8 และตารางที่ 4.9

$$d_{rs}^2 = (x_r - x_s)^2 \quad (4.1)$$

- โดยที่ d_{rs}^2 คือค่าระยะห่างโดยวิธี Euclidean
 x_r คือค่าเวกเตอร์ค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่ม
 x_s คือค่าเวกเตอร์ของลักษณะเฉพาะที่นำมาทดสอบ

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการนำค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่ม โดยวิเคราะห์จากกระดูกไหปลาร้าทางด้านขวา

บริเวณที่ทำการทดลอง	กลุ่มของข้อมูล	ผลการวิเคราะห์			
		ถูกต้อง		ผิดพลาด	
		จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
กระดูกไหปลาร้าทางด้านขวา	กลุ่มปกติ	1	50	1	50
	กลุ่มภาวะโรคกระดูกบาง	5	83.33	1	16.67
	กลุ่มข้อมูลทั้งหมด	6	75	2	25

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการนำค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่ม โดยวิเคราะห์จากกระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้าย

บริเวณที่ทำการทดลอง	กลุ่มของข้อมูล	ผลการวิเคราะห์			
		ถูกต้อง		ผิดพลาด	
		จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
กระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้าย	กลุ่มปกติ	1	50	1	50
	กลุ่มภาวะโรคกระดูกบาง	5	83.33	1	16.67
	กลุ่มข้อมูลทั้งหมด	6	75	2	25

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการนำค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่มโดยวิเคราะห์จากกระดูกไหปลาร้าทางด้านขวาและทางด้านซ้าย

บริเวณที่ทำการทดลอง	กลุ่มของข้อมูล	ผลการวิเคราะห์			
		ถูกต้อง		ผิดพลาด	
		จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
กระดูกไหปลาร้าทางด้านขวาและทางด้านซ้าย	กลุ่มปกติ	2	100	0	0
	กลุ่มภาวะโรคกระดูกบาง	6	100	0	0
	กลุ่มข้อมูลทั้งหมด	8	100	0	0

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

วิธีการวิเคราะห์ภาวะโรคกระดูกบางจากภาพ X-ray ปอด เป็นการวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่ม คือกลุ่มคนปกติและกลุ่มภาวะโรคกระดูกบาง โดยสามารถใช้กระดูกบริเวณไหปลาร้าทางด้านซ้าย, บริเวณไหปลาร้าทางด้านขวา หรือกระดูกบริเวณไหปลาร้าทั้ง 2 ด้านเป็นตัววิเคราะห์หาลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกันระหว่าง 2 กลุ่ม จากกระบวนการที่ได้เสนอไว้ในบทที่ 3 จะได้ลักษณะเฉพาะที่ใช้ในการแยกกลุ่มตามบริเวณที่ใช้วิเคราะห์ได้ 3 กรณีดังนี้

1. ภาพ X-ray ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านขวา จะมีค่าลักษณะเฉพาะที่ใช้ในการพิจารณา 6 ลักษณะ คือ

1.1 ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดูกท่อนบนขวา (L_{r1}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างทางด้านขวา ($L_{r1} + L_{r2}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{r1}}{L_{r1} + L_{r2}}$

1.2 ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดูกท่อนล่างขวา (L_{r2}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างทางด้านขวา ($L_{r1} + L_{r2}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{r2}}{L_{r1} + L_{r2}}$

1.3 ค่าอัตราส่วนระหว่างผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนขวากับกระดูกท่อนล่างขวา ($L_{r1} + L_{r2}$) ต่อค่าความกว้างของกระดูกบริเวณไหปลาร้าทางด้านขวา (L_{r3}) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{r1} + L_{r2}}{L_{r3}}$

1.4 ค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนวัตถุที่อยู่ระหว่างกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างต่อพื้นที่ของโพรงกระดูกทางด้านขวา

1.5 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าลักษณะเฉพาะทั้ง 4 ลักษณะแรก

1.6 ค่าเฉลี่ยของค่าลักษณะเฉพาะทั้ง 4 ลักษณะแรก

2. ภาพ X-ray ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้าย จะมีค่าลักษณะเฉพาะที่ใช้ในการพิจารณา 6 ลักษณะ คือ

2.1 ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดูกท่อนบนซ้าย (L_{l1}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างทางด้านซ้าย ($L_{l1} + L_{l2}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{l1}}{L_{l1} + L_{l2}}$

2.2 ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดูกท่อนล่างซ้าย (L_{I2}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างทางด้านซ้าย ($L_{I1} + L_{I2}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{I2}}{L_{I1} + L_{I2}}$

2.3. ค่าอัตราส่วนระหว่างผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนซ้ายกับกระดูกท่อนล่างซ้าย ($L_{I1} + L_{I2}$) ต่อค่าความกว้างของกระดูกบริเวณไหล่ปลาร้าทางด้านซ้าย (L_{I3}) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{I1} + L_{I2}}{L_{I3}}$

2.4 ค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนวัตถุที่อยู่ระหว่างกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างต่อพื้นที่ของโพรงกระดูกทางด้านซ้าย

2.5 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าลักษณะเฉพาะทั้ง 4 ลักษณะแรก

2.6 ค่าเฉลี่ยของค่าลักษณะเฉพาะทั้ง 4 ลักษณะแรก

3. ภาพ X-ray ปอดบริเวณกระดูกไหล่ปลาร้าทางด้านขวาและทางด้านซ้าย ซึ่งค่าลักษณะเฉพาะที่นำมาวิเคราะห์จะมีทั้งหมด 10 ลักษณะ คือ

3.1 ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดูกท่อนบนขวา (L_{r1}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างทางด้านขวา ($L_{r1} + L_{r2}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{r1}}{L_{r1} + L_{r2}}$

3.2 ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดูกท่อนล่างขวา (L_{r2}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างทางด้านขวา ($L_{r1} + L_{r2}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{r2}}{L_{r1} + L_{r2}}$

3.3 ค่าอัตราส่วนระหว่างผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนขวากับกระดูกท่อนล่างขวา ($L_{r1} + L_{r2}$) ต่อค่าความกว้างของกระดูกบริเวณไหล่ปลาร้าทางด้านขวา (L_{r3}) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{r1} + L_{r2}}{L_{r3}}$

3.4 ค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนวัตถุที่อยู่ระหว่างกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างต่อพื้นที่ของโพรงกระดูกทางด้านขวา

3.5 ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดูกท่อนบนซ้าย (L_{I1}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างทางด้านซ้าย ($L_{I1} + L_{I2}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{I1}}{L_{I1} + L_{I2}}$

3.6 ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดูกท่อนล่างซ้าย (L_{I2}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างทางด้านซ้าย ($L_{I1} + L_{I2}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{I2}}{L_{I1} + L_{I2}}$

3.7 ค่าอัตราส่วนระหว่างผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนซ้ายกับกระดูกท่อนล่างซ้าย ($L_{11} + L_{12}$) ต่อค่าความกว้างของกระดูกบริเวณไหปลาร้าทางด้านซ้าย (L_{13}) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{11} + L_{12}}{L_{13}}$

3.8 ค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนวัตถุที่อยู่ระหว่างกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างต่อพื้นที่ของโพรงกระดูกทางด้านซ้าย

3.9 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าลักษณะเฉพาะทั้ง 8 ลักษณะแรก

3.10 ค่าเฉลี่ยของค่าลักษณะเฉพาะทั้ง 8 ลักษณะแรก

จากผลการทดลองในบทที่ 4 ซึ่งใช้ข้อมูลในการศึกษาจำนวน 24 ภาพ ทำการทดสอบโดยเลือกบริเวณที่จะมาทดสอบ 2 ช่วงจากการแบ่งภาพในแนวตั้งออกเป็น 32 ส่วน โดยปกติบริเวณที่นำมาวิเคราะห์ทางด้านขวาจะเริ่มจากส่วนที่ 8 และทางด้านซ้ายจะเริ่มจากส่วนที่ 24 เพราะเป็นส่วนที่เห็นได้ชัดเจนในภาพ X-ray ปอดส่วนมาก ใช้สมการ K-mean ในการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของกลุ่มคนปกติและกลุ่มภาวะโรคกระดูกบาง ซึ่งจากการนำค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่มที่ได้จากการทดลองมาเป็นตัววิเคราะห์คัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงที่จะอยู่ในกลุ่มภาวะโรคกระดูกบาง โดยให้นำหน้าหนักของค่าลักษณะเฉพาะตามที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบกับกลุ่มที่ได้คัดแยกไว้ 8 ภาพ ทำให้สรุปได้ว่าลักษณะเฉพาะที่เลือกนั้นสามารถวิเคราะห์แยกกลุ่มคนปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะโรคกระดูกบางได้โดยแยกพิจารณาตามกรณีดังนี้

กรณีที่วิเคราะห์จากภาพ X-ray ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านขวาจะสามารถคัดแยกกลุ่มข้อมูลทั้งหมดได้ถูกต้องคิดเป็น 75 เปอร์เซ็นต์ แยกกลุ่มข้อมูลทั้งหมดผิดพลาดคิดเป็น 25 เปอร์เซ็นต์, แยกกลุ่มปกติถูกต้องคิดเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ แยกกลุ่มปกติผิดพลาดคิดเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ และแยกกลุ่มภาวะโรคกระดูกบางถูกต้องคิดเป็น 83.33 เปอร์เซ็นต์ แยกกลุ่มภาวะโรคกระดูกบางผิดพลาด คิดเป็น 16.67 เปอร์เซ็นต์

กรณีที่วิเคราะห์จากภาพ X-ray ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้ายจะสามารถคัดแยกกลุ่มข้อมูลทั้งหมดได้ถูกต้องคิดเป็น 75 เปอร์เซ็นต์ แยกกลุ่มข้อมูลทั้งหมดผิดพลาดคิดเป็น 25 เปอร์เซ็นต์, แยกกลุ่มปกติถูกต้องคิดเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ แยกกลุ่มปกติผิดพลาดคิดเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ และแยกกลุ่มภาวะโรคกระดูกบางถูกต้องคิดเป็น 83.33 เปอร์เซ็นต์ แยกกลุ่มภาวะโรคกระดูกบางผิดพลาดต้องคิดเป็น 16.67 เปอร์เซ็นต์

กรณีที่วิเคราะห์ภาพ X-ray ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านขวาและทางด้านซ้ายนั้น จะสามารถคัดแยกกลุ่มข้อมูลทั้งหมดได้ถูกต้องคิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์, แยกกลุ่มปกติถูกต้องคิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ และแยกกลุ่มภาวะโรคกระดูกบางถูกต้องคิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดลองของแต่ละกรณีทำให้สรุปได้ว่าลักษณะของความกว้างของกระดูกท่อนบน, ความกว้างของกระดูกท่อนล่าง, ความกว้างของกระดูกบริเวณไหปลาร้า และรายละเอียด

ภายในโพรงกระดูกบริเวณไหปลาร้า สามารถนำมาเป็นตัวบ่งชี้ระหว่างกลุ่มคนปกติและกลุ่มภาวะโรคกระดูกบาง โดยวิเคราะห์จากภาพ X-ray ปกติได้ และงานวิจัยนี้จะมีประโยชน์มากเนื่องจากสามารถวิเคราะห์ร่วมกับการตรวจสอบภาพประจำปี หรือการตรวจร่างกายในกรณีต่าง ๆ ทำให้การคัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงที่จะอยู่ในกลุ่มภาวะโรคกระดูกบางทำได้อย่างทั่วถึง เพราะไม่จำเป็นต้องใช้เครื่อง DEXA ที่มีอยู่ในเฉพาะโรงพยาบาลใหญ่ ๆ เท่านั้นอีกทั้งยังต้องใช้ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสูง

ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ขั้นตอนในการแปลงจากฟิล์ม X-ray เป็นภาพดิจิทัลจะทำให้มีการบิดเพี้ยนของข้อมูลตั้งต้น คือบางฟิล์มเมื่อทำการแปลงแล้วจะได้ภาพมีความเข้มแสงน้อยดังแสดงในรูปที่ 5.1 จึงทำให้ภาพที่ได้ออกมาไม่ชัดเจน ไม่สามารถนำมาคำนวณหาโครงสร้างของกระดูกที่ถูกต้องได้ หรือบางฟิล์มแปลงเป็นภาพดิจิทัลแล้วจะได้ภาพออกมาสว่างมากก็จะทำให้ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้เช่นกัน ซึ่งเทคโนโลยีในอนาคตมีแนวโน้มที่จะได้ภาพ X-ray ที่เป็นดิจิทัลซึ่งก็จะลดปัญหาลงได้มาก
2. ลักษณะท่าทางการยืนของผู้ที่ถูกถ่ายฟิล์ม X-ray มีการยืนไม่ตรงดังแสดงในรูปที่ 5.2 ทำให้สมมาตรของลำตัวผิดพลาด
3. ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบยังคงมีน้อย ทำให้ผลการทดสอบยังคงผิดพลาดอยู่พอสมควร แต่ก็สามารถสรุปได้ว่า งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเบื้องต้นของการนำค่าลักษณะเฉพาะต่าง ๆ ที่ได้ทำการทดลองมาข้างต้นมาใช้บ่งชี้ผู้ที่มีภาวะโรคกระดูกบางได้ เพื่อให้ได้ความถูกต้องชัดเจนมากยิ่งขึ้น ข้อมูลที่ทำการทดลองควรมีมากพอสมควร



รูปที่ 5.1 แสดงภาพ X-ray ที่แปลงเป็นดิจิทัลแล้วมีความเข้มแสงน้อย



รูปที่ 5.2 แสดงภาพ X-ray ที่ผู้ที่ถูกถ่ายฟิล์ม X-ray ยืนตัวเอียง

5.2 แนวทางการพัฒนางานวิจัย

1. เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ทำมารองรับการวิเคราะห์กับภาพดิจิทัลซึ่งในขนาดเครื่อง X-ray ก็จะถูกเปลี่ยนมาเป็นระบบดิจิทัลทั้งหมด ข้อมูลภาพที่ใช้ในการทดสอบจึงควรเป็นภาพดิจิทัลเพื่อลดปัญหาที่จะเกิดในขั้นตอนการแปลงจากภาพฟิล์ม X-ray เป็นภาพดิจิทัล
2. เพิ่มตำแหน่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่เห็นเด่นชัดในฟิล์ม X-ray ปอดที่ไม่ใช่ส่วนกระดูกไหปลาร้า เพื่อให้ได้ความถูกต้องมากขึ้น
3. พัฒนาเป็นโปรแกรมประยุกต์โดยใช้ภาษาที่สามารถทำงานได้ทุกระบบปฏิบัติการเช่น ภาษาซี เป็นต้น ซึ่งจะทำงานได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Canny J. "A Computational Approach to Edge Detection" **IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence**. November 1986. pp. 679-714.
- [2] Chow C.K. and Kaneko T. "Automatic Boundary Detection of the Left Ventricle from Cineangiograms" **Computers and Biomedical Research** 5. 1972. pp. 388-410.
- [3] Duc D.A., Du T.L. and Duan T.D. "Optimizing Speed for Adaptive Local Thresholding Algorithm Using Dynamic Programming" **The 7th International Conference on Electronics Information and Communications (ICEIC04)**. 2004. pp. 438-441.
- [4] GNU Image Manipulation Program User Manual. "Chapter 6. Filters 5. Edge-detect filters." [Online]. Available : <http://k12linux.mesd.k12.or.us/docs/gimp/en/ch06s05.html>. 2005.
- [5] Gonzalez R.C. and Woods R. E., **Digital Image Processing**. Second Edition, Prentice Hall, 2001.
- [6] Gonzalez R. C. and Woods R. E. and Eddins S. L. **Digital Image Processing Using MATLAB**. Upper Saddle River, NJ : Prentice Hall. 2000.
- [7] Hammouda K. and Karray F. "A Comparative Study of Data Clustering Techniques" **University of Waterloo** August 2000.
- [8] Irani M. and Peleg S. "Improving resolution by image registration" **CVGIP: Graphical Models and Image Processing**. May 1991. pp. 231 – 239.
- [9] Kanis J. "Diagnosis of osteoporosis and assessment of fracture risk" **Lancet**. 2002. pp.1929-1936.
- [10] Koh L.K.H., Ben Sedrine W.B., Torralba T.P., et al. "A simple tool to identify Asian women at increased risk of osteoporosis" **International Osteoporosis Foundation and National Osteoporosis Foundation**. 2001. pp. 699-705.
- [11] Otsu N. "A Threshold Selection Method From Gray-Level Histogram" **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics** 9. 1979. pp 62-66
- [12] Priolo F. "Bone and Joint Imaging in rheumatic and orthopedic diseases" **GPAnet**. 2002.
- [13] Windyga P. S. "Fast Impulsive Noise Removal" **IEEE Transactions on image processing**. Vol. 10 No. 1 January 2001. pp. 173-179.
- [14] World Health Organization. "Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis." **Technical Report Series 843.Geneva: WHO**. 1994.

[15] พญ. สิรินทร ฉันทศิริ กาญจน. “โรคกระดูกพรุน” คู่มือแนวทางการจัดตั้งและดำเนินการคลินิก
ผู้สูงอายุ. กรกฎาคม 2548. หน้า 150-163

84080