

ระบบวัดองศาข้อเข้าเทียมสำหรับภาพเอกซเรย์

ธีรวิทย์ กุลกงคุณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พ.ศ. 2554

Artificial Knee Tilt Angle Measurement System for X-Ray Images

THEERAWEE KULKONGKON

เลขทะเบียน.....	0222971
วันลงทะเบียน.....	- 1 พ.ย. 2555
เลขเรียกหนังสือ.....	บ.ร. 3673
	ศ 6486
	[2554]
	ค2

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Section Information Technology

Graduate School, Dhurakij Pundit University

2011



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ระบบวัดองศาข้อเข้าเทียมสำหรับภาพเอกซเรย์


เสนอโดย ชีรวิร์ กุลคงคุณ


สาขา เทคโนโลยีสารสนเทศ

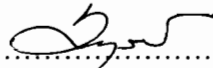
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชติกา ลิปิกรณ์

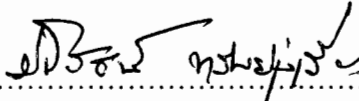
ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์แล้ว

 ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ประทีป บัญญัติินพรัตน์)

 กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชติกา ลิปิกรณ์)

 กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ วานิชชัชวาล)

 กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนารัตน์ ชลิตาพงศ์)

 กรรมการ
(พันเอก ดร.ปณิวัฒน์ ทรัพย์รุ่งเรือง)

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

 คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชนิดา จิตรน้อมรัตน์)

วันที่ 26 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2554

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จไปได้ด้วยดีเนื่องด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชติดา ลิปิกรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำต่างๆ ให้การสนับสนุนงานวิทยานิพนธ์ตลอดเวลาอันมีค่าเพื่อคอยตรวจสอบงานวิทยานิพนธ์ให้อยู่ในแนวทาง และให้คำแนะนำเกี่ยวกับการทำงานวิจัย อันเป็นประโยชน์ที่สำคัญยิ่งต่อความสำเร็จของงานวิทยานิพนธ์นี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ วานิชชัชวาล ผู้อำนวยการหลักสูตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ รองศาสตราจารย์ ประทีป บัญญัตินพรัตน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนารัตน์ ชลิดาพงศ์ พันเอก ดร.ปนิวัตร ทรัพย์รุ่งเรือง และท่านคณาจารย์ทุกท่านในบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่ได้ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อและถ่ายทอดความรู้ต่างๆ มากมายแก่ตัวผู้วิจัยจนสำเร็จการศึกษา

นายแพทย์ นรา จารุวังสันติ และนางสาววรรณทนา เทียนทอง ที่ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการวัดองศาข้อเข่าเทียม ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญต่องานวิจัย

และ คุณจินดาพรรณ ถาวรพรชัย ที่ช่วยตรวจสอบรูปแบบงานวิจัย และให้คำปรึกษาที่ดีตลอดมา และอีกหลายๆท่าน ที่ไม่ได้กล่าวถึง ทุกกำลังใจ และความห่วงใยที่เคยมีให้เสมอ นั้น ข้าพเจ้าจะเก็บเอาไว้ในใจเสมอ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณพ่อแม่ พี่ชายของผู้วิจัยที่มีส่วนร่วมในการสนับสนุนทางด้านการศึกษาและเป็นกำลังใจให้แก่ผู้วิจัยเสมอมา

ธีรวิวี กุลคงคุณ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ฉ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ซ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 แนวคิด หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	22
3. วิธีดำเนินการวิจัย.....	23
3.1 กลุ่มตัวอย่าง.....	23
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย.....	24
4. ผลการดำเนินการวิจัย.....	52
4.1 ผลการทดลอง.....	53
4.2 ภาพข้อจำกัดที่ระบบไม่สามารถคำนวณได้.....	55
4.3 ข้อดีและข้อเสียของระบบ.....	57
5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลของการดำเนินการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	59
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	59
5.2 อภิปรายผลของการดำเนินการวิจัย.....	59

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	60
บรรณานุกรม.....	61
ประวัติผู้เขียน.....	65

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 รายละเอียดของภาพที่นำมาทดลอง.....	52
4.2 รายละเอียดของข้อเข้าเทียมชนิดเคลื่อนไหวได้.....	52
4.3 รายละเอียดของข้อเข้าเทียมชนิดเคลื่อนไหวไม่ได้.....	53
4.4 ผลการทดลองรวม.....	53
4.5 ผลการทดลองข้อเข้าเทียมชนิดเคลื่อนไหวได้.....	54
4.6 ผลการทดลองข้อเข้าเทียมชนิดเคลื่อนไหวไม่ได้.....	54
4.7 ผลการทดลองรวมข้อเข้าเทียมที่ผิดปกติ.....	54
4.8 ผลการทดลองข้อเข้าเทียมที่ผิดปกติแบบยอมรับได้.....	55
4.9 ผลการทดลองข้อเข้าเทียมที่ผิดปกติแบบยอมรับไม่ได้.....	55

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ความแตกต่างของระดับความเข้มของสี.....	6
2.2 จุดที่เป็นขอบจะอยู่สูงกว่าขีดแบ่ง.....	6
2.3 วิธีลาปลาเซียน.....	6
2.4 ขั้นตอนของการตรวจหาเส้นขอบวิธีเคนนี่.....	7
2.5 ข้อมูลภาพและข้อมูลส่วนประกอบ โครงสร้าง.....	9
2.6 ข้อมูลแถวแรกของภาพ.....	9
2.7 เมื่อทำการยูเนียนกับส่วนประกอบ โครงสร้างฉ. ตำแหน่งข้อมูลภาพที่จุดภาพ เท่ากับ 1 ในแถวแรก	10
2.8 เมื่อยูเนียนกับส่วนประกอบ โครงสร้างเข้ากับจุดภาพที่มีค่าเท่ากับ 1 ฉ ตำแหน่ง จุดภาพที่สองในแถวแรก.....	10
2.9 เมื่อทำการยูเนียนทั้งภาพ.....	10
2.10 ข้อมูลภาพและข้อมูลส่วนประกอบ โครงสร้าง.....	11
2.11 ผลที่ได้จากภาพที่ 2.10.....	11
2.12 ข้อมูลภาพและข้อมูลส่วนประกอบ โครงสร้าง.....	11
2.13 ผลที่ได้จากภาพที่ 2.12.....	12
2.14 ลักษณะหน้ากาก.....	14
2.15 ลักษณะหน้ากากลาปลาเซียน.....	16
2.16 เบอร์เซ็นต์ไทล์ 5 และ 95.....	17
2.17 การปรับระดับสีเทาของภาพวิธีที่ 2.....	17
2.18 กราฟสมการถดถอย.....	18
2.19 โครงสร้างข้อเข้าเทียม.....	21
2.20 ชนิดการผ่าตัดข้อเข้าเทียม.....	21
3.1 ตัวอย่างชนิดข้อเข้าเทียม.....	23
3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	24
3.3 ตัวอย่างกระดูกเฉพาะส่วน.....	25
3.4 ค่าความเข้มเริ่มต้นข้อเข้าเทียมและค่าความเข้มที่มีความถี่สูงสุด 3 อันดับ.....	26

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.5 เฉพาะส่วนข้อเข้าเทียม.....	28
3.6 การกรองภาพด้วยตัวกรองแบบคมชัดและค่าเฉลี่ย.....	29
3.7 ข้อเข้าเทียมที่ปรับค่าความเข้มพื้นหลัง.....	30
3.8 เส้นขอบข้อเข้าเทียม.....	31
3.9 เส้นบนข้อเข้าเทียม.....	33
3.10 จุดบนและจุดล่างของแต่ละเส้นบนข้อเข้าเทียม.....	34
3.11 จุดที่นำไปใช้ในการคำนวณ.....	35
3.12 เฉพาะส่วนกระดูกสันขา.....	35
3.13 เฉพาะส่วนกระดูกสันขาที่มีค่าความเข้มสูงสุดของภาพกระดูกทั้งภาพ.....	36
3.14 การกร่อนภาพและการขยายภาพ.....	37
3.15 กระดูกสันขาที่ปรับค่าความเข้มพื้นหลัง	38
3.16 กระดูกสันขาผ่านตัวกรองแบบคมชัดแต่ละครั้ง.....	39
3.17 การแปลงระดับสีเทาของกระดูกสันขา.....	39
3.18 เส้นขอบกระดูกสันขา.....	40
3.19 กระดูกสันขาแบ่งออกเป็น 5 แถว.....	40
3.20 จุดสมมติกึ่งกลางระหว่างกระดูกสันขา.....	41
3.21 จุดกึ่งกลางระหว่างเส้นขอบกระดูกสันขา.....	42
3.22 เส้นตรงของจุดภาพกึ่งกลางระหว่างเส้นขอบกระดูกสันขา.....	42
3.23 เฉพาะส่วนกระดูกหน้าแข้ง.....	43
3.24 กระดูกหน้าแข้งก่อนขังมีด.....	44
3.25 ภาพที่ทำให้คมชัด.....	44
3.26 ภาพที่ใช้ตัวกรองแบบจาน.....	45
3.27 การกร่อนและการขยายกระดูกหน้าแข้ง.....	45
3.28 กระดูกหน้าแข้งที่ปรับค่าความเข้มพื้นหลัง.....	46
3.29 ภาพที่ทำให้คมชัด.....	46
3.30 ภาพที่ผัดกลับสีเทา.....	46

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.31 เส้นขอบกระดูกหน้าแข็ง.....	47
3.32 จุดบนเส้นขอบกระดูกหน้าแข็ง.....	47
3.33 เส้นสมมติกึ่งกลางระหว่างเส้นขอบกระดูกหน้าแข็ง.....	48
3.34 จุดภาพกึ่งกลางระหว่างเส้นขอบกระดูกหน้าแข็ง.....	49
3.35 เส้นตรงของจุดภาพกึ่งกลางระหว่างขอบกระดูกหน้าแข็ง.....	49
3.36 เส้นตรงข้อเข้าเทียม.....	50
3.37 มุมที่เกิดขึ้น.....	51
4.1 ข้อเข้าเทียมที่มีพังผืด.....	55
4.2 ข้อเข้าเทียมที่ผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข้าเทียมมากกว่า 1 ครั้ง.....	56
4.3 ข้อเข้าเทียมกระดูกต้นขาและกระดูกหน้าแข้งติดกัน.....	56
4.4 ข้อเข้าเทียมที่มีกระดูกอ่อนเล็กซ้อนทับกระดูกหน้าแข้ง เกิน 1/3 ของกระดูกอ่อนเล็ก.....	57
4.5 ข้อเข้าเทียมก่อนข้างมีด.....	57

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบวัดองศาข้อเข่าเทียมสำหรับภาพเอกซเรย์
ชื่อผู้เขียน	นาย ชีรวิทย์ กุลคงคุณ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัชลิลา ลิปิกรณ์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2554

บทคัดย่อ

การใช้งานข้อเข่ามาเป็นเวลานาน โดยไม่ได้ดูแลรักษาให้ดี ทำให้เกิดการเสื่อมของข้อเข่า ซึ่งทำให้เกิดความทรมานแก่ผู้เป็นโรคข้อเสื่อมอย่างมาก ดังนั้นการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียม (Total knee arthroplasty) เป็นการผ่าตัดเพื่อรักษาผู้ป่วยที่มีข้อเข่าเสื่อมในระยะสุดท้ายที่ไม่สามารถรักษาได้ด้วยวิธีการรักษาอื่นแล้ว

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการวัดองศาข้อเข่าเทียมสำหรับภาพเอกซเรย์ โดยใช้การประมวลผลภาพ เช่น การปรับขนาดภาพ การปรับระดับสีเทา การประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงร่างของภาพ การกรองภาพ และการหาเส้นขอบวัตถุ ถูกนำมาใช้เพื่อจัดการกับการได้มาของภาพข้อเข่าเทียม โดยทำการปรับปรุงภาพข้อเข่าเทียมที่นำมาทำการทดสอบให้อยู่ในรูปแบบที่นำไปคำนวณกับระบบได้อย่างถูกต้อง

ระบบจะทำการค้นหาองค์ประกอบที่สำคัญของส่วนต่างๆ เช่น ข้อเข่าเทียม กระดูกต้นขา กระดูกหน้าแข้ง เมื่อได้แต่ละองค์ประกอบครบ ระบบจะทำการวัดองศาของข้อเข่าเทียม เริ่มจากกระดูกต้นขากับข้อเข่าเทียมส่วนบนและกระดูกหน้าแข้งกับข้อเข่าเทียมส่วนล่าง โดยระบบได้ทำการประเมินการวัดองศาข้อเข่าเทียมจำนวน 91 ภาพ ได้ผลลัพธ์มีค่ายอมรับได้สูงสุดร้อยละ 92.31

Thesis Title Artificial Knee Tilt Angle Measurement System for X-Ray Images
Author Theerawee Kulkongkoon
Thesis Advisor Asst. Prof. Rajalida Lipikorn, Ph.D.
Department Information Technology
Academic 2011

ABSTRACT

Use of the knees for a long time without taking good care of them may cause osteoarthritis of the knee that can be very painful. The total knee arthroplasty, which is a surgical procedure in which parts of the knee joint are replaced with artificial parts (prostheses), can be used to treat patients with osteoarthritis of the knee in the last stage when it cannot be treated with any other treatment.

This research aims to develop a prototype system to measure the tilt angle of the artificial knees after replacement using digital image processing such as scaling, contrast stretching, shape representation, contour, and filtering in order to enhance the image quality.

The system first detects all the key components such as the artificial knees, the femur, the tibia, it then draws the lines to measure the angle between the femur and upper artificial knee and the angle between the tibia and the lower artificial knee. The system was evaluated on a set of 91 bone images, the experimental results yield 92.31% of accuracy.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรคข้อเข่าเสื่อมหรือข้อเสื่อม (Osteoarthritis of the knee) เป็นภาวะที่ข้อเข่าผ่านการใช้งานมาเป็นเวลานาน ทำให้เกิดการเสื่อมของข้อเข่า จึงมีการงอกของกระดูกซึ่งเวลาเดินจะเจ็บข้อ เนื่องจากมีการฝึกรูปของข้อเข่า โรคข้อเข่าเสื่อมมักพบในผู้สูงอายุทำให้เกิดความทรมานแก่ผู้สูงอายุเป็นอย่างมาก เป็นสาเหตุให้ตรวจพบโรคอื่นๆ ตามมา เช่น โรคเบาหวาน ไขมันในเส้นเลือด เป็นต้น เนื่องจากผู้ป่วยไม่สามารถออกกำลังกายได้

1.1.1 โครงสร้างของข้อเข่าประกอบไปด้วยกระดูก 3 ส่วนคือ

1. กระดูกต้นขา (Femur) เป็นกระดูกส่วนบนของเข่า
2. กระดูกหน้าแข้ง (Tibia) เป็นกระดูกส่วนล่างของเข่า
3. กระดูกลูกสะบ้า (Patella) อยู่ด้านหน้าของเข่า

ผิวของข้อเข่าจะมีกระดูกอ่อน (Cartilage) เป็นรูปครึ่งวงกลมทำหน้าที่กระจายน้ำหนักภายในข้อเข่าจะมีน้ำหล่อลื่นในข้อเรียกไขข้อเป็นน้ำหล่อเลี้ยงกล้ามเนื้อรอบเข่าซึ่งป้องกันการสึกของข้อ ดังนั้นยังมีน้ำหนักตัวเพิ่มมากขึ้นเท่าใดข้อก็ต้องรับน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น นอกจากนี้ยังมีกล้ามเนื้อและเอ็นรอบข้อทำให้ข้อแข็งแรง

1.1.2 กลไกการเกิดข้อเข่าเสื่อม เข่าของคนเราเป็นข้อที่ใหญ่และต้องทำงานมากจึงทำให้เกิดโรคที่เข่าได้ง่าย โรคข้อเข่าเสื่อมหมายถึง การที่กระดูกอ่อนของข้อมีการเสื่อมสภาพทำให้กระดูกอ่อนไม่สามารถเป็นเบาะรองรับน้ำหนัก และมีการสูญเสียคุณสมบัติของไขข้อ เมื่อมีการเคลื่อนไหวของเข่าก็จะเกิดการเสียดสีและเกิดการสึกหรอของกระดูกอ่อน ผิวของกระดูกอ่อนจะแข็ง ผิวไม่เรียบ เมื่อเคลื่อนไหวข้อเข่าก็จะเกิดเสียงดังในข้อ ทำให้เกิดอาการเจ็บปวด หากข้อเข่าที่เสื่อมมีการอักเสบก็จะมีการสร้างน้ำข้อเข่าเพิ่มทำให้เกิดอาการบวม ตึงและปวดของข้อเข่า เมื่อมีการเสื่อมของข้อเข่ามากขึ้น ข้อเข่าก็จะมีอาการ โกงงอทำให้เกิดอาการปวดเข่าทุกครั้งที่มีการเคลื่อนไหว และขนาดของข้อเข่าก็จะมขนาดใหญ่มากขึ้น ในที่สุดผู้ป่วยต้องใช้ไม้เท้าช่วยเดินหรือบางคนหลีกเลี่ยงการเดิน ทำให้กล้ามเนื้อต้นขาลีบลง การเปลี่ยนแปลงของข้อจะเป็นไปอย่างช้าๆ โดยที่ผู้ป่วยไม่ทราบ

ในรายที่เป็นรุนแรงกระดูกอ่อนจะบางมาก ปลายกระดูกจะมาชนกัน เวลาขยับข้อจะเกิดเสียงเสียดสีในข้อ

1.1.3 การผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียม (Total knee arthroplasty; Tka) เป็นการผ่าตัดเพื่อรักษาผู้ป่วยที่มีข้อเข่าเสื่อมในระยะสุดท้ายที่ไม่สามารถ ประสบความสำเร็จได้โดยวิธีการรักษาอื่นแล้ว โดยแพทย์จะนำผิวกระดูกอ่อน ข้อเข่าส่วนบนและข้อเข่าส่วนล่าง ที่เสื่อมสภาพแล้วออก โดยความหนาของกระดูกที่เอาออกจะไม่เกิน 1 เซนติเมตร ในการเปลี่ยนข้อเข่าทั้งข้อนี้ แล้วยึดด้วยซีเมนต์พิเศษร่วมกับการจัดแกนขา (Alignment) ให้ถูกต้อง ซึ่งแพทย์ส่วนใหญ่จะทำการเปลี่ยนผิวสะบ้าเทียมให้ใหม่ด้วย ทำให้ภายหลังจากการผ่าตัดผู้ป่วยจะสามารถเคลื่อนไหวข้อเข่า ได้เป็นธรรมชาติและเดินลงน้ำหนักได้โดยปราศจากความเจ็บปวด

วัสดุที่ใช้เป็นข้อเทียม ประกอบด้วย ข้อเทียมส่วนบนเป็นฝาครอบโลหะ ที่มีความทนทานในการใช้งาน ข้อเทียมส่วนล่างเป็นแป้นโลหะที่แข็งแรงใกล้เคียงกับกระดูก และมีพลาสติกซึ่งต้องเป็นชนิดที่มีเนื้อแข็งแรงเป็นพิเศษ ทำหน้าที่เป็นทั้งผิวข้อและหมอนรองกระดูก ที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อรักษาข้อเข่าเสื่อมโดยเฉพาะ ส่วนผิวสะบ้าเทียมเป็นชิ้นพลาสติกเนื้อแข็งเช่นกัน

จากอดีตจนถึงปัจจุบันเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ก้าวหน้าขึ้นทำให้มีประสิทธิภาพในการประมวลผลมากขึ้น ดังนั้นจึงมีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ช่วยงานในด้านต่างๆมากมาย เพื่อเพิ่มความสะดวกรวดเร็วและมีประสิทธิภาพในการทำงาน ซึ่งทางด้านการประมวลผลภาคดิจิทัลก็เป็นหนึ่งในหลายๆด้านที่นำมาพัฒนาให้ตรงตามความต้องการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำการประมวลผลภาคดิจิทัลมาใช้ในการวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะประยุกต์ใช้ความรู้จากทฤษฎีและเทคนิคใหม่ ๆ มาพัฒนาระบบวัดองศาข้อเข่าเทียมสำหรับภาพเอกซเรย์

การวัดองศาข้อเข่าเทียมจากฟิล์มเอกซเรย์ด้วยมือ (Manual measurement) เป็นวิธีที่ใช้ในการวัดแนวกระดูกของผู้ป่วยที่เคยได้รับการผ่าตัดข้อเข่าเพื่อตรวจสอบว่าการผ่าตัดประสบความสำเร็จมากน้อยแค่ไหน การวัดด้วยมือนับเป็นวิธีการแรกเริ่มในการวัด ซึ่งวิธีการนี้ใช้เวลาและความชำนาญมากในการวัดค่อนข้างมาก เนื่องจากผู้ใช้งานจำเป็นต้องทำการวัดเองทั้งหมด ซึ่งผลที่ได้จากการวัดมีความคลาดเคลื่อน ผู้ทำวิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเครื่องมือทางด้านการประมวลผลภาคดิจิทัลมาช่วยในการวัดเพื่อเพิ่มความสะดวกให้กับผู้ใช้ โดยวิธีนี้สามารถเรียกได้ว่าเป็นการวัดแบบอัตโนมัติ (Automatic measurement) โดยให้ระบบทำการหาแนวในการวัดองศาและทำการวัดองศาแบบอัตโนมัติ โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยผู้ใช้งานเข้ามาเกี่ยวข้อง

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาและคิดค้นเทคนิคในการวัดองศาข้อเข่าเทียมจากภาพถ่ายฟิล์มเอกซเรย์ สำหรับผู้ป่วยที่ทำการเปลี่ยนข้อเข่าเทียมในครั้งแรก
2. เพื่อพัฒนาระบบที่ใช้วัดองศาข้อเข่าเทียมแบบอัตโนมัติ
3. เพื่อช่วยให้การวัดองศาข้อเข่าเทียมมีความถูกต้อง แม่นยำ มากขึ้น
4. เพื่อลดเวลาในการทำงาน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ภาพที่รับเข้ามาประมวลผลต้องเป็นภาพถ่ายฟิล์มเอกซเรย์จากกล้องดิจิทัล
2. ความละเอียดของภาพไม่ต่ำกว่า 600 x 450 จุดภาพ และมีรูปแบบเป็น JPG
3. ภาพเอกซเรย์ที่ถ่ายทางด้านหน้าและเป็นข้อเข่าเทียมแบบเต็มของผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดครั้งแรกเท่านั้น
4. ระดับสิ่งรบกวนไม่มากจนไม่สามารถระบุบริเวณกระดูกได้ชัดเจน
5. มีการตัดคำบรรยายฟิล์มเอกซเรย์ออกจากภาพ
6. วัดองศาระหว่างแนวกระดูกและแนวระนาบข้อเข่าเทียม
7. รายงานผลเป็นองศาที่วัดได้พร้อมภาพที่แสดงตำแหน่งบนฟิล์มเอกซเรย์

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาลักษณะของกระดูกที่ได้รับการผ่าตัดจากภาพถ่ายฟิล์มเอกซเรย์
2. ศึกษาแนวคิดและทฤษฎี รวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพดิจิทัลและการวัดองศาของกระดูก
3. ศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาระบบ
4. วิเคราะห์และออกแบบระบบในการวัดองศาแบบอัตโนมัติ (Automatic measurement)
5. รวบรวมเทคนิคการวัดองศาเพื่อนำไปใช้ในการวัดองศาในส่วนที่เป็นข้อเข่าเทียม
6. พัฒนาระบบเพื่อใช้ในการวัดองศาข้อเข่าเทียม
7. ทดสอบและประเมินความถูกต้อง
8. แก้ไขข้อผิดพลาด
9. จัดทำเอกสารประกอบ
10. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ระบบวัดองศาข้อเข่าเทียมเพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการทำงานของแพทย์
2. สามารถนำเทคนิคใหม่ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการประมวลผลภาพทางการแพทย์ด้านอื่น ๆ
3. ได้เรียนรู้หลักการและเทคนิคของประมวลผลภาพ

บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษางานวิจัยก่อนหน้าที่เกี่ยวข้องซึ่งเกี่ยวกับการแยกลักษณะกระดูกข้อเข่า โดยศึกษาถึงแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานของผู้ดำเนินการวิจัย เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานของผู้ดำเนินงานวิจัย โดยแบ่งเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

- 2.1 แนวคิด หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
- 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิด หลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital image processing)

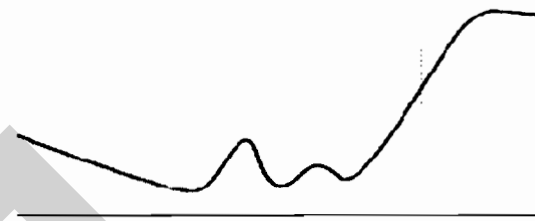
2.1.1.1 การตรวจหาเส้นขอบ (Edge detection) การตรวจสอบว่าเส้นขอบลากผ่านหรือใกล้เคียงกับจุดใด โดยวัดจากการเปลี่ยนแปลงของความเข้มในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับจุดดังกล่าว ซึ่งวิธีการหาขอบนั้นมีด้วยกันหลายวิธี แต่อย่างไรก็ตามสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธีหลัก คือ วิธีเกรเดียนต์ และ วิธีลาปลาเซียน โดยในแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

วิธีเกรเดียนต์ เป็นความคิดแรกที่ใช้วิเคราะห์หาเส้นขอบ โดยใช้วิธีการวัดความเปลี่ยนแปลงความเข้ม (Gray level) ของจุดภาพที่กำลังพิจารณากับจุดภาพที่อยู่ข้างเคียง เพื่อการตัดสินใจต่อไปว่าเป็นเส้นขอบหรือไม่ โดยวิธีนี้จะหาขอบด้วยการหาจุดต่ำสุดและจุดสูงสุดในรูปของอนุพันธ์อันดับหนึ่งของภาพ โดยจุดที่เป็นขอบจะอยู่ในส่วนที่เหนือค่าขีดแบ่ง (ภาพที่ 2.2) จึงอาจทำให้เส้นขอบที่ได้มีลักษณะหนา ตัวอย่างวิธีการหาเส้นขอบของกลุ่มนี้ เช่น Roberts Prewitt และ Canny เป็นต้น

วิธีลาปลาเซียน หาขอบโดยใช้อนุพันธ์อันดับ 2 ไม่สนใจทิศทางของภาพในแนวแกน x และ แกน y โดยใช้จุดที่ค่า y เป็น 0 (Zerocrossing) (ภาพที่ 2.3) ซึ่งวิธีนี้จะใช้เวลาในการคำนวณมากกว่าวิธีเกรเดียนต์ ตัวอย่างวิธีการหาเส้นขอบของกลุ่มนี้ เช่น Laplacian of Gaussian และ Marrs-Hildreth เป็นต้น

ภาพที่ 2.1 ความแตกต่างของระดับความเข้มของสี

ที่มา: จารวี ฉันทสิทธิพร, 2547



Threshold

Edge

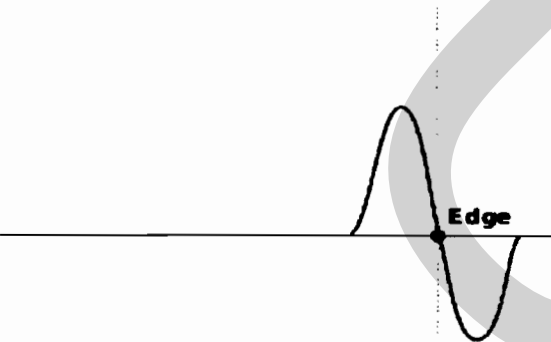
ภาพที่ 2.2 จุดที่เป็นขอบจะอยู่สูงกว่าขีดแบ่ง

ที่มา: จารวี ฉันทสิทธิพร, 2547

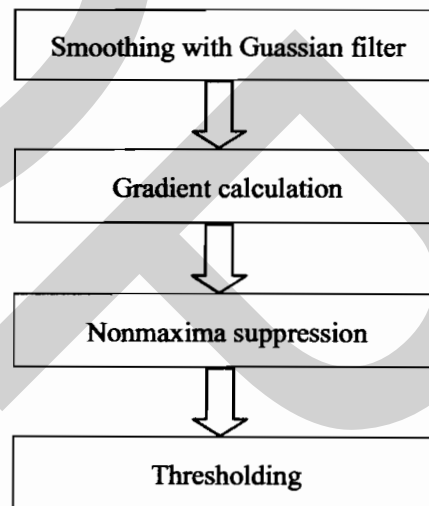


ภาพที่ 2.3 วิธีลาปลาเซียน

ที่มา: จารวี ฉันทสิทธิพร, 2547



การหาขอบภาพมีหลายชนิด เช่น Roberts Sobel Canny Laplacian of Gaussian Zerocross และ Prewitt โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกวิธีแคนนี่ จึงนำเสนอในส่วนการทำงานของแคนนี่ การทำงานของการตรวจหาเส้นขอบแคนนี่นั้นเริ่มต้นจากการปรับภาพให้เรียบ (Smoothing) ด้วยตัวกรองเกาส์เซียน (Gaussian filter) เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน หลังจากนั้นคำนวณค่าขนาด (Magnitude) และทิศทาง (Orientation) ของเกรเดียนต์ โดยใช้การหาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง ถัดมาจึงใช้ Nonmaxima suppression กับ Gradient magnitude เพื่อทำให้ได้ขอบที่บางลง และในขั้นตอนสุดท้าย ใช้ Double thresholding algorithm เพื่อระบุจุดภาพที่เป็นขอบและช่วยเชื่อมต่อเส้นขอบ โดยในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (ภาพที่ 2.4)



ภาพที่ 2.4 ขั้นตอนของการตรวจหาเส้นขอบวิธีแคนนี่

ที่มา: จารวี ฉันทสิทธิพร, 2547

การปรับภาพให้เรียบ ในขั้นตอนแรกของการหาเส้นขอบโดยอัลกอริทึมนี้จะต้องกำจัดสัญญาณรบกวนออกก่อนโดยใช้ตัวกรองเกาส์เซียน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการใช้หน้ากาก (Mask) ขนาดเล็ก โดยขนาดของหน้ากากเกาส์เซียนนี้หากมีขนาดกว้างจะมีผลทำให้ลดสัญญาณรบกวนได้มาก แต่ถ้ากว้างมากเกินไปจะมีผลทำให้ขอบข้อยๆ ที่เป็นส่วนรายละเอียดนั้นหายไป สำหรับการคำนวณหาภาพที่ได้จากการใช้ตัวกรองเกาส์เซียนเป็นดังนี้

$$S[i, j] = G[i, j, \sigma] * I[i, j] \quad (2.1)$$

กำหนดให้

$I[i, j]$ เป็นภาพที่ต้องการหาขอบ

$G[i, j, \sigma]$ เป็นตัวกรองเกาส์เซียน

σ เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$S[i, j]$ เป็นภาพที่ทำให้เรียบ

การคำนวณเกรเดียนต์ ในขั้นแรกนำภาพที่ทำให้เรียบแล้ว $S[i, j]$ มาสร้าง x, y อนุพันธ์ย่อย $P[i, j]$ และ $Q[i, j]$ ตามลำดับ ดังนี้

$$P[i, j] = (S[i, j+1] - S[i, j] + S[i+1, j+1] - S[i+1, j]) / 2 \quad (2.2)$$

$$Q[i, j] = (S[i, j] - S[i+1, j] + S[i, j+1] - S[i+1, j+1]) / 2 \quad (2.3)$$

หลังจากนั้นนำค่า x, y อนุพันธ์ย่อย มาคำนวณด้วยสูตรมาตรฐานสำหรับการแปลงรูปแบบจากสี่เหลี่ยมผืนผ้า ไปเป็นพิกัดเชิงขั้ว (Rectangular-to-polar conversion) เพื่อหาขนาดและทิศทางของเกรเดียนต์

$$M[i, j] = \sqrt{P[i, j]^2 + Q[i, j]^2} \quad (2.4)$$

$$\theta[i, j] = \arctan(Q[i, j], P[i, j]) \quad (2.5)$$

จากสมการข้างต้นจะสามารถหาค่ามุม θ ออกมาได้เมื่อแทนค่าตัวแปรในฟังก์ชัน $\arctan(x, y)$

Nonmaxima suppression สำหรับการหาขอบโดยวิธีแคนนี่ จุดที่ถือเป็นเส้นขอบได้นั้น ต้องเป็นจุดที่ให้ค่าสูงสุด เฉพาะที่เป็นทิศทางเดียวกับเกรเดียนต์ด้วย ซึ่งด้วยวิธีดังกล่าวนี้ทำให้ได้ขอบที่บางเพียง 1 จุดภาพและภาพที่ได้หลังการทำ Nonmaxima suppression จะให้ค่าเป็นศูนย์ในทุกจุดยกเว้นจุดที่เป็นจุดสูงสุดเฉพาะที่ ซึ่งจะยังคงค่าเดิมไว้

เส้นขอบที่ได้จากการขีดแบ่ง แม้ว่าภาพจะผ่านการปรับภาพให้เรียบในขั้นตอนแรกแล้วก็ตาม ภาพที่ได้ก็ยังมิใช่ขอบที่ไม่ใช่ขอบที่แท้จริงปรากฏอยู่อันเนื่องจากสัญญาณรบกวนหรือ

ลักษณะของวัตถุในภาพเป็นพื้นผิวที่มีลวดลายหรือมีรายละเอียดภายในมาก ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการกำหนดค่าขีดแบ่ง ขึ้นมา 2 ค่า คือ ค่าขีดแบ่งขอบบน (T1) และ ค่าขีดแบ่งขอบล่าง (T2) โดยจุดภาพที่มีค่ามากกว่า T1 จะถูกปรับเป็น 1 (เป็นจุดภาพที่เป็นขอบ) แต่ถ้าน้อยกว่า T2 จะถูกปรับเป็น 0 ส่วนค่าขีดแบ่งที่อยู่ระหว่างขอบบนและขอบล่าง จะมีค่าเท่าเดิม

2.1.1.2 การประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงร่างของภาพ เป็นการประมวลผลภาพ โดยการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงสร้างของภาพ กระบวนการพื้นฐานโดยทั่วไปได้แก่ การขยายภาพและการกร่อนภาพ

การขยายภาพ (Dilation) การขยายภาพในที่นี้จะพิจารณาสำหรับข้อมูลภาพที่เป็นแบบไบนารี การขยายภาพจะทำได้โดยกำหนดส่วนประกอบโครงสร้าง (Structuring element) ซึ่งสามารถสร้างได้จาก 0 และ 1 โดยจุดกำเนิดที่กำหนดโดยวงกลม และนำส่วนประกอบโครงสร้างนี้ กราดไปบนข้อมูลภาพตามลำดับตลอดทั้งภาพ ถ้าจุดกำเนิด (Origin) ของส่วนประกอบโครงสร้าง ตรงกับตำแหน่งข้อมูลภาพที่จุดภาพมีค่าความเข้มเท่ากับ 1 ก็จะทำให้การยูเนียนส่วนประกอบโครงสร้างนั้นกับข้อมูลภาพ ดังตัวอย่างในภาพที่ 2.5-2.9

ข้อมูลภาพ	ส่วนประกอบโครงสร้าง
0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0	1 0
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1	1 1
0 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0	
0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1	
0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 1	
0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1	
0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1	

ภาพที่ 2.5 ข้อมูลภาพและข้อมูลส่วนประกอบโครงสร้าง

0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0

ภาพที่ 2.6 ข้อมูลแถวแรกของภาพ

0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0

0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1

ภาพที่ 2.7 เมื่อเขียนกับส่วนประกอบ โครงสร้าง ณ ตำแหน่งข้อมูลภาพที่จุดภาพเท่ากับ 1 ในแถวแรก

0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0

0 0 0 0 0 0 1 1 0 1 1

ภาพที่ 2.8 เมื่อเขียนกับส่วนประกอบ โครงสร้างเข้ากับจุดภาพที่มีค่าเท่ากับ 1 ณ ตำแหน่งจุดภาพที่สองในแถวแรก

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

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

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

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

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

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

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

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

ภาพที่ 2.9 เมื่อเขียนทั้งภาพ

การกร่อนภาพ (Erosion) การกร่อนภาพเป็นลักษณะของการลบข้อมูลภาพบริเวณขอบของภาพ การกร่อนภาพมีลักษณะคล้ายกับการขยายภาพโดยการสร้างส่วนประกอบโครงสร้างขึ้นมา แล้วนำส่วนประกอบโครงสร้างไปเกรดตามข้อมูลภาพสำหรับทุกตำแหน่งที่เลื่อนส่วนประกอบโครงสร้างไปบนภาพก็จะมีการเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพ ถ้าข้อมูลภาพมีค่าเหมือนกับส่วนประกอบโครงสร้างจะทำการกำหนดค่าข้อมูลภาพในตำแหน่งที่ตรงกับจุดกำเนิดของส่วนประกอบโครงสร้างให้มีค่าความเข้มเท่ากับ 1 ผลที่ได้จะมีเพียง 3 ตำแหน่งเท่านั้นที่มีค่าเหมือนกับส่วนประกอบโครงสร้าง ดังแสดงในภาพที่ 2.10-2.13

ข้อมูลภาพ	ส่วนประกอบโครงสร้าง
0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0	1 0
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1	1 1
0 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0	
0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1	
0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 1	
0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1	
0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1	

ภาพที่ 2.10 ข้อมูลภาพและข้อมูลส่วนประกอบ โครงสร้าง

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

ภาพที่ 2.11 ผลที่ได้จากภาพที่ 2.10

ข้อมูลภาพ	ส่วนประกอบโครงสร้าง
0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0	1 1
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1	1 1
0 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0	
0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1	
0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 1	
0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1	
0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1	

ภาพที่ 2.12 ข้อมูลภาพและข้อมูลส่วนประกอบ โครงสร้าง

```

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

```

ภาพที่ 2.13 ผลที่ได้จากภาพที่ 2.12

จะเห็นว่าจะเป็นการกร่อนขนาดของภาพแต่สามารถกร่อนขนาดได้น้อยกว่าเมื่อใช้ส่วนประกอบโครงสร้าง $\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$ ซึ่งได้ผลเป็นที่น่ายอมรับมากกว่า ดังนั้นในการเลือกส่วนประกอบโครงสร้างเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งในการกร่อนและขยายภาพ

2.1.1.3 การกรองภาพ (Image filter) คือการนำข้อมูลภาพผ่านตัวกรองสัญญาณเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของภาพใหม่ออกมา ภาพผลลัพธ์ที่ได้จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากภาพเริ่มต้นโดยวัตถุประสงค์หลักของการกรองภาพคือ การปรับปรุงภาพ (Enhancement) หรือลดทอน (Attenuate) คุณสมบัติบางประการของภาพ เนื่องจากในการใช้งานจริงทางด้านการประมวลผลภาพนั้น ภาพที่ได้มาอาจจะมีสัญญาณรบกวน หรือสัญญาณที่ไม่พึงประสงค์อื่นๆ ปนอยู่ด้วย ซึ่งการกรองภาพสามารถปรับปรุงให้ภาพมีคุณสมบัติตามที่ต้องการ

ในงานวิจัยนี้จะใช้ตัวกรองสัญญาณเชิงพื้นที่ ซึ่งประกอบไปด้วย 3 วิธีการ ดังนี้

2.1.1.3.1 ตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย (Average filter)

2.1.1.3.2 ตัวกรองแบบคมชัด (Unsharp filter)

2.1.1.3.3 ตัวกรองแบบลาปลาเซียน (Laplacian filter)

2.1.1.3.1 ตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย ทำการแทนค่าของทุก ๆ จุดในภาพด้วยค่าเฉลี่ยความเข้มของเพื่อนบ้านในตัวกรอง ตามภาพที่ 2.14(ก)คำนวณได้โดยการเลื่อนตัวกรองให้จุดกึ่งกลางตรงกับจุดที่ต้องการหาค่า โดยทั่วไปตัวกรองเชิงเส้นของภาพที่มีขนาด $M \times N$ ด้วยหน้ากากรูปขนาด $m \times n$ เขียนด้วยสมการดังนี้

$$g(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x+s, y+t) \quad (2.6)$$

โดยที่ $a = (m-1)/2$ $b = (n-1)/2$ และ $w(s,t)$ เป็นน้ำหนักจุดภาพของหน้ากากและเพื่อสร้าง ภาพที่ถูกกรองที่สมบูรณ์ สมการนี้จะต้องนำมาใช้กับ $x = 0,1,2,\dots,M-1$ และ $y = 0,1,2,\dots,N-1$ การทำเช่นนี้เป็นการประกันว่าหน้ากาก จะประมวลผลทุกจุดในภาพ

ส่วนอีกแบบเรียกว่าหน้ากาน้ำหนัก (Weighted mask) เป็นชื่อที่ใช้เพื่อแสดงว่าจุดแต่ละจุดจะถูกคูณด้วยสัมประสิทธิ์ที่มีค่าต่างกัน ซึ่งจะให้ความสำคัญน้ำหนักกับจุดบางจุดมากกว่าจุดอื่นในหน้ากาก ที่แสดงในภาพที่ 2.14 จุดภาพที่วางอยู่ตรงกลางของหน้ากาก จะถูกคูณด้วยค่าที่มากกว่าค่าอื่นทำให้จุดนี้มีความสำคัญกว่าจุดอื่นในการคำนวณหาค่าเฉลี่ย ส่วนจุดอื่นจะให้น้ำหนักด้วยฟังก์ชันตามสัดส่วนของระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของหน้ากาก ตัวอย่างเช่น จุดที่อยู่บนเส้นทะแยงมุมจะมีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางมากกว่าจุดที่อยู่ในแนวตรงกับจุดศูนย์กลาง (ด้วยตัวประกอบ $\sqrt{2}$) เพราะฉะนั้นจึงมีน้ำหนักน้อยกว่าเพื่อนบ้านในแนวนอนและแนวตั้ง กลยุทธ์ในการกำหนดน้ำหนักให้กับจุดศูนย์กลางสูงสุดและลดค่าของสัมประสิทธิ์ตามฟังก์ชันการเพิ่มของระยะทางจากจุดศูนย์กลางเป็นการทำเพื่อลดความคมชัดในการประมวลผลราบเรียบ ซึ่งเราสามารถเลือกใช้น้ำหนักแบบอื่นที่มีวัตถุประสงค์เดียวกันได้ ตามสมการที่ (2.6) อนุกรมผลรวมของสัมประสิทธิ์ทั้งหมดในหน้ากาก ในภาพที่ 2.14(ข) มีค่าเท่ากับ 16 ซึ่งเป็นค่าที่น่าสนใจเพราะเป็นเลขที่เป็นจำนวนเต็มยกกำลังของ 2 แต่ในทางปฏิบัติเราจะมองไม่ค่อยเห็นข้อแตกต่างระหว่างภาพที่ได้จากการใช้ หน้ากาก สองอันนี้เนื่องจากพื้นที่ที่ครอบคลุมด้วย หน้ากาก มีขนาดเล็กมาก

ย้อนกลับ ไปอ้างอิงถึงสมการที่ (2.6) การกรองภาพที่มีขนาด $M \times N$ ด้วยตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบหน้ากาน้ำหนัก ขนาด $m \times n$ (m และ n เป็นเลขคี่) เขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$g(x, y) = \frac{\sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x+s, y+t)}{\sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t)} \quad (2.7)$$

พารามิเตอร์ของสมการ(2.7)เหมือนกับสมการที่ (2.6) และเป็นที่เข้าใจกันว่าการทำตัวกรองภาพทั้งภาพนี้จะ ได้จากการใช้สมการที่ (2.7) สำหรับ $x = 0,1,2,\dots,M-1$ และ $y = 0,1,2,\dots,N-1$ ตัวส่วน (Denominator) ในสมการที่ (2.7) คือผลรวมของสัมประสิทธิ์ของ หน้ากาก และเป็นค่าคงที่ที่คำนวณเพียงแค่ครั้งเดียวก็พอ โดยทั่วไปแล้วเราจะใช้ตัวส่วนนี้กับจุดทุกจุดในภาพหลังจากทำการกรองภาพเสร็จเรียบร้อยแล้ว

1	1	1
1	1	1
1	1	1

 $\times \frac{1}{9}$

1	2	1
2	4	2
1	2	1

 $\times \frac{1}{16}$

(ก)

(ข)

ภาพที่ 2.14 ลักษณะหน้ากาก (ก) หน้ากากที่ไม่มีน้ำหนัก (ข) หน้ากากที่มีน้ำหนัก

2.1.1.3.2 ตัวกรองแบบคมชัด ทำได้โดยการลบภาพที่ไม่คมชัด (Blur image)

ออกจากภาพที่เป็นภาพของมันเอง เขียนแทนด้วย

$$f_s(x, y) = f(x, y) - \bar{f}(x, y) \quad (2.8)$$

กำหนดให้

$f_s(x, y)$ เป็นภาพที่ทำให้คมชัด

$f(x, y)$ เป็นภาพต้นฉบับ

$\bar{f}(x, y)$ เป็นภาพที่ไม่คมชัดของ $f(x, y)$

2.1.1.3.3 ตัวกรองแบบลาปลาเซียน เป็นการสร้างตัวกรองสัญญาณโดยใช้

อนุพันธ์อันดับ 2 แบบ 2 มิติเพื่อปรับปรุงภาพสำหรับฟังก์ชัน $f(x, y)$ ของตัวแปรสองตัวใด ๆ สามารถเขียนเป็นสมการ ดังนี้

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (2.9)$$

เพื่อให้มีประโยชน์สำหรับการประมวลผลภาพ สมการข้างบนนี้จะต้องมีการเขียนให้อยู่ในรูปแบบไม่ต่อเนื่องซึ่งมีหลายทางที่จะเขียนในรูปดิฟิเอนเชียลลาปลาเซียนโดยใช้เพื่อนบ้าน และไม่ว่าจะ

นิยามให้อยู่ในรูปแบบใดก็ตาม สมการเหล่านี้จะต้องตรงตามคุณสมบัติของอนุพันธ์อันดับ 2 ที่กำหนดไว้ในตอนนี้อย่างไรก็ตามเมื่อเราใช้ตัวแปรสองตัว สัญลักษณ์ที่ใช้สำหรับในแกน x

$$\frac{\partial^2 f}{\partial^2 x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y) \quad (2.10)$$

และสำหรับในแกน y

$$\frac{\partial^2 f}{\partial^2 y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y) \quad (2.11)$$

การเขียนลาปลาซสองมิติให้อยู่ในรูปดิฟเฟอเรนเชียลทำได้โดยการใช้ผลรวมของอนุพันธ์ย่อยสองตัวคือ

$$\nabla^2 f = [f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)] \quad (2.12)$$

สมการนี้สามารถทำให้สำเร็จได้โดยใช้หน้าฉากที่แสดงในภาพที่ 2.15(ก) ที่ให้ผลเป็นทิศทางสำหรับการหมุนที่เพิ่มขึ้นทีละ 90 องศา

สำหรับทิศทางเส้นทแยงมุมสามารถนำมารวมนิยามในรูปดิฟเฟอเรนเชียล ลาปลาซ โดยเพิ่มพจน์ (term) สองพจน์เข้าไปในสมการที่ 2.12 ตัวหนึ่งสำหรับแต่ละทิศ รูปแบบของพจน์ที่เพิ่มเข้าไปจะเหมือนกับสมการที่ 2.10 และ 2.11 แต่ให้พิศออกไปตามเส้นทแยงมุม และเนื่องจากแต่ละพจน์ในแนวเส้นทแยงมุมประกอบด้วยพจน์ $-2f(x, y)$ ผลรวมของพจน์ที่จะลบออกจากสมการก็จะเพิ่มเป็น $-8f(x, y)$ หน้าฉากที่ใช้สำหรับนิยามใหม่นี้แสดงให้เห็นในภาพที่ 2.15 (ข) หน้าฉากนี้จะให้ผลลัพธ์ที่เป็นทิศทาง สำหรับการเพิ่มขึ้นทีละ 45 องศา ส่วนหน้าฉากอีกสองหน้าฉาก ที่แสดงในภาพที่ 2.15 ก็เป็นที่นิยมใช้ในทางปฏิบัติเช่นกัน ทั้งสองหน้าฉากนี้ขึ้นกับค่านิยามของลาปลาซซึ่งเป็นค่าลบของที่เราใช้อยู่ ซึ่งก็ให้ผลลัพธ์ที่เหมือนกันแต่เครื่องหมายต่างกัน (Different sign)

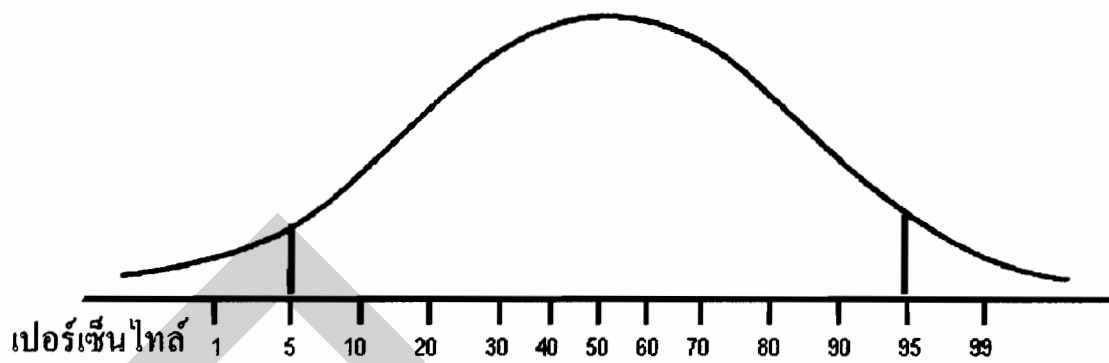
0	1	0	1	1	1
1	-4	1	1	-8	1
0	1	0	1	1	1
0	-1	0	-1	-1	-1
-1	4	-1	-1	8	-1
0	-1	0	-1	-1	-1

ภาพที่ 2.15 ลักษณะหน้ากากลาปลาเซียน (ก) หน้ากากใช้สำหรับทำคิฟิลลาปลาเซียนดังที่นิยามในสมการที่ 2.12 (ข) หน้ากากใช้สำหรับตัวขยายของสมการที่เพิ่มเพื่อนบ้านในแนวเส้นทะแยงมุมเข้าไป (ค) และ (ง) หน้ากาก อีกสองแบบสำหรับลาปลาเซียน

2.1.1.4 การปรับระดับสีเทาของภาพ (Contrast stretching) เป็นการขยายช่วงระดับสีเทาให้อยู่ในพิสัยที่ต้องการ ก่อนที่จะปรับระดับสีเทาต้องกำหนดขอบล่างและขอบบนของระดับสีเทา ตัวอย่าง เช่น ภาพระดับสีเทา 8 บิต มีระดับสีเทาดั้งเดิมตั้งแต่ 0 และ 255 ถ้ากำหนดให้ a เป็นขอบเขตสุดและ b เป็นขอบบนสุด จากนั้นกราดภาพเพื่อหาค่าระดับสีเทาดำสุดและค่าระดับสีเทาสูงสุดของภาพ เขียนแทนด้วย c และ d แล้วทำการปรับระดับสีเทาของจุดภาพในภาพ ตามสมการที่ (2.13)

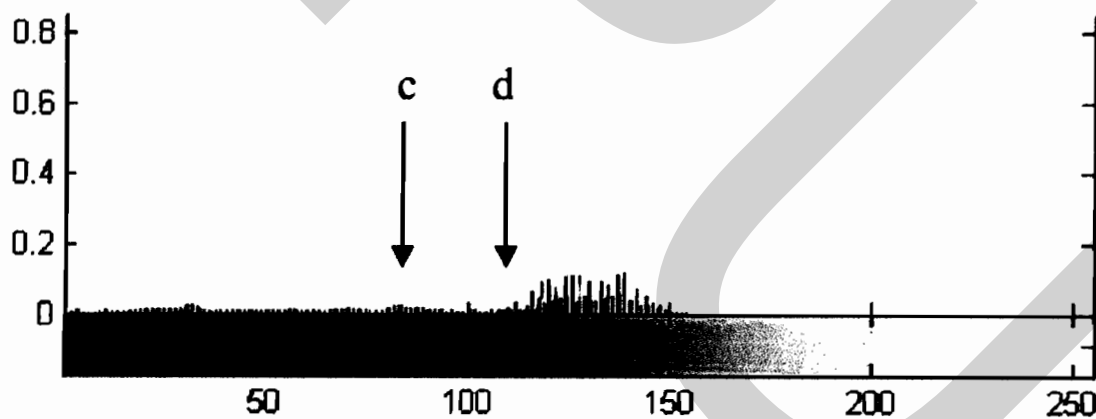
$$P_{out} = (P_{in} - c) \left(\frac{b-a}{d-c} \right) + a \quad (2.13)$$

ปัญหากับการที่จุดภาพจุดเดียว ซึ่งอาจเป็นอย่างไร้ค่าความเข้มสูงมากหรือค่าความเข้มที่ต่ำมากอย่างรุนแรง อาจมีผลต่อค่าของ c หรือ d ที่นำไปสู่การปรับค่าระดับสีเทาผิดไปจากความเป็นจริง ดังนั้นวิธีการที่จะปรับค่าระดับสีเทาให้ถูกต้องมากขึ้นคืออันดับแรกใช้ภาพแห่งความถี่ของภาพแล้วเลือกค่า c และ d ที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ 5 และ 95 ในภาพแห่งความถี่ ตามภาพที่ 2.16 ซึ่งป้องกันไม่ให้มีผลต่อการปรับค่าระดับสีเทาผิดปกติกมาก



ภาพที่ 2.16 แสดงเปอร์เซ็นต์ไทล์ 5 และ 95

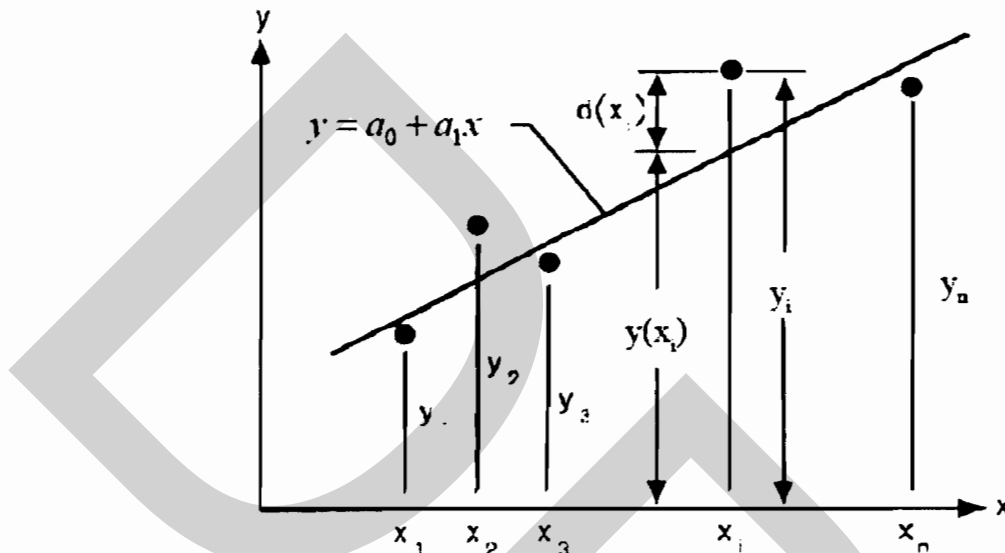
อีกวิธีทั่วไปในการจัดการกับค่าระดับสีเทาผิดปกติ คือ การใช้ค่าระดับสีเทาในภาพแบ่งความถี่ เพื่อหาค่าระดับสีเทาที่มีความถี่มากที่สุดในภาพ (เช่น จุดสูงสุดของภาพแบ่งความถี่) นิยามของการตัดค่าความถี่ที่ต่ำกว่า คือ ไม่สนใจข้อมูลที่มีค่าความถี่น้อยกว่าข้อมูลที่มีค่าความถี่ที่น้อยที่สุดของกลุ่มจุดสูงสุด ถ้ากราดสูงขึ้นไปจากค่าความเข้ม 0 จนถึงค่าระดับสีเทาครั้งแรกในการตัดค่าความถี่ต่ำ เป็น c ในทำนองเดียวกัน ถ้ากราดลดลงจาก 255 จนถึงค่าระดับสีเทาครั้งแรกในการตัดค่าความถี่ต่ำ เป็น d ตามภาพที่ 2.17



ภาพที่ 2.17 การปรับระดับสีเทาของภาพวิธีที่ 2

ในกรณีนี้ทุกประเภทจะถูกขยายและปรับลดโดยใช้มาตราส่วนเดียวกันเพื่อที่จะรักษาอัตราส่วนสีที่ถูกค้อง

2.1.1.5 การถดถอยแบบเชิงเส้น (Linear regression) เป็นวิธีการที่ใช้ในการสร้างฟังก์ชันเส้นตรงสำหรับชุดของข้อมูลที่กำหนดให้ พิจารณากราฟจากภาพที่ 2.18



ภาพที่ 2.18 กราฟสมการถดถอย (Linear regression)

ที่มา: สรกานต์ ศรีทองอ่อน, 2551

ชุดข้อมูลจากภาพประกอบด้วย x_i, y_i โดยที่ i มีจำนวนข้อมูล n ข้อมูล เมื่อเราต้องการสร้างสมการเส้นตรงจะได้ว่า

$$y = a_0 + a_1 x \quad (2.14)$$

โดยที่ a_0 และ a_1 เป็นค่าคงที่ ที่นำมาคำนวณหาจากเงื่อนไข สมการเส้นตรงที่สร้างขึ้น จะทำให้เกิดค่าความผิดพลาด โดยเฉลี่ยที่น้อยที่สุดจากทุกข้อมูลที่กำหนด ด้วยการใช้วิธีกำลังสองน้อยสุด (Least square)

เมื่อพิจารณาจากภาพ ณ ตำแหน่ง x_i ของข้อมูลใดๆ ค่าของ $y(x_i)$ ที่ได้จากสมการ จะมีค่าที่แตกต่างไปจากข้อมูล y_i เท่ากับ $d(x_i)$ ดังนั้น ค่าความคลาดเคลื่อน E ทั้งหมดที่เกิดจากข้อมูล n ข้อมูล เมื่อเขียนอยู่ในรูปกำลังสองของค่าแตกต่าง $d(x_i)$ จะได้ว่า

$$E = \sum d(x_i)^2 \quad (2.15)$$

เพราะว่า $d(x_i) = y_i - y(x_i)$ แทนลงในสมการ (2.15) จะได้ว่า

$$E = \sum [y_i - y(x_i)]^2 \quad (2.16)$$

แทนค่า $y(x_i)$ จากสมการ (2.14) ในสมการ (2.16) จะได้ว่า

$$E = \sum [y_i - (a_0 + a_1 x_i)]^2 \quad (2.17)$$

จากสมการ (2.17) เราสามารถหาค่า a_0 และ a_1 ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด โดยการหาค่าต่ำสุดของค่าความคลาดเคลื่อนนั้นคือหาค่า $\frac{\partial E}{\partial a_0} = 0$ และ $\frac{\partial E}{\partial a_1} = 0$ ในสมการ (2.17) จะได้ว่า

$$\sum y_i = n a_0 + (\sum x_i) a_1 \quad (2.18)$$

$$\sum x_i y_i = (\sum x_i) a_0 + (\sum x_i^2) a_1 \quad (2.19)$$

ดังนั้นเมื่อเราได้ค่า a_0 และ a_1 แล้วก็นำกลับไปแทนในสมการที่ (2.19) ก็จะได้สมการเส้นตรงที่แสดงการถดถอยแบบเชิงเส้นที่ต้องการ

2.1.1.6 การแปลงภาพสีเป็นภาพระดับสีเทา (Gray-scale image transform) เป็นการแปลงข้อมูลภาพสีให้แสดงถึงความเข้มของภาพเพียงอย่างเดียว โดยปราศจากค่าข้อมูลของสีภาพ โดยทั่วไปภาพระดับสีเทาจะประกอบด้วยค่าระดับสีของภาพที่แตกต่างกัน 256 ระดับ มีตั้งแต่ 0 ถึง 255 คือไล่ระดับความเข้มจากดำจนไปขาว และความสัมพันธ์การแปลงภาพสีเป็นภาพระดับสีเทาคังนี้

$$G(x,y) = 0.2989 * R(x,y) + 0.5870 * G(x,y) + 0.1140 * B(x,y) \quad (2.20)$$

กำหนดให้

$G(x,y)$ เป็นค่าระดับของสีเทาโดยจะมีค่าระหว่าง 0-255

$R(x,y)$ เป็นค่าระดับของสีแดงโดยจะมีค่าระหว่าง 0-255

$G(x,y)$ เป็นค่าระดับของสีเขียวโดยจะมีค่าระหว่าง 0-255

$B(x,y)$ เป็นค่าระดับของสีน้ำเงินโดยจะมีค่าระหว่าง 0-255

2.1.1.7 การผันกลับสี (Image negative) เป็นการกลับ (Reversing) ปรับระดับสีของภาพ การประมวลผลแบบนี้เหมาะกับการปรับปรุง รายละเอียดสีขาวหรือโทนสีเทาที่ฝังอยู่ในพื้นที่ที่เข้มของภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าพื้นที่สีดำเป็นพื้นที่ที่มากที่สุด ในภาพตามสมการ (2.21)

$$s = L-1-r \quad (2.21)$$

กำหนดให้

s เป็นระดับสีเทาของภาพหลังการประมวลผล

L เป็นค่าของระดับสีเทาเลขจำนวนเต็มที่เป็นกำลังของ 2

r เป็นระดับสีเทาของภาพที่นำเข้าประมวลผล

2.1.1.8 การย่อหรือขยายภาพ (Scaling) ในที่นี้เริ่มจากการขยายภาพ ขั้นตอนการทำมี 2 ขั้นตอน คือ การสร้างตำแหน่งใหม่ของจุดภาพและการกำหนดระดับสีเทาให้กับตำแหน่งใหม่ของจุดภาพ เหล่านั้น ตัวอย่างเช่น สมมติให้ภาพมีขนาด 500 x 500 จุดภาพ และถ้าต้องการขยายภาพเป็น 1.5 เท่า นั่นคือ 750 x 750 จุดภาพ ทางที่ง่ายที่สุดในการมองภาพขยายคือการวางตารางของภาพขยายขนาด 750 x 750 ลงบนตำแหน่งของภาพเดิม จะเห็นได้ชัดว่าช่องในตารางของภาพขยายจะมีขนาดเล็กกว่าหนึ่งจุดภาพ เพราะเราทำการวางภาพขยายลงบนภาพที่เล็กกว่า และเพื่อการกำหนดระดับสีเทาให้กับแต่ละจุดของภาพขยาย เราจะหาจุดภาพ ที่ใกล้ที่สุดในภาพดั้งเดิมและกำหนดระดับสีเทานี้ให้กับจุดภาพใหม่ในภาพขยาย และเมื่อเราทำการกำหนดระดับสีเทาให้กับทุกจุดแล้ว ก็จะทำการขยายภาพให้ตารางกลับมามีขนาดเดิมเพื่อให้ได้ภาพขยายตามที่ต้องการ

การย่อภาพทำได้ในทำนองเดียวกันกับการขยายภาพ กระบวนการในการย่อภาพคือการตัดแถวและคอลัมน์ในภาพออก ตัวอย่างเช่นถ้าต้องการย่อภาพให้มีขนาดเป็นครึ่งหนึ่งของภาพเดิม เราต้องทำการตัดแถวเว้นแถวและคอลัมน์เว้นคอลัมน์ของภาพออก หลักการจะคล้าย ๆ กับการขยายภาพเพียงแต่หลักการของการย่อจะใช้ขนาดที่ไม่ใช่เลขจำนวนเต็ม (Noninteger factor) และเราใช้

การขยายขนาดของตาราง (Grid) ให้เต็มพอดีขนาดของภาพเดิม จากนั้นใช้เพื่อนบ้านเพื่อกำหนดระดับสีเทา แล้วจึงทำการย่อขนาดของตารางให้กลับมามีช่องว่างเท่าเดิม เพื่อลดการเกิดภาพบิดเบือน จะเป็นการคิด้าทำภาพที่ไม่คมชัดเล็กน้อยก่อนทำการย่อ

2.1.2 โครงสร้างข้อเข้าเทียม แบ่งเป็นส่วนประกอบ 2 ส่วนหลัก ตามภาพที่ 2.19 คือ

- ส่วนประกอบกระดูกต้นขา
- ส่วนประกอบกระดูกหน้าแข้ง

สามารถแบ่งชนิดการผ่าตัดข้อเข้าเทียม ออกเป็น 2 ชนิด ตามภาพที่ 2.20 ดังนี้

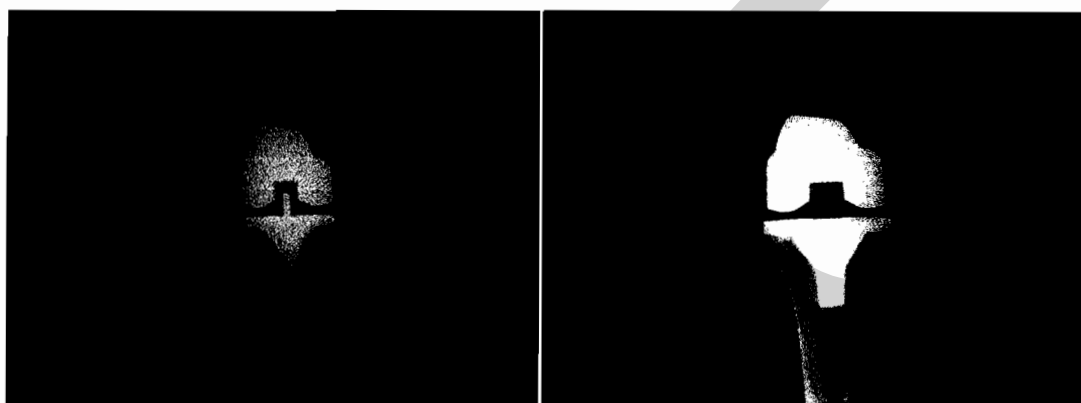
- การผ่าตัดข้อเข้าเทียมชนิดเคลื่อนไหวได้ เหมาะสำหรับคนอายุน้อยกว่า 70 ปี
- การผ่าตัดข้อเข้าเทียมชนิดเคลื่อนไหวไม่ได้ เหมาะสำหรับคนอายุมากกว่า 70 ปีขึ้นไป

ส่วนประกอบกระดูกต้นขา



ส่วนประกอบกระดูกหน้าแข้ง

ภาพที่ 2.19 โครงสร้างข้อเข้าเทียม



(ก)

(ข)

ภาพที่ 2.20 ชนิดการผ่าตัดข้อเข้าเทียม (ก)ชนิดการผ่าตัดข้อเข้าเทียมชนิดเคลื่อนไหวได้(ข)ชนิดการผ่าตัดข้อเข้าเทียมชนิดเคลื่อนไหวไม่ได้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนั้น คือ ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวกับข้อเช่า

2.2.1 ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวกับกระดูกข้อเช่า

การแยกแยะระหว่างกระดูกต้นขาและกระดูกหน้าแข้ง โดยใช้วิธีการดับเบิ้ลคอนทัวร์แอกทีฟเชพโมเดล (Double contour active shape model) ซึ่งจะแยกได้ผลดีก็ต่อเมื่อมีความชัดเจนของกระดูกสูง เนื่องจากเนื้อเยื่อบริเวณกระดูกภายนอกมีค่าความเข้มใกล้เคียงกับขอบกระดูกจึงทำให้ระบบผิดพลาด (Matthias Seise, Stephen J. McKenna, Ian W. Ricketts and Carlos A. Wigderowitz, 2009)

เป็นการรวบรวมวิธีการแยกกระดูกข้อเช่า โดยใช้ประโยชน์ของลักษณะรูปร่างของงูและเรขาคณิตของผิวหนังโค้งงอมาแยกลักษณะกระดูกต้นขาและกระดูกหน้าแข้งเนื่องจากลักษณะของกระดูกตรงข้อเช่ากว้างที่สุดแล้วค่อยแคบลงจึงทำให้มีรูปร่างคล้ายงู และ โดยใช้หลักการรูปโค้งเบซิเออร์ (Bezier spline) ในการแยกกระดูกอ่อน ข้อดีคือมีหลายวิธีที่สำเร็จกับระบบอัตโนมัติ ข้อเสีย คือ การแบ่งส่วนเอ็นยังไม่ครอบคลุมเนื่องจากยังอยู่ในช่วงเริ่มการทดลอง (Y. Sun, E. C. Teo and Q. H. Zhang, 2006)

การอธิบายถึงระบบที่มีความใกล้เคียงที่เกือบจะเป็นระบบอัตโนมัติ โดยใช้หลักการรูปโค้งเบซิเออร์ เพื่อทำการกำหนดพื้นที่ของกระดูกอ่อนและใช้การกรองภาพด้วยวิธี (Laplacian) ข้อดีคือการหาขอบภาพได้ผลดีกว่าเชิงสัญญาณวิทยา ข้อเสียคือจุดสุดท้ายของ (Spline) ยังต่อได้ห่างจากความเป็นจริง (J. Carballido-Gamio, K. Lee, E. Ozhinsky, S. Majumdar, 2004)

การแบ่งกระดูกกระดูกต้นขาที่กระดูกหน้าแข้งและกระดูกอ่อนของทั้งคู่ โดยการแบ่งในส่วนกระดูกต้นขาที่กระดูกหน้าแข้ง จะให้ผู้ใช้เป็นผู้กำหนดจุดเล็กๆ ที่จะทำการแบ่งโดยใช้ความคล้ายของพื้นผิวในบริเวณรอบๆ ของจุดที่กำหนดไว้คอนตันและใช้ลักษณะที่เหมือนงู เพื่อหาขอบกระดูกในส่วนนั้น ส่วนวิธีการหากระดูกอ่อน ใช้ระยะทางระหว่างกระดูกและกระดูกอ่อนเป็นตัวกำหนด ข้อดีคือการใช้ระบบแบ่งกระดูกได้ผลดีกว่าการแบ่งด้วยมือ ข้อเสีย คือ ไม่สามารถหาค่าแน่นอนในเรื่องของระยะทางได้และความเข้มในส่วนเอ็นและกล้ามเนื้อที่มีค่าความเข้มใกล้เคียงกับกระดูกอาจทำให้ระบบผิดพลาดได้ (T. Kapur, P. Beardsley, S. Gibson, W. Grimson, and W. Wells, 1998)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ตัวอย่างภาพข้อเข่าเทียมที่ใช้ในการวิจัย ภาพข้อเข่าที่นำมาใช้ในการทดลองมีจำนวน 2 กลุ่ม แบ่งเป็น

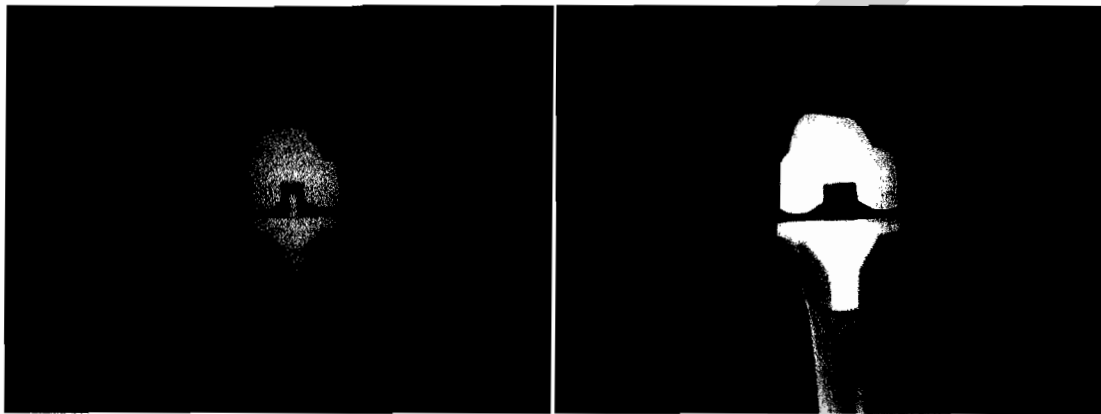
3.1.1.1 ภาพถ่ายบริเวณข้อเข่าที่มีความละเอียด 600x450 จุดภาพ จำนวน 29 ภาพ
จากโรงพยาบาลเทพธารินทร์

3.1.1.2 ภาพถ่ายบริเวณข้อเข่าที่มีความละเอียด 2048x1536 จุดภาพ จำนวน 31 ภาพ
จากโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

จากภาพที่ได้ 2 กลุ่ม สามารถแบ่งข้อเข่าเทียมเป็น 2 ชนิด ดังแสดงในภาพที่ 3.1

-ข้อเข่าเทียมที่ถ่ายในลักษณะด้านหน้าชนิดเคลื่อนไหวได้ จำนวน 42 ภาพ

-ข้อเข่าเทียมที่ถ่ายในลักษณะด้านหน้าชนิดเคลื่อนไหวไม่ได้ จำนวน 18 ภาพ



(ก)

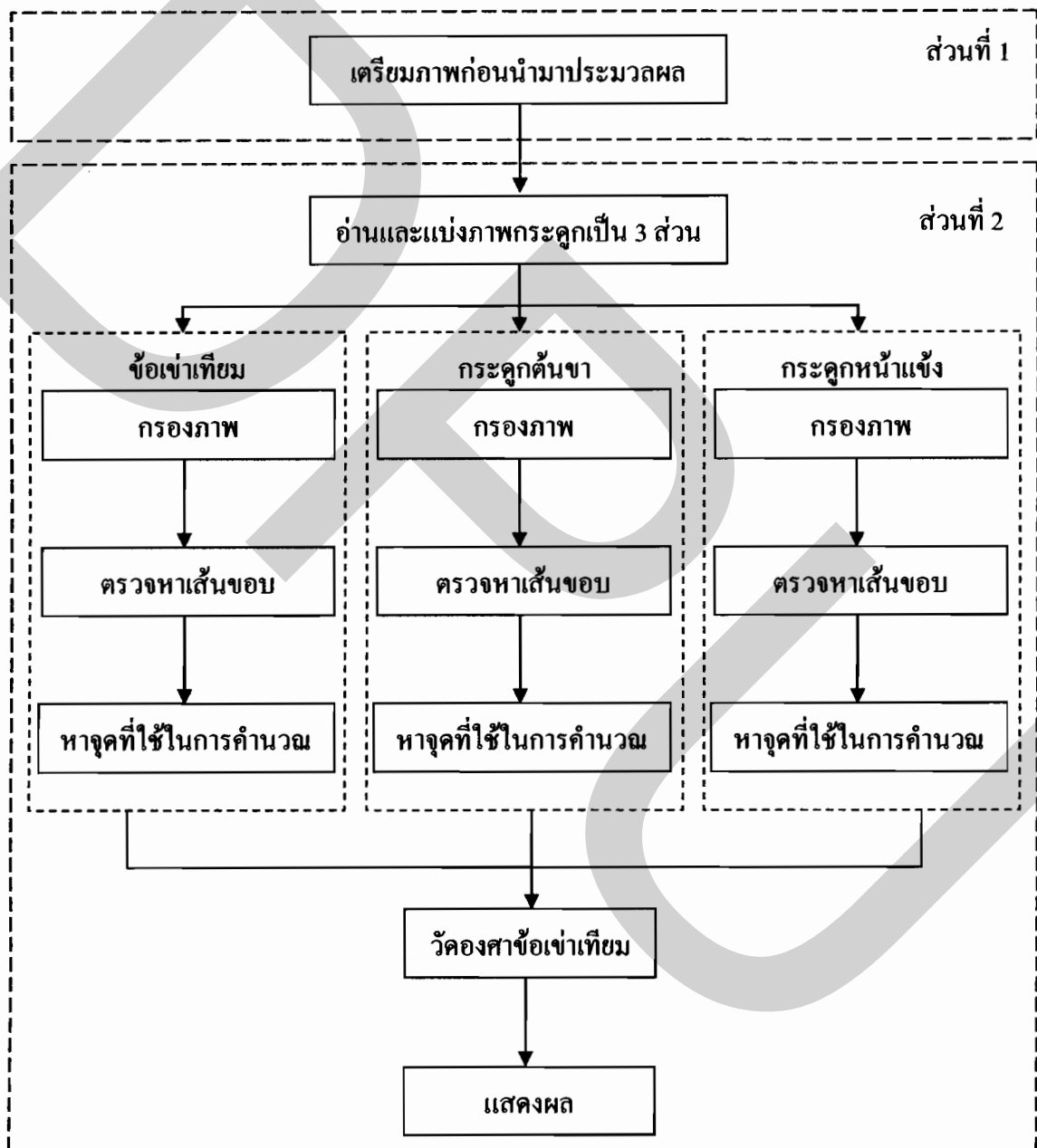
(ข)

ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างชนิดข้อเข่าเทียม (ก) ข้อเข่าเทียมที่ถ่ายด้านหน้าชนิดเคลื่อนไหวได้

(ข) ข้อเข่าเทียมที่ถ่ายด้านหน้าชนิดเคลื่อนไหวไม่ได้

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยในลักษณะภาพรวม แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 เป็นขั้นตอนการเตรียมภาพก่อนนำภาพมาประมวลผล และ ส่วนที่ 2 เป็นขั้นตอนการนำภาพที่ได้เข้าไปคำนวณในระบบ



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

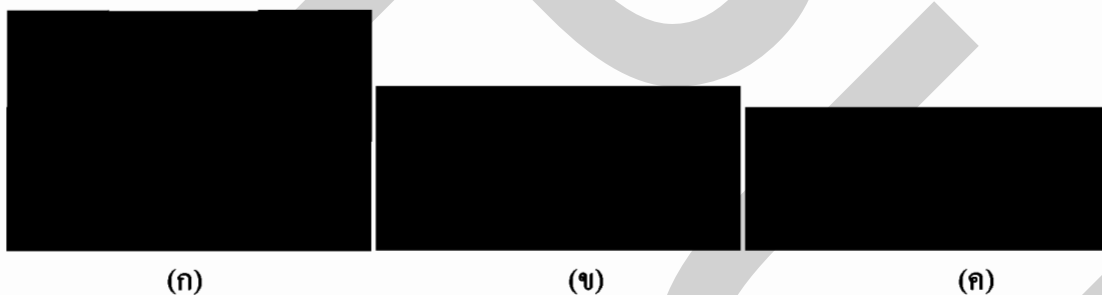
3.2.1 ขั้นตอนการเตรียมภาพก่อนนำมาประมวลผล

3.2.1.1 การใช้กล้องดิจิทัลถ่ายภาพจากกระดานอ่านฟิล์มเอกซเรย์ที่มีความละเอียด

2048 x 1536 จุดภาพ

3.2.1.2 การนำภาพที่ได้จากการถ่ายภาพฟิล์มเอกซเรย์มาตัดแบ่งกระดูกข้างซ้ายและข้างขวาในกรณีที่ฟิล์มเอ็กซ์เรย์มี 2 ข้างในแผ่นเดียวกัน

3.2.1.3 การตัดภาพเฉพาะกระดูกพร้อมเนื้อเยื่อ มาใส่ในพื้นที่หลังสีดำที่เป็นภาพใหม่ หลังจากที่ได้ทำขั้นตอนเตรียมภาพเสร็จเรียบร้อยแล้ว จากนั้นการอ่านและแบ่งภาพกระดูกเป็น 3 ส่วน เนื่องจากความเข้มของข้อเข่าเทียมมีค่าสูงกว่าบริเวณอันที่เป็นกระดูกและเนื้อเยื่อค่อนข้างมาก ทำให้การแยกเนื้อเยื่อออกจากกระดูกทำได้ยาก วิธีการทำเบื้องต้นเป็นแบบเดียวกัน คือนำภาพที่ได้เข้าระบบ โดยมีการปรับความละเอียด จากเดิม 2048 x 1536 จุดภาพ เป็น 615 x 461 จุดภาพ เพื่อความรวดเร็วในการประมวลผล ปรับรูปแบบภาพให้อยู่ในรูปสีเทา และ แบ่งภาพสำหรับในการใช้คำนวณเพื่อความเหมาะสมกับการใช้สำหรับการประมวลผลภาพ ซึ่งจะกล่าวอย่างละเอียดในแต่ละขั้นตอนที่ประมวลผลภาพ โดยแบ่งภาพออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้ ข้อเข่าเทียม กระดูกต้นขา และกระดูกหน้าแข้ง ดังแสดงในภาพที่ (3.3)



ภาพที่ 3.3 ตัวอย่างกระดูกเฉพาะส่วน (ก) ข้อเข่าเทียมที่ตัดแยกมาจากภาพต้นฉบับ

(ข) กระดูกต้นขาที่ตัดแยกมาจากภาพต้นฉบับ (ค) กระดูกหน้าแข้งที่ตัดแยกมาจากภาพต้นฉบับ

3.2.2 การแบ่งภาพออกเป็น 3 ส่วน เพื่อความเหมาะสมในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอกกล่าวถึงขั้นตอนในการตัดแยก การกรองภาพ การตรวจหาเส้นขอบ การหาจุดบนเส้นขอบ และ วัดองศาข้อเข่าเทียม ซึ่งทำในแต่ละภาพที่ได้ตัดแยกเป็นส่วน ออกเป็นดังนี้

3.2.3 ข้อเข้าเทียม

เนื่องจากในส่วนนี้มีความเข้มของภาพค่อนข้างชัดเจนและเด่นชัดกว่าส่วนอื่น จึงทำการตัดแยกส่วนข้อเข้าเทียมเพื่อนำมาคำนวณ และคิดอัลกอริทึมเฉพาะส่วน โดยมีขั้นตอนดังนี้

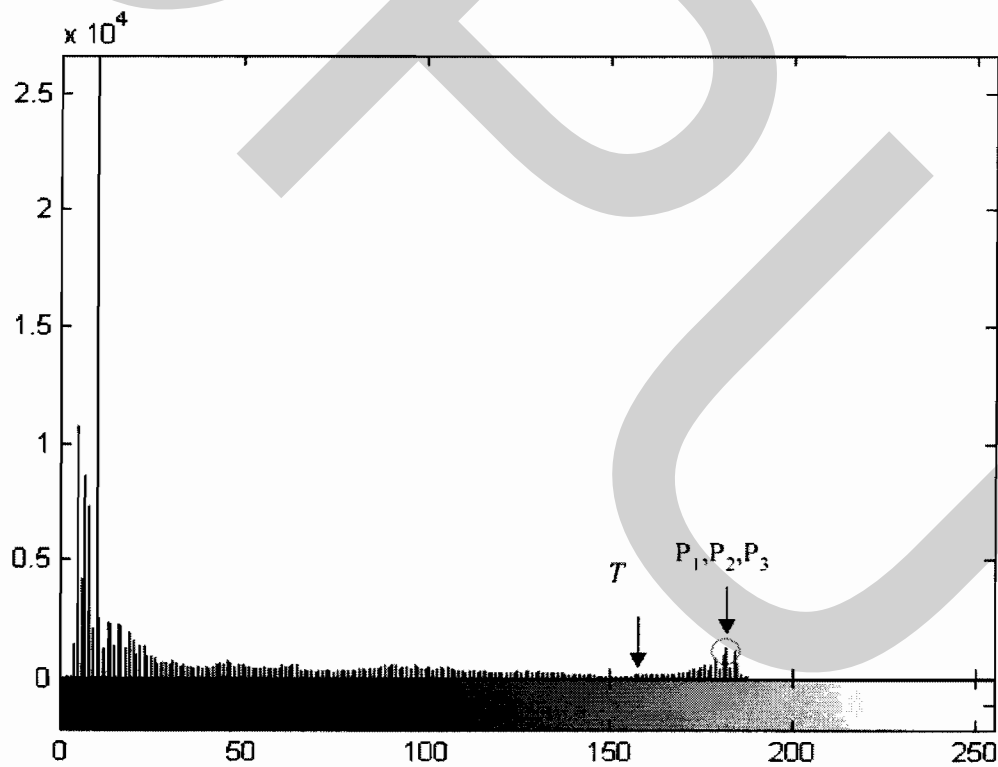
3.2.3.1 การตัดแยกภาพเฉพาะส่วนข้อเข้าเทียม โดยกำหนดค่าขีดแบ่งที่ความเข้ม 85 เปอร์เซ็นต์ ของค่าความเข้มสูงสุดของภาพกระดูกทั้งภาพ ตามภาพที่ 3.4 เนื่องจากเป็นค่าความเข้มเริ่มต้นข้อเข้าเทียม ตามสมการ (3.1)

$$T = \max(I(x, y)) * 0.85 \quad (3.1)$$

กำหนดให้

T เป็นค่าขีดแบ่งความเข้มเริ่มต้นข้อเข้าเทียม

$I(x, y)$ เป็นค่าความเข้มของกระดูกทั้งภาพ ณ พิกัด (x, y)



ภาพที่ 3.4 ค่าความเข้มเริ่มต้นข้อเข้าเทียม และ ค่าความเข้มที่มีความถี่สูงสุด 3 อันดับ

จากนั้นทำการหาจุดภาพที่มีความเข้มมากกว่าหรือเท่ากับค่าขีดแบ่ง T เพื่อหาค่าความเข้มที่มีความถี่สูงสุด 3 อันดับ ตามภาพที่ 3.4 แล้วนำค่าความเข้มของจุดภาพทั้ง 3 อันดับ มาหาค่าเฉลี่ย เพื่อเป็นช่วงบริเวณค่าความเข้มของข้อเข้าเทียมที่อยู่ในกลุ่มของความเข้มที่ต้องการ ตามสมการ (3.2)

$$P_{mean} = (P_1 + P_2 + P_3)/3 \quad (3.2)$$

กำหนดให้

P_{mean} เป็นค่าเฉลี่ยความเข้มของค่าความเข้มที่มีความถี่สูงสุด 3 อันดับ

P_1, P_2, P_3 เป็นค่าความเข้มที่มีความถี่สูงสุด 3 อันดับ

หลังจากนั้นนำ P_{mean} ลบกับ $\max(I(x,y))$ เมื่อได้ผลลัพธ์แล้ว นำผลลัพธ์ลบกับ P_{mean} เพื่อเป็นค่าความเข้มเริ่มต้นในการตัดภาพ ถ้าเจอจุดภาพในแถวไหนมีค่ามากกว่าค่าความเข้มเริ่มต้นในการตัดภาพ ให้ตัดภาพตั้งแต่แถวนั้นจนถึงแถวที่ไม่มีค่าความเข้มอยู่ในช่วงที่ต้องการ ตามสมการ (3.3) ตามภาพที่ 3.5

$$P_{start} = P_{mean} - (\max(I(x,y)) - P_{mean}) \quad (3.3)$$

กำหนดให้

P_{start} เป็นค่าความเข้มเริ่มต้นในการตัดแยกข้อเข้าเทียม

P_{mean} เป็นค่าเฉลี่ยความเข้มของค่าความเข้มสูงสุด 3 อันดับ

$I(x,y)$ เป็นค่าความเข้มของกระดูกทั้งภาพ ณ พิกัด (x,y)



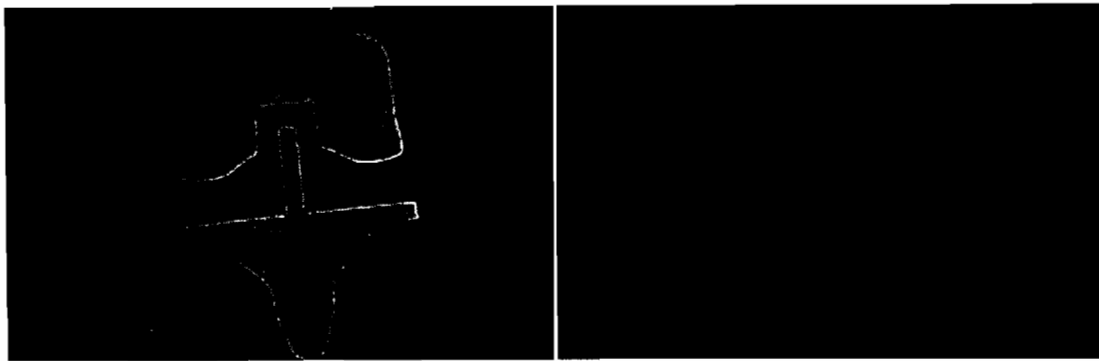
ภาพที่ 3.5 เฉพาะส่วนข้อเข้าเทียม

3.2.3.2 การกรองภาพ หลังจากที่ได้ภาพในส่วนที่เป็นข้อเข้าเทียมอย่างเดียว ได้ทำการกรองภาพเพื่อลดสิ่งรบกวนและทำให้ภาพคมชัดขึ้น ซึ่งขั้นตอนในการทำ เริ่มต้นจากการทำภาพให้คมชัดแล้วใช้ตัวกรองค่าเฉลี่ย สลับกัน 3 ครั้ง โดยให้ขนาดตัวกรองค่าเฉลี่ยขนาดของรัศมีในการกรอง เป็น 5 3 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งการใช้รัศมีที่มีขนาดต่างกันเกิดจากต้องการกรองภาพในส่วนเนื้อเยื่อที่ไม่ต้องการออก ตามภาพที่ 3.6

3.2.3.2.1 การทำให้ภาพคมชัด เพื่อเป็นการเน้นในส่วนของข้อเข้าเทียมอีกครั้ง โดยใช้หลักการถ่ายภาพที่ให้คมชัด คือ ภาพต้นฉบับ - ภาพที่ไม่คมชัดในที่นี้ ใช้ตัวกรองแบบลาปลาเซียนเป็นตัวที่ทำให้ภาพที่ไม่คมชัด โดยใช้ตัวกรองขนาด 3×3 ในการทำ ค่าคงที่ตัวกรองมีดังนี้

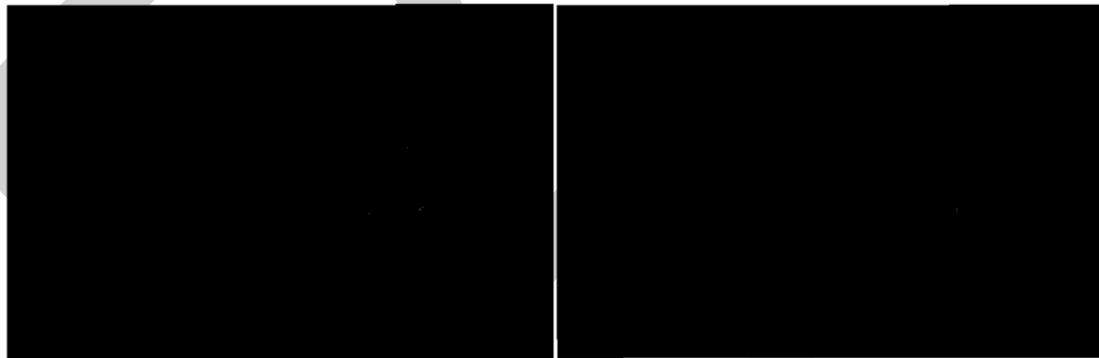
$$\begin{bmatrix} 0.1667 & 0.6667 & 0.1667 \\ 0.6667 & -3.3333 & 0.6667 \\ 0.1667 & 0.6667 & 0.1667 \end{bmatrix}$$

3.2.3.2.2 การทำให้ภาพไม่คมชัด เพื่อลดสิ่งรบกวนจากที่ทำให้ภาพมีความคมชัด ซึ่งใช้ตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบจวน ($2 * \text{รัศมี} + 1$)



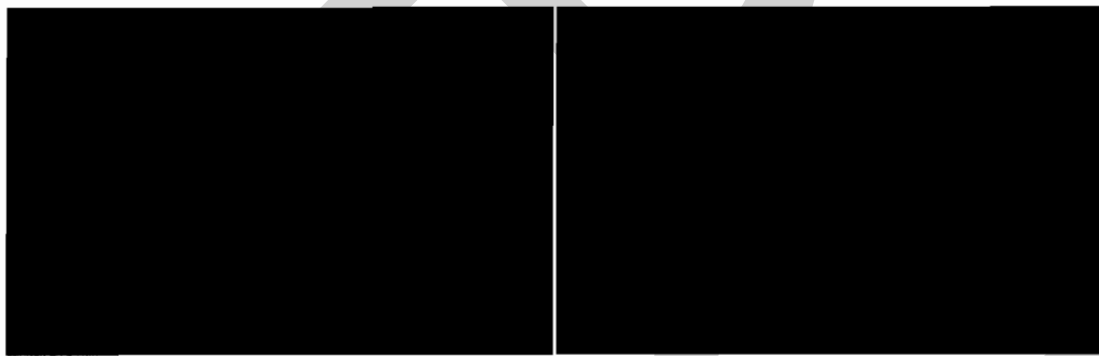
(ก)

(ข)



(ค)

(ง)



(จ)

(ฉ)

ภาพที่ 3.6 การกรองภาพด้วยตัวกรองแบบคมชัดและค่าเฉลี่ย

(ก) ข้อเข้าเทียมด้วยตัวกรองแบบคมชัด (ข) ข้อเข้าเทียมด้วยตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย
ขนาด 5 (ค) ข้อเข้าเทียมด้วยตัวกรองแบบคมชัดครั้งที่ 2 (ง) ข้อเข้าเทียมด้วยตัว
กรองแบบค่าเฉลี่ยขนาด 3 (จ) ข้อเข้าเทียมด้วยตัวกรองแบบคมชัด (ฉ) ข้อเข้าเทียม
ด้วยตัวกรองแบบค่าเฉลี่ยขนาด 1

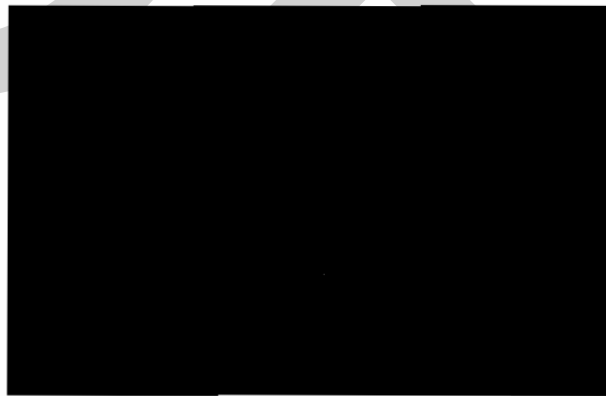
3.2.3.2.3 การปรับค่าความเข้มพื้นหลัง หลังจากที่ได้ภาพจากการกรองภาพ โดยตัวกรองแบบคมชัด และ ตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย ขั้นตอนนี้จะเป็นการทำให้พื้นหลังและจุดภาพที่มีค่าความเข้มกระจัดกระจาย ให้มีค่าความเข้มเดียวกันดังแสดงในภาพที่ 3.7 โดยใช้การปรับค่าความเข้มดังสมการที่ (3.4)

$$k(x, y) = \begin{cases} k_{mean}, & k(x, y) \leq k_{mean} \\ k(x, y), & k(x, y) > k_{mean} \end{cases} \quad (3.4)$$

กำหนดให้

$k(x, y)$ เป็นค่าความเข้มของจุดภาพบริเวณข้อเข้าเทียม ณ พิกัด (x, y)

k_{mean} เป็นค่าความเข้มเฉลี่ยของภาพบริเวณข้อเข้าเทียม



ภาพที่ 3.7 ข้อเข้าเทียมที่ปรับค่าความเข้มพื้นหลัง

3.2.3.3 การตรวจหาเส้นขอบดังแสดงในภาพที่ 3.8 สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกนำเอาวิธีการหาขอบภาพแบบแคนนี่ ซึ่งทำให้ได้เส้นขอบข้อเข้าเทียมที่ไม่หนานจนเกินไป โดยในที่นี้ได้กำหนดค่าขีดแบ่งสูง $H = \max(k(x, y))/2$ และค่าขีดแบ่งต่ำ $L = H * 0.4$ ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1 โดย $\max(k(x, y))$ เป็นค่าความเข้มสูงสุดของจุดภาพบริเวณข้อเข้าเทียมที่คำนวณได้จากการใช้วิธีการปรับระดับสีเทาของภาพ (Contrast stretching) เนื่องจากเป็นค่าขีดแบ่งที่ทำให้ได้เส้นขอบครบถ้วนที่สุด



ภาพที่ 3.8 เส้นขอบภาพข้อเข้าเทียม

3.2.3.4 การหาจุดบนข้อเข้าเทียม เนื่องจากการหาจุดบนข้อเข้าเทียมนั้น ต้องหาจุดทั้งข้างซ้าย และข้างขวาของข้อเข้าเทียม ทำให้เสียเวลาถ้าหากไม่กำหนดจุดในการหา เพื่อความรวดเร็วในการคำนวณ จึงแบ่งการหาจุดเป็นข้างซ้าย และข้างขวา ตามลำดับ โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.2.3.4.1 การหาจุดขวาสุดและซ้ายสุดของข้อเข้าเทียม หลังจากที่ได้เส้นขอบภาพข้อเข้าเทียมแล้ว ให้หาจุดขวาสุดและซ้ายสุดของเส้นขอบข้อเข้าเทียมตามแนวตั้งของกระดูก ดังภาพที่ 3.9 เพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการคำนวณ จากนั้นหาจุดกึ่งกลางของข้อเข้าเทียม ตามสมการ (3.5) และ หาความกว้างของส่วนเว้าของข้อเข้าเทียม ตามสมการ (3.6) (3.7) และ (3.8)

$$X_{mid} = (X_{left} + X_{right})/2 \quad (3.5)$$

$$width = |X_{left} - X_{right}|/6 \quad (3.6)$$

$$Arc_{left} = X_{mid} - width \quad (3.7)$$

$$Arc_{right} = X_{mid} + width \quad (3.8)$$

กำหนดให้

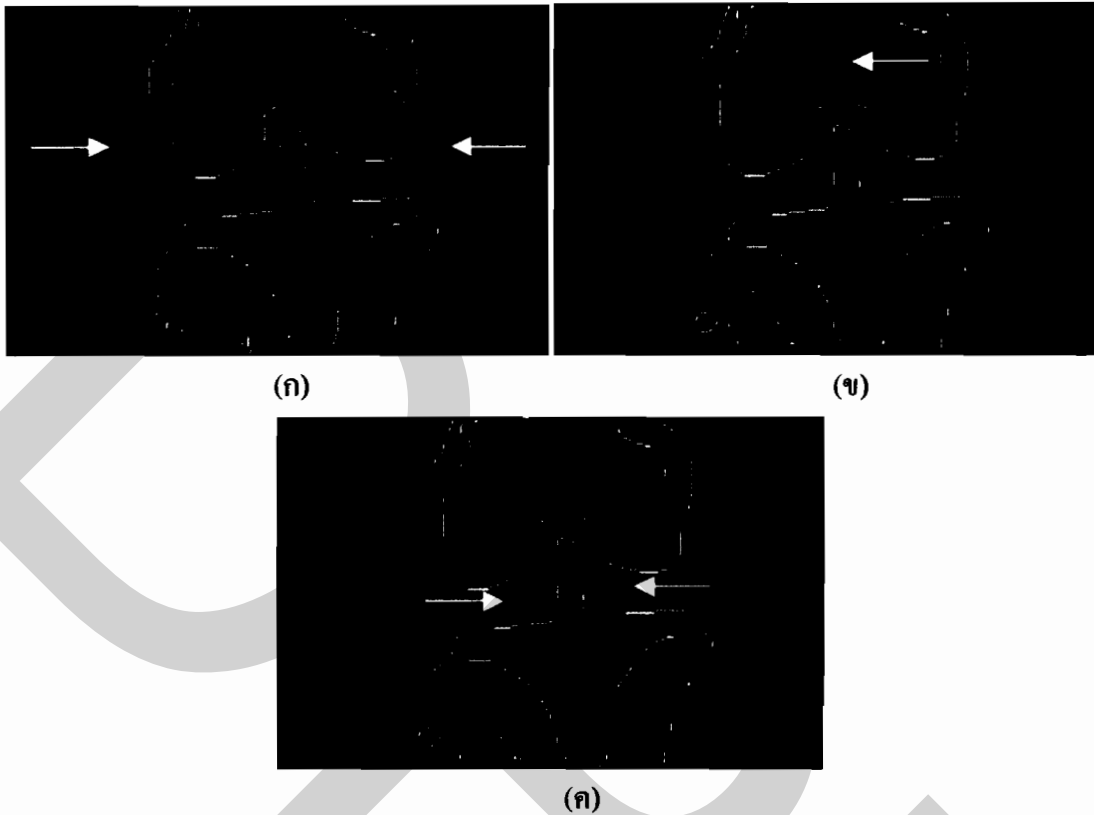
- X_{mid} เป็นจุดกึ่งกลางของข้อเข้าเทียม
 $width$ เป็นความกว้างของส่วนเว้าของข้อเข้าเทียม
 X_{left} เป็นจุดซ้ายสุดของเส้นขอบข้อเข้าเทียม
 X_{right} เป็นจุดขวาสุดของเส้นขอบข้อเข้าเทียม
 Arc_{left} เป็นเส้นสมมติความกว้างของส่วนเว้าของข้อเข้าเทียมข้างซ้าย
 Arc_{right} เป็นเส้นสมมติความกว้างของส่วนเว้าของข้อเข้าเทียมข้างขวา

ซึ่งอัลกอริทึมในการหาจุดขวาสุดและจุดซ้ายสุดของเส้นขอบข้อเข้ามีดังนี้
 อัลกอริทึมในการหาจุดซ้ายสุด

- ทำการค้นหาทุกแถวและทุกคอลัมน์ของภาพ
- ค้นหาจากคอลัมน์แรกจนถึงคอลัมน์สุดท้าย
- ค้นหาจากแถวแรกจนถึงแถวสุดท้าย
- ถ้าเจอจุดภาพที่มีค่าเท่ากับ 1 ให้นำค่านั้นทันที

อัลกอริทึมในการหาจุดขวาสุด

- ทำการค้นหาทุกแถวและทุกคอลัมน์ของภาพ
- ค้นหาจากคอลัมน์สุดท้ายจนถึงคอลัมน์แรก
- ค้นหาจากแถวแรกจนถึงแถวสุดท้าย
- ถ้าเจอจุดภาพที่มีค่าเท่ากับ 1 ให้นำค่านั้นทันที



ภาพที่ 3.9 เส้นบนข้อเข้าเทียม(ก) เส้นซ้ายสุดและขวาสุดบนข้อเข้าเทียม (ข) เส้นกึ่งกลางบนข้อเข้าเทียม (ค) เส้นความกว้างของส่วนเว้าของข้อเข้าเทียม

3.2.3.4.2 การหาจุดบนสุดและจุดล่างสุดของเส้นความกว้างส่วนเว้าข้อเข้าเทียม
 ทำการหาจุดบนสุดและจุดล่างสุดของเส้นสมมติความกว้างส่วนเว้าของข้อเข้าเทียมแต่ละข้างตามภาพที่ 3.10 เนื่องจากทำการแบ่งข้างซ้ายและข้างขวา จึงต้องต้องหาจุดบนสุดและล่างสุดของแต่ละข้างซึ่งมีความสูงค่าไม่เท่ากัน เพื่อประหยัดเวลาในการคำนวณ อัลกอริทึมในการหาจุดบนสุดและจุดล่างสุดมีดังนี้

อัลกอริทึมในการหาจุดล่างสุดข้างซ้าย

ทำการค้นหาทุกแถวของภาพ

โดยเริ่มตั้งแต่แถวสุดท้ายจนถึงแถวแรก

โดยที่คอลลัมน์มีค่าเท่ากับ Arc_{left}

ถ้าเจอจุดภาพที่มีค่าเท่ากับ 1 ให้นำค่านั้นทันที

อัลกอริทึมในการหาจุดบนสุดข้างซ้าย

ทำการค้นหาทุกแถวของภาพ

โดยเริ่มตั้งแต่แถวแรกจนถึงแถวสุดท้ายค้นหาจาก

โดยที่คอสีนัสมีค่าเท่ากับ Arc_{left}

ถ้าเจอจุดภาพที่มีค่าเท่ากับ 1 ให้นำค่านั้นทันที

อัลกอริทึมในการหาจุดล่างสุดข้างขวา

ทำการค้นหาทุกแถวของภาพ

โดยเริ่มตั้งแต่แถวสุดท้ายจนถึงแถวแรก

โดยที่คอสีนัสมีค่าเท่ากับ Arc_{right}

ถ้าเจอจุดภาพที่มีค่าเท่ากับ 1 ให้นำค่านั้นทันที

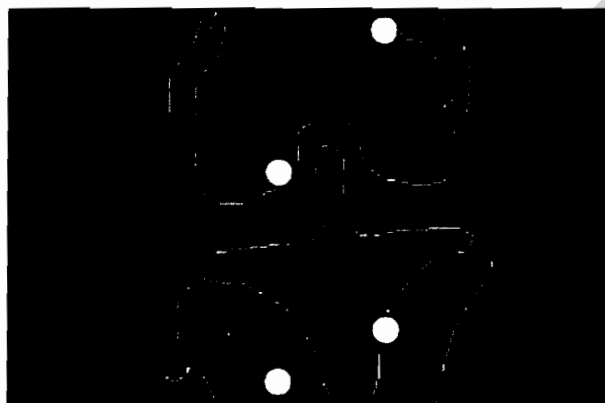
อัลกอริทึมในการหาจุดบนสุดข้างขวา

ทำการค้นหาทุกแถวของภาพ

โดยเริ่มตั้งแต่แถวแรกจนถึงแถวสุดท้ายค้นหาจาก

โดยที่คอสีนัสมีค่าเท่ากับ Arc_{right}

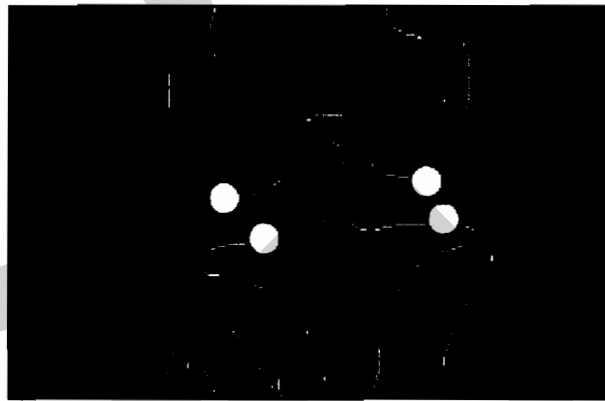
ถ้าเจอจุดภาพที่มีค่าเท่ากับ 1 ให้นำค่านั้นทันที



ภาพที่ 3.10 จุดบนและจุดล่างของแต่ละเส้นบนข้อเข้าเทียม

3.2.3.4.3 การหาจุดที่ใช้ในการคำนวณ ให้หาช่องว่างระหว่างข้อเข้าเทียม กระจกคั่นขา และ กระจกหน้าแข็งของข้างซ้าย เริ่มจากแถวบนสุดของข้างซ้ายที่ได้จากการหาจุดบนสุดของข้างซ้ายจนถึงแถวล่างสุดของข้างซ้ายที่ได้จากการหาจุดล่างสุดของข้างซ้าย ถ้าเจอ

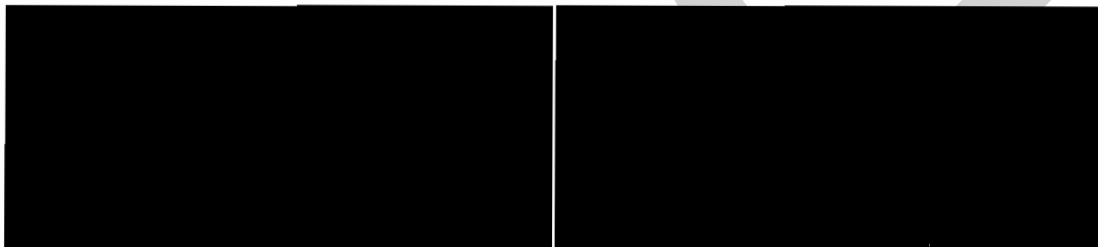
จุดภาพที่มีค่าความเข้มเป็น 0 ให้นับค่านั้นทันที จากนั้นก็นำจุดภาพที่ได้เป็นตัวตั้ง เพื่อจะได้หาจุดภาพที่มีค่าความเข้มเท่ากับ 1 ในข้อเข้าเทียมส่วนบนและข้อเข้าเทียมส่วนล่าง ซึ่งข้อเข้าเทียมส่วนบนจะเป็นการนำจุดภาพที่มีค่าความเข้มเท่ากับ 0 ไลย้อนกลับไปหนึ่งแถวเพื่อหาค่าที่จุดภาพที่มีค่าความเข้มเท่ากับ 1 ส่วนข้อเข้าเทียมส่วนล่างนำจุดภาพตัวตั้งที่หามาได้ไล่ลงไปยังจุดล่างสุดของข้างซ้ายเพื่อหาจุดภาพที่มีค่าความเข้มเท่ากับ 1 ตามภาพที่ 3.11 และทำลักษณะเดียวกันกับการหาช่องว่างระหว่างข้อเข้าเทียมส่วนกระดูกสันขาและส่วนหน้าแข้งของข้างขวา



ภาพที่ 3.11 จุดที่นำไปใช้ในการคำนวณ

3.2.4 กระดูกสันขา

3.2.4.1 การตัดภาพเฉพาะส่วนกระดูกสันขา เริ่มตัดภาพประมาณ 1 ใน 6 ของภาพกระดูกทั้งภาพตามแนวระนาบโดยเริ่มตัดจากแถวแรก ตามภาพที่ 3.12 เนื่องจากเป็นส่วนบนสุดของกระดูกสันขา เพื่อจะได้ทำการวัดองศาจากส่วนบนสุดกระดูกสันขาสู่กระดูกข้อเข้าเทียมอย่างถูกต้องตามหลักการทางการแพทย์



(ก)

(ข)

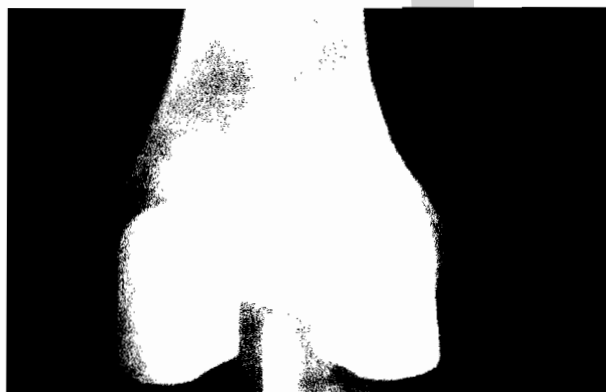
ภาพที่ 3.12 เฉพาะส่วนกระดูกสันขา (ก) เฉพาะส่วนกระดูกสันขาที่ไม่มีสิ่งรบกวน

(ข) เฉพาะส่วนกระดูกสันขาที่มีสิ่งรบกวน

3.2.4.2 การกรองภาพ หลังจากที่ได้ภาพในส่วนที่เป็นกระดูกสันขาอย่างเดี่ยว ได้ทำการกรองภาพเพื่อลดสิ่งรบกวนที่ไม่ต้องการออกภาพ ขั้นตอนในการทำมีดังนี้

3.2.4.2.1 การลบสิ่งรบกวนที่อยู่บริเวณขอบภาพ หลังจากได้ภาพกระดูกสันขาจากการตัดแล้ว ภาพที่ได้อาจมีสิ่งรบกวนออกปะปนอยู่บริเวณด้านบนขอบภาพ ตามภาพที่ 3.12(ข) เพื่อทำการลบสิ่งรบกวนที่ไม่ต้องการออก จึงทำการสุ่มตรวจสอบจาก 5 แถวที่กำหนดคือ 20 25 30 35 และ 40 โดยให้หาค่าความเข้มเฉลี่ยของแต่ละแถวที่กำหนดไว้ แล้วนำค่าความเข้มเฉลี่ยทั้ง 5 แถว มาหาค่าความเข้มเฉลี่ยความเข้มของทั้ง 5 แถว อีกครั้ง เพื่อนำค่าความเข้มเฉลี่ยความเข้มของทั้ง 5 แถว เปรียบเทียบกับค่าความเข้มเฉลี่ยภาพกระดูกสันขา ถ้าค่าความเข้มเฉลี่ยความเข้มของทั้ง 5 แถว น้อยกว่าค่าความเข้มเฉลี่ยภาพกระดูกสันขา แสดงว่าค่าความเข้มเฉลี่ยความเข้มของทั้ง 5 แถว มีส่วนที่น่าจะเป็นสิ่งรบกวน ดังนั้นให้ตัดภาพกระดูกสันขาใหม่อีกครั้งจากภาพกระดูกสันขาที่ได้จากการตัดครั้งแรก โดยเริ่มจากแถวที่มีค่าความเข้มเฉลี่ยน้อยที่สุดใน 5 แถว จนถึงแถวสุดท้ายที่ได้จากการตัดภาพสันขา

3.2.4.2.2 การปรับลดค่าความเข้มกระดูกสันขา ถ้าค่าความเข้มสูงสุดของภาพกระดูกสันขามีค่ามากกว่าค่าความเข้มสูงสุดของภาพกระดูกทั้งภาพอยู่ 95 เปอร์เซ็นต์ ให้ปรับค่าความเข้มของภาพกระดูกสันขาให้มีคลง ภาพที่ 3.13 ใช้หลักการของการปรับระดับสีเทาภาพ โดยให้ $(f_{Femin}) < f(x,y) < (f_{Femax})/2$ ซึ่ง $f(x,y)$ เป็นค่าความเข้มของภาพกระดูกสันขา f_{Femin} เป็นค่าความเข้มต่ำสุดของภาพกระดูกสันขาและ f_{Femax} เป็นค่าความเข้มสูงสุดของภาพกระดูกสันขา เนื่องจากภาพกระดูกสันขาบางภาพมีข้อเข้าเทียมติดมาบางส่วน ทำให้ภาพที่ได้มีค่าความเข้มสูงสุด ส่งผลให้มีการคำนวณผิดพลาดจึงต้องทำการปรับลดค่าความเข้ม ซึ่งให้ค่าความเข้มที่ปรับใหม่เป็นครึ่งหนึ่งของค่าความเข้มสูงสุด เนื่องจากเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด



ภาพที่ 3.13 เฉพาะส่วนกระดูกสันขาที่มีค่าความเข้มสูงสุดของภาพกระดูกทั้งภาพ

3.2.4.2.3 การปรับค่าความเข้มพื้นหลังและปรับค่าความเข้มที่มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ของค่าความเข้มสูงสุด จากภาพกระดูกต้นขาถ้ามีจุดภาพไหนมีค่าความเข้มน้อยกว่าค่าความเข้มเฉลี่ยให้จุดภาพนั้นมีค่าความเข้มเท่ากับค่าความเข้มเฉลี่ย และ ถ้าจุดภาพไหนมีค่าความเข้มมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ของค่าความเข้มสูงสุด ให้จุดภาพนั้นมีค่าความเข้มเท่ากับค่าความเข้มที่อยู่ตรงกลางระหว่างค่าเฉลี่ยของภาพกระดูกต้นขาและค่าความเข้มสูงสุด เพื่อให้พื้นหลังที่มีค่าความเข้มกระจัดกระจายให้มีค่าความเข้มเดียวกันและค่าความเข้มข้อเข้าเทียมที่ติดมากับภาพให้มีค่าความเข้มใกล้เคียงกับค่าความเข้มกระดูกต้นขา ตามสมการ (3.9)

$$f_{mid} = (f_{upm} + \max(f(x, y)))/2 \quad (3.9)$$

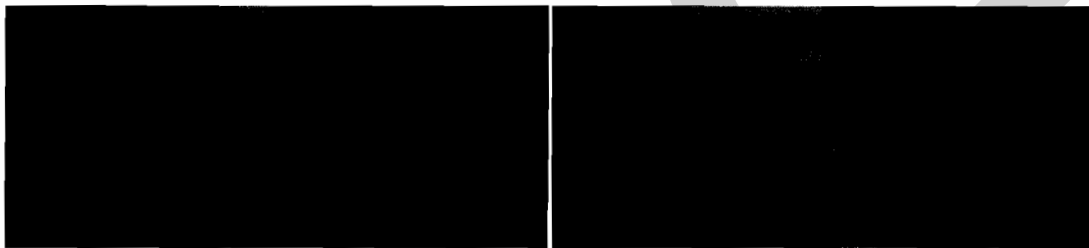
กำหนดให้

$f(x, y)$ เป็นค่าความเข้มของภาพกระดูกต้นขา ณ พิกัด (x, y)

f_{upm} เป็นค่าความเข้มเฉลี่ยของค่าความเข้มที่มากกว่าค่าความเข้มเฉลี่ยกระดูกต้นขา

f_{mid} เป็นความเข้มที่อยู่ตรงกลางระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพกระดูกต้นขาและค่าความเข้มสูงสุด

3.2.4.2.4 การใช้รูปร่างและโครงสร้างของภาพ ขั้นตอนนี้เป็นวิธีการลบภาพในส่วนเนื้อเยื่อออกไป โดยทำการกร่อนภาพ ใช้ส่วนประกอบโครงสร้างสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 15×6 ขนาดส่วนประกอบโครงสร้างคลุมในส่วนเนื้อเยื่อเกี่ยวกับกระดูกต้นขาได้ดีที่สุด จำนวน 1 ครั้ง ภาพที่ 3.14(ก) หลังจากนั้นทำการขยายภาพด้วยขนาดเท่าเดิม อีก 1 ครั้ง ภาพที่ 3.14 (ข) เพื่อทำการขยายภาพให้มีขนาดเท่าเดิม เพื่อให้ส่วนประกอบโครงสร้างคลุมพื้นที่ที่มีค่าความเข้มต่างกัน หากขนาดส่วนประกอบโครงสร้างที่ทำมีขนาดเล็กหรือใหญ่กว่านี้จะทำให้การหาขอบผิดพลาดจากความจริง



(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.14 การกร่อนและการขยายภาพ (ก) กร่อนกระดูกต้นขาขนาด 15×6

(ข) ขยายกระดูกต้นขาขนาด 15×6

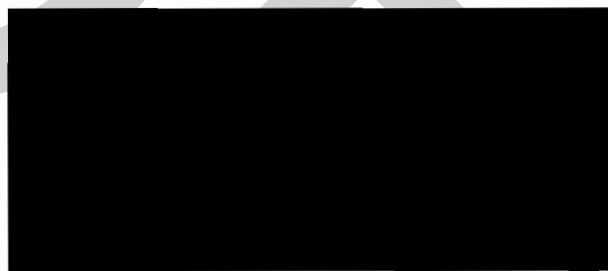
3.2.4.2.5 การปรับค่าความเข้มพื้นหลัง หลังจากทำการกร่อนภาพ และการขยายภาพ ได้พื้นหลังที่มีค่าความเข้มไม่เท่ากันต้องทำให้พื้นหลังมีค่าความเข้มเท่ากัน ภาพที่ 3.15 เพื่อให้ค่าความเข้มใกล้เคียงกับค่าความเข้มบริเวณกระดูกสันขาที่ต้องการ เนื่องจากขอบกระดูกสันขาจะมีความชัดเจนกว่าในส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อ โดยใช้เกณฑ์ดังสมการที่ (3.10)

$$f(x,y) = \begin{cases} f_{mean}, f(x,y) \leq f_{mean} \\ f(x,y), f(x,y) > f_{mean} \end{cases} \quad (3.10)$$

กำหนดให้

$f(x,y)$ เป็นค่าความเข้มของจุดภาพ ณ พิกัด (x,y)

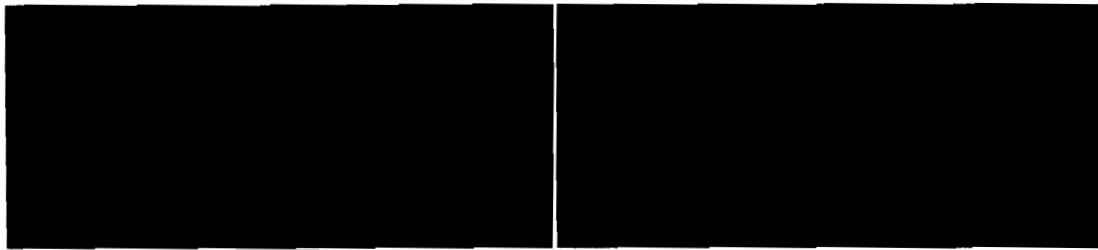
f_{mean} เป็นค่าความเข้มเฉลี่ยของภาพกระดูกสันขา



ภาพที่ 3.15 กระดูกสันขาที่ปรับค่าความเข้มพื้นหลัง

3.2.4.2.6 การทำให้ภาพคมชัด ภาพที่ 3.16 ในขั้นตอนนี้เลือกทำ 2 ครั้งติดกัน เพื่อเป็นการเน้นในส่วนของกระดูกสันขา โดยใช้หลักการทำให้ภาพให้คมชัด คือ ภาพต้นฉบับ – ภาพที่ไม่คมชัด ในที่นี้ใช้ตัวกรองแบบลาปลาเซียน เป็นตัวที่ทำให้ภาพที่ไม่คมชัด โดยใช้ตัวกรองขนาด 3×3 ในการทำ ค่าคงที่ตัวกรองดังนี้

$$\begin{bmatrix} 0.2857 & 0.4286 & 0.2857 \\ 0.4286 & -0.2857 & 0.4286 \\ 0.2857 & 0.4286 & 0.2857 \end{bmatrix}$$



(ก)

(ข)

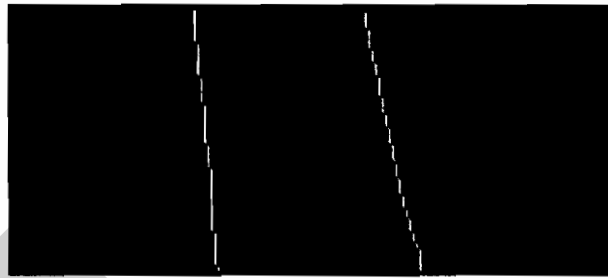
ภาพที่ 3.16 กระจกคั่นขาผ่านตัวกรองแบบคมชัดแต่ละครั้ง (ก) กระจกคั่นขาด้วยตัวกรองแบบคมชัดครั้งที่ 1 (ข) กระจกคั่นขาด้วยตัวกรองแบบคมชัดครั้งที่ 2

3.2.4.2.7 การผันกลับระดับสีเทา ภาพที่ 3.17 เนื่องจากเป็นวิธีการเหมาะสมกับการปรับปรุงภาพที่ต้องการ โดยมีรายละเอียดเป็นโทนสีเทาที่ฝังอยู่ในพื้นหลังเป็นสีเทาค่อนข้างมืด ทำให้สามารถวิเคราะห์ภาพได้ง่ายขึ้น



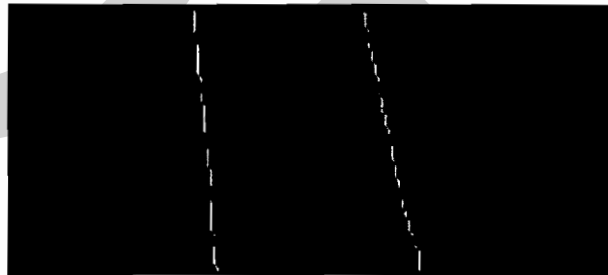
ภาพที่ 3.17 การแปลงระดับสีเทาของกระจกคั่นขา

3.2.4.3 การตรวจหาเส้นขอบ ภาพที่ 3.18 สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกนำเอาวิธีการหาขอบภาพแบบแคนนี่ ซึ่งทำให้ได้เส้นขอบข้อเข้าเทียมที่ไม่หนาจนเกินไป โดยได้กำหนดค่าขีดแบ่งสูง $M = \max(f(x,y))/2$ และค่าขีดแบ่ง $N = M * 0.4$ ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1 กำหนดให้ $f(x,y)$ เป็นค่าความเข้มของภาพกระจกคั่นขา โดย $\max(f(x,y))$ เป็นค่าความเข้มสูงสุดของจุดภาพบริเวณข้อเข้าเทียมที่คำนวณได้จากการใช้วิธีการปรับระดับสีเทาของภาพ เนื่องจากเป็นค่าที่เหมาะสมในการตรวจหาเส้นขอบ



ภาพที่ 3.18 เส้นขอบกระดูกสันขา

3.2.4.4 การหาจุดที่ใช้ในการคำนวณ ภาพที่ 3.18 ขั้นตอนแรกได้ทำการแบ่งออกเป็น 5 แถว เพื่อให้ได้จุดที่มีความแน่นอนในการคำนวณหามุม โดยมีวิธีการอื่นๆตามขั้นตอนดังนี้



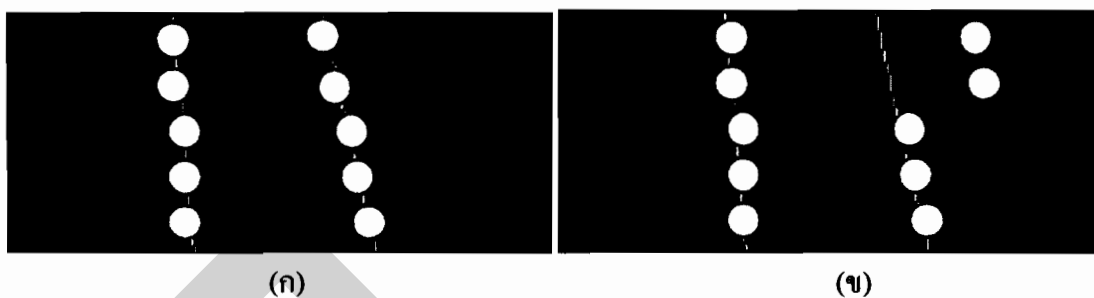
ภาพที่ 3.19 กระดูกสันขาแบ่งออกเป็น 5 แถว

3.2.4.4.1 การหาจุดสมมติกึ่งกลางระหว่างเส้นขอบกระดูกสันขา ภาพที่ 3.20 เนื่องจากการหาจุดขอบกระดูกสันขาบางภาพอาจมีสิ่งรบกวนเข้ามาแทรกในภาพ ทำให้เกิดการคำนวณผิดพลาด จึงได้กำหนดจุดสมมติกึ่งกลางระหว่างเส้นขอบกระดูกสันขาขึ้นมาเพื่อให้เป็นจุดที่กำหนดขอบเขตในการหาจุดกึ่งกลางระหว่างขอบกระดูกสันขาที่จะนำไปคำนวณหามุม ตามสมการ(3.11)

$$y_{mid} = (y_{min} + y_{max})/2 \quad (3.11)$$

กำหนดให้

- y_{mid} เป็นจุดสมมติกึ่งกลางระหว่างเส้นขอบในแถว x
- y_{min} เป็นคอลัมภ์แสดงตำแหน่งเส้นขอบด้านซ้ายสุดในแถว x
- y_{max} เป็นคอลัมภ์แสดงตำแหน่งเส้นขอบด้านขวาสุดในแถว x



ภาพที่ 3.20 จุดสมมติกึ่งกลางระหว่างกระจุกต้นไม้ (ก) เส้นขอบ 2 เส้น (ข) เส้นขอบมากกว่า 2 เส้น

3.2.4.4.2 การหาจุดภาพกึ่งกลางระหว่างเส้นขอบกระจุกต้นไม้ ถ้าแถวไหนมีจุดภาพที่มีค่าความเข้มเท่ากับ 1 อยู่ 2 จุดภาพ ให้นำจุดภาพที่ได้ 2 จุดภาพไปคำนวณเพื่อหาค่าจุดภาพกึ่งกลางที่ใช้ในการคำนวณ ตามสมการ (3.12)

$$M_{cal} = (Col_{min} + Col_{max})/2 \quad (3.12)$$

กำหนดให้

M_{cal} เป็นจุดภาพกึ่งกลางระหว่างขอบกระจุกต้นไม้ในแถว x

Col_{min} เป็นคอลัมภ์แสดงตำแหน่งขอบกระจุกต้นไม้ด้านซ้ายในแถว x

Col_{max} เป็นคอลัมภ์แสดงตำแหน่งขอบกระจุกต้นไม้ด้านขวาในแถว x

แต่ถ้าในแถวนั้นมีจุดภาพที่มีค่าความเข้มเท่ากับ 1 มากกว่า 2 จุดภาพ ให้แบ่งคิดระหว่างด้านซ้ายกับด้านขวาดังวิธีการคิดแบบเดียวกัน คือ ถ้าเริ่มต้นออกจากเส้นสมมติกึ่งกลางมาทางด้านซ้ายถ้าเจอจุดภาพไหนที่มีค่าความเข้มเท่ากับ 1 ให้นำจุดภาพนั้นเป็นจุดภาพที่อยู่บนเส้นขอบกระจุกต้นไม้ด้านซ้าย และ ถ้าเริ่มต้นออกจากเส้นสมมติกึ่งกลางมาทางด้านขวาถ้าเจอจุดภาพไหนที่มีค่าความเข้มเท่ากับ 1 ให้นำจุดภาพนั้นเป็นจุดภาพที่อยู่บนเส้นขอบกระจุกต้นไม้ด้านขวา ภาพที่ 3.21 หลังจากนั้นนำจุดภาพเส้นขอบกระจุกต้นไม้ทั้ง 2 ด้าน ไปคำนวณตามสมการ (3.12) โดยทำให้ครบทั้ง 5 แถว



ภาพที่ 3.21 จุดภาพกึ่งกลางระหว่างขอบกระดูกสันขา (ก) เส้นขอบ 2 เส้น (ข) เส้นขอบมากกว่า 2 เส้น

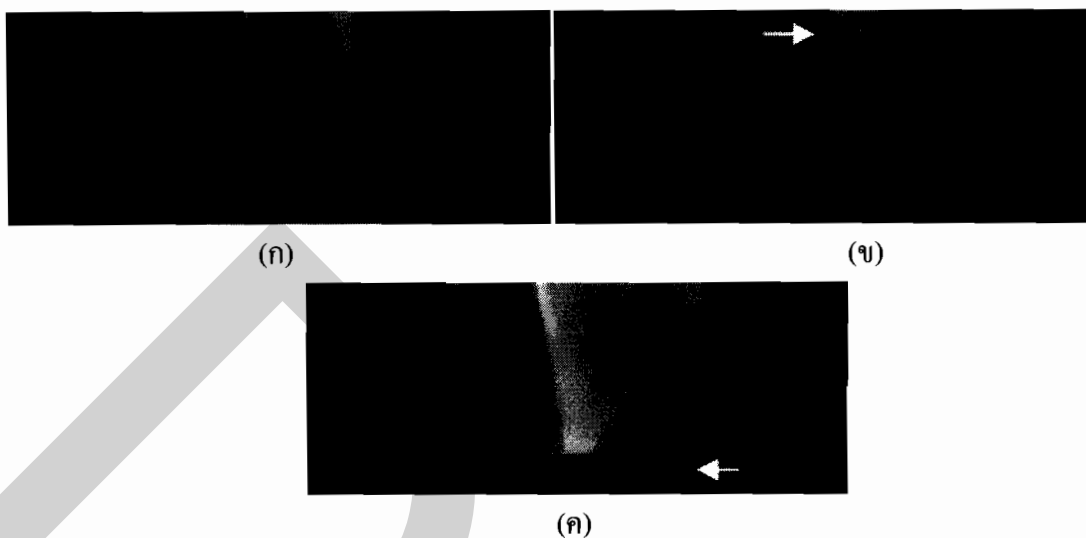
3.2.4.4.3 การหาเส้นตรงของจุดภาพกึ่งกลางระหว่างเส้นขอบกระดูกสันขา หลังจากที่ได้จุดภาพกึ่งกลางระหว่างขอบกระดูกสันขาครบทั้ง 5 แฉว นำจุดภาพที่ได้มาหาสมการเส้นตรงโดยใช้การถดถอยเชิงเส้น ภาพที่ 3.22 เพื่อนำสมการเส้นตรงที่ได้ไปหามุมที่เกิดจากการตัดกันของสมการเส้นตรง 2 เส้น ระหว่าง สมการเส้นตรงของข้อเข้าเทียมในส่วนกระดูกสันขา และสมการเส้นตรงของจุดภาพกึ่งกลางระหว่างเส้นขอบกระดูกสันขา ซึ่งจะนำเสนออย่างละเอียดในขั้นตอนการวัดองศาข้อเข้าเทียม



ภาพที่ 3.22 เส้นตรงของจุดภาพกึ่งกลางระหว่างขอบกระดูกสันขา

3.2.5 กระดูกหน้าแข้ง

3.2.5.1 การตัดภาพเฉพาะส่วนกระดูกหน้าแข้ง ภาพที่ 3.23 โดยเริ่ม ตัดจากแฉวล่างสุดจนถึงประมาณ 1 ใน 6 ของภาพกระดูกทั้งภาพตามแนวระนาบ เนื่องจากเป็นส่วนล่างสุดของกระดูกหน้าแข้ง เพื่อจะได้ทำการวัดองศาจากส่วนล่างสุดของกระดูกหน้าแข้งสู่ข้อเข้าเทียมอย่างถูกต้องตามหลักการทางการแพทย์

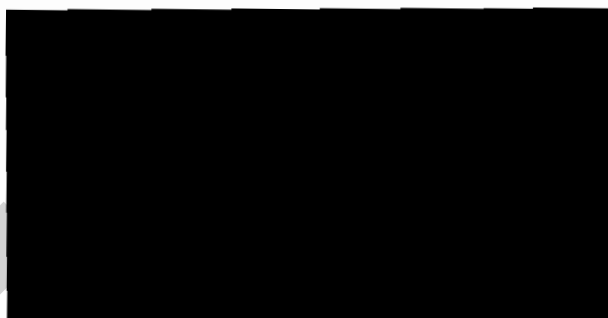


ภาพที่ 3.23 เฉพาะส่วนกระดูกหน้าแข้ง (ก) ไม่มีข้อเข้าเทียม โผล่ (ข) มีข้อเข้าเทียม โผล่ (ค) มีสิ่งรบกวนด้านล่างภาพ

3.2.5.2 การกรองภาพ หลังจากที่ได้ภาพในส่วนที่เป็นกระดูกหน้าแข้งอย่างเดียว ได้ทำการกรองภาพเพื่อลดสิ่งรบกวนที่ไม่ต้องการออกภาพ ขั้นตอนในการทำมีดังนี้

3.2.5.2.1 การลบสิ่งรบกวนที่อยู่บริเวณขอบภาพ หลังจากได้ภาพกระดูกหน้าแข้งแล้ว นำภาพที่ได้หาข้อเข้าเทียมที่มีความยาวเกินกว่าปกติ เพื่อทำการลบข้อเข้าเทียมที่ไม่ต้องการออก ภาพที่ 3.23(ข) จึงทำการสุ่มตรวจสอบจาก 5 แถวที่กำหนดคือ 20 25 30 35 และ 40 หลังจากนั้นให้หาค่าความเข้มเฉลี่ยของแต่ละแถว ถ้าค่าสูงสุดของความเข้มเฉลี่ยทั้ง 5 แถว มีค่ามากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ของค่าความเข้มเฉลี่ยความเข้มของทั้ง 5 แถว ให้ตัดภาพตั้งแต่แถวแรกจนถึงเส้นนั้นทิ้งแล้วเริ่มนับแถวถัดมาจนถึงแถวสุดท้าย เพื่อนำภาพที่ได้ตัดใหม่มาคำนวณในระบบต่อไป และ นำภาพที่ได้มาหาสิ่งรบกวนจากส่วนล่างของภาพ เพื่อตัดสิ่งรบกวนออกจากภาพ โดยให้หาค่าความเข้มเฉลี่ยของภาพที่ตัดกับค่าความเข้มเฉลี่ยในครึ่งหนึ่งส่วนล่างจากภาพที่ตัด ถ้าค่าความเข้มเฉลี่ยของภาพที่ตัดมากกว่าค่าความเข้มเฉลี่ยของภาพที่ตัดจากส่วนล่างให้ตัดส่วนล่างออก ภาพที่ 3.23(ค)

3.2.5.2.2 การเพิ่มค่าความเข้มของภาพกระดูกหน้าแข้ง ถ้าค่าความเข้มสูงสุดของภาพกระดูกหน้าแข้งน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของค่าความเข้มสูงสุดทั้งภาพ ให้ค่าความเข้มสูงสุดภาพกระดูกหน้าแข้งเท่ากับค่าความเข้มสูงสุดทั้งภาพ ภาพที่ 3.24



ภาพที่ 3.24 กระจกหน้าแข็งก่อนข้างมีด

3.2.5.2.3 การทำให้ภาพคมชัด ภาพที่ 3.25 เพื่อเป็นการเน้นในส่วนของกระจกหน้าแข็ง โดยใช้หลักการทำให้ภาพให้คมชัด คือ ภาพต้นฉบับ – ภาพที่ไม่คมชัด ในที่นี้ ใช้ตัวกรองแบบลาปลาเซียน เป็นตัวที่ทำให้ภาพที่ไม่คมชัด โดยใช้ตัวกรองขนาด 3×3 ในการทำค่าคงที่ตัวกรองดังนี้

$$\begin{bmatrix} 0.2857 & 0.4286 & 0.2857 \\ 0.4286 & -0.2857 & 0.4286 \\ 0.2857 & 0.4286 & 0.2857 \end{bmatrix}$$



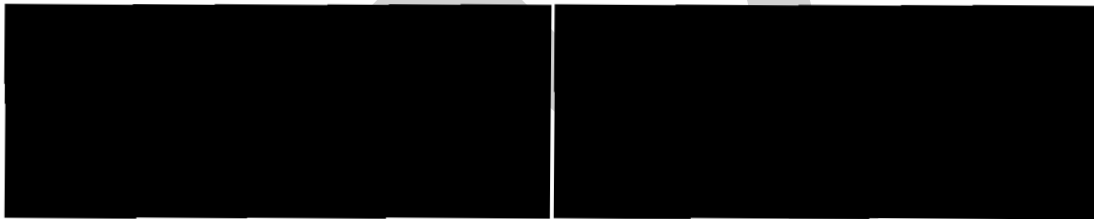
ภาพที่ 3.25 ภาพที่ทำให้คมชัด

3.2.5.2.4 การทำให้ภาพไม่คมชัด เพื่อลดสิ่งรบกวนจากที่ทำให้ภาพมีความคมชัด ซึ่งใช้ตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย แบบจาน $(2 * \text{รัศมี}) + 1$ กำหนดให้ รัศมี เท่ากับ 3 ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมกับกระจกหน้าแข็งที่ไม่ทำให้เกิดสิ่งรบกวนอื่นเพิ่มขึ้นหลังจากถูกรองภาพตาม ภาพที่ 3.26



ภาพที่ 3.26 ภาพที่ใช้ตัวกรองแบบจาน

3.2.5.2.5 การใช้รูปร่างและโครงร่างของภาพ ขั้นตอนนี้เป็นวิธีการลบภาพในส่วนเนื้อเยื่อและกระดูกหน้าแข็งที่อ่อนเล็กน้อยออกไป โดยใช้ การกร่อนภาพใช้ส่วนประกอบ โครงสร้างสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 15×15 จำนวน 1 ครั้ง หลังจากนั้นทำการขยายภาพด้วยขนาดเท่าเดิมอีก 1 ครั้ง เพื่อทำการขยายภาพให้มีขนาดเท่าเดิมภาพที่ 3.27 และให้ส่วนประกอบ โครงสร้างคลุมพื้นที่ ที่มีค่าความเข้มต่างกัน หากขนาดส่วนประกอบโครงสร้างที่ทำมีขนาดเล็กหรือใหญ่กว่านี้จะทำให้การหาขอบผิดพลาดจากความจริง



(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.27 การกร่อนและการขยายภาพ กระดูกหน้าแข็ง (ก) การกร่อนภาพกระดูกหน้าแข็งขนาด 15×15 (ข) การขยายภาพกระดูกหน้าแข็ง ขนาด 15×15

3.2.5.2.6 การปรับค่าความเข้มพื้นหลัง ภาพที่ 3.28 ขั้นตอนนี้จะเป็นการทำให้พื้นหลังและจุดภาพที่มีค่าความเข้มกระจัดกระจาย ให้มีค่าความเข้มเดียวกันโดยใช้เกณฑ์ดังสมการที่ (3.13)

$$g(x, y) = \begin{cases} g_{mean}, & g(x, y) \leq g_{mean} \\ g(x, y), & g(x, y) > g_{mean} \end{cases} \quad (3.13)$$

กำหนดให้

$g(x, y)$ เป็นค่าความเข้มของจุดภาพ ณ พิกัด (x, y)

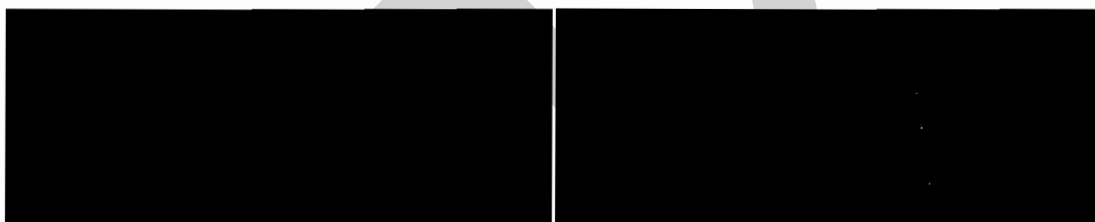
g_{mean} เป็นค่าความเข้มเฉลี่ยของภาพกระดูกหน้าแข็ง



ภาพที่ 3.28 กระจกหน้าแข็งที่ปรับค่าความเข้มพื้นหลัง

3.2.5.2.7 การทำให้ภาพคมชัด ภาพที่ 3.29 ในขั้นตอนนี้เลือกทำ 2 ครั้งติดกัน เพื่อเป็นการเน้นในส่วนของกระจกหน้าแข็ง โดยใช้หลักการทำให้คมชัด คือ ภาพต้นฉบับ - ภาพที่ไม่คมชัด ในที่นี้ ใช้ตัวกรองแบบลาปลาเซียน เป็นตัวที่ทำให้ภาพที่ไม่คมชัด โดยใช้ตัวกรองขนาด 3×3 ในการทำค่าคงที่ตัวกรองดังนี้

$$\begin{bmatrix} 0.2857 & 0.4286 & 0.2857 \\ 0.4286 & -0.2857 & 0.4286 \\ 0.2857 & 0.4286 & 0.2857 \end{bmatrix}$$



(ก)

(ข)

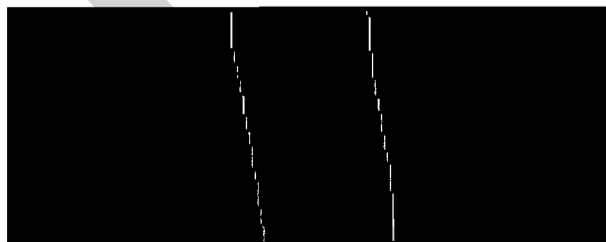
ภาพที่ 3.29 ภาพที่ทำให้คมชัด (ก) ภาพที่ทำให้คมชัดครั้งที่ 1 (ข) ภาพที่ทำให้คมชัดครั้งที่ 2

3.2.5.2.8 การผันกลับระดับสีเทา ภาพที่ 3.30 เนื่องจากเป็นวิธีการเหมาะสมกับการปรับปรุงภาพที่ต้องการ โดยมีรายละเอียดเป็นโทนสีเทาที่ฝังอยู่ในพื้นหลังเป็นสีเทาค่อนข้างมืด ทำให้สามารถวิเคราะห์ภาพได้ง่ายขึ้น



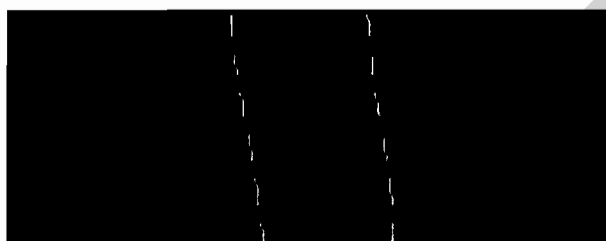
ภาพที่ 3.30 ภาพที่ผันกลับสีเทา

3.2.5.3 การตรวจหาเส้นขอบ ภาพที่ 3.31 สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกนำเอาวิธีการหาขอบภาพแบบแคนนี่ ซึ่งทำให้ได้เส้นขอบกระดูกหน้าแข้งที่ไม่หนาจนเกินไป โดยในที่นี่ได้กำหนดค่าขีดแบ่งคือ ค่าขีดแบ่งสูง $h = \max(g(x, y)) / 2$ และค่าขีดแบ่งต่ำ $l = h * 0.4$ ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1 เนื่องจากเป็นค่าที่เหมาะสมกับการตรวจหาเส้นขอบ กำหนดให้ $g(x, y)$ เป็นค่าความเข้มของภาพกระดูกหน้าแข้ง



ภาพที่ 3.31 เส้นขอบกระดูกหน้าแข้ง

3.2.5.4 การหาจุดที่ใช้ในการคำนวณ ภาพบนเส้นขอบกระดูกหน้าแข้ง ขั้นตอนแรกได้ทำการแบ่งออกเป็น 5 แถว เพื่อให้ได้จุดที่มีความแน่นอนในการคำนวณหามุม โดยมีวิธีการอื่นๆ ตามขั้นตอนดังนี้ภาพที่ 3.32



ภาพที่ 3.32 จุดบนเส้นขอบกระดูกหน้าแข้ง

3.2.5.4.1 การหาจุดสมมติกึ่งกลางระหว่างเส้นขอบกระดูกหน้าแข้ง ตามภาพที่ 3.33 ส่วนนี้ได้ทำการหาเส้นตรง 2 เส้น แบ่งเป็น เส้นตั้งฉากข้อเข้าเทียม และ เส้นกึ่งกลางระหว่างข้อเข้าเทียม เพื่อนำมาคำนวณในการหาเส้นสมมติกึ่งกลางที่นำไปคำนวณหาจุดภาพกึ่งกลางระหว่างขอบกระดูกหน้าแข้ง มีวิธีการหาแต่ละเส้นดังนี้ เส้นตั้งฉากข้อเข้าเทียม ได้จากการหาความชันข้อเข้าเทียม ในส่วนกระดูกหน้าแข้งแล้วนำความชันที่ได้นำมาคูณกับ -1 จะได้เส้นตั้งฉากข้อเข้าเทียม ส่วนเส้น

กึ่งกลางระหว่างข้อเข้าเทียม ได้จากการหาจุดกึ่งกลางข้อเข้าเทียมในขั้นตอนการหาข้อเข้าเทียม หลังจากที่ได้เส้นตั้งฉากข้อเข้าเทียม และ เส้นกึ่งกลางระหว่างข้อเข้าเทียม นำไปหาจุดสมมติกึ่งกลางระหว่างขอบกระดุกหน้าแข็ง โดยคำนวณเฉพาะ 5 แถวที่ได้แบ่งข้างต้น ตามสมการ (3.14)

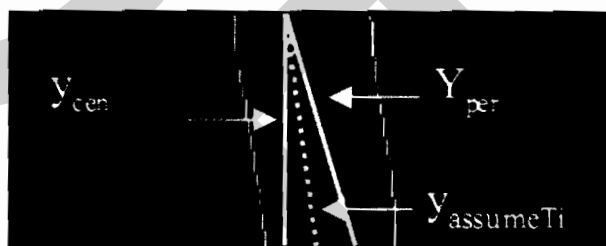
$$y_{assumeTi} = (y_{per} + y_{cen})/2 \quad (3.14)$$

กำหนดให้

$y_{assumeTi}$ เป็นจุดสมมติกึ่งกลางระหว่างขอบกระดุกหน้าแข็งในแถว x

y_{per} เป็นจุดของเส้นตั้งฉากข้อเข้าเทียมในแถว x

y_{cen} เป็นจุดของเส้นกึ่งกลางข้อเข้าเทียมในแถว x



ภาพที่ 3.33 จุดสมมติกึ่งกลางระหว่างขอบกระดุกหน้าแข็ง

3.2.5.4.2 การหาจุดกึ่งกลางระหว่างขอบกระดุกหน้าแข็ง ถ้าแถวไหนมีจุดภาพที่มีค่าความเข้มเท่ากับ 1 อยู่ 2 จุดภาพ ให้นำจุดภาพที่ได้ 2 จุดภาพไปคำนวณเพื่อหาค่าจุดกึ่งกลางที่ใช้ในการคำนวณ ตามสมการ (3.15)

$$M_{cal} = (Col_{min} + Col_{max})/2 \quad (3.15)$$

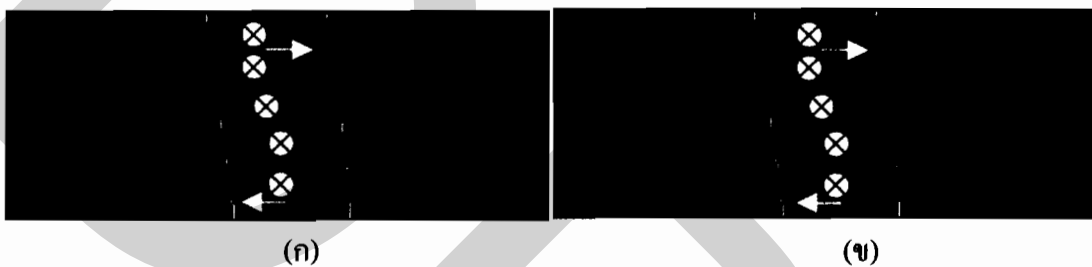
กำหนดให้

M_{cal} เป็นจุดภาพกึ่งกลางระหว่างขอบกระดุกหน้าแข็งในแถว x

Col_{min} เป็นคอลัมน์แสดงตำแหน่งขอบกระดุกหน้าแข็งด้านซ้ายในแถว x

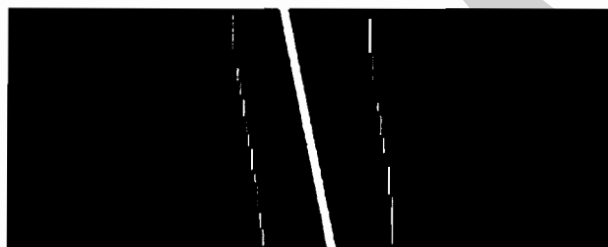
Col_{max} เป็นคอลัมน์แสดงตำแหน่งขอบกระดุกหน้าแข็งด้านซ้ายในแถว x

แต่ถ้าในแฉะนั้นมีจุดภาพที่มีค่าความเข้มเท่ากับ 1 มากกว่า 2 จุดภาพ ให้แบ่งติศระหว่างด้านซ้ายกับด้านขวาด้วยวิธีการคิดแบบเดียวกัน คือ ถ้าเริ่มต้นออกจากเส้นสมมติกึ่งกลางมาทางด้านซ้ายถ้าเจอจุดภาพไหนที่มีค่าความเข้มเท่ากับ 1 ให้นำจุดภาพนั้นเป็นจุดภาพที่อยู่บนขอบกระดูกหน้าแข็งด้านซ้าย และ ถ้าเริ่มต้นออกจากเส้นสมมติกึ่งกลางมาทางด้านขวาถ้าเจอจุดภาพไหนที่มีค่าความเข้มเท่ากับ 1 ให้นำจุดภาพนั้นเป็นจุดภาพที่อยู่บนขอบกระดูกหน้าแข็งด้านขวา หลังจากนั้นนำจุดภาพขอบกระดูกหน้าแข็งทั้ง 2 ด้าน ตามภาพที่ 3.34 ไปคำนวณตามสมการ (3.15) โดยทำให้ครบทั้ง 5 แฉ



ภาพที่ 3.34 จุดภาพกึ่งกลางระหว่างขอบกระดูกหน้าแข็ง (ก) เส้นขอบ 2 เส้น (ข) เส้นขอบมากกว่า 2 เส้น

3.2.5.4.3 การหาสมการเส้นตรงของจุดภาพกึ่งกลางระหว่างขอบกระดูกหน้าแข็ง หลังจากที่ได้จุดภาพกึ่งกลางระหว่างขอบกระดูกหน้าแข็งครบทั้ง 5 แฉ นำจุดภาพที่ได้มาหาสมการเส้นตรงโดยใช้การถดถอยเชิงเส้น เพื่อนำสมการเส้นตรงที่ได้ไปหามุมที่เกิดจากการตัดกันของสมการเส้นตรง 2 เส้น ระหว่าง สมการเส้นตรงของข้อเข้าเทียมในส่วนกระดูกหน้าแข็ง และสมการเส้นตรงของจุดภาพกึ่งกลางระหว่างขอบกระดูกหน้าแข็ง ซึ่งจะนำเสนออย่างละเอียดในขั้นตอนการวัดองศาข้อเข้าเทียม ตามภาพที่ 3.35



ภาพที่ 3.35 เส้นตรงของจุดภาพกึ่งกลางระหว่างขอบกระดูกหน้าแข็ง

3.2.6 การวัดองศาซ้อเข้าเทียม

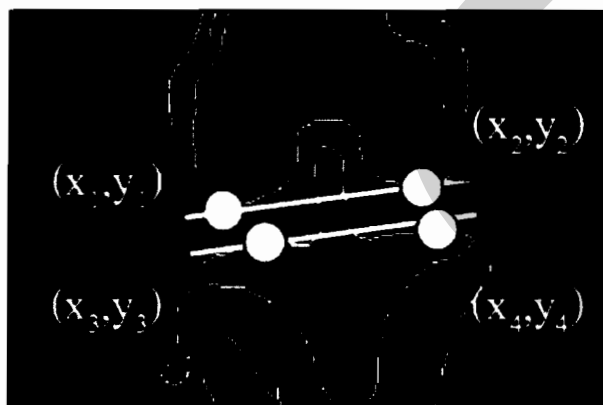
ขั้นตอนนี้เป็นกรนำค่าที่ได้จากแต่ละขั้นตอนมาหาองศาซ้อเข้าเทียม ซึ่งผู้วิจัยได้นำเอาคุณสมบัติเส้นตรง มาทำการประยุกต์ใช้ โดยใช้วิธีการวัดองศาซ้อเข้าเทียมเป็นแบบเดียวกัน ทั้งซ้อเข้าเทียมในส่วนกระดูกสันขา และ ซ้อเข้าเทียมในส่วนกระดูกหน้าแข้ง โดยมีวิธีการตามลำดับขั้นตอนดังนี้ นำจุดภาพที่ได้จากซ้อเข้าเทียมทั้งส่วนกระดูกสันขาและส่วนกระดูกหน้าแข้งมาหาสมการเส้นตรงสำหรับซ้อเข้าเทียมในแต่ละส่วน ดังแสดงในภาพที่ 3.36 ตามสมการ (3.16) และ (3.17)

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (3.16)$$

$$m_1 = \frac{y_4 - y_3}{x_4 - x_3} \quad (3.17)$$

กำหนดให้

- m เป็นค่าความชันของเส้นตรงซ้อเข้าเทียมในส่วนกระดูกสันขา
- m_1 เป็นค่าความชันของเส้นตรงซ้อเข้าเทียมในส่วนกระดูกหน้าแข้ง
- (x_1, y_1) เป็นจุดภาพจุดที่ 1 บนซ้อเข้าเทียมในส่วนกระดูกสันขา
- (x_2, y_2) เป็นจุดภาพจุดที่ 2 บนซ้อเข้าเทียมในส่วนกระดูกสันขา
- (x_3, y_3) เป็นจุดภาพจุดที่ 1 บนซ้อเข้าเทียมในส่วนกระดูกหน้าแข้ง
- (x_4, y_4) เป็นจุดภาพจุดที่ 2 บนซ้อเข้าเทียมในส่วนกระดูกหน้าแข้ง



ภาพที่ 3.36 เส้นตรงซ้อเข้าเทียม

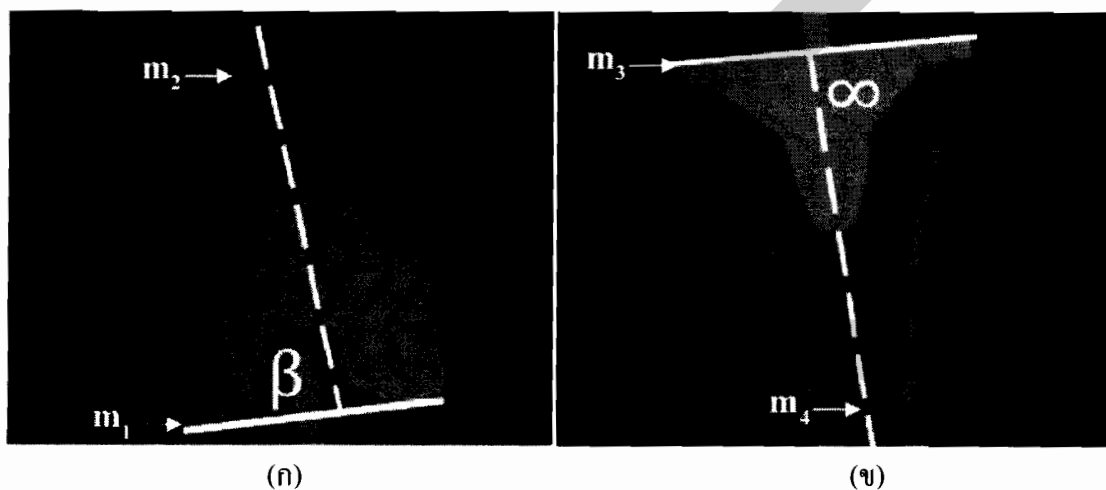
จากนั้นนำสมการเส้นตรงที่ได้จากการคำนวณ มาหามุมที่เกิดขึ้นจากเส้นตรง 2 เส้น มาบรรจบกันแบ่งเป็น 2 คู่ ดังแสดงในภาพที่ 3.37 คือ คู่แรกเส้นตรงข้อเข้าเทียมในส่วนกระดูกต้นขา และเส้นตรงของจุดภาพกึ่งกลางระหว่างขอบกระดูกต้นขา คู่ที่สอง คือ เส้นตรงข้อเข้าเทียมในส่วนกระดูกหน้าแข้งและเส้นตรงของจุดภาพกึ่งกลางระหว่างขอบกระดูกหน้าแข้ง ตามสมการ (3.18) และ (3.19)

$$\beta = \tan^{-1} \left(\frac{m_1 - m_2}{1 + (m_1 * m_2)} \right) \quad (3.18)$$

$$\infty = \tan^{-1} \left(\frac{m_3 - m_4}{1 + (m_3 * m_4)} \right) \quad (3.19)$$

กำหนดให้

- β เป็นมุมที่เกิดจากจุดตัดของเส้นตรง 2 เส้นในส่วนกระดูกต้นขา
- m_1 เป็นความชันของเส้นตรงข้อเข้าเทียมในส่วนกระดูกต้นขา
- m_2 เป็นความชันของเส้นตรงกระดูกต้นขา
- ∞ เป็นมุมที่เกิดจากจุดตัดของเส้นตรง 2 เส้นในส่วนกระดูกหน้าแข้ง
- m_3 เป็นความชันของเส้นตรงข้อเข้าเทียมในส่วนกระดูกหน้าแข้ง
- m_4 เป็นความชันของเส้นตรงกระดูกหน้าแข้ง



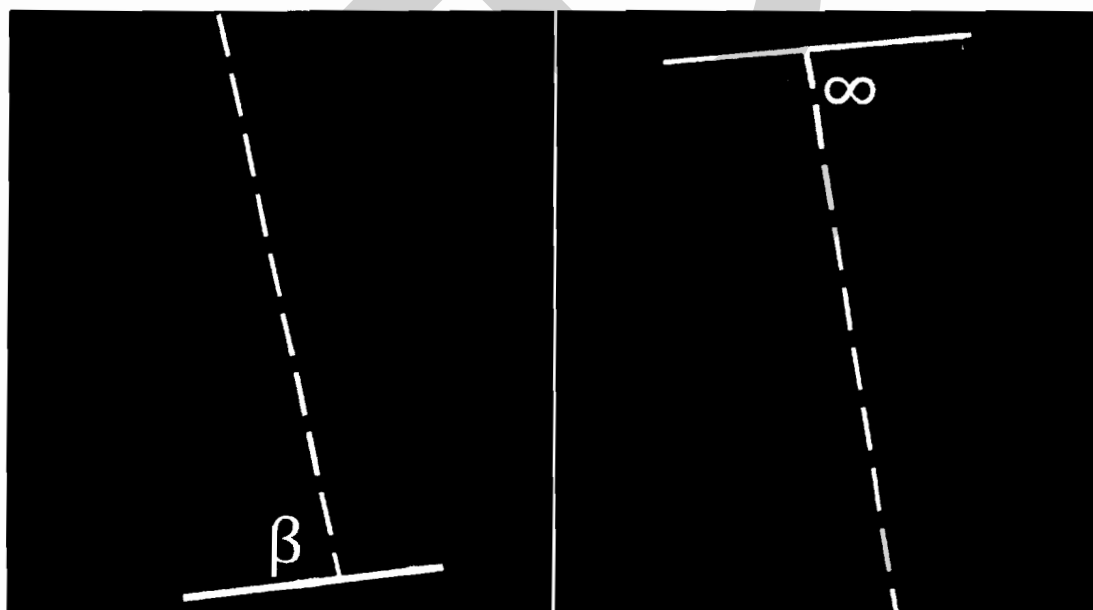
ภาพที่ 3.37 มุมที่เกิดขึ้น (ก) กระดูกต้นขา (ข) กระดูกหน้าแข้ง

จากนั้นนำสมการเส้นตรงที่ได้จากการคำนวณ มาหามุมที่เกิดขึ้นจากเส้นตรง 2 เส้น มาบรรจบกันแบ่งเป็น 2 คู่ ดังแสดงในภาพที่ 3.37 คือ คู่แรกเส้นตรงข้อเข้าเทียมในส่วนกระดูกต้นขา และเส้นตรงของจุดภาพกึ่งกลางระหว่างขอบกระดูกต้นขา คู่ที่สอง คือ เส้นตรงข้อเข้าเทียมในส่วนกระดูกหน้าแข้งและเส้นตรงของจุดภาพกึ่งกลางระหว่างขอบกระดูกหน้าแข้ง ตามสมการ (3.18)

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{m_1 - m_2}{1 + (m_1 * m_2)} \right) \quad (3.18)$$

กำหนดให้

- θ เป็นมุมที่เกิดจากจุดตัดของสมการเส้นตรง 2 เส้น
- m_1 เป็นความชันของสมการเส้นตรงข้อเข้าเทียม
- m_2 เป็นความชันของสมการเส้นตรงของจุดภาพกึ่งกลางระหว่างเส้นขอบกระดูกต้นขา หรือ ความชันของสมการเส้นตรงของจุดภาพกึ่งกลางระหว่างขอบกระดูกหน้าแข้ง



(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.37 มุมที่เกิดขึ้น (ก) กระดูกต้นขา (ข) กระดูกหน้าแข้ง

บทที่ 4

ผลการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยมีภาพข้อเข้าเทียมด้านหน้าแบบเต็มทั้งหมด 91 ภาพ แบ่งเป็น ภาพข้อเข้าเทียมข้างซ้าย 57 ภาพ และ ภาพข้อเข้าเทียมข้างขวา 34 ภาพ ตามตารางที่ 4.1 แบ่งภาพเป็น 3 ชุด ดังนี้ ชุดแรก มีความละเอียด 600 x 450 จุภาพ ชุดสองมีความละเอียด 2048 x 1536 จุภาพ และ ชุดสาม นำภาพชุดสองมาปรับความละเอียดจาก 2048 x 1536 จุภาพ เป็น 600 x 450 จุภาพ สามารถแบ่งชนิดของข้อเข้าเทียม 2 ชนิด ดังนี้ ข้อเข้าเทียมชนิดเคลื่อนไหวได้ ตามตารางที่ 4.2 และ ข้อเข้าเทียมชนิดเคลื่อนไหวไม่ได้ ตามตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดของภาพที่นำมาทดลอง

ข้อเข้าเทียม	จำนวนภาพทั้งหมด	ชุดที่		
		ชุดหนึ่ง	ชุดสอง	ชุดสาม
ข้างซ้าย	57	13	22	22
ข้างขวา	34	16	9	9

ตารางที่ 4.2 รายละเอียดของข้อเข้าเทียมชนิดเคลื่อนไหวได้

ข้อเข้าเทียม	จำนวนภาพทั้งหมด	ชุดที่		
		ชุดหนึ่ง	ชุดสอง	ชุดสาม
ข้างซ้าย	41	7	17	17
ข้างขวา	26	10	8	8

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดของข้อเข้าเทียมชนิดเคลื่อนไหวไม่ได้

ข้อเข้าเทียม	จำนวนภาพทั้งหมด	ชุดที่		
		ชุดหนึ่ง	ชุดสอง	ชุดสาม
ข้างซ้าย	16	6	5	5
ข้างขวา	8	6	1	1

แพทย์ผู้เชี่ยวชาญได้ทำการตรวจสอบความยอมรับได้ของระบบโดยพิจารณาจากค่าของมุมที่วัดได้จากระบบและค่าของมุมที่วัดได้ด้วยมือโดยแพทย์ หากค่าของมุมที่วัดได้จากสองวิธีต่างกันไม่เกิน 2 องศา ให้ถือเป็นค่าที่ยอมรับได้ โดยทำการตรวจสอบทุกภาพที่ใช้ในการทดลอง และคำนวณเป็นค่าร้อยละความยอมรับได้ ซึ่งการคำนวณดังกล่าวเป็นคังสมการ (4.1) ด้านล่างนี้

$$\text{ค่าความยอมรับได้ร้อยละ (\%)} = \text{จำนวนภาพที่ยอมรับได้} * 100 / \text{จำนวนภาพทั้งหมด} \quad (4.1)$$

4.1 ผลการทดลอง

ภาพข้อเข้าเทียมมีทั้งหมด 91 ภาพ ระบบวัดองศาที่ยอมรับได้ 84 ภาพ คิดเป็นร้อยละ 92.31 ตามตารางที่ 4.4 แบ่งเป็นข้อเข้าเทียมชนิดเคลื่อนไหวได้ ตามตารางที่ 4.5 ชนิดเคลื่อนไหวไม่ได้ ตามตารางที่ 4.6 แสดงภาพรวมผลการทดลองข้อเข้าเทียมที่ผิดพลาด ตามตารางที่ 4.7 แบ่งเป็นผลการทดลองข้อเข้าเทียมที่ผิดพลาดแบบยอมรับได้ ตามตารางที่ 4.8 และ ผลการทดลองข้อเข้าเทียมที่ผิดพลาดแบบยอมรับไม่ได้ ตามตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองรวม

ข้อเข้าเทียม	จำนวนภาพทั้งหมด	จำนวนภาพที่ยอมรับได้	คิดเป็นร้อยละ
ข้างซ้าย	57	52	91.23
ข้างขวา	34	32	94.12
รวม	91	84	92.31

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองข้อเข้าเทียมชนิดเคลื่อนไหวได้

ข้อเข้าเทียม	จำนวนภาพทั้งหมด	จำนวนภาพที่ยอมรับได้	จำนวนภาพที่ยอมรับได้ในแต่ละชุด		
			ชุดหนึ่ง	ชุดสอง	ชุดสาม
ข้างซ้าย	41	40	6	17	17
ข้างขวา	26	24	8	8	8

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองข้อเข้าเทียมชนิดเคลื่อนไหวไม่ได้

ข้อเข้าเทียม	จำนวนภาพทั้งหมด	จำนวนภาพที่ยอมรับได้	จำนวนภาพที่ยอมรับได้ในแต่ละชุด		
			ชุดหนึ่ง	ชุดสอง	ชุดสาม
ข้างซ้าย	16	12	6	3	3
ข้างขวา	8	8	6	1	1

จากตาราง 4.7-4.9 แสดงผลการทดลองที่ผิดพลาดโดยให้นิยาม คำว่า “ผิดพลาด” หมายถึง การพิจารณาจากค่าของมุมที่วัดได้จากระบบและค่าของมุมที่วัดได้ด้วยมือโดยแพทย์ มีค่าของมุมที่วัดได้จากสองวิธีต่างกันไม่เกิน 2 องศา และ “ผิดพลาดยอมรับได้” หมายถึง การพิจารณาจากค่าของมุมที่วัดได้จากระบบและค่าของมุมที่วัดได้ด้วยมือโดยแพทย์ มีค่าของมุมที่วัดได้จากสองวิธีต่างกันไม่เกิน 2 องศา แต่ยังคงอยู่ในช่วงของมุมที่ทางการแพทย์ยอมรับได้ คือ 80-100 องศา ส่วนคำว่า “ผิดพลาดยอมรับไม่ได้” หมายถึง การพิจารณาจากค่าของมุมที่วัดได้จากระบบและค่าของมุมที่วัดได้ด้วยมือโดยแพทย์ แล้วการวัดด้วยมือโดยแพทย์มุมที่ไม่ได้อยู่ช่วงที่ทางการแพทย์ยอมรับ แต่ระบบวัดสามารถวัดมุมที่ได้อยู่ในช่วงที่ทางการแพทย์ยอมรับ

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองรวมข้อเข้าเทียมที่ผิดพลาด

ข้อเข้าเทียม	จำนวนภาพที่ผิดพลาด	ชุดที่		
		ชุดหนึ่ง	ชุดสอง	ชุดสาม
ข้างซ้าย	4	2	-	2
ข้างขวา	-	-	-	-

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองข้อเข้าเทียมที่ผลิตพลาสติกแบบยอมรับได้

กระดูก	จำนวนภาพที่ผลิตพลาสติก	ชุดที่		
		ชุดหนึ่ง	ชุดสอง	ชุดสาม
คันทา	4	2	-	2
หน้าแข้ง	-	-	-	-

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองข้อเข้าเทียมที่ผลิตพลาสติกแบบยอมรับไม่ได้

กระดูก	จำนวนภาพที่ผลิตพลาสติก	ชุดที่		
		ชุดหนึ่ง	ชุดสอง	ชุดสาม
คันทา	-	-	-	-
หน้าแข้ง	-	-	-	-

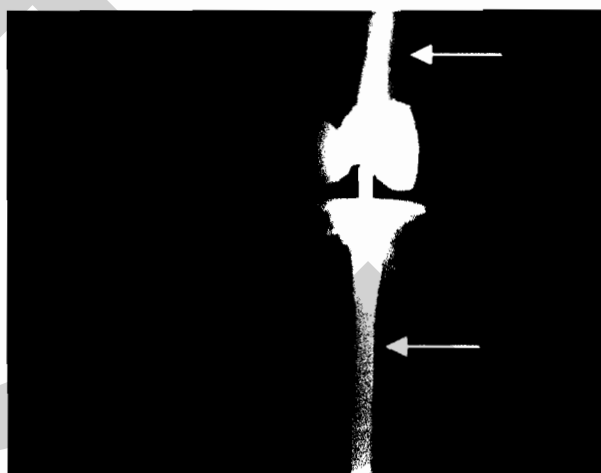
4.2 ภาพข้อเข้าเทียมที่ระบบไม่สามารถคำนวณได้ แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

4.2.1 ภาพมีลักษณะคล้ายกับพังผืดใกล้บริเวณข้อเข้าเทียมจึงทำให้ระบบระบุตำแหน่งข้อเข้าเทียมในแนวระนาบผลิตพลาสติก ตามภาพที่ 4.1



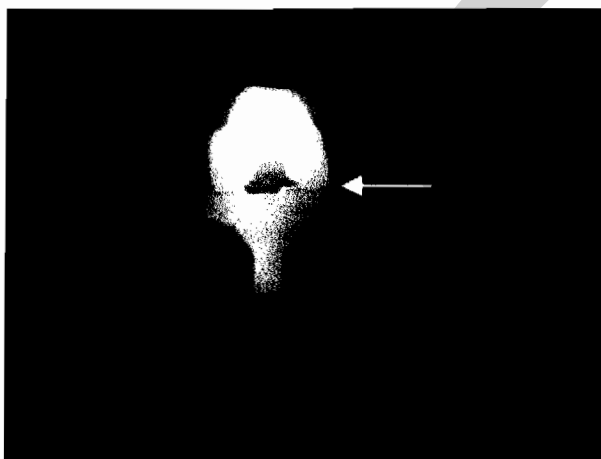
ภาพที่ 4.1 ข้อเข้าเทียมที่มีพังผืด

4.2.2 การผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียมมากกว่า 1 ครั้ง เนื่องจากข้อเข่าเทียมที่เปลี่ยนในขั้นตอนนี้ จะมีความยาวของข้อเข่าเทียมลึกลงมาในกระดูกจึงส่งผลให้ระบบระบุตำแหน่งของความกว้างของ กระดูกแต่ละส่วนไม่ได้ตามความจริงเพราะระบบไประบุในส่วนข้อเข่าเทียมที่ยาวลงมาแทน กระดูกจริง ตามภาพที่ 4.2



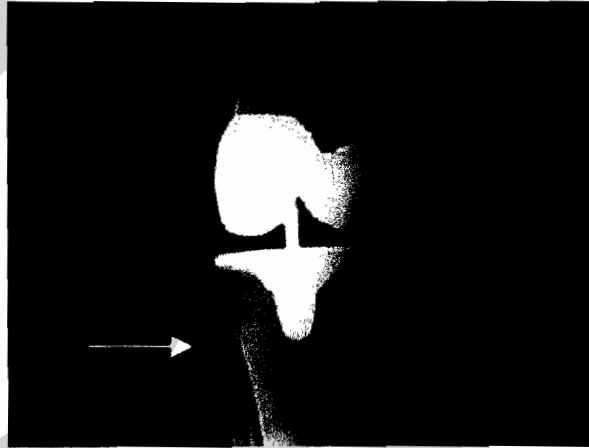
ภาพที่ 4.2 ข้อเข่าเทียมที่ผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียมมากกว่า 1 ครั้ง

4.2.3 ข้อเข่าเทียมกระดูกต้นขาและกระดูกหน้าแข้งติดกัน ทำให้ระบบไม่สามารถระบุตำแหน่งใน แนวระนาบของข้อเข่าเทียมได้ จึงทำให้การวัดองศาขาตอองค์ประกอบที่สำคัญ ตามภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ข้อเข่าเทียมกระดูกต้นขาและกระดูกหน้าแข้งติดกัน

4.2.4 กระจกท่อนเล็กซ้อนทับกระจกหน้าแข็งเกิน 1/3 ของกระจกท่อนเล็กจึงส่งผลให้การระบุขอบกระจกหน้าแข็งผิดไปจากความเป็นจริง เนื่องจากไประบุในส่วนกระจกท่อนเล็กแทนตามภาพที่ 4.4

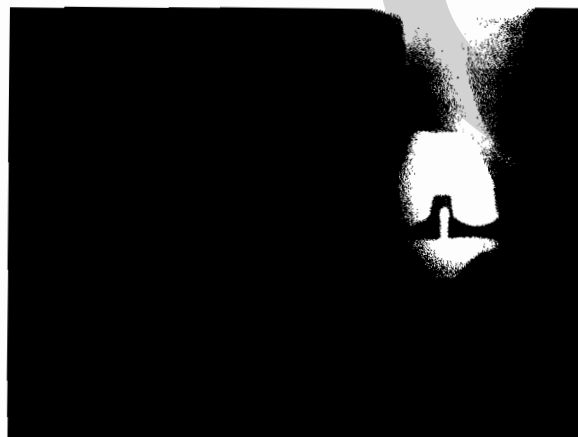


ภาพที่ 4.4 ข้อเข้าเทียมที่มีกระจกท่อนเล็กซ้อนทับกระจกหน้าแข็งเกิน 1/3 ของกระจกท่อนเล็ก

4.3 ข้อดีข้อเสียของระบบ

4.3.1 ข้อดี

- 4.3.1.1 สะดวกในการใช้งาน
- 4.3.1.2 ประหยัดเวลาในการทำงาน
- 4.3.1.3 ระบบสามารถวัดได้อย่างละเอียดและแม่นยำ
- 4.3.1.4 ระบบสามารถค้นหาจุดได้ถูกต้องในกรณีที่มีภาพมีค่าความเข้มค่อนข้างมืดมากตามภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 ข้อเข้าเทียมค่อนข้างมืด

4.3.2 ข้อเสีย

- 4.3.2.1 ระบบไม่สามารถค้นหาจุดได้ ถ้ามีส่วนคล้ายฟังก์ชันคิออยู่บริเวณข้อเข้าเทียม
- 4.3.2.2 ระบบไม่สามารถค้นหาจุดได้ ถ้ามีการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข้าเทียมมากกว่า 1 ครั้ง
- 4.3.2.3 ระบบไม่สามารถค้นหาจุดได้ ถ้าข้อเข้าเทียมติดกัน
- 4.3.2.4 ระบบไม่สามารถค้นหาจุดได้ ถ้ากระดูกท่อนเล็กซ้อนทับกระดูกหน้าแข้ง
เกิน 1/3 ของกระดูกท่อนเล็ก

บทที่ 5

สรุปผลวิจัย อภิปรายผลของการดำเนินการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า ขั้นตอนการกรองภาพแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้
ข้อเข้าเทียม เริ่มจากใช้ตัวกรองคมชัดสลับกับตัวกรองค่าเฉลี่ย จำนวน 3 ครั้ง กำหนดให้รัศมี 5 3
และ 1 ตามลำดับ เนื่องจากการใช้ตัวกรองค่าเฉลี่ยที่มีขนาดต่างกันสามารถกรองเนื้อเยื่อและ
สิ่งรบกวนออกจากภาพได้ผลดีกว่าการใช้ตัวกรองค่าเฉลี่ยที่มีขนาดเท่ากันเพื่อทำการกรอง
สิ่งรบกวนที่มีขนาดไม่ต่างกัน ส่วนของกระดูกสันหลังทำการกร่อนภาพและขยายภาพโดยใช้
ส่วนประกอบ โครงสร้างขนาด 15x6 เป็นวิธีการลบภาพในส่วนเนื้อเยื่อที่ไม่ต้องการออก และใช้ตัว
กรองคมชัด 2 ครั้ง เพื่อเป็นการเน้นขอบกระดูกที่ต้องการให้มีความชัดเจนมากขึ้น ส่วนกระดูกหน้า
แข็ง มีลักษณะกระดูกที่แตกต่างจาก 2 ส่วนข้างต้นเพราะกระดูกหน้าแข็งมีกระดูกท่อนเล็ก ทำให้
การกรองภาพวิธีการเดิมได้ผลไม่ดีเท่าที่ควร จึงมีวิธีการกรองภาพสำหรับกระดูกหน้าแข็งโดยเริ่ม
จากการใช้ตัวกรองคมชัดและตัวกรองค่าเฉลี่ยที่มีรัศมีเท่ากับ 3 จากนั้นทำการกร่อนภาพและขยาย
ภาพโดยใช้ส่วนประกอบ โครงสร้างขนาด 15x15 เป็นวิธีการลบภาพในส่วนเนื้อเยื่อที่ไม่ต้องการ
ออกและใช้ตัวกรองคมชัดอีก 2 ครั้ง เพื่อเป็นการเน้นขอบของกระดูกที่ต้องการ ซึ่งการวัดองศาข้อ
เข้าเทียมนั้นจำเป็นต้องลบสิ่งรบกวนออกจากกระดูกให้มากที่สุดเพื่อให้การตรวจหาเส้นขอบ
กระดูกสามารถได้เส้นขอบกระดูกจริงมีใช่เป็นสิ่งรบกวนหรือเนื้อเยื่อที่ไม่ต้องการ โดยระบบ
สามารถทำการวัดองศาข้อเข้าเทียมให้มีค่ายอมรับได้สูงสุดร้อยละ 92.31

5.2 อภิปรายผลของการดำเนินการวิจัย

จากผลการทดสอบที่ได้นำเสนอไปในบทที่ 4 แสดงให้เห็นว่าระบบจะสามารถวัดองศา
ข้อเข้าเทียมกับกระดูกได้อย่างถูกต้องถ้าภาพมีการถ่ายฟิล์มเอกซเรย์อย่างถูกต้องตามหลักการแพทย์
และเป็นการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข้าเทียมในครั้งแรก นอกจากนี้การวัดองศาข้อเข้าเทียมที่มีการผ่าตัด
เป็นครั้งแรกจะมีความถูกต้องกว่าการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข้าเทียมมากกว่า 1 ครั้ง ซึ่งระบบยังไม่
สามารถระบุตำแหน่งของกระดูกได้อย่างถูกต้องหรือการถ่ายฟิล์มเอกซเรย์ที่ไม่ถูกต้องตามหลักการ
แพทย์ หรือการถ่ายฟิล์มเอกซเรย์ที่มีฟังก์ชันคิดบริเวณข้อเข้าเทียม ทำให้ระบบเข้าใจผิดคิดว่าเป็น

ข้อเข้าเทียมส่งผลให้ระบบคำนวณผิดพลาด จึงถือเป็นข้อบกพร่องที่ส่งผลทำให้อัตราความถูกต้องนั้นลดลง ซึ่งในส่วนนี้เป็นผลการทดสอบที่เกิดขึ้นกับระบบ ดังนั้นเมื่อนำไปทำการใช้ในระบบจริงอาจจะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขอีกครั้ง เพื่อให้การทำงานของระบบมีประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือสูงสุด

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ทำการศึกษาในด้านการประมวลผลภาพ เพื่อหาเทคนิคที่มีความเกี่ยวข้องเพิ่มเติมเพื่อมาทำการประยุกต์ใช้ในงานวิจัยต่อไป เช่น การใช้ฟูเรียร์เข้ามาช่วยในการกรองในส่วนของเนื้อเยื่อที่ไม่ต้องการออกจากกระดูก การแบ่งกลุ่มค่าความเข้ม เพื่อการกรองในส่วนข้อเข้าเทียม

5.3.2 พัฒนาระบบที่สามารถนำภาพเอกซเรย์จากคอมพิวเตอร์มาคำนวณได้ โดยไม่ต้องนำฟิล์มเอกซเรย์มาถ่ายภาพจากกล้องดิจิทัลแล้วนำไปคำนวณอีกครั้ง

5.3.3 พัฒนาระบบที่สามารถตัดคำบรรยายภาพออกไป เพื่อไม่ต้องทำการประมวลผลภาพก่อนและลดขั้นตอนการดำเนินการ

5.3.4 นำหลักและทฤษฎีในงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้กับการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข้าเทียมมากกว่า 1 ครั้ง เพื่อทำการพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

๑๒๓๔

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

วิทยานิพนธ์

- คำธร สิมมามี. (2545) การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยแนะแนวทางการยืดส่วนปลายของตะปูยึดกระดูกภายใน โดยวิเคราะห์จากภาพเอ็กซเรย์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จารวี ฉันทสิทธิ์พร. (2547) การจำแนกชนิดยาเม็ดจากภาพถ่าย โดยใช้เทคนิคเครือข่ายประสาท. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ชฎิล สมรภูมิ. (2543) ผลของการฝึกออกกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้วยวิธีการอย่างง่าย ในผู้ป่วยข้อเข่าเสื่อม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเวชศาสตร์การกีฬา. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทศพล ธนทิพานนท์. (2542) วิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลสำหรับการแบ่งส่วนที่เป็นสมองจากภาพเอ็มอาร์ไอด้วยเทคนิคการใช้เส้นแสดงรูปร่างที่ปรับเปลี่ยนได้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สารสนเทศจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์

- มนตรี กาญจนเดชา. (2545). Course Materials for 240-373: Image Processing. สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2551, จาก <http://fivedots.coe.psu.ac.th/~montri/index.html>
- สรกานต์ ศรีทองอ่อน. (2551). วิธีการทางคอมพิวเตอร์สำหรับวิศวกร โขธา: การถดถอยแบบเชิงเส้น. สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม 2553, จาก <http://www.sorakarn-kmutnb.com/subject/LinearRegression.pdf>
- อารีย์ ตनावลี. (ม.ป.ว.). ความรู้การผ่าตัดเปลี่ยนข้อเทียม (ข้อเข่าและข้อตะโพก). สืบค้นเมื่อ 15 พฤศจิกายน 2552, จาก http://www.orthochula.com/public/index.php?option=com_content&task=view&id=8

บรรณานุกรม (ต่อ)

Physical Agency Center. (2009). โรคข้อเข่าเสื่อมหรือข้อเสื่อม.สืบค้นเมื่อ 15 พฤศจิกายน 2552,
จาก [http://www.physicalagency.com/main/โรคข้อเข่าเสื่อมหรือข้อเสื่อม -
Osteoarthritis-of-the-knee.html](http://www.physicalagency.com/main/โรคข้อเข่าเสื่อมหรือข้อเสื่อม - Osteoarthritis-of-the-knee.html)

ภาษาต่างประเทศ

BOOKS

Alasdair Mcandrew. (2004). **Introduction to Digital Image Processing with MATLAB.**
Boston,MA: Thomson

Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods. (2002). **Digital Image Processing.** (2nd ed.). NJ:
Prentice Hall

ELECTRONIC SOURCES

J. Carballido-Gamio, K. Lee and S. Majumdar. (2004) MRI cartilage of the knee: segmentation,
analysis, and visualization. Retrieved March 11 2009,
from <http://cds.ismrm.org/ismrm-2004/Files/000210.pdf>

Matthias Seise, Stephen J. McKenna, Ian W. Ricketts and Carlos A. Wigderowitz. (2009, April)
Segmenting the Tibia and Femur from Knee X-ray Images. Retrieved March 11 2009,
from University of Dundee, School of computing website
http://www.computing.dundee.ac.uk/staff/stephen/miua05_seise.pdf

Robert Fisher, Simon Perkins, Ashley Walker and Erik Wolfart. (2000). Contrast Stretching.
Retrieved October 12, 2010, from
<http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/stretch.htm>

บรรณานุกรม (ต่อ)

T. Kapur, P. Beardsley, S. Gibson, W. Grimson, and W. Wells.(1998) Model based segmentation of clinical knee MRI. Retrieved March 11 2009, from Massachusetts Institute of Technology, Computer Science and artificial intelligence laboratory

<http://www.ai.mit.edu/people/tkapur/iccv.ps.gz>

Y. Sun, E.C. Teo and Q.H. Zhang. (2006) Discussions of Knee Joint Segmentation. Retrieved March 11 2009, from Nanyang Technological University, School of Mech and Aerospace Engineering website

http://www.ntu.edu.sg/home/mecteo/Conference/CP_44.pdf

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล

ประวัติการศึกษา

นายธีรวิทย์ กุลคงคุณ

บริหารธุรกิจบัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศธุรกิจ)

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

ปีการศึกษา 2549

