

การวิเคราะห์ภาวะโรคกระดูกพรุนจากภาพเอกซเรย์ปอด

OSTEOPOROSIS ANALYSIS FROM CHEST X-RAY IMAGES

มารุต ณ พัทลุง

MARUT NA PHATTHALUNG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขานิติเวชของกรมอภินิหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-SC-M-002-561

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การวิเคราะห์ภาวะโรคกระดูกพรุนจากภาพเอกซเรย์ปอด

OSTEOPOROSIS ANALYSIS FROM CHEST X-RAY IMAGES



มารุต ณ พัทลุง

MARUT NA PHATTHALUNG

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 87068
วัน,เดือน,ปี..... 30 ส.ค. 2552



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-SC-M-002-361

OSTEOPOROSIS ANALYSIS FROM CHEST X-RAY IMAGES

MARUT NA PHATTHALUNG

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN COMPUTER SCIENCE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2008

KMITL-2008-SC-M-002-361

COPYRIGHT 2008

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ภาวะโรคกระดูกพรุนจากภาพเอกซเรย์ปอด
นักศึกษา	นายมารุต ณ พัทลุง
รหัสประจำตัว	47063706
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาการคอมพิวเตอร์
พ.ศ.	2551
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร. นवलสวาท หิรัญสกุลวงศ์

บทคัดย่อ

เนื่องจากภาวะโรคกระดูกพรุน (Osteoporosis) พบได้มากและมีอัตราสูงขึ้นเรื่อย ๆ ในผู้สูงอายุ ปัจจุบันองค์การอนามัยโลก (WHO) ได้นิยามโรคกระดูกพรุนไว้ว่าเป็นภาวะที่ค่าความหนาแน่นของกระดูกสะโพกและกระดูกสันหลังที่วัดจากเครื่อง Dual Energy X-ray Absorptiometry (DEXA) มีค่าต่ำกว่า -2.5 SD ของประชากรในวัยหนุ่มสาว แต่เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการตรวจวัดด้วยวิธีนี้ราคาค่อนข้างสูง และเครื่อง DEXA ยังคงมีเฉพาะโรงพยาบาลใหญ่ ๆ ไม่ครอบคลุมทั่วทุกพื้นที่จึงทำให้การคัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงจากภาวะโรคกระดูกพรุนทำได้ไม่ทั่วถึง โดยปกติการตรวจสุขภาพประจำปีจะมีการถ่ายภาพเอกซเรย์ปอดร่วมด้วย ทำให้มีข้อมูลฟิล์มเอกซเรย์ปอดของประชากรอยู่มาก แต่ไม่ได้มีการนำข้อมูลนั้นมาวิเคราะห์เกี่ยวกับภาวะโรคกระดูกพรุน งานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีการคัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงภาวะโรคกระดูกพรุนจากฟิล์มเอกซเรย์ปอดโดยนำการประมวลผลภาพ (Image processing) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ ซึ่งบริเวณที่จะทำการตรวจสอบคือบริเวณกระดูกไหปลาร้า เพราะบริเวณกระดูกไหปลาร้าเป็นส่วนกระดูกที่เห็นเด่นชัดและไม่มีอวัยวะอื่นใดมาซ้อนทับ ซึ่งจากการวิเคราะห์กระดูกไหปลาร้าทั้งทางด้านขวาและทางด้านซ้าย พบว่าความกว้างของกระดูกท่อนบน, ความกว้างของกระดูกท่อนล่าง, ความกว้างของกระดูกบริเวณไหปลาร้า และรายละเอียดภายในโพรงกระดูกบริเวณไหปลาร้า ของกลุ่มคนปกติและกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุนจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นค่าบ่งชี้ภาวะโรคกระดูกพรุนได้

Thesis	Osteoporosis analysis from chest X-ray images
Student	Mr. Marut Na Phatthalung
Student ID.	47063706
Degree	Master of Science
Program	Computer Science
Year	2008
Thesis Advisor	Dr. Nualsawat Hiransakolwong

ABSTRACT

Osteoporosis is growth up in the older population. The diagnosis of osteoporosis bases on the measurement of BMD at the hip and spine using dual-energy x-ray absorptiometry (DEXA). The World Health Organization (WHO) define Osteoporosis whose BMD is lower than -2.5 SD of younger population. The cost of this method is very expensive and there is not available in overall hospitals, such as small hospitals. Therefore the diagnosis for osteoporosis is not available around the world. Since annual physical examination has to check a chest X-ray film, the chest X-ray film data isn't used for analysis about osteoporosis. This research proposes to identify who risk for osteoporosis from chest X-ray film by looking at area of collarbone using image processing to find difference features of chest X-ray images in normal people group and osteoporosis people group. These features can be used to indicate osteoporosis.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้มีอาจจะสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากมิได้รับคำแนะนำ คำชี้แจง ความรู้ และความเอาใจใส่จาก ดร.นवलสวาท หิรัญสกุลวงศ์ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งท่านได้สละเวลาให้กับข้าพเจ้าอย่างเต็มที่ จึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.กรกช ประชุมรักษ์ ผศ.ดร.จิรพร วีระพันธุ์ และนายแพทย์ดำรงค์ ฐาปนกุลศักดิ์ คณะกรรมการสอบหัวข้อ และโครงร่างวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะจนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และพี่ ที่สนับสนุนให้ได้เรียนในระดับที่ได้ตั้งใจ อีกทั้งยังได้ดูแลเรื่องค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ระหว่างศึกษาเป็นอย่างดีอีกด้วย

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ รวมรุ่นอันได้แก่ นายอัศวิน นิ่มกร นายองอาจ กุศรี นายทศนัย ชุ่มวัฒนะ นายอภิรักษ์ เสริมศรี นายโยธิน เทียนดี นายสุเมธ รัตนจันทร์ นายพิสิษฐ์ สติกาญจน์ และพี่น้องทุกคนที่ให้คำปรึกษา และช่วยอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ

สำหรับคุณงามความดีและประโยชน์อันใดที่เกิดขึ้นจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดา มารดา อาจารย์ทุกท่านซึ่งเป็นที่เคารพรักยิ่ง ตลอดจนญาติพี่น้อง รุ่นพี่และเพื่อน ๆ ที่รักทุกคน

มารุต ณ พัทลุง

พฤษภาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....	3
1.5 ขั้นตอนการศึกษาและการดำเนินงานวิจัย.....	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 โรคกระดูกพรุน.....	5
2.1.1 ปัจจัยที่ทำให้เกิดโรคกระดูกพรุน.....	6
2.1.2 การป้องกันและรักษาโรคกระดูกพรุน.....	7
2.1.3 การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน.....	7
2.2 การประมวลผลทางภาพดิจิทัล.....	9
2.2.1 รูปแบบสี.....	10
2.2.2 ค่าฮิสโทแกรม.....	12
2.2.3 การปรับปรุงคุณภาพของรูปภาพ.....	13
2.2.4 การหาขอบภาพ.....	16
2.2.5 การแปลงภาพสีให้เป็นภาพขาว - ดำ.....	18
2.2.6 การจำแนกวัตถุออกจากภาพ.....	23
2.3 การจำแนกกลุ่มข้อมูล.....	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการวิเคราะห์ภาวะโรคกระดูกพรุนจากภาพเอกซเรย์ปอด	26
3.1 การแปลงจากฟิล์มเอกซเรย์ปอดให้อยู่ในรูปแบบภาพดิจิทัล.....	26
3.2 การปรับปรุงคุณภาพของภาพที่ได้	27
3.3 การแยกวัตถุออกจากภาพ	28
3.4 การแยกคุณลักษณะเฉพาะของภาพ	30
3.5 การจำแนกกลุ่มของข้อมูล	36
3.5.1 ลักษณะเฉพาะของกระดูกบริเวณไหปลาร้าทางด้านขวา.....	37
3.5.1 ลักษณะเฉพาะของกระดูกบริเวณไหปลาร้าทางด้านซ้าย.....	38
3.5.1 ลักษณะเฉพาะของกระดูกบริเวณไหปลาร้าทั้งด้านขวาและทางด้านซ้าย.....	38
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	40
4.1 ระบบคอมพิวเตอร์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	40
4.2 รายละเอียดและที่มาของข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง	40
4.3 วิธีการทดลอง	41
4.4 ผลการวิเคราะห์จากลักษณะของกระดูกที่ได้.....	41
4.4.1 ผลการวิเคราะห์จากลักษณะของกระดูกที่ได้จากภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณ กระดูกไหปลาร้าทางด้านขวา.....	41
4.4.2 ผลการวิเคราะห์จากลักษณะของกระดูกที่ได้จากภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณ กระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้าย.....	43
4.4.3 ผลการวิเคราะห์จากลักษณะของกระดูกที่ได้จากภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณ กระดูกไหปลาร้าทางด้านขวาและทางด้านซ้าย	45
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	50
5.1 สรุปผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง	50
5.2 แนวทางการพัฒนางานวิจัย.....	54
เอกสารอ้างอิง	55

สารบัญ

หน้า

ประวัติผู้เขียน.....57

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1	แสดงตำแหน่งที่เลือกมาวิเคราะห์ 2 ช่วงของภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้า ทางด้านขวา..... 42
4.2	แสดงค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้าทาง ด้านขวา 43
4.3	แสดงตำแหน่งที่เลือกมาวิเคราะห์ 2 ช่วงของภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้า ทางด้านซ้าย..... 44
4.4	แสดงค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้าทาง ด้านซ้าย..... 45
4.5	แสดงค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้าทาง ด้านขวาและทางด้านซ้าย..... 47
4.6	แสดงค่าน้ำหนักของแต่ละลักษณะเฉพาะ 47
4.7	แสดงผลการนำค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่ม โดยวิเคราะห์จากกระดูกไห ปลาร้าทางด้านขวา 48
4.8	แสดงผลการนำค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่ม โดยวิเคราะห์จากกระดูกไห ปลาร้าทางด้านซ้าย 48
4.9	แสดงผลการนำค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่ม โดยวิเคราะห์จากกระดูกไห ปลาร้าทางด้านขวาและทางด้านซ้าย..... 49

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 (a) แสดงลักษณะของกระดูกปกติ (b), (c) และ (d) แสดงลักษณะของกระดูกสูญเสียเนื้อกระดูกในรูปแบบต่าง ๆ.....	5
2.2 (a) แสดงลักษณะโครงสร้างของกระดูกที่ปกติ (b) แสดงลักษณะโครงสร้างของกระดูกที่เป็นโรคกระดูกพรุน.....	6
2.3 แสดงระดับความเสี่ยงของการเป็นโรคกระดูกพรุนโดยใช้วิธี OSTA ในการคำนวณ.....	8
2.4 (a) แสดงการวัดความกว้างของกระดูกขา (b) แสดงการวัดค่าความหนาของกระดูกจากนิ้วมือ.....	9
2.5 แสดงรูปแบบการจัดเก็บค่าสีของพิกเซลในภาพดิจิทัล.....	10
2.6 แสดงรูปแบบสีขาว - ดำ.....	11
2.7 แสดงรูปแบบสี RGB.....	11
2.8 แสดงการไล่ระดับของสีดำไปขาว.....	12
2.9 แสดงค่าฮิสโทแกรม.....	13
2.10 (a) แสดง Mask ขนาด 3×3 (b) แสดงค่าความเข้มแสงในตำแหน่งใด ๆ ของภาพ.....	14
2.11 แสดงการทำงานของ Averaging Filters.....	15
2.12 แสดงการทำงานของ Median Filters.....	15
2.13 (a) แสดงการพิจารณาการปรับค่าความเข้มแสงที่สูงสุด (b) แสดงการพิจารณาการปรับค่าความเข้มแสงที่ต่ำสุด.....	16
2.14 (a) แสดงค่าความเข้มแสงที่แตกต่างกันของรูปภาพ (b) แสดงการหาค่าอนุพันธ์อันดับหนึ่ง และ (c) แสดงการหาค่าอนุพันธ์อันดับสอง.....	16
2.15 (a) แสดงค่าความเข้มแสงของรูปภาพ (b) แสดงการแบ่งค่าความเข้มแสงออกเป็น 2 ช่วง และ (c) แสดงการแบ่งค่าความเข้มแสงออกเป็น 3 ช่วง.....	19
2.16 แสดงขั้นตอนทางคอมพิวเตอร์ของการคำนวณหาค่า Threshold โดยวิธี Adaptive Threshold.....	21
2.17 (a), (b), (c) และ (d) แสดงการเลื่อนส่วนย่อย ๆ (หน้าต่างขนาด 3×3) ตามลำดับ เพื่อคำนวณหาค่า Threshold ที่ละส่วน.....	22
2.18 แสดงการคำนวณค่า Threshold โดยการใช้อัลกอริทึม Dynamic Programming.....	23
2.19 (a) แสดงพิกเซล 4 จุดรอบข้างพิกเซล และ (b) แสดงพิกเซล 8 จุดรอบข้างพิกเซล.....	23
2.20 แสดงผลที่ได้จากการ Label โดยพิจารณาพิกเซลรอบ ๆ ข้าง 4 พิกเซล.....	24
3.1 แสดงภาพเอกซเรย์ของปอด.....	27

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.2 แสดงภาพเอกซเรย์ที่ตัดจากภาพต้นแบบเฉพาะส่วนที่ครอบคลุมกระดูกไหปลาร้า	27
3.3 แสดงภาพที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน โดยวิธี peak and valley	28
3.4 แสดงภาพขาว-ดำ ที่ถูกแปลงมาจากภาพสี.....	28
3.5 แสดงภาพที่ผ่านการ Label.....	29
3.6 แสดงการแบ่งภาพออกเป็นส่วนย่อย ๆ	29
3.7 แสดงภาพแต่ละส่วนที่ต่อกันเป็นภาพเดียว.....	29
3.8 แสดงภาพที่ผ่านการตรวจสอบวัตถุที่ถูกต้อง	30
3.9 แสดงภาพโครงสร้างของกระดูก	30
3.10 (a) แสดงภาพกระดูกไหปลาร้าทางด้านขวามีอัตราส่วน $\frac{3}{7}$ ของภาพที่แสดงโครงสร้างของ กระดูก, (b) แสดงภาพกระดูกส่วนกลางมีอัตราส่วน $\frac{1}{7}$ ของภาพที่แสดงโครงสร้างของ กระดูกและ (c) แสดงภาพกระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้ายมีอัตราส่วน $\frac{3}{7}$ ของภาพที่แสดง โครงสร้างของกระดูก.....	31
3.11 (a) แสดงภาพกระดูกไหปลาร้าทางด้านขวาและ (b) แสดงภาพกระดูกไหปลาร้าทาง ด้านซ้าย	31
3.12 แสดงภาพกระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้ายโดยแบ่งในแนวตั้งออกเป็น 32 ส่วนเท่า ๆ กัน	32
3.13 แสดงภาพกระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้ายโดยแบ่งในแนวนอนออกเป็น 15 ส่วนเท่า ๆ กัน	32
3.14 แสดงภาพกระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้าย.....	32
3.15 (a) แสดงภาพในรูปแบบขาว-ดำบริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้าย, (b) ภาพที่ผ่าน กระบวนการลดสัญญาณรบกวน โดยใช้กระบวนการมอโฟโลยี.....	33
3.16 แสดงการวัดค่าความชันของกระดูกส่วนบน	34
3.17 แสดงการวัดความกว้างของกระดูก.....	35
3.18 (a) แสดงการวัดค่าความกว้างของกระดูกท่อนบน (b) แสดงการวัดค่าความกว้างของ กระดูกท่อนล่าง (c) แสดงการวัดค่าความยาวของกระดูกบริเวณไหปลาร้า	36
3.19 (a) แสดงภาพผลลัพธ์จากการลดสัญญาณรบกวน, (b) แสดงภาพขอบเขตบริเวณโพรง กระดูกและ (c) แสดงจำนวนชิ้นวัตถุที่อยู่ภายในบริเวณโพรงกระดูก	36
3.20 แสดงการวัดขนาดความกว้างของกระดูกทางข้างขวา.....	37
5.1 แสดงภาพเอกซเรย์ที่แปลงเป็นดิจิทัลแล้วมีความเข้มแสงน้อย	53

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

5.2	แสดงภาพเอกซเรย์ที่ผู้ที่ถูกถ่ายฟิล์มเอกซเรย์ยืนตัวเอียง.....	53
-----	--------------------------------------------------------------	----

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากภาวะโรคกระดูกพรุนพบได้มากและมีอัตราสูงขึ้นเรื่อย ๆ ในผู้สูงอายุ ซึ่งทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนและก่อให้เกิดทุพพลภาพได้มากมาย เช่น กระดูกข้อสะโพกหัก, กระดูกสันหลังยุบตัว, กระดูกข้อมือหัก เป็นต้น โดยเฉพาะกระดูกข้อสะโพกหัก ทำให้มีอัตราการตายและอัตราความพิการสูงอย่างชัดเจน แม้ว่าจะได้รับการรักษา ก็พบว่ามีปัญหาในการผ่าตัดและความเสี่ยงในการผ่าตัดสูง ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการรักษา จึงได้มีแนวทางการป้องกันการเกิดกระดูกข้อสะโพกหักขึ้น ซึ่งวิธีในการป้องกันเพื่อไม่ให้เกิดภาวะกระดูกข้อสะโพกหักนี้คือการคัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงจากภาวะโรคกระดูกพรุน

ในอดีตนั้นการคัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงจากภาวะโรคกระดูกพรุนจะใช้การตรวจสอบจากประวัติการเคยเกิดกระดูกหักมาก่อนของผู้ป่วย, 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 ก็จะมีแนวโน้มที่จะเกิดภาวะโรคกระดูกพรุน ซึ่งปัจจุบันนี้วิธีการคำนวณนี้ไม่ได้ถูกนำมาใช้แล้ว ต่อมาจึงมีแนวคิดในการวิเคราะห์ภาวะโรคกระดูกพรุนจากฟิล์มเอกซเรย์ในส่วนของข้อมือหรือกระดูกขา [12] โดยทำการวิเคราะห์หาอัตราส่วนระหว่าง ค่าความยาวของข้อกระดูกกับความกว้างของเนื้อกระดูก เพื่อบ่งชี้ว่าผู้ที่มีภาวะโรคกระดูกพรุนจะมีอัตราส่วนระหว่างค่าความยาวของข้อกระดูกกับความกว้างของเนื้อกระดูกเท่าใด ซึ่งก็สามารถคัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงจากภาวะโรคกระดูกพรุนได้เช่นกัน แต่ก็ยังคงไม่ได้ถูกกำหนดให้ใช้เป็นมาตรฐานในการวินิจฉัยภาวะโรคกระดูกพรุน เนื่องจากได้มีการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวินิจฉัยภาวะโรคกระดูกพรุนที่ให้ค่าความน่าเชื่อถือที่ดีกว่า

ในปัจจุบันได้มีการวิจัยโรคกระดูกพรุนโดยใช้วิธีการวัดความหนาแน่นของกระดูก (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] ได้นิยามโรคกระดูกพรุนว่าเป็นภาวะที่ค่าความหนาแน่นของกระดูกที่วัดจากเครื่อง DEXA มีค่าต่ำกว่า -2.5 SD ของประชากรในวัยหนุ่มสาว ถ้าหากค่าความหนาแน่นของกระดูกที่วัดได้น้อยกว่า -1 SD แต่ไม่ถึง -2.5 SD จะมีโอกาสที่จะอยู่ในภาวะกระดูกหักได้ง่าย แต่เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการตรวจวัดด้วยวิธีนี้ราคาค่อนข้างสูง และเครื่อง DEXA ยังคงมีเฉพาะโรงพยาบาลใหญ่ ๆ ไม่ครอบคลุมทั่วทุกพื้นที่จึงทำให้การคัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงจากภาวะโรคกระดูกพรุนทำได้ไม่ทั่วถึง

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

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษารายละเอียดลักษณะเฉพาะ (Feature) บริเวณกระดูกไหปลาร้า จากภาพเอกซเรย์ปอด โดยนำการประมวลผลภาพ (Image processing) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์หา ลักษณะเฉพาะที่แตกต่าง ในภาพเอกซเรย์ปอดระหว่างกลุ่มคนปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะโรคกระดูกพรุน เพื่อศึกษาคุณลักษณะเฉพาะที่สามารถใช้บ่งชี้และคัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงที่จะอยู่ในกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุน

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

การใช้การประมวลผลภาพเข้ามาช่วยศึกษารายละเอียดลักษณะเฉพาะบริเวณกระดูกไหปลาร้า จากภาพเอกซเรย์ปอดของกลุ่มคน 2 กลุ่มคือ กลุ่มผู้ที่มีภาวะโรคกระดูกพรุนและ กลุ่มบุคคลที่มีกระดูกปกติ จะมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกันมากพอที่จะสามารถบ่งชี้ได้ว่าภาพเอกซเรย์ปอดภาพใดมีโอกาสที่จะอยู่ในกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุนหรืออยู่ในภาวะกระดูกปกติ

1.4 ขอบเขตการศึกษา

วิทยานิพนธ์นี้มีขอบเขตของการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. เก็บข้อมูลภาพเอกซเรย์ปอด จากโรงพยาบาลวชิรพยาบาล ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนั้นได้ผ่านการคัดแยกระหว่างภาพเอกซเรย์ปอดของกลุ่มผู้ที่มีภาวะ โรคกระดูกพรุนและกลุ่มบุคคลที่มีกระดูกปกติจากแพทย์แล้ว
2. ภาพดิจิทัล (Digital image) ของภาพเอกซเรย์ปอดที่นำมาศึกษา เกิดจากแปลงฟิล์มเอกซเรย์ปอดมาเป็นภาพดิจิทัลโดยการใช้กล้องดิจิทัลที่มีความละเอียด 5 ล้านพิกเซล ถ่ายภาพผ่านเครื่องฉายภาพเอกซเรย์ในระยะทางที่เท่ากัน
3. วิเคราะห์หาลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มผู้ที่มีภาวะ โรคกระดูกพรุนและกลุ่มบุคคลที่มีกระดูกปกติจากภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณส่วนที่เป็นกระดูกไหปลาร้า
4. ใช้เครื่องมือในการประมวลผลภาพของโปรแกรม Matlab รุ่น 6.5 ช่วยในการพัฒนา
5. งานวิจัยนี้จะทำการหาลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มผู้ที่มีภาวะ โรคกระดูกพรุนและกลุ่มบุคคลที่มีกระดูกปกติจากภาพเอกซเรย์ปอดโดยวิเคราะห์จากบริเวณส่วนที่เป็นกระดูกไหปลาร้าเพื่อใช้ในการคัดกรองผู้ที่มีภาวะ โรคกระดูกพรุน กรณีผู้ป่วยที่มีภาวะ โรคกระดูกพรุนก็จะชี้แจงให้ผู้ป่วยระวังมากขึ้นเพื่อป้องกันการเกิดกระดูกข้อสะโพกหักขึ้น

1.5 ขั้นตอนการศึกษาและการดำเนินงานวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้มีขั้นตอนการศึกษาและการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาขั้นตอนวิธีการทางการประมวลผลภาพ (Image processing)
2. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับภาวะ โรคกระดูกพรุน (Osteoporosis), การหาขอบภาพ (Edge detection), การหาค่า Threshold ของภาพ และการจำแนกกลุ่มข้อมูล (Clustering data)
3. ทำการตั้งสมมติฐาน โดยคาดว่า การใช้การประมวลผลภาพเข้ามาช่วยศึกษารายละเอียดลักษณะเฉพาะบริเวณกระดูกไหปลาร้า จากภาพเอกซเรย์ปอด (Chest X-Ray) ของกลุ่มคน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้ที่มีภาวะ โรคกระดูกพรุนและ กลุ่มบุคคลที่มีกระดูกปกติ จะมีลักษณะเด่นแตกต่างกัน ที่สามารถบ่งชี้ได้ว่า มีโอกาสที่จะเป็นภาวะ โรคกระดูกพรุนหรือไม่
4. นำเสนอวิธีการวิเคราะห์หาลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มบุคคลปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะ โรคกระดูกพรุน
5. พัฒนาโปรแกรมตามกระบวนการวิธีที่นำเสนอ
6. วิเคราะห์ผลการทดลอง

7. สรุปผลการทดลอง พร้อมเสนอแนวทางการพัฒนางานวิจัย
8. เขียนวิทยานิพนธ์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษารายละเอียดลักษณะเฉพาะบริเวณกระดูกไหปลาร้า จากภาพเอกซเรย์ปอด เพื่อวิเคราะห์ภาวะโรคกระดูกพรุนมีดังนี้

1. สามารถวิเคราะห์ได้ว่าภาพเอกซเรย์ปอดที่ได้จากการตรวจสุขภาพอยู่ในกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุนหรือไม่
2. ทำให้สามารถคัดกรองผู้ที่มีภาวะโรคกระดูกพรุนให้บุคคลทั่วไปได้มากขึ้น เนื่องจากค่าใช้จ่ายที่น้อยลง และสามารถวิเคราะห์พร้อมกับการตรวจสุขภาพประจำปี ไม่จำเป็นต้องเอกซเรย์บริเวณอื่น ๆ ของร่างกายเพิ่ม
3. ลดค่าใช้จ่ายในการคัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงที่จะอยู่ในกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุน

บทที่ 2

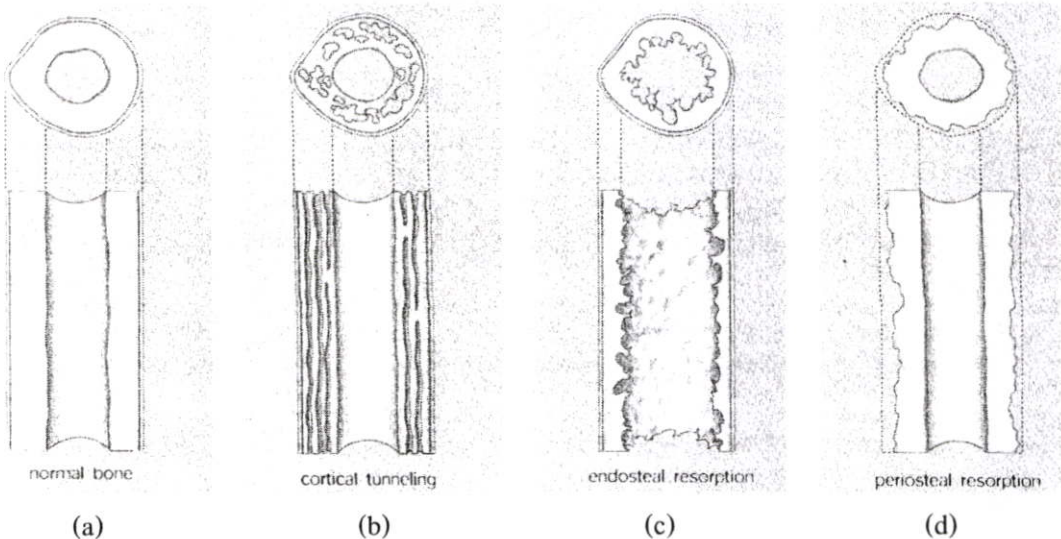
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โรคกระดูกพรุน (Osteoporosis) เป็นโรคที่ประชากรสูงอายุส่วนใหญ่เป็นมาก และยังไม่มียานวิจัยทางด้านการประมวลผลทางภาพโดยคอมพิวเตอร์ (Image Processing) ที่เกี่ยวข้องกับงานนี้โดยตรง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาถึงขั้นตอนวิธีการต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่การวิจัย จากงานวิจัยทางด้านการประมวลผลทางภาพที่ใกล้เคียง โดยแยกสรุปเป็นหัวข้อตามขั้นตอนการวิจัยได้ดังนี้

2.1 โรคกระดูกพรุน (Osteoporosis)

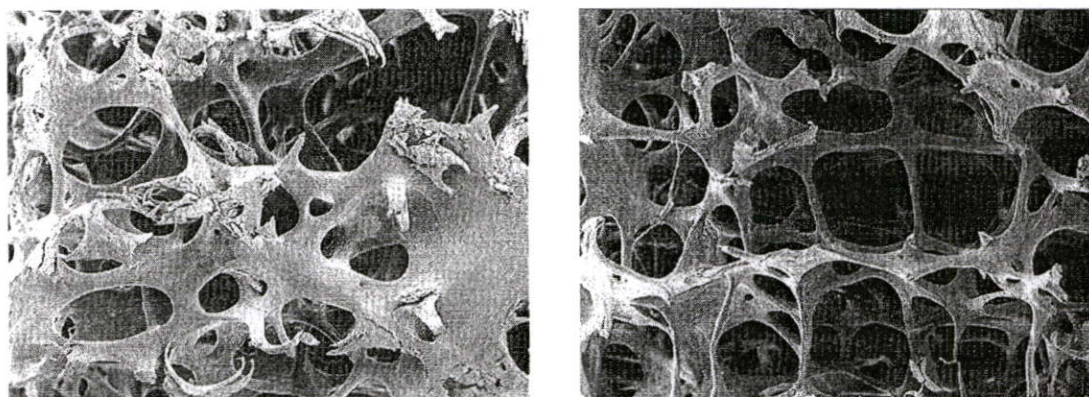
กระดูกมนุษย์สามารถจำแนกเป็น 2 แบบตามลักษณะโครงสร้างของกระดูก [15] คือ cortical bone และ cancellous bone โดย

1. Cortical bone คือกระดูกเปลือกนอกซึ่งแข็งและจับตัวกันอย่างหนาแน่น ซึ่งเป็นส่วนที่เห็นอยู่ด้านนอกของโครงกระดูก
2. Cancellous bone จะเป็นส่วนที่เป็นแผ่นเยื่อใยที่สอดไขว่กันไปมาอยู่ในช่องโพรงภายในของกระดูก



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

โรคกระดูกพรุน คือ โรคที่ความหนาแน่นของเนื้อกระดูกลดน้อยลงเรื่อยๆ รวมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะ โครงสร้างของกระดูก ซึ่งมีผลให้กระดูกไม่สามารถจะรับน้ำหนักหรือแรงกดดันได้ตามปกติ ทำให้เกิดกระดูกหักตามมา นอกจากนี้จะเรียกโรคกระดูกพรุนแล้วอาจจะเรียกว่า โรคกระดูกบาง โรคกระดูกโปร่งบาง หรือโรคกระดูก酥ก็ได้ [15]



(a)

(b)

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

2.1.1 ปัจจัยที่ทำให้เกิดโรคกระดูกพรุน

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

โรคกระดูกพรุนจึงเป็นโรคที่เกิดจากอัตราการสร้างกระดูกที่ผิดไปจากปกติคือมีการสลายไปของกระดูกมากกว่าการสร้าง ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเป็นโรคกระดูกพรุนมีดังนี้

1. ผู้หญิงหลังจากหมดประจำเดือน เกิดจากภาวะขาดฮอร์โมนเอสโตรเจน
2. อายุ เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดโรคกระดูกพรุน
3. โภชนาการ การบริโภคแคลเซียมต่ำหรือบริโภคอาหารที่มีโปรตีนในอัตราที่มากเกินไป
4. กรรมพันธุ์ ผู้ที่มีคนในครอบครัวเป็นโรคกระดูกพรุน ก็จะมีความเสี่ยงมากขึ้น
5. การสูบบุหรี่ ดื่มสุรา ดื่มกาแฟมาก บริโภคเกลือมาก
6. รับประทานยาบางชนิด เช่น ยากลุ่มสเตียรอยด์ ยาแก้อักเสบ ยาขับปัสสาวะซึ่งมักใช้ในโรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น ยากลุ่มสเตียรอยด์ เป็นยาที่ก่อให้เกิดปัญหาบ่อยที่สุด เนื่องจากการซื้อยามารับประทานเองหรือถูกผสมมากับยาสมุนไพรไทย

7. โรคบางอย่าง เช่น โรคเบาหวาน โรคขาดวิตามินดี โรคเลือดจางธาลัสซีเมีย โรคข้ออักเสบรูมาตอยด์ โรคพิษสุราเรื้อรัง โรคมะเร็งบางชนิด

8. การออกกำลังกาย ที่สม่ำเสมอและเหมาะสมจะช่วยให้มีกระดูกที่แข็งแรง ความเสี่ยงในการเป็นโรคกระดูกพรุนจึงน้อยลง

2.1.2 การป้องกันและรักษาโรคกระดูกพรุน

เนื่องจากภาวะโรคกระดูกพรุนนั้นใช้เวลาในการแสดงอาการที่เด่นชัดออกมานานมาก การดูแลรักษาให้ห่างจากปัจจัยเสี่ยงต่อโรคกระดูกพรุนจะเป็นวิธีที่ดีกว่าการรักษาในภายหลัง โดยมีวิธีการป้องกันดังนี้

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

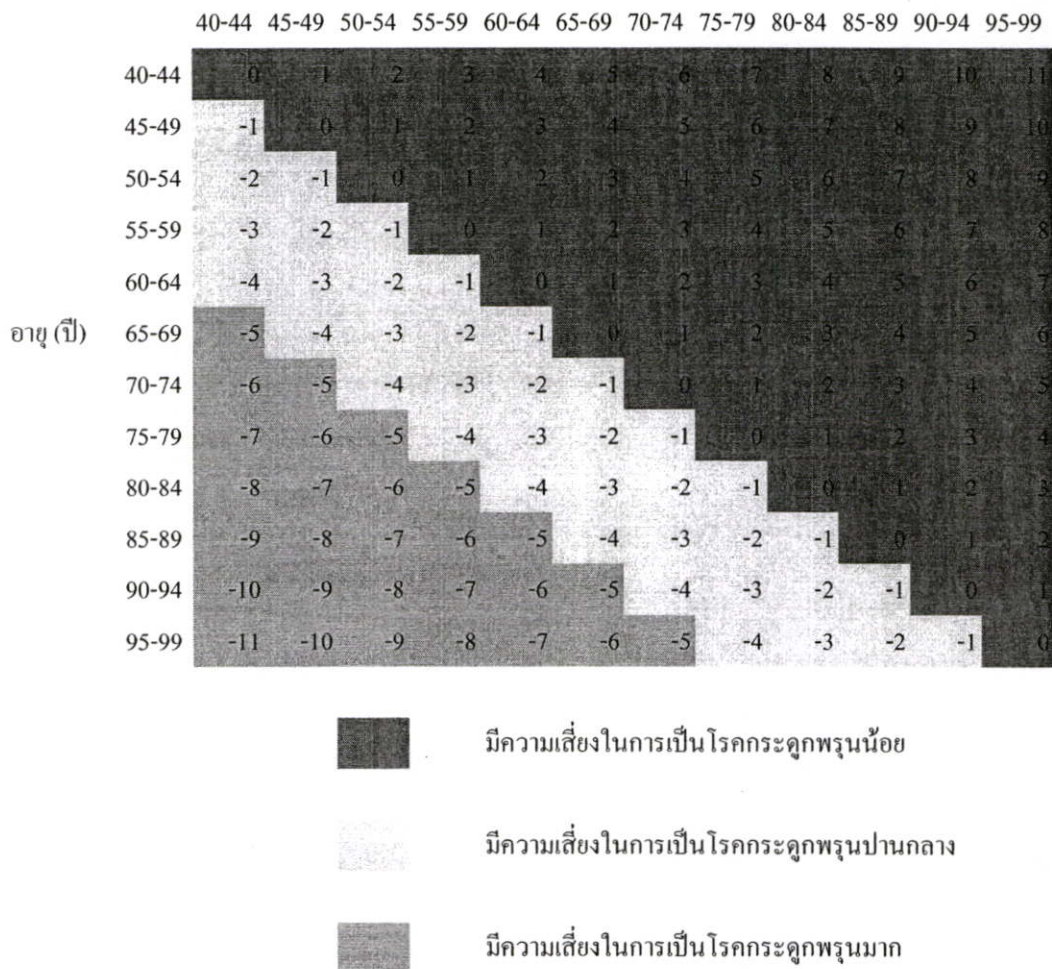
2.1.3 การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน

ในอดีตนั้นการคัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงจากภาวะโรคกระดูกพรุนจะใช้การตรวจสอบจากประวัติการเคยเกิดกระดูกหักมาก่อนของผู้ป่วย, 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 มีความเสี่ยงในการเป็นโรคกระดูกพรุนต่ำ ถ้าค่าที่ได้จากการคำนวณอยู่ระหว่าง -1 ถึง -4 หมายถึง มีความเสี่ยงในการเป็นโรคกระดูกพรุนปานกลางและถ้าค่าที่ได้จากการคำนวณน้อยกว่า -4 หมายถึง มีความเสี่ยงในการเป็นโรคกระดูกพรุนมาก

น้ำหนัก (กิโลกรัม)



รูปที่ 2.3 แสดงระดับความเสี่ยงของการเป็นโรคกระดูกพรุนโดยใช้วิธี OSTA ในการคำนวณ

ต่อมาจึงมีแนวคิดในการวิเคราะห์ภาวะโรคกระดูกพรุนจากฟิล์มเอกซเรย์ในส่วนของข้อมือหรือกระดูกขา [12] โดยทำการวิเคราะห์หาอัตราส่วนระหว่าง ค่าความยาวของข้อกระดูกกับความกว้างของเนื้อกระดูก เพื่อบ่งชี้ว่าผู้ที่มีภาวะโรคกระดูกพรุนจะมีอัตราส่วนระหว่างค่าความยาวของข้อกระดูกกับความกว้างของเนื้อกระดูกเท่าใด ซึ่งก็สามารถคัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงจากภาวะโรคกระดูกพรุนได้เช่นกัน แต่ก็ยังคงไม่ได้ถูกกำหนดให้ใช้เป็นมาตรฐานในการวินิจฉัยภาวะโรคกระดูกพรุน เนื่องจากได้มีการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวินิจฉัยภาวะโรคกระดูกพรุนที่ให้ค่าความน่าเชื่อถือที่ดีกว่า



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

ในปัจจุบันได้มีการ การวิจัยโรคกระดูกพรุนโดยใช้วิธีการวัดความหนาแน่นของกระดูก (Bone Mineral Density) โดยใช้เครื่อง Dual Energy X-ray Absorptiometry (DEXA) ซึ่งทำงานโดยการฉายรังสีเอกซ์พลังงานต่ำ 2 ระดับสลับกันแล้วถ่ายภาพกระดูกออกมา โดยจะวัดความหนาแน่นของกระดูกที่บริเวณกระดูกสันหลัง, กระดูกสะโพก, กระดูกต้นขา และปลายกระดูกข้อมือ แล้วจึงนำค่าความหนาแน่นของกระดูกที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าความหนาแน่นของกระดูกของคนปกติในเพศเดียวกัน (T-Score) [9] โดยองค์การอนามัยโลก (WHO) [14] ได้นิยามโรคกระดูกพรุนว่าเป็นภาวะที่ค่าความหนาแน่นของกระดูกที่วัดจากเครื่อง 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)

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)

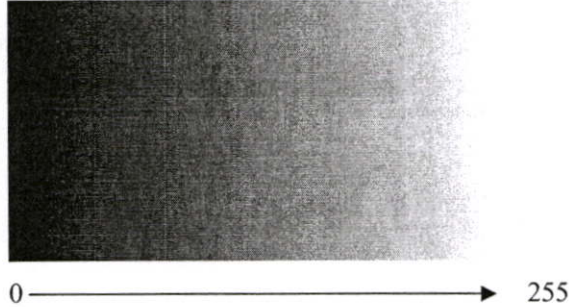
รูปแบบสี คือ รูปแบบการแสดงค่าสีในลักษณะตัวเลข ซึ่งค่าของตัวเลขจะถูกเก็บเป็นชุดตัวเลข (Vector) โดยอาจจะแบ่งเป็นชุดตัวเลข 1 ชุดเก็บค่าสี 3 สีหรือชุดตัวเลข 1 ชุดเก็บค่าสี 4 สี เป็นต้น เช่นรูปแบบสี RGB หรือ CMYK เป็นต้น

2.2.1.1 รูปแบบสีขาว - ดำ (Binary model)

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

2.2.1.3 รูปแบบสีเทา (Gray scale model)

ภาพที่ถูกจัดเก็บในรูปแบบนี้จะมีลักษณะเป็นภาพสีเทาที่ไล่ระดับของสีจากดำไป ขาว 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 การจัดเก็บในรูปแบบของเลขฐานสองก็จะมีค่ามากตามไปด้วยทำให้รูปภาพที่จัดเก็บมีขนาดไฟล์ใหญ่ตามความละเอียดของภาพด้วย

การแปลงภาพสี RGB ให้เป็นภาพสีเทานั้นสามารถทำได้โดยนำค่าความเข้มแสง ของแต่ละเฉดสีมาคำนวณจากสมการ [8]

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

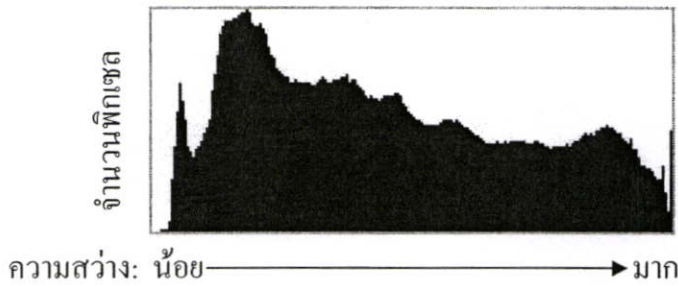
โดยที่	<i>Grayscale</i>	คือค่าความเข้มแสงในรูปแบบสีเทา
	<i>R</i>	คือค่าความเข้มแสงของสีแดง
	<i>G</i>	คือค่าความเข้มแสงของสีเขียว
	<i>B</i>	คือค่าความเข้มแสงของสีน้ำเงิน

2.2.2 ค่าฮิสโทแกรม (Histogram)

ฮิสโทแกรมในความหมายของการประมวลผลทางภาพ คือ การอ้างอิงถึงค่าความถี่ของค่า ความเข้มแสงของพิกเซล ค่าฮิสโทแกรมที่แสดงในรูปที่ 2.9 อธิบายถึงค่าความถี่ของจำนวนพิกเซล

ที่มีค่าความเข้มแสงที่แตกต่างกัน 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 คือการใช้กระบวนการวิธีการประมวลผลทางภาพกับค่าความเข้มแสงของพิกเซลที่อยู่ในรูปภาพนั้นโดยตรง

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 โดยกำหนดหน้าต่างต่าง (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 หาค่ามัธยฐาน โดยการเรียงลำดับตัวเลขใหม่จากข้อมูล 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

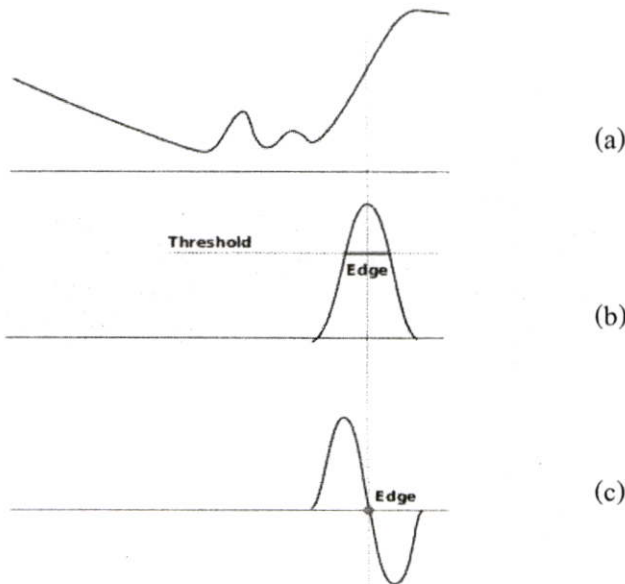


รูปที่ 2.13 (a) แสดงการพิจารณาการปรับค่าความเข้มแสงที่สูงสุด (b) แสดงการพิจารณาการปรับค่าความเข้มแสงที่ต่ำสุด [12]

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 Gaussian (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 และมีค่าความเข้มแสงมากที่สุดคือพิกเซลเส้นขอบภาพ 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 แล้วก็จะพิจารณาจากจุดที่ค่า y เป็น 0 ซึ่งก็คือจุดที่ค่าของ 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)

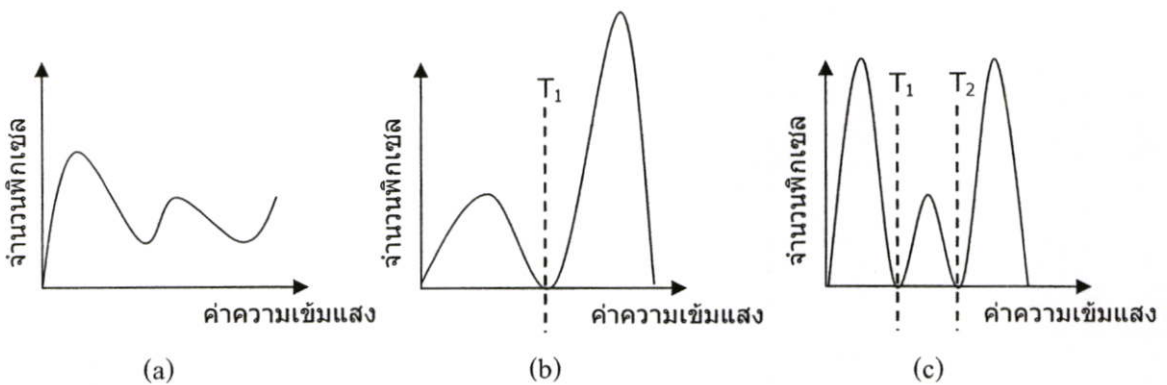
Threshold คือ ค่าที่ใช้วิเคราะห์ในกระบวนการแปลงภาพสีให้เป็นภาพขาว - ดำ โดยกำหนดให้พิกเซลที่มีค่าความเข้มแสงมากกว่าหรือเท่ากับค่า Threshold เป็นส่วนของวัตถุภายในภาพ (Foreground) ซึ่งจะถูกรับค่าความเข้มแสงให้เท่ากับ 1 และพิกเซลที่มีค่าความเข้มแสงที่น้อยกว่าค่า Threshold จะเป็นส่วนของพื้นหลังของภาพ (Background) 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 - ดำให้ได้ภาพที่คมชัดสามารถแยกส่วนที่เป็นวัตถุออกจากส่วนที่เป็นพื้นหลังได้อย่างถูกต้องชัดเจนนั้นขึ้นอยู่กับ การเลือกค่า 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) คำนวณพื้นที่ส่วนต่อไปเรื่อย ๆ วิธีนี้จะเหมาะกับการนำไปใช้ในงานประเภทการรู้จำตัวอักษร (Optical Character 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) แสดงการเลื่อนส่วนย่อย ๆ (หน้าต่างขนาด 3×3) ตามลำดับ เพื่อคำนวณหาค่า Threshold ทีละส่วน

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 ที่คำนวณได้จึงไม่จำเป็นต้องหาจำนวนจากทุกพิกเซลในแต่ละส่วน

การคิดค่าเฉลี่ยโดยคำนวณจากผลรวมของค่าความเข้มแสงทุกพิกเซลหารด้วยจำนวนของพิกเซลนั้นจะคำนวณ เฉพาะส่วนแรกของแถวเท่านั้น สำหรับการหาค่าเฉลี่ยในส่วนถัดไปจะคำนวณจากการนำค่าผลรวมของค่าความเข้มแสงเดิม + ค่าผลรวมของหลักใหม่ - ค่าผลรวมของหลักแรกของส่วนเดิมาแสดงในรูปแบบที่ 2.18

	ค่าเฉลี่ยแรก	
118	217	20
111	212	2
110	57	178
205	24	193
110	131	35
217	24	70
216	31	156

หลักแรกของส่วนเดิม	หลักใหม่
118	217
111	212
110	57
205	24
110	131
217	24
216	31

224	144
116	238
246	123
117	94
247	11
61	252
99	121

รูปที่ 2.18 แสดงการคำนวณค่า Threshold โดยการใช้อัลกอริทึม Dynamic Programming

2.2.6 การจำแนกวัตถุออกจากภาพ (Segmentation)

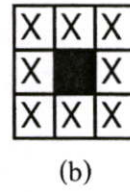
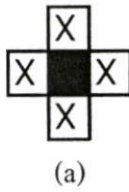
2.2.6.1 การจำแนกวัตถุออกจากภาพโดยใช้วิธี Label (Connected Components Labeling)

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



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

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 มีรูปแบบคำสั่งดังต่อไปนี้

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

โดยที่	IDX	คือผลลัพธ์ที่ได้จากการจำแนกกลุ่มโดยวิธี K-mean
	X	คือชุดข้อมูลที่จะทำการจำแนกกลุ่ม
	K	คือจำนวนกลุ่มข้อมูลที่จะทำการจำแนก

บทที่ 3

วิธีการวิเคราะห์ภาวะโรคกระดูกพรุนจากภาพเอกซเรย์ปอด

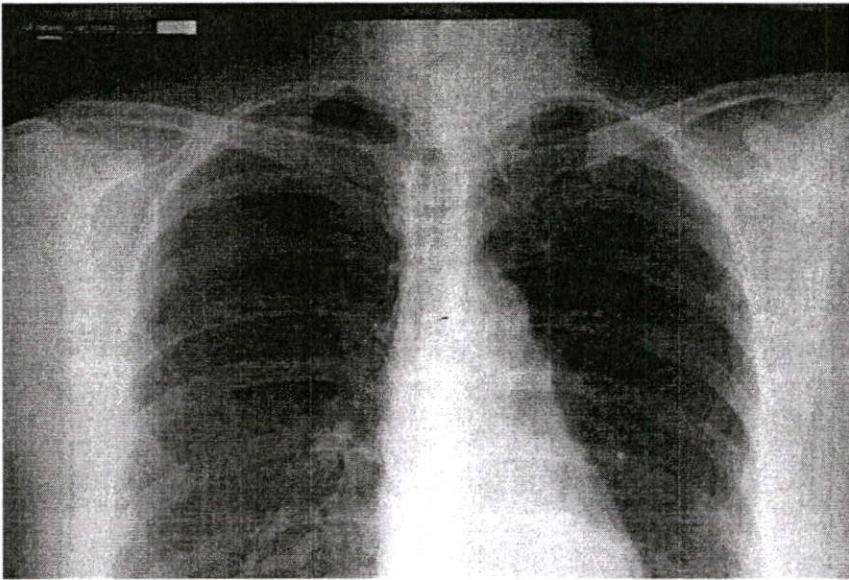
งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่ทำการทดลองหาลักษณะที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มคนปกติและกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุน โดยพิจารณาจากบริเวณกระดูกไหปลาร้าของภาพเอกซเรย์ปอดเพื่อบ่งชี้และคัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงที่จะอยู่ในกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุนซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การแปลงจากฟิล์มเอกซเรย์ปอดให้อยู่ในรูปแบบภาพดิจิทัล
2. การปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Image Enhancement)
3. การแยกวัตถุออกจากภาพ (Segmentation)
4. การแยกคุณลักษณะเฉพาะของภาพ (Feature Extraction)
5. การจำแนกกลุ่มของข้อมูล (Clustering Data)

จากการศึกษาการวิเคราะห์ภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้าระหว่างกลุ่มคนปกติและกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุน ทำให้ทราบถึงลักษณะที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มคนปกติและกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุน โดยที่อัตราส่วนระหว่างขนาดของกระดูกเปลือกนอกและส่วนที่เป็นแผ่นเยื่อใยภายในช่องโพรงกระดูกบริเวณไหปลาร้า ของกลุ่มคนปกติจะมีอัตราส่วนที่แตกต่างจากกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุน

3.1 การแปลงจากฟิล์มเอกซเรย์ปอดให้อยู่ในรูปแบบภาพดิจิทัล

ข้อมูลภาพเอกซเรย์ปอดที่นำมาวิจัยได้จากโรงพยาบาลวชิรพยาบาลซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้ผ่านการคัดแยกระหว่างภาพเอกซเรย์ของปอดของกลุ่มผู้ที่มีภาวะโรคกระดูกพรุนและกลุ่มบุคคลที่มีกระดูกปกติจากแพทย์แล้วแต่เนื่องจากข้อมูลที่ได้ยังไม่เป็นรูปภาพดิจิทัลจึงไม่สามารถนำการประมวลผลทางภาพโดยคอมพิวเตอร์มาใช้ได้ ดังนั้นจึงต้องทำการแปลงฟิล์มเอกซเรย์ปอดดังกล่าวให้อยู่ในรูปแบบภาพดิจิทัลก่อน โดยการใช้กล้องดิจิทัลที่มีความละเอียด 5 ล้านพิกเซล ถ่ายภาพฟิล์มเอกซเรย์ปอดผ่านเครื่องฉายภาพเอกซเรย์ในระยะทางที่เท่ากัน

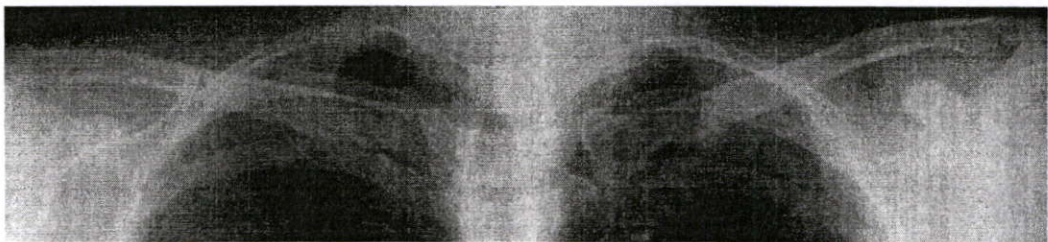


รูปที่ 3.1 แสดงภาพเอกซเรย์ของปอด

3.2 การปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Image Enhancement)

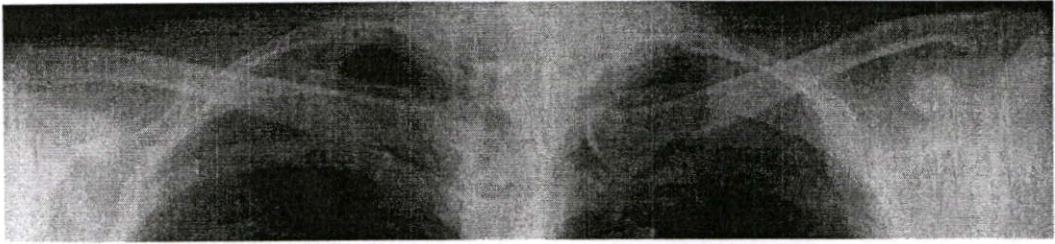
3.2.1 การเตรียมภาพก่อนทำการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะ

เนื่องจากบริเวณที่จะนำมาวิเคราะห์หาลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกัน คือบริเวณกระดูกไหปลาร้า จึงทำการนำภาพถ่ายดิจิทัลของฟิล์มเอกซเรย์ปอดมาตัด (Crop) เฉพาะส่วนบนซึ่งครอบคลุมกระดูกไหปลาร้าเพื่อความลดเวลาในการประมวลผลทางภาพ



รูปที่ 3.2 แสดงภาพเอกซเรย์ที่ตัดจากภาพถ่ายดิจิทัลของฟิล์มเอกซเรย์ปอดเฉพาะส่วนที่ครอบคลุมกระดูกไหปลาร้า

เมื่อได้ภาพที่ทำการตัดภาพภาพถ่ายดิจิทัลของฟิล์มเอกซเรย์ปอดเฉพาะส่วนบนลำตัวครอบคลุมกระดูกไหปลาร้าแล้ว 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

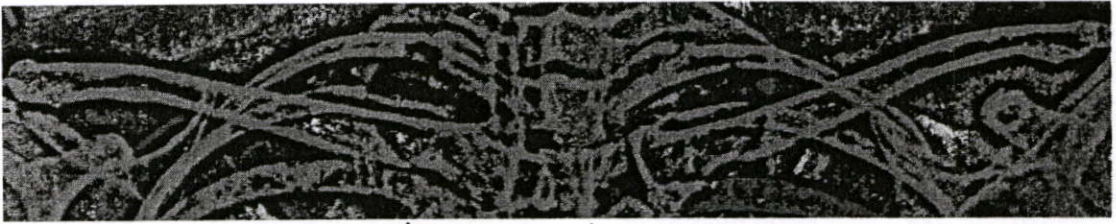


รูปที่ 3.4 แสดงภาพขาว-ดำ ที่ถูกแปลงมาจากภาพสี

3.3.2 การลดสัญญาณรบกวน (Noise reduction)

สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนการทำงานได้ดังนี้

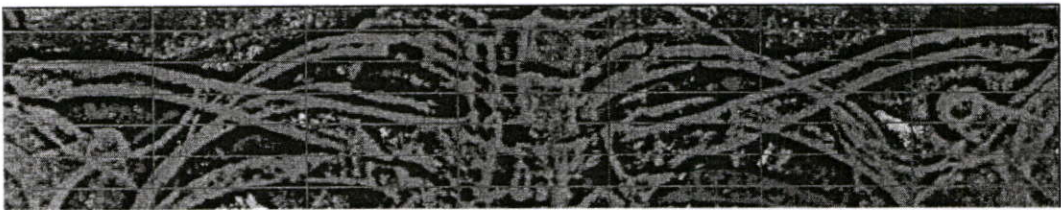
1. ภาพที่เกิดจากการแปลงภาพสีเป็นภาพขาว - ดำนั้นมีสัญญาณรบกวนอยู่มากจึงต้องทำการลดสัญญาณรบกวนออก โดยขั้นตอนแรกทำการ Label วัตถุภาพที่มีความต่อเนื่องกันให้มีสีเดียวกัน ดังแสดงในรูป 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงภาพที่ผ่านการ Label

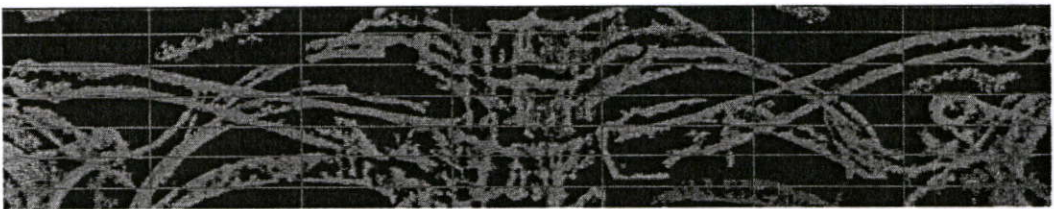
2. จากภาพผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 นำค่าเฉลี่ยของจำนวนพิกเซลในแต่ละวัตถุของภาพ โดยกำหนดให้วัตถุที่มีจำนวนพิกเซลน้อยกว่า 60 เปอร์เซนต์ของค่าเฉลี่ยของจำนวนพิกเซลของวัตถุทั้งหมด จะถือว่าเป็นสัญญาณรบกวนของภาพ จึงทำการปรับค่าความเข้มแสงของพิกเซลที่อยู่ในวัตถุนั้นให้เป็นสีดำหรือสีพื้น

3. ทำการแบ่งภาพออกเป็น 7 ส่วนทั้งแนวดิ่งและแนวนอน จะทำให้ได้ส่วนย่อยรวมทั้งสิ้น 49 ส่วน เพื่อพิจารณาทีละส่วนว่าวัตถุที่มีจำนวนพิกเซลมากที่สุดคือวัตถุส่วนใด แล้วทำการปรับค่าความเข้มแสงของพิกเซลในวัตถุอื่นๆ ให้เป็นสีดำ การแบ่งภาพออกเป็น 7 ส่วนทั้งแนวดิ่งและแนวนอนเนื่องจากจะได้สมมาตรของรูปภาพในแนวดิ่ง 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



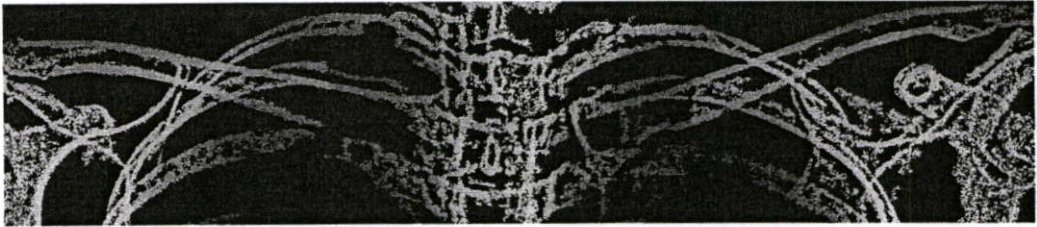
รูปที่ 3.7 แสดงภาพแต่ละส่วนที่ต่อกันเป็นภาพเดียว

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



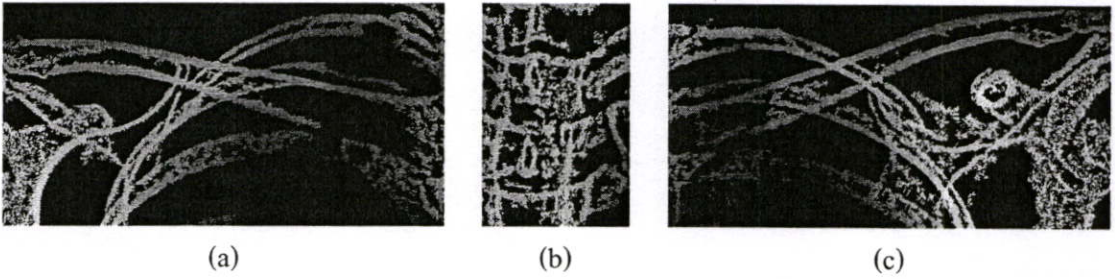
รูปที่ 3.9 แสดงภาพโครงสร้างของกระดูก

3.4 การแยกคุณลักษณะเฉพาะของภาพ (Feature Extraction)

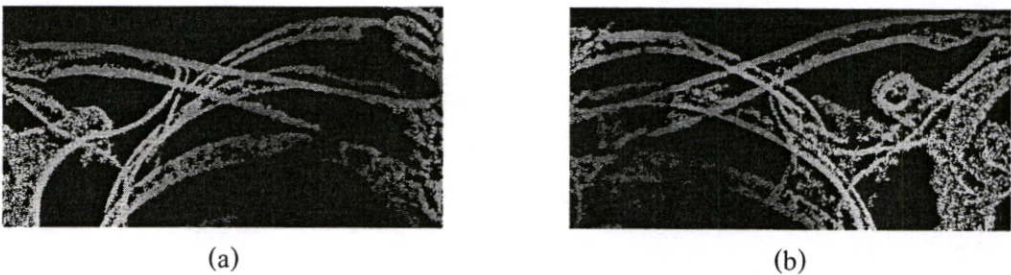
สำหรับขั้นตอนนี้จะทำการหาคุณลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกันของภาพบริเวณกระดูกไหปลาร้า โดยทำการวัดขนาดความหนาของกระดูกเปลือกนอกและส่วนที่เป็นแผ่นเยื่อใยภายในช่องโพรงกระดูกบริเวณไหปลาร้า แล้วทำการวิเคราะห์หาค่าอัตราส่วนของแต่ละกลุ่ม มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

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 ขอบเขตที่ใช้คำนวณในแนวนอน โดยปกติด้านขวาจะ เริ่มจากส่วนที่ 8 ด้านซ้ายจะเริ่มจากส่วนที่ 24 เพราะเป็นส่วนที่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ของภาพส่วนมาก แต่เนื่องจากขอบเขตที่กำหนดดังกล่าวบางภาพไม่สามารถนำมาคำนวณได้ จึงสามารถเลือกขอบเขตใหม่ที่สามารถคำนวณได้แทนขอบเขตเดิม

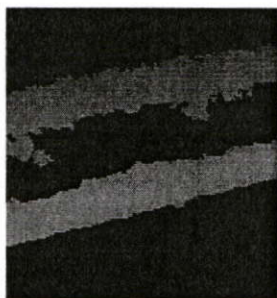
เมื่อได้ขอบเขตในแนวตั้ง ขั้นตอนต่อไปคือการเลือกขอบเขตในแนวตั้ง โดยแบ่งภาพที่ได้ในแนวนอนออกเป็น 15 ส่วนเท่า ๆ กัน ดังแสดงในรูปที่ 3.13 เลือกส่วนที่เป็นขอบเขตเริ่มต้นและขอบเขตสุดท้ายของภาพเพื่อที่จะคำนวณหาค่าความกว้างของกระดูกท่อนบน และความกว้างของกระดูกท่อนล่างของกระดูกไหปลาร้า



รูปที่ 3.12 แสดงภาพกระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้ายโดยแบ่งในแนวตั้งออกเป็น 32 ส่วนเท่า ๆ กัน

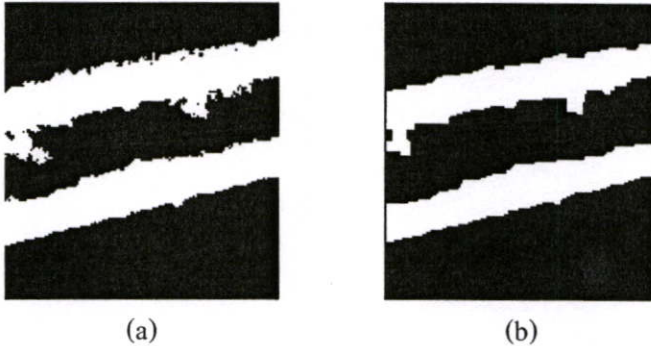


รูปที่ 3.13 แสดงภาพกระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้ายโดยแบ่งในแนวนอนออกเป็น 15 ส่วนเท่า ๆ กัน



รูปที่ 3.14 แสดงภาพกระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้าย

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



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

4. เนื่องจากลักษณะภาพของบริเวณกระดุกไพลาร้าของแต่ละด้านนั้นยังไม่อยู่ในแนวระนาบจึงจำเป็นต้องทำการหมุนภาพ (rotation) ให้อยู่ในแนวระนาบก่อนเพื่อทำการวัดค่าความกว้างของกระดุกไพลาร้า โดยหาองศาของภาพจากความชันของกระดุกส่วนบนดังแสดงในรูปที่ 3.16

กำหนดจุด x_1, y_1 โดยหาจากเส้นขอบกระดุกส่วนบนและกำหนดระยะห่าง l เพื่อทำการหาจุด x_2, y_2 โดย

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

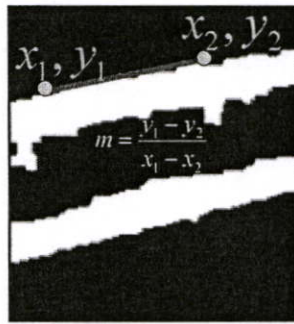
หาค่าแนว y_2 จากเส้นขอบกระดุกส่วนบนที่จุด x_2 จะได้จุด x_2, y_2 ซึ่งเป็นจุดปลายของเส้นตรง หาค่าความชัน m ของเส้นตรง จากสมการ

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

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, ค่าความสูงของก้นของกระดุกบริเวณไหล่ปลาร้าทั้งทางด้านซ้ายและด้านขวา และนับจำนวนวัตถุที่อยู่ระหว่างกระดุกท่อนบนกับกระดุกท่อนล่าง โดยที่การวัดค่าความกว้างของกระดุกแต่ละส่วนสามารถแสดงได้ดังนี้

กำหนดจุด x_1, y_1 โดยหาจากเส้นขอบกระดุกส่วนบนและกำหนดระยะห่าง l เพื่อทำการหาจุด x_2, y_2 โดย

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

หาค่าแนว 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

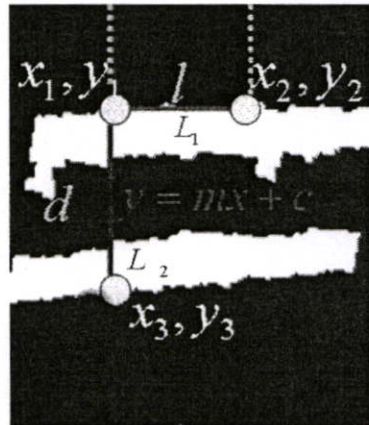
$$y = m_1x + c_1 \quad (3.5)$$

เส้นตรง L_2 เป็นเส้นตรงที่ตั้งฉากกับเส้นตรง L_1 ซึ่งความชันจะคูณกันได้ -1 เมื่อนำไปแทนในสมการที่ 3.6 จะได้

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

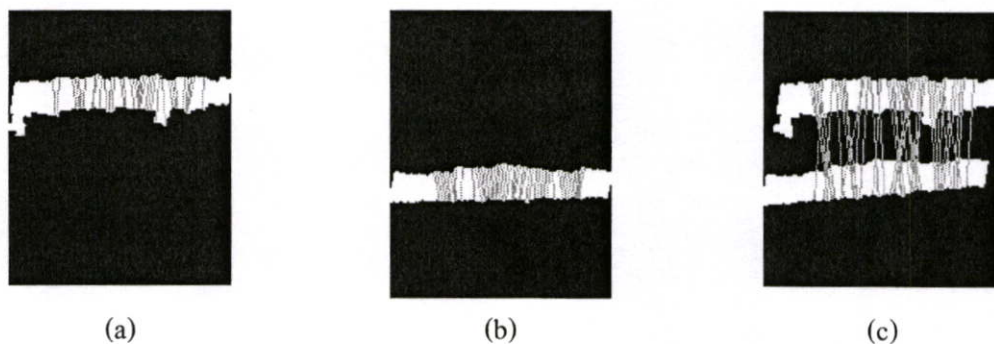
แทนค่า x_1, y_1 ลงในสมการ 3.6 เพื่อหาค่า c_2 จะได้สมการเส้นตรง L_2 ที่ตั้งฉากกับเส้นตรง L_1 หาค่าความยาวของเส้นตรงที่ตั้งฉากได้จากสมการที่ 3.7

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



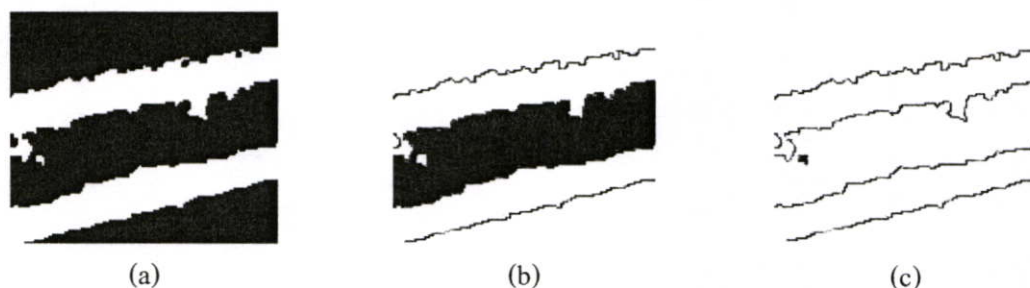
รูปที่ 3.17 แสดงการวัดความกว้างของกระดุก

ค่าความยาวของกระดุกแต่ละส่วนคือ ค่าเฉลี่ยของค่าความยาวทุกเส้นที่วัดได้จากกระดุกแต่ละส่วน



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

จำนวนวัตถุที่อยู่ระหว่างกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่าง หาได้โดยการพิจารณาวัตถุที่อยู่ภายในบริเวณโพรงกระดูกจากภาพที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 ว่ามีจำนวนเท่าใดดังแสดงในรูปที่ 3.19



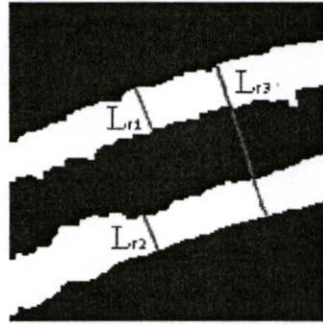
รูปที่ 3.19 (a) แสดงภาพผลลัพธ์จากการลดสัญญาณรบกวน, (b) แสดงภาพขอบเขตบริเวณโพรงกระดูกและ (c) แสดงจำนวนชิ้นวัตถุที่อยู่ภายในบริเวณโพรงกระดูก

3.5 การจำแนกกลุ่มของข้อมูล (Data Clustering)

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

L_{11}	คือความกว้างของกระดูกท่อนบนทางด้านซ้าย
L_{12}	คือความกว้างของกระดูกท่อนล่างทางด้านซ้าย
$L_{11} + L_{12}$	คือผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างทางด้านซ้าย
L_{13}	คือความของกว้างของกระดูกบริเวณไหล่ปลาร้าทางด้านซ้าย

L_{r1}	คือ ความกว้างของกระดูกอ่อนบนทางด้านขวา
L_{r2}	คือความกว้างของกระดูกอ่อนล่างทางด้านขวา
$L_{r1} + L_{r2}$	คือผลรวมค่าความกว้างของกระดูกอ่อนบนกับกระดูกอ่อนล่างทางด้านขวา
L_{r3}	คือความกว้างของกระดูกบริเวณไหล่ปลาร้าทางด้านขวา



รูปที่ 3.20 แสดงการวัดขนาดความกว้างของกระดูกทางด้านขวา

ลักษณะเฉพาะที่นำมาวิเคราะห์จะสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี

3.5.1 ลักษณะเฉพาะของกระดูกบริเวณไหล่ปลาร้าทางด้านขวา

จะประกอบไปด้วย 6 ลักษณะ คือ

1. ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดูกอ่อนบนขวา (L_{r1}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดูกอ่อนบนกับกระดูกอ่อนล่างทางด้านขวา ($L_{r1} + L_{r2}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{r1}}{L_{r1} + L_{r2}}$
2. ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดูกอ่อนล่างขวา (L_{r2}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดูกอ่อนบนกับกระดูกอ่อนล่างทางด้านขวา ($L_{r1} + L_{r2}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{r2}}{L_{r1} + L_{r2}}$
3. ค่าอัตราส่วนระหว่างผลรวมของความกว้างของกระดูกอ่อนบนขวากับกระดูกอ่อนล่างขวา ($L_{r1} + L_{r2}$) ต่อค่าความกว้างของกระดูกบริเวณไหล่ปลาร้าทางด้านขวา (L_{r3}) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{r1} + L_{r2}}{L_{r3}}$
4. ค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนวัตถุที่อยู่ระหว่างกระดูกอ่อนบนกับกระดูกอ่อนล่างต่อพื้นที่ของโพรงกระดูกทางด้านขวา
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. ค่าอัตราส่วนระหว่างผลรวมของความกว้างของกระดุกท่อนบนขวากับกระดุกท่อนล่างขวา ($L_{r1} + L_{r2}$) ต่อค่าความกว้างของกระดุกบริเวณโพลาร้าทางด้านขวา (L_{r3}) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{r1} + L_{r2}}{L_{r3}}$

4. ค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนวัตถุที่อยู่ระหว่างกระดุกท่อนบนกับกระดุกท่อนล่างต่อพื้นที่ของโพรงกระดุกทางด้านขวา

5. ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดุกท่อนบนซ้าย (L_{l1}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดุกท่อนบนกับกระดุกท่อนล่างทางด้านซ้าย ($L_{l1} + L_{l2}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{l1}}{L_{l1} + L_{l2}}$

6. ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของกระดุกท่อนล่างซ้าย (L_{l2}) ต่อผลรวมของความกว้างของกระดุกท่อนบนกับกระดุกท่อนล่างทางด้านซ้าย ($L_{l1} + L_{l2}$) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{l2}}{L_{l1} + L_{l2}}$

7. ค่าอัตราส่วนระหว่างผลรวมของความกว้างของกระดุกท่อนบนซ้ายกับกระดุกท่อนล่างซ้าย ($L_{l1} + L_{l2}$) ต่อค่าความกว้างของกระดุกบริเวณโพลาร้าทางด้านซ้าย (L_{l3}) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{l1} + L_{l2}}{L_{l3}}$

8. ค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนวัตถุที่อยู่ระหว่างกระดุกท่อนบนกับกระดุกท่อนล่างต่อพื้นที่ของโพรงกระดุกทางด้านซ้าย

9. ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าลักษณะเฉพาะทั้ง 8 ลักษณะแรก

10. ค่าเฉลี่ยของค่าลักษณะเฉพาะทั้ง 8 ลักษณะแรก

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในบทนี้จะแสดงผลการทดลองที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้า โดยวิเคราะห์จากลักษณะเฉพาะ ดังกล่าวไว้ในบทที่ 3 เพื่อสรุปผลลัพธ์ที่ได้ว่าการเลือกลักษณะดังกล่าวมาวิเคราะห์โรคภาวะกระดูกพรุนจากภาพเอกซเรย์ปอดสามารถวิเคราะห์ได้ถูกต้องหรือไม่ถูกต้องมากน้อยเพียงใด

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

ภาพเอกซเรย์ปอดที่ใช้ในการทดลองนี้ ได้ถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มคนปกติจำนวน 12 คน, กลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุนจำนวน 12 คน และกลุ่มข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบจำนวน 8 คน จากโรงพยาบาลวชิรพยาบาล ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้ได้ผ่านการคัดแยกระหว่างภาพเอกซเรย์ปอดของกลุ่มผู้ที่มีภาวะโรคกระดูกพรุนและกลุ่มบุคคลที่ไม่มีกระดูกปกติจากแพทย์แล้ว กลุ่มข้อมูลของคนปกติจำนวน 12 คนและกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุนจำนวน 12 คน จะเป็นข้อมูลที่ใช้ทดสอบเพื่อหาค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของกลุ่มคนปกติและกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุนซึ่งจะเป็นค่าที่ใช้ในการชี้วัดภาวะโรคกระดูกพรุน ส่วนกลุ่มข้อมูลทดสอบจำนวน 8 คนจะใช้ทดสอบค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของกลุ่มคนปกติและกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุนที่คำนวณได้จากการทดสอบข้างต้นว่ามีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด

4.3 วิธีการทดลอง

การทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 วิธีคือการทดลองหาค่าลักษณะเฉพาะของภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้าย, ทางด้านขวา และทั้งสองด้านพร้อมกัน โดยพิจารณาจากการเลือกช่วงของภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้าของแต่ละด้านที่แบ่งออกเป็น 32 ส่วนในแนวตั้ง ออกมาวิเคราะห์ 2 ช่วง ทำการหาค่าลักษณะเฉพาะของแต่ละภาพจากกลุ่มตัวอย่าง เมื่อได้ลักษณะเฉพาะของทุกภาพแล้วก็จะนำมาทดสอบจำแนกประเภทข้อมูลด้วยฟังก์ชัน K-mean จากโปรแกรม Matlab จะได้หาค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่ม ซึ่งจะเป็นค่าที่ใช้ในการบ่งชี้ภาวะโรคกระดูกพรุนของแต่ละวิธี

4.4 ผลการวิเคราะห์จากลักษณะของกระดูกที่ได้

ผลการทดลองแสดงตามวิธีการทดลอง 3 วิธี ได้ดังนี้

4.4.1 ผลการวิเคราะห์จากลักษณะของกระดูกที่ได้จากภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านขวา

ทดลองจากข้อมูลภาพเอกซเรย์ปอดจำนวน 24 ภาพ โดยเลือกช่วงที่วิเคราะห์ 2 ช่วง โดยแบ่งเป็นกลุ่มคนปกติจำนวน 12 คน และกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุนจำนวน 12 คน จะได้ค่าลักษณะเฉพาะ 6 ลักษณะดังแสดงในตารางที่ 4.1

ซึ่งลักษณะเฉพาะทั้ง 6 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. ค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนวัตถุที่อยู่ระหว่างกระดูกที่นอนบนกับกระดูกที่นอนล่างต่อพื้นที่ของโพรงกระดูกทางด้านขวา

5. ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าลักษณะเฉพาะทั้ง 4 ลักษณะแรก

6. ค่าเฉลี่ยของค่าลักษณะเฉพาะทั้ง 4 ลักษณะแรก

ตารางที่ 4.1 แสดงตำแหน่งที่เลือกมาวิเคราะห์ 2 ช่วงของภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านขวา

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

จากผลการทดลองจำแนกประเภทของกลุ่มข้อมูลของภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านขวาจะทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่มดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านขวา

ลักษณะเฉพาะ	กลุ่มปกติ	กลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุน
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 ผลการวิเคราะห์จากลักษณะของกระดูกที่ได้จากภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้าย

ทดลองจากข้อมูลภาพเอกซเรย์ปอดจำนวน 24 ภาพ โดยเลือกช่วงที่วิเคราะห์ 2 ช่วง โดยแบ่งเป็นกลุ่มคนปกติจำนวน 12 คน และกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุนจำนวน 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 ($L_{11} + L_{12}$) ต่อค่าความกว้างของกระดูกบริเวณไหล่ทางด้านซ้าย (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 ช่วงของภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหล่ทางด้านซ้าย

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

จากผลการทดลองจำแนกประเภทของกลุ่มข้อมูลของภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้ายจะทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่มดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้าย

ลักษณะเฉพาะ	กลุ่มปกติ	กลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุน
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 ผลการวิเคราะห์จากลักษณะของกระดูกที่ได้จากภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านขวาและทางด้านซ้าย

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

จากผลการทดลองจำแนกประเภทของกลุ่มข้อมูลของภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านขวาและทางด้านซ้ายจะทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่มดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้าทาง
ด้านขวาและทางด้านซ้าย

ลักษณะเฉพาะ	กลุ่มปกติ	กลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุน
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

เมื่อนำค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่มมาวิเคราะห์ที่ภาวะโรคกระดูกพรุน โดยให้
ค่าน้ำหนัก (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) เป็นตัววัดว่าข้อมูลภาพที่ทำการทดสอบควรอยู่ในกลุ่มคนปกติหรือกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุนจากระยะห่างของกลุ่มที่น้อยที่สุด 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
	กลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุน	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
	กลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุน	5	83.33	1	16.67
	กลุ่มข้อมูลทั้งหมด	6	75	2	25

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการนำค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่มโดยวิเคราะห์จากกระดูกไหปลาร้าทางด้านขวาและทางด้านซ้าย

บริเวณที่ทำการ ทดลอง	กลุ่มของข้อมูล	ผลการวิเคราะห์			
		ถูกต้อง		ผิดพลาด	
		จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
กระดูกไหปลาร้าทาง ด้านขวาและทางด้าน ซ้าย	กลุ่มปกติ	2	100	0	0
	กลุ่มภาวะ โรคกระดูกพรุน	6	100	0	0
	กลุ่มข้อมูลทั้งหมด	8	100	0	0

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

วิธีการวิเคราะห์ภาวะโรคกระดูกพรุนจากภาพเอกซเรย์ปอด เป็นการวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่ม คือกลุ่มคนปกติและกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุน โดยสามารถใช้กระดูกบริเวณไหล่ปลาร้าทางด้านซ้าย, บริเวณไหล่ปลาร้าทางด้านขวา หรือกระดูกบริเวณไหล่ปลาร้าทั้ง 2 ด้าน เป็นตัววิเคราะห์หาลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกันระหว่าง 2 กลุ่ม จากกระบวนการที่ได้เสนอไว้ในบทที่ 3 จะได้ลักษณะเฉพาะที่ใช้ในการแยกกลุ่มตามบริเวณที่ใช้วิเคราะห์ได้ 3 กรณีดังนี้

1. ภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหล่ปลาร้าทางด้านขวา 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 ค่าอัตราส่วนระหว่างผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนขวากับกระดูกท่อนล่าง ขวา ($L_{r1} + L_{r2}$) ต่อค่าความกว้างของกระดูกบริเวณไหล่ปลาร้าทางด้านขวา (L_{r3}) ซึ่งเท่ากับ $\frac{L_{r1} + L_{r2}}{L_{r3}}$

1.4 ค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนวัตถุที่อยู่ระหว่างกระดูกท่อนบนกับกระดูกท่อนล่างต่อพื้นที่ของโพรงกระดูกทางด้านขวา

1.5 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าลักษณะเฉพาะทั้ง 4 ลักษณะแรก

1.6 ค่าเฉลี่ยของค่าลักษณะเฉพาะทั้ง 4 ลักษณะแรก

2. ภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหล่ปลาร้าทางด้านซ้าย 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. ภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหล่ปลาร้าทางด้านขวาและทางด้านซ้าย 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 ค่าอัตราส่วนระหว่างผลรวมของความกว้างของกระดูกท่อนบนขวากับกระดูกท่อนล่าง ขวา ($L_{r1} + L_{r2}$) 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 เพราะเป็นส่วนที่เห็นได้ชัดเจนในภาพเอกซเรย์ปอดส่วนมาก ใช้สมการ K-mean ในการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของกลุ่มคนปกติและกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุน ซึ่งจากการนำค่าเฉลี่ยของลักษณะเฉพาะของแต่ละกลุ่มที่ได้จากการทดลองมาเป็นตัววิเคราะห์คัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงที่จะอยู่ในกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุน โดยให้นำน้ำหนักของค่าลักษณะเฉพาะตามที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบกับกลุ่มที่ได้คัดแยกไว้ 8 ภาพ ทำให้สรุปได้ว่าลักษณะเฉพาะที่เลือกนั้นสามารถวิเคราะห์แยกกลุ่มคนปกติและกลุ่มผู้ที่มีภาวะโรคกระดูกพรุนได้โดยแยกพิจารณาตามกรณีดังนี้

กรณีที่วิเคราะห์จากภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านขวาจะสามารถคัดแยกกลุ่มข้อมูลทั้งหมดได้ถูกต้องคิดเป็น 75 เปอร์เซ็นต์ แยกกลุ่มข้อมูลทั้งหมดผิดพลาดคิดเป็น 25 เปอร์เซ็นต์, แยกกลุ่มปกติถูกต้องคิดเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ แยกกลุ่มปกติผิดพลาดคิดเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ และแยกกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุนถูกต้องคิดเป็น 83.33 เปอร์เซ็นต์ แยกกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุนผิดพลาด คิดเป็น 16.67 เปอร์เซ็นต์

กรณีที่วิเคราะห์จากภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านซ้ายจะสามารถคัดแยกกลุ่มข้อมูลทั้งหมดได้ถูกต้องคิดเป็น 75 เปอร์เซ็นต์ แยกกลุ่มข้อมูลทั้งหมดผิดพลาดคิดเป็น 25 เปอร์เซ็นต์, แยกกลุ่มปกติถูกต้องคิดเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ แยกกลุ่มปกติผิดพลาดคิดเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ และแยกกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุนถูกต้องคิดเป็น 83.33 เปอร์เซ็นต์ แยกกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุนผิดพลาดต้องคิดเป็น 16.67 เปอร์เซ็นต์

กรณีที่วิเคราะห์ภาพเอกซเรย์ปอดบริเวณกระดูกไหปลาร้าทางด้านขวาและทางด้านซ้ายนั้นจะสามารถคัดแยกกลุ่มข้อมูลทั้งหมดได้ถูกต้องคิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์, แยกกลุ่มปกติถูกต้องคิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ และแยกกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุนถูกต้องคิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดลองของแต่ละกรณีทำให้สรุปได้ว่าลักษณะของความกว้างของกระดูกท่อนบน, ความกว้างของกระดูกท่อนล่าง, ความกว้างของกระดูกบริเวณไหปลาร้า และรายละเอียด

ภายในโพรงกระดูกบริเวณไหปลาร้า สามารถนำมาเป็นตัวบ่งชี้ระหว่างกลุ่มคนปกติและกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุน โดยวิเคราะห์จากภาพเอกซเรย์ปอดได้ และงานวิจัยนี้จะมีประโยชน์มากเนื่องจากสามารถวิเคราะห์ร่วมกับการตรวจสุขภาพประจำปี หรือการตรวจร่างกายในกรณีต่าง ๆ ทำให้การคัดกรองผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงที่จะอยู่ในกลุ่มภาวะโรคกระดูกพรุนทำได้อย่างทั่วถึง เพราะไม่จำเป็นต้องใช้เครื่อง DEXA ที่มีอยู่ในเฉพาะโรงพยาบาลใหญ่ ๆ เท่านั้นอีกทั้งยังต้องใช้ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสูง

ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ขั้นตอนในการแปลงจากฟิล์มเอกซเรย์เป็นภาพดิจิทัลจะทำให้มีการผิดเพี้ยนของข้อมูลตั้งต้น คือบางฟิล์มเมื่อทำการแปลงแล้วจะได้ภาพมีความเข้มแสงน้อยดังแสดงในรูปที่ 5.1 จึงทำให้ภาพที่ได้ออกมามีดีจึงไม่สามารถนำมาคำนวณหาโครงสร้างของกระดูกที่ถูกดองได้ หรือบางฟิล์มแปลงเป็นภาพดิจิทัลแล้วจะได้ภาพออกมาสว่างมากก็จะทำให้ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้เช่นกัน ซึ่งเทคโนโลยีในอนาคตมีแนวโน้มที่จะได้ภาพเอกซเรย์ที่เป็นดิจิทัลซึ่งก็จะลดปัญหาลงได้มาก
2. ลักษณะท่าทางการยืนของผู้ที่ถูกถ่ายฟิล์มเอกซเรย์ มีการยืนไม่ตรงดังแสดงในรูปที่ 5.2 ทำให้สมมาตรของลำตัวผิดพลาด
3. ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบยังคงมีน้อย ทำให้ผลการทดสอบยังคงผิดพลาดอยู่พอสมควร แต่ก็สามารถสรุปได้ว่า งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเบื้องต้นของการนำค่าลักษณะเฉพาะต่าง ๆ ที่ได้ทำการทดลองมาข้างต้นมาใช้บ่งชี้ผู้ที่มีภาวะโรคกระดูกพรุนได้ เพื่อให้ได้ความถูกต้องชัดเจนมากยิ่งขึ้น ข้อมูลที่ทำการทดลองควรมีมากพอสมควร



รูปที่ 5.1 แสดงภาพเอกซเรย์ที่แปลงเป็นดิจิทัลแล้วมีความเข้มแสงน้อย



รูปที่ 5.2 แสดงภาพเอกซเรย์ที่ผู้ที่ถูกถ่ายฟิล์มเอกซเรย์ยืนตัวเอียง

5.2 แนวทางการพัฒนางานวิจัย

1. เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ทำมารองรับการวิเคราะห์กับภาพดิจิทัลซึ่งในอนาคตเครื่องเอกซเรย์ก็จะถูกเปลี่ยนมาเป็นระบบดิจิทัลทั้งหมด ข้อมูลภาพที่ใช้ในการทดสอบจึงควรเป็นภาพดิจิทัลเพื่อลดปัญหาที่จะเกิดในขั้นตอนการแปลงจากภาพฟิล์มเอกซเรย์เป็นภาพดิจิทัล
2. เพิ่มตำแหน่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่เห็นเด่นชัดในฟิล์มเอกซเรย์ปอดที่ไม่ใช่ส่วนกระดูกไหปลาร้า 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

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นายมารุต ณ พัทลุง
วัน เดือน ปีเกิด	27 ตุลาคม 2524
ที่อยู่	38/6 ถนนวิชา ตำบลวัดใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี 22000
ประวัติการศึกษา	2547 จบการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง