

**สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง**

**ซอฟต์แวร์ช่วยวางแผนการผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อกระดูกเอว  
PRO-OPERATIVE PLANNING SOFTWARE FOR TOTAL HIP  
REPLACEMENT**



รฟ.  
จ 191 น  
2550

เลขหมู่..... 82027  
เลขทะเบียน.....  
วัน,เดือน,ปี..... -4 ก.ค. 2551

b. 119 13683  
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ซอฟต์แวร์ช่วยวางแผนการผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อกระดูกเอว

Pre-operative Planning Software for Total Hip Replacement

ผู้จัดทำ

1. นายวรชัย ก๊กก้อง รหัสนักศึกษา 47010646
2. นายวาทิตย์ วงวาทีน รหัสนักศึกษา 47010693



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ซอฟต์แวร์ช่วยวางแผนการผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อกระดูกเอว

นายวรชัย ถิกถ้อง	47010646
นางวาทิตช์ วงวาทิน	47010693
อ. อำนาจ ขวเน	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2550	

### บทคัดย่อ

โครงการนี้ นำเสนอการพัฒนาซอฟต์แวร์วางแผนการผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อกระดูกเอว ที่มีความสามารถในการเทียบขนาด วัดขนาด วัดมุม และรัศมีได้ และเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการวางแผนการผ่าตัด ซึ่งให้ค่าที่มีความใกล้เคียงกับขนาดจริงและมีความคลาดเคลื่อนน้อย โดยค่าที่วัดได้นั้นจะนำไปใช้ในการเลือกรุ่นและขนาดของข้อต่อเทียมเพื่อให้แพทย์นำไปใช้ในการผ่าตัด และสามารถสร้างรายงานสรุปผลการวางแผนการผ่าตัด เพื่อใช้อ้างอิงในขณะผ่าตัด เพื่อช่วยลดระยะเวลาที่ใช้ในการผ่าตัด ทำให้ร่างกายของผู้ป่วยนั้นเกิดความบอบช้ำน้อยที่สุด และพัฒนาซอฟต์แวร์ให้สามารถนำไปพัฒนาต่อได้ โดยสามารถเพิ่มรุ่นและขนาดของต้นแบบของข้อต่อที่ใช้ในซอฟต์แวร์ รวมไปถึงการเปลี่ยนชนิดของข้อต่อ เพื่อนำซอฟต์แวร์ไปใช้กับการวางแผนในอวัยวะส่วนอื่นต่อไป

# PRE-OPERATIVE PLANNING SOFTWARE FOR TOTAL HIP REPLACEMENT

Ms. Worrachai Kukkong 47010015

Mr. Watit Wongwatin 47010016

Mr. Amnach Khawne Advisor

Academic Year 2007

## Abstract

This project proposes the development of the Pre-Operative Planning Software for Total Hip Replacement which has ability to size comparison, size measurement, length angle measurement and radius measurement for the convenience of the operation planning. Values that we get from the software allow us to estimate the real values that can guide to the doctor for choosing size and type of hip-implant, and the software is able to create report that will be used to reference while doing operation. In this case, this software is helpful for reducing the operation time, so the patient suffers least wound. The software is able to be developed to the next version including more types of implants updated and may be used for the other parts of the body.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก อ.อานาจขวเนน ที่ให้ความช่วยเหลือให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดี

ขอขอบคุณ นพ.พงศธร ถันท์พลากร หัวหน้าภาควิชา ออร์โธพีดิกส์ โรงพยาบาลรามารับดี ผู้จุดประกายให้โปรเจกต์เกิดขึ้น และขอให้คำปรึกษาเกี่ยวกับด้านการแพทย์

ขอขอบคุณ ศูนย์คอมพิวเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ห้องแล็บเทคโนโลยีภาพ ที่ได้ให้ความรู้ตลอดระยะเวลาฝึกงาน

ขอขอบคุณ บิคา มารดา ที่คอยสนับสนุนพวกเราโดยตลอดมา

ขอขอบคุณ นายทศพร เพ็ญรอด ที่แนะนำโอกาสดีๆ ให้กับชีวิตของพวกเรา

ขอขอบคุณ คู่โปรเจก (ซึ่งกันและกัน) ที่ให้ความร่วมมือกันในการทำงาน ขอขอบคุณที่รู้จัก  
ขอบคุณในความพยายาม

ขอขอบคุณ ชมรมรักบี้ฟุตบอล ที่ได้สั่งสอน วาทิตย์ และให้ซ้อมฟรีตลอดสี่ปี

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ ในภาควิชา ที่คอยเป็นกำลังใจ

ขอขอบคุณ นางสาวกรกัศสร นรเศรษฐกมล ที่ให้คำแนะนำเรื่องคือคิควเมนท์

ขอขอบคุณ ทุกๆ ห้องแล็บที่ยังอยู่ด้วยกันเสมอ

ขอขอบคุณ อาจารย์ทุกท่าน ในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่ให้ความรู้ ความอดทน และประสบการณ์ต่างๆ และคอยสั่งสอนสิ่งที่ดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจในเวลาทุกข์ ตลอดจนรับฟังปัญหา และช่วยเหลือเสมอ ขอขอบคุณคุณอาจารย์และเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยให้คำแนะนำดีๆ จนสามารถดำเนินงานตามแผนงานได้เป็นผลสำเร็จ

นายวรชัช                      ก๊กก้อง

นายวาทิตย์                    วงวาทิน

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	II
กิตติกรรมประกาศ .....	III
สารบัญ .....	IV
สารบัญตาราง .....	VIII
สารบัญภาพ .....	IX
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ .....	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	2
1.4 ขอบเขตของโครงการ .....	2
1.5 ส่วนประกอบของรายงาน .....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง .....	4
2.1 การผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อกระดูกเอว .....	4
2.1.1 ลักษณะทั่วไปของข้อต่อกระดูกเอว .....	4
2.1.2 ขั้นตอนการผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อกระดูกเอว .....	5
2.2 การเก็บรูปภาพแบบบิตแมพ (Bitmap) และแบบเวกเตอร์ (Vector) .....	8
2.2.1 รูปภาพในรูปแบบภาพบิตแมพ .....	8
2.2.2 รูปภาพในรูปแบบภาพเวกเตอร์ .....	10
2.3 การปรับความคมชัด และความสว่างของภาพ .....	11
2.3.1 การอ่านค่าจากตาราง .....	11
2.3.2 การปรับหน้าต่าง .....	11
2.3.3 วิธีการอ่านค่าจากตาราง .....	13
2.3.4 LUT Curve .....	13
2.3.5 การเลือก LUT .....	14
2.3.6 การเพิ่มความคมชัดของภาพ .....	15
2.3.7 การสลับความสว่างของภาพ .....	16
2.4 ฮันฟิลด์ ยูนิต (Hounsfield Unit) .....	16

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา .....	18
3.1 ไลบรารีหลักที่ใช้ .....	18
3.1.1 วิชาลไลซ์เซชันทูลคิท (Visualization ToolKit : VTK).....	18
3.2 ภาษาที่ใช้.....	22
3.3 ระบบจัดการฐานข้อมูลที่ใช้.....	22
3.4 ซอฟต์แวร์เว็บเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้.....	22
บทที่ 4 การออกแบบและการพัฒนา.....	23
4.1 แนวทางการพัฒนาโปรแกรม (Development Life Cycle) .....	23
4.1.1 อินเซพชัน (Inception) .....	23
4.1.2 อีเลโอบเรชัน (Elaboration).....	23
4.1.3 คอนสตรัคชัน (Construction) .....	23
4.1.4 ทรานซิชัน (Transition).....	23
4.2 แผนการดำเนินงาน (Milestone) .....	24
4.2.1 เฟสเริ่มต้น (Inception Phase).....	24
4.2.2 เฟสการดำเนินงาน (Elaboration Phase).....	24
4.2.3 เฟสการพัฒนา (Construction Phase) .....	24
4.2.4 เฟสการส่งมอบ (Transition Phase).....	25
4.3 รายงานความต้องการ .....	25
4.3.1 ส่วนที่ 1 ภาพรวมของโปรแกรม .....	25
4.3.1.1 จุดประสงค์.....	25
4.3.1.2 บทบาทและการตอบสนองต่อผู้ใช้ .....	25
4.3.1.3 การแทนที่ระบบเดิม .....	26
4.3.2 ส่วนที่ 2 Functional requirement .....	26
4.3.2.1 Software Basic Functions .....	26
4.3.2.2 Security .....	26
4.3.2.3 Auditing .....	27
4.3.2.4 Reporting .....	27

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 กรณีใช้งาน (Use Case).....	27
4.4.1 ส่วนของโปรแกรมวางแผนการผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อ.....	27
4.4.2 ส่วนของเว็บแอปพลิเคชัน.....	29
4.4.3 ส่วนของเซิร์ฟเวอร์.....	29
4.5 ดัชนีแบบ.....	30
4.5.1 การติดต่อผู้ใช้.....	30
4.5.2 การปรับความคมชัด.....	30
4.5.3 การเลือกเทมเพลต.....	31
4.6 ภาพจำลองระบบเครือข่าย.....	31
4.7 แผนภาพกิจกรรม (Activity diagram).....	32
4.7.1 ส่วนการวัดมุม.....	32
4.7.2 ส่วนการวัดความยาว.....	34
4.7.3 ส่วนการวัดรัศมีวงกลม.....	35
4.7.4 ส่วนการวัดมุมระหว่างเส้น.....	36
4.7.5 ส่วนของ Image calibration.....	37
4.7.6 ส่วนของการปรับค่าความคมชัด.....	38
4.7.7 ส่วนของการสร้างโปรเจค.....	39
4.7.8 ส่วนการเปิดโปรเจค.....	40
4.7.9 ส่วนการบันทึกโปรเจค.....	40
4.7.10 ส่วนของการวางแบบจำลองกระดูกข้อต่อเทียม.....	42
4.8 ภาพรวมของโปรแกรม.....	43
4.9 แผนภาพคลาส.....	44
4.10 การออกแบบฐานข้อมูล.....	56
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง.....	59
5.1 การทดลองในภาคเรียนที่หนึ่ง.....	59
5.1.1 การทดลองเขียนโปรแกรมฝังเครื่องลูกข่าย.....	59
5.1.2 ผลการทดลอง.....	61

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.2 การทดลองในภาคเรียนที่สอง .....	61
5.2.1 การทดลองในส่วนของโปรแกรมวางแผนการผ่าตัด .....	61
5.2.2 การทดลองในส่วนของโปรแกรมที่ใช้ติดต่อระหว่างไคลเอนท์กับเซิร์ฟเวอร์ ..	72
5.2.3 การทดลองในส่วนของเว็บแอปพลิเคชันการรายงานผลการวางแผน .....	73
บทที่ 6 บทวิจารณ์และสรุป .....	79
6.1 สรุปผลการดำเนินงาน .....	79
6.2 วิจารณ์สิ่งที่ได้จากโครงงาน .....	80
6.3 แนวทางการพัฒนางานต่อ .....	80
6.3.1 ส่วนของซอฟต์แวร์วางแผนการผ่าตัด .....	80
6.3.2 ส่วนของการรายงานผล .....	80
6.3.3 ส่วนของการเก็บไฟล์ภาพ .....	80
6.3.4 ส่วนของระบบข้อมูล .....	81
บรรณานุกรม .....	82

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างค่า HU ของสารต่างๆ .....	17
4.1 ตารางผู้ใช้งาน(user) .....	57
4.2 ตารางโปรเจค(project).....	57
4.3 ตารางคนไข้(patient) .....	57
4.4 ตารางภาพเอ็กซเรย์(xray_pic) .....	58
4.5 ตารางเก็บค่าต่างๆของแต่ละโปรเจค(items) .....	58
4.6 ตารางเก็บค่าของโปรเจค(itemtype).....	58



## สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 ภาพตัวอย่างภาพถ่ายวิถีภาคโดยทั่วไปของข้อต่อกระดูกเอว และข้อต่อที่เป็นโรคไขข้ออักเสบ.....	4
2.2 ภาพตัวอย่างกระดูกข้อต่อเทียมแบบที่ใช้ทั่วไป.....	5
2.3 ภาพสรุปขั้นตอนการผ่าตัดโคชรวม.....	5
2.4 ภาพขั้นตอนการวางแผนโดยใช้เครื่องมือทั่วไป.....	6
2.5 แผนภูมิแสดงขนาดของข้อต่อส่วนเข้าที่วัดได้จากโปรแกรมกับขนาดจริง.....	7
2.6 แผนภูมิแสดงขนาดของกระดูกหัวสะโพก วัดได้จากโปรแกรมกับขนาดจริงที่วัดได้จริง.....	7
2.7 รูปภูเขามที่มีลักษณะภาพแบบ BITMAP IMAGE และภาพขยาย 250%.....	8
2.8 ตัวอย่างรูปที่มีการเก็บข้อมูลแบบ LINE-ART.....	9
2.9 ตัวอย่างรูปที่มีการเก็บข้อมูลแบบ GRAYSCALE IMAGE.....	9
2.10 ตัวอย่างรูปที่มีการเก็บข้อมูลแบบ MULTITONES.....	9
2.11 ตัวอย่างรูปที่มีการเก็บข้อมูลแบบ FULL COLOR IMAGE.....	10
2.12 ตัวอย่างรูปที่มีการเก็บข้อมูลแบบภาพเวกเตอร์.....	10
2.13 ภาพแสดงการปรับความคมชัดโดยวิธีการอ่านค่าจากตาราง.....	11
2.14 ภาพแสดงการปรับความคมชัดโดยวิธีการปรับหน้าต่าง.....	12
2.15 ภาพตัวอย่างผลจากการปรับความคมชัดโดยวิธีการปรับหน้าต่าง.....	12
2.16 ภาพแสดงการปรับความคมชัดโดยวิธีการอ่านค่าจากตาราง.....	13
2.17 ภาพแสดง LUT CURVE.....	13
2.18 ภาพแสดง LUT CURVE ลักษณะต่างๆ.....	14
2.19 ผลลัพธ์ของการปรับความคมชัดโดยใช้ LUT CURVE ลักษณะต่างๆ.....	14
2.20 ภาพแสดง LUT CURVE ที่ให้ผลลัพธ์ออกมาชัดเจน.....	15
2.21 ภาพแสดงการใช้ LUT CURVE ที่ให้ผลลัพธ์เหมือนกับภาพจากฟิล์ม.....	15
2.22 ภาพแสดง LUT CURVE เพื่อสลับความสว่างของภาพ.....	16
3.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของเลเซอร์การตัดข้อต่อที่เข้ากับเทคโนโลยีจาวา.....	18
3.2 คุณสมบัติของคาล์ว เกี่ยวกับ จุด เซล ของ คาล์วเซต.....	19
3.3 ชนิดของคาล์วเซต ที่พบในวิถีเล.....	19
3.4 การศึกษาการพัฒนาโปรแกรมจากตัวอย่าง CONE.PY ในตัวอย่างวิถีเล.....	20
4.1 CONTROLLED ITERATION MODEL.....	23
4.2 กรณีใช้งานส่วน โปรแกรมวางแผน.....	27
4.3 กรณีใช้งานโปรแกรมวางแผนส่วนเครื่องมือวัด.....	28

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.4 กรณีใช้งานส่วนของ IMAGE ENHANCEMENT .....	28
4.5 กรณีใช้งานส่วนของเว็บ .....	29
4.6 กรณีใช้งานฝั่งเซิร์ฟเวอร์ .....	29
4.7 ดัชนีแบบการคิดต่อผู้ใช้ .....	30
4.8 ดัชนีแบบการปรับความคมชัด .....	30
4.9 ดัชนีแบบส่วนการเลือกเทมเพลต .....	31
4.10 จำลองระบบเครือข่าย .....	31
4.11 แผนภาพกิจกรรมส่วนการสร้างมุมและเคลื่อนย้าย .....	32
4.12 แผนภาพกิจกรรมส่วนเปลี่ยนสีมุม และการลบมุม .....	33
4.13 แผนภาพกิจกรรมส่วนของการวัดความยาว และย้ายเส้น .....	34
4.14 แผนภาพกิจกรรมส่วนของการเลือกสีและการลบเส้น .....	35
4.15 แผนภาพกิจกรรมส่วนการ วาดวงกลมและการเพิ่มรัศมี .....	35
4.16 แผนภาพกิจกรรมส่วนของการย้ายเส้น การเปลี่ยนสีและการลบวงกลม .....	36
4.17 แผนภาพกิจกรรมส่วนการสร้าง COB ANGLE .....	36
4.18 แผนภาพกิจกรรมส่วนของการเปลี่ยนสีและการลบ COB ANGLE .....	37
4.19 แผนภาพกิจกรรมส่วนของ IMAGE CALIBRATION .....	37
4.20 แผนภาพกิจกรรมส่วนของการปรับความคมชัด .....	38
4.21 แผนภาพกิจกรรมส่วนของการสร้าง โปรเจค .....	39
4.22 แผนภาพกิจกรรมส่วนการเปิด โปรเจค .....	40
4.23 แผนภาพกิจกรรมส่วนของการบันทึก โปรเจค .....	40
4.24 แผนภาพกิจกรรมส่วนการบันทึกเป็น .....	41
4.25 แผนภาพกิจกรรมส่วนของการใส่เทมเพลต และการย้ายเทมเพลต .....	42
4.26 แผนภาพกิจกรรมส่วนการหมุน การเปลี่ยนสี และการลบเทมเพลต .....	42
4.27 แสดงภาพรวมของโปรแกรม .....	43
4.28 แสดงคลาสทั้งหมดซึ่งยังไม่ได้แสดงความสัมพันธ์ของแต่ละคลาส .....	44
4.29 แสดงคลาสส่วนของการเริ่มโปรแกรม .....	46
4.30 แสดงคลาส NEWPROJECT_CALLER .....	47
4.31 แสดงคลาสที่เกี่ยวข้องกับการเปิดไฟล์โปรเจค .....	48
4.32 แสดงคลาสที่เกี่ยวข้องกับการบันทึกโปรเจค .....	49

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.33 แสดงคลาสที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือวัดความยาวและวัดมุม .....	50
4.34 แสดงคลาสที่เกี่ยวข้องกับการปรับค่าคอนทราส .....	51
4.35 แสดงคลาสที่เกี่ยวข้องกับการเลื่อนมุมมอง การขยายภาพ การย่อขนาดภาพ .....	52
4.36 แสดงแผนภาพการออกแบบดาตาเบส .....	56
5.1 การวัดค่าความยาวและมุม .....	59
5.2 การขยายภาพ .....	60
5.3 การเลื่อนมุมมองภาพ .....	60
5.4 แสดงการเริ่มต้น โปรแกรม .....	61
5.5 แสดงการสร้าง โปรเจคใหม่ .....	62
5.6 แสดงการเลือกรูปภาพ .....	63
5.7 แสดงการเลือกเวิร์กสเปซ .....	63
5.8 โปรแกรมแสดงรูปผู้ป่วยเมื่อทำการสร้างโปรเจคใหม่ .....	64
5.9 โปรแกรมสร้างไฟล์เคอร์แบบเทมโพลารี .....	64
5.10 แสดงการปรับค่าคอนทราสในแบบของ วินโดว์/เลเวล .....	65
5.11 แสดงการใช้ฟังก์ชันการวัด .....	65
5.12 แสดงผลของการวัดมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร .....	66
5.13 แสดงการใช้ฟังก์ชันวัดมุม .....	66
5.14 แสดงการใช้ฟังก์ชันเปลี่ยนสีเครื่องมือ .....	67
5.15 แสดงการใช้ฟังก์ชันเปลี่ยนสีเครื่องมือโดยสามารถเลือกสีในการแสดงผลได้ .....	67
5.16 เครื่องมือสามารถเปลี่ยนสีต่างๆกันได้ .....	68
5.17 ฟังก์ชันต่างๆสามารถเลือกผ่านเมนูได้แทนการเลือกจากทูลบ็อกซ์หรือทูลบาร์ .....	68
5.18 แสดงเครื่องมือการเปรียบเทียบขนาดภาพ .....	69
5.19 ผู้ใช้ทำการใส่ค่าความยาวจริงของตัวเปรียบเทียบเพื่อใช้ในการหาอัตราส่วน .....	69
5.20 แสดงฟังก์ชันการขยายขนาดภาพ .....	70
5.21 ผลของการขยายขนาดภาพ .....	70
5.22 แสดงฟังก์ชันการบันทึก โปรเจค .....	71
5.23 แสดงข้อมูลที่บันทึกในรูปแบบXML ในไฟล์เคอร์แบบเทมโพลารี .....	71
5.24 แสดงไฟล์ที่บันทึกในรูปแบบนามสกุล THR .....	72
5.25 หน้าแสดงผลการเลือกไฟล์ภาพเอ็กซ์เรย์ที่จะนำมาทำการวางแผน .....	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ XI อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.26 หน้าล็อกอินของเว็บแอปพลิเคชัน.....	73
5.27 หน้าแสดงผลเมื่อไม่สามารถติดต่อกับฐานข้อมูลได้.....	73
5.28 หน้าแสดงผลเมื่อใส่ยูสเซอร์เนมที่ไม่มีอยู่ฐานข้อมูล.....	74
5.29 หน้าแสดงผลเมื่อใส่พาสเวิร์ดที่ผิด.....	74
5.30 หน้าแสดงผลเมื่อใส่พาสเวิร์ดถูกต้องและล็อกอินได้สำเร็จ.....	75
5.31 หน้าใส่ข้อมูลเพื่อค้นหารายงาน.....	75
5.32 หน้าผลการค้นหาโดยไม่ได้ใส่ข้อความที่ต้องการหาจะแสดงผล โปรเจกทั้งหมดที่มี.....	76
5.33 หน้าผลการค้นหาจากคนใช้ชื่อ PAT1.....	76
5.34 หน้าผลการค้นหาจากคนใช้ชื่อ PAT2.....	77
5.35 หน้ารายงานผลของโปรเจคของคนใช้ชื่อ PAT2.....	77
5.36 หน้ารายงานผลของโปรเจคของคนใช้ชื่อ พงศ์.....	78



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ

เนื่องด้วยในปัจจุบันเทคโนโลยีทางการแพทย์ได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งส่งผลให้สามารถเปลี่ยนอวัยวะบางส่วน หรือทั้งชิ้นได้ โดยการทำตัดร่างกายมนุษย์นั้น สิ่งที่ต้องคำนึงถึงมากที่สุดคือเรื่องความปลอดภัย และส่วนใหญ่นั้นสัดส่วนจะผกผันกับเวลาที่ใช้ไปในการผ่าตัด

สำหรับการผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อบริเวณกระดูกเชิงกรานนั้นถ้าไม่มีการวางแผนการผ่าตัดที่ดีแล้ว จะทำให้ใช้เวลาในการผ่าตัดนานหรืออาจเกิดความผิดพลาด ซึ่งจะมีผลทำให้ร่างกายคนไข้เกิดความบอบช้ำ ทำให้ใช้เวลาในการพักฟื้นนาน หรืออาจเกิดอันตรายได้ ซึ่งระบบวางแผนก่อนการผ่าตัด (Pre-Operative System) นั้นจะคือหลักที่ทำให้การผ่าตัดในเวลาที่ลดลงและมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น นับว่าเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการวางแผนของแพทย์ได้เป็นอย่างดีและเป็นประโยชน์โดยตรงกับคนไข้อย่างมากเพื่อสร้างความมั่นใจก่อนการผ่าตัด ระบบดังกล่าวในปัจจุบันได้มีการผลิตออกมาในรูปแบบโปรแกรม ซึ่งการซื้อโปรแกรมวางแผนการผ่าตัดดังกล่าวจากต่างประเทศนั้นก็เป็นที่ทางเลือกหนึ่งแต่ก็มีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก ด้วยสาเหตุนี้เอง ประเทศไทยจึงไม่ค่อยเลือกที่จะใช้งาน โปรแกรมการวางแผนก่อนการผ่าตัดก่อนทำการผ่าตัดจริง

ด้วยปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้น ผู้พัฒนา ได้มีการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมวางแผนการผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อกระดูกเอว (Pre-operative Planning Software for Total Hip Replacement) โดยอ้างอิงหลักการทำงานในรูปแบบลักษณะมือ (Manual) แต่มีการเพิ่มประสิทธิภาพความแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยโปรแกรมนั้นสามารถวัดค่าต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการผ่าตัดของแพทย์ เช่น ความยาว, รัศมี, มุม เป็นต้น และสามารถสร้างรายงานการผ่าตัดเพื่อความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูลของทั้งคนไข้และแพทย์ผู้ทำการรักษา เพื่อลดระยะเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการผ่าตัด และความถูกต้องในการเลือกรูปแบบเทมเพลตของเหล็กข้อต่อเทียมที่จะใช้ในการผ่าตัดได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น และอีกทั้งมีความปลอดภัยกับคนไข้มากยิ่งขึ้น และยังเป็นทางเลือกแทนการนำเข้าซอฟต์แวร์จากต่างประเทศที่มีราคาสูง เพื่อส่งเสริมด้านเทคโนโลยีการแพทย์ในประเทศไทยให้มีความก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 พัฒนาซอฟต์แวร์วางแผนการผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อกระดูกเอว (Pre-operative Planning Software for Total Hip Replacement)

1.2.2 พัฒนาโปรแกรมโดยใช้เทคนิคการพัฒนาแบบเชิงวัตถุ

1.2.3 นำความรู้ทางวิศวกรรมซอฟต์แวร์ (software engineering) มาใช้ประโยชน์ในการพัฒนาโปรแกรมจริง

1.2.4 เพื่อนำความรู้ด้านการประมวลผลภาพดิจิทัล (digital image processing), คอมพิวเตอร์ กราฟฟิก (computer graphic), เน็ตเวิร์ค โปรแกรมมิ่ง (network programming) มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์

1.2.5 ส่งเสริมเทคโนโลยีการแพทย์ในประเทศไทย

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการพัฒนาโปรแกรมโดยใช้การเขียนแบบเชิงวัตถุ

1.3.2 มีความรู้ความเข้าใจในการพัฒนาโปรแกรมโดยใช้ความรู้ทางด้านการประมวลผลภาพดิจิทัล, คอมพิวเตอร์ กราฟฟิก, เน็ตเวิร์ค โปรแกรมมิ่ง มาประยุกต์ใช้

1.3.3 สร้างโปรแกรมวางแผนการผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อกระดูกเอว

1.3.4 พัฒนาโปรแกรมให้นำไปใช้ได้จริงเพื่อลดการนำเข้าซอฟต์แวร์จากต่างประเทศ

1.3.5 พัฒนาโปรแกรมเพื่อเป็นต้นแบบในการนำไปพัฒนาต่อในการ โปรแกรมช่วยวางแผนการผ่าตัดอวัยวะส่วนอื่นๆ

## 1.4 ขอบเขตของโครงการ

โครงการบันทึกเวลาเข้าห้องปฏิบัติการสามารถแบ่งขอบเขตการพัฒนาโครงการออกได้เป็น 4 ส่วน ได้แก่

1.4.1 พัฒนาซอฟต์แวร์วางแผนการผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อกระดูกเอว

1.4.2 ซอฟต์แวร์สามารถโหลดไฟล์ภาพเอ็กซเรย์มาจากเซิร์ฟเวอร์ได้

1.4.3 ซอฟต์แวร์สามารถช่วยในการวางแผนการผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อกระดูกเอว โดยสามารถ วัดความยาว รัศมี และมุม โดยต้องเทียบกับอุปกรณ์อ้างอิง หรือ คิวเปรียบเทียบกับอ้างอิง (magnification marker) ที่มีอยู่ในไฟล์ภาพเอ็กซเรย์ เพื่อให้ได้ความยาวที่แท้จริงออกมา

1.4.4 ซอฟต์แวร์สามารถจำลองการวางกระดูกข้อต่อเทียม (implant) ลงไปบนภาพเอ็กซเรย์ที่โหลดมาได้

#### 1.4.5 ซอฟต์แวร์สามารถสร้างรายงานแผนการผ่าตัดได้

### 1.5 ส่วนประกอบของรายงาน

รายงานประกอบด้วยทั้งหมด 6 บทดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของปัญหา วัตถุประสงค์ของโครงการ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ขอบเขตของโครงการ และส่วนประกอบของรายงานฉบับนี้

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการ ซึ่งประกอบไปด้วย การผ่าตัดข้อต่อกระดูกเอว การเก็บรูปภาพแบบบิตแมพ (Bitmap) และ เวกเตอร์ (Vector) การปรับความคมชัด ความสว่างของภาพทางการแพทย์ และค่า ฮันฟิลด์ ยูนิท (Hounsfield Unit)

บทที่ 3 กล่าวถึงขอบเขตของงานและเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาซึ่งประกอบด้วย ไลบรารีที่ใช้และภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

บทที่ 4 กล่าวถึงการออกแบบและการพัฒนา ซึ่งประกอบไปด้วยแนวทางการพัฒนาโปรแกรม (Development Life Cycle) หลักโมดูล รายงานความต้องการ กรณีการใช้งาน คั้นแบบแบบจำลองระบบเครือข่ายแผนภาพกิจกรรม (activity diagram) และภาพรวมของโปรแกรม

บทที่ 5 กล่าวถึงการทดลองที่ได้ทำไป และผลการทดลอง

บทที่ 6 กล่าวถึงผลการดำเนินงานที่ผ่านมาและแนวทางการพัฒนาโปรแกรมต่อ

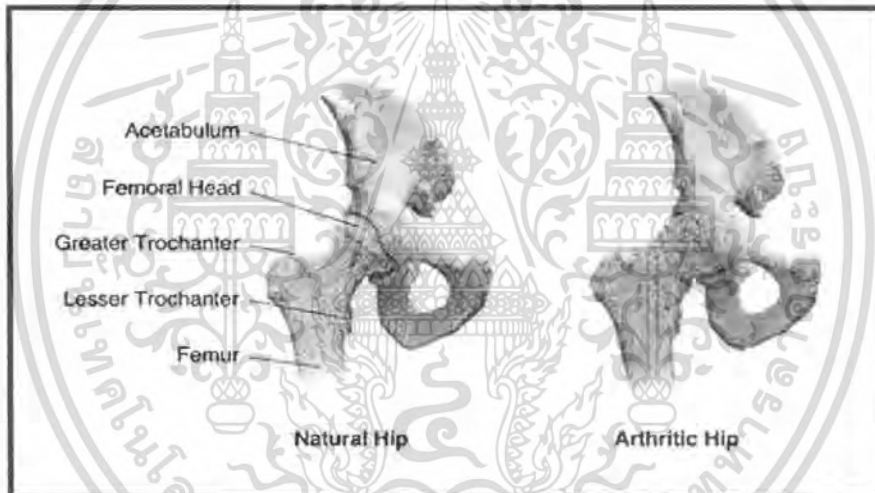
## บทที่ 2

# ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 การผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อกระดูกเอว

#### 2.1.1 ลักษณะทั่วไปของข้อต่อกระดูกเอว

ลักษณะทางกายวิภาคของข้อต่อบริเวณกระดูกเชิงกรานนั้น มีลักษณะเป็นเบ้าและ ลูกบอล ส่วนของเบ้า นั้นเรียกว่า เบ้าของข้อต่อ (Acetabulum) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระดูกเชิงกราน (pelvis bone) ส่วนที่เป็นลูกบอลนั้นเรียกว่า หัวกระดูกต้นขา (femoral head) ซึ่งตามปกติแล้วจะสวมเข้ากันพอดีกับส่วนของเบ้า และมีของเหลวหล่อเลี้ยงอยู่ตามธรรมชาติเรียกว่า น้ำหล่อเลี้ยงข้อต่อ (Synovial fluid) ซึ่งจะเป็นตัวช่วยในการหล่อลื่นข้อต่อในขณะที่เกิดการเคลื่อนไหว

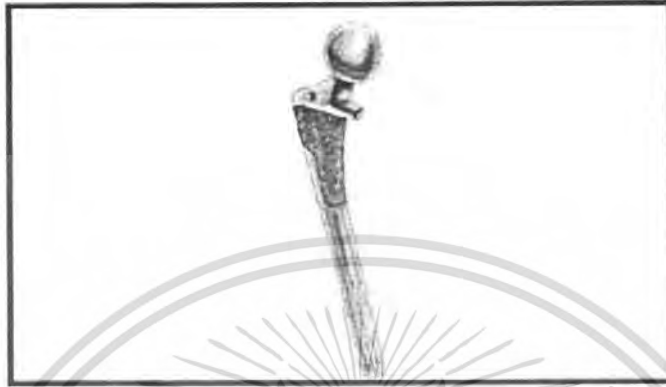


รูปที่ 2.1 ภาพตัวอย่างกายวิภาคโดยทั่วไปของข้อต่อกระดูกเอว และข้อต่อที่เป็นโรคไขข้ออักเสบ

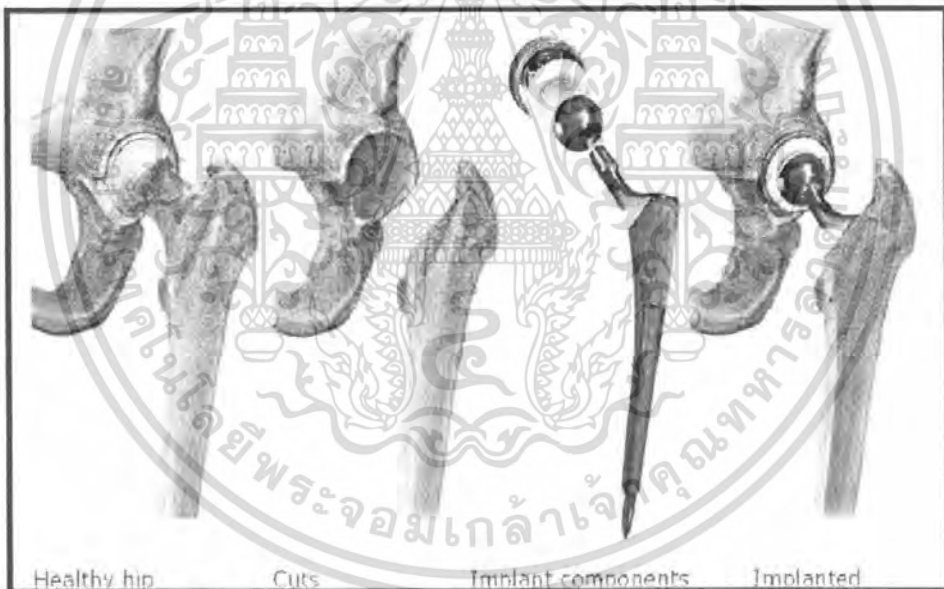
สำหรับข้อต่อที่ปกตินั้นจะเสียดสีกันอย่างนุ่มนวลและถูกปกคลุมด้วยเนื้อเยื่อที่เหนียวและแข็งแรงที่เรียกว่า กระดูกอ่อน (Cartilage) โรคไขข้ออักเสบนั้นทำให้เกิดความเสียหายกับผิวหน้าของกระดูก และกระดูกอ่อน ซึ่งความเสียหายเหล่านี้จะก่อให้เกิดความเจ็บปวดจากการเสียดสีกันที่รุนแรงที่สุด

การรักษาโรคไขข้ออักเสบนั้นมีอยู่หลายแนวทาง การผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อกระดูกเอวนั้นก็ เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ได้ผลดี ซึ่งการจะตัดสินใจว่าจะทำการผ่าตัดหรือไม่นั้นต้องอยู่ในดุลยพินิจของแพทย์

ในการผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อกระดูกเขอนั้นหัวกระดูกต้นขา (ball) และ เบ้า ที่ได้รับความเสียหายจากโรคไขข้ออักเสบนั้นจะถูกคัดออกไป และแทนที่ด้วยชิ้นส่วนเทียมซึ่งผลิตจากโลหะหรือพลาสติกที่มีความทนทาน ซึ่งชิ้นส่วนนี้เรียกว่า กระดูกข้อต่อเทียม (implant)



รูปที่ 2.2 ภาพตัวอย่างกระดูกข้อต่อเทียมแบบที่ใช้ทั่วไป



รูปที่ 2.3 ภาพสรุปขั้นตอนการผ่าตัดโดยรวม

### 2.1.2 ขั้นตอนการผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อกระดูกเขอ

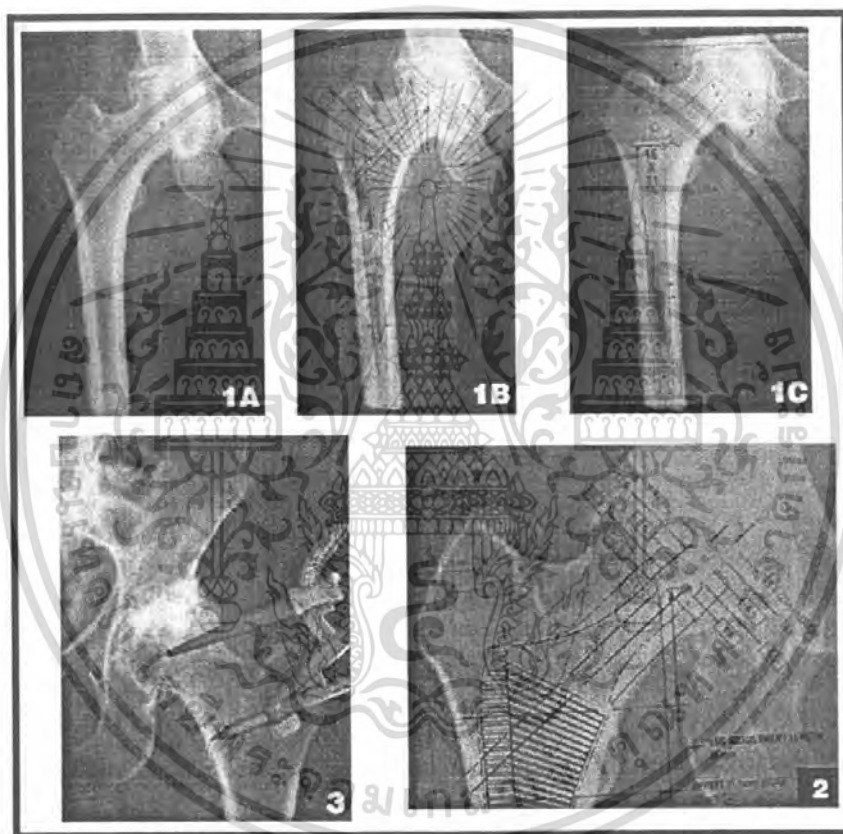
ในการผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อกระดูกเขอนั้นมีขั้นตอนหลักๆดังนี้

1. ตัดส่วนที่เป็นลูกบอล และ เบ้า ออกจากกระดูกต้นขา และกระดูกเชิงกราน
2. กรอส่วนเบ้าออกเพื่อให้ใส่เบ้าเทียมได้ แล้วใส่เบ้าเทียมเข้าไปแทนของเก่าที่เสียหาย
3. เจาะรูลงไปกระดูกต้นขาเพื่อเป็นฐานสำหรับฝังกระดูกข้อต่อเทียม
4. ฝังกระดูกข้อต่อเทียมลงไปนรูที่ถูเจาะในกระดูกต้นขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5. ประกอบกระดูกข้อต่อเทียมและเบ้าเทียมเข้าด้วยกันแล้วเย็บปิดแผล

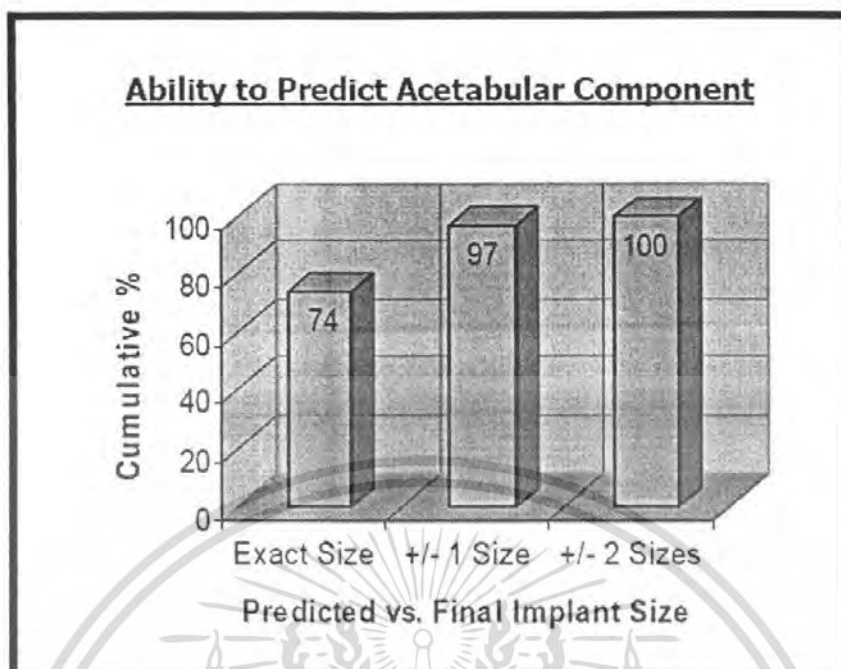
การวางแผนผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อกระดูกเอวนั้น หากไม่ใช่ซอฟต์แวร์ในการวางแผนแล้ว จะทำได้โดยนำฟิล์มเอ็กซเรย์มาวัดโดยใช้เครื่องมือทั่วไปเช่น ไม้บรรทัด หรือ แคลลิเปอร์ (Caliper) ซึ่งทำให้เสียเวลาและอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ ซึ่งความคลาดเคลื่อนนี้จะทำให้เกิดการเลือกกระดูกข้อต่อเทียม ที่ผิดขนาด ซึ่งทำให้เกิดความล่าช้าในการผ่าตัดเนื่องจากต้องเปลี่ยนขนาดของกระดูกข้อต่อเทียมที่จะใช้ในขณะผ่าตัด ทำให้ร่างกายของผู้ป่วยเกิดความบอบช้ำและอาจเกิดอันตรายได้ในบางกรณี



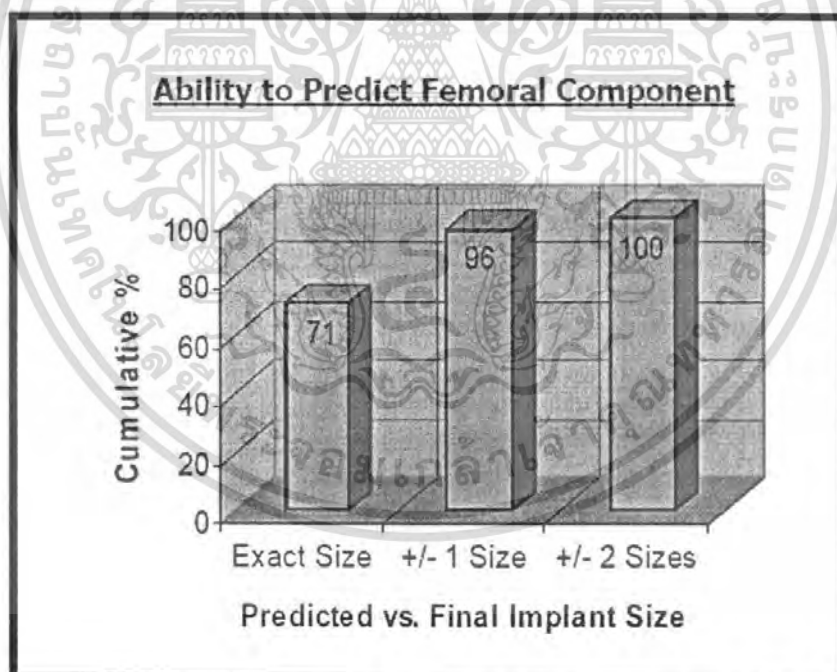
รูปที่ 2.4 ภาพขั้นตอนการวางแผนโดยใช้เครื่องมือทั่วไป

ในต่างประเทศได้มีการทดลองใช้ระบบวางแผนการผ่าตัดก่อนที่จะทำการผ่าตัดจริง โดยจะใช้ตัวเปรียบเทียบ (magnification marker) มาใช้ในการหาความยาวที่แท้จริงของภาพเอ็กซเรย์ แล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากกระดูกจริงหลังจากการผ่าตัดแล้ว ได้ผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แผนภูมิแสดงขนาดของข้อต่อส่วนเท้าที่วัดได้จากโปรแกรมกับขนาดจริง



รูปที่ 2.6 แผนภูมิแสดงขนาดของกระดูกหัวสะโพก วัดได้จากโปรแกรมกับขนาดจริงที่วัดได้จริง

ซึ่งผลการทดลองนี้ได้มาจากการทดลองของ Dartmouth-Hitchcock Medical Center ซึ่งเป็นสถาบันทางการแพทย์ที่มีชื่อเสียงและได้รับการยอมรับ จะเห็นว่าการใช้ซอฟต์แวร์มาช่วยนั้นจะให้ค่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง จึงสรุปได้ว่าการใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการวัดนั้นให้ค่าที่น่าเชื่อถือ

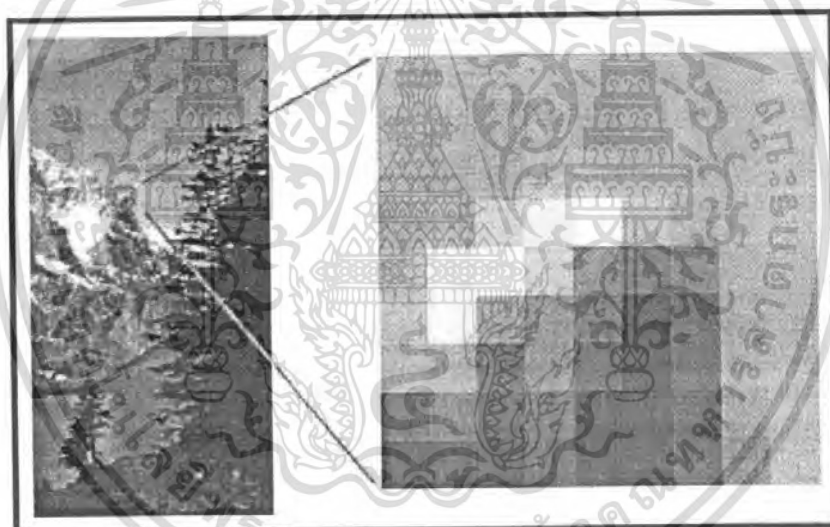
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 การเก็บรูปภาพแบบบิตแมพ (Bitmap) และแบบเวกเตอร์ (Vector)

รูปภาพที่สามารถนำมาประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์สามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ ภาพบิตแมพ (bitmap image-raster image) และ ภาพเวกเตอร์ (vector image) ซึ่งทั้งสองกลุ่มมีลักษณะของการเก็บข้อมูลที่ไม่เหมือนกัน ความเหมาะสมในการนำไปใช้งานก็ไม่เหมือนกัน ทั้งสองแบบต่างก็มีทั้งข้อดีและข้อเสีย ซึ่งในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการเก็บข้อมูลรูปภาพทั้งสองแบบ

### 2.2.1 รูปภาพในรูปแบบภาพบิตแมพ

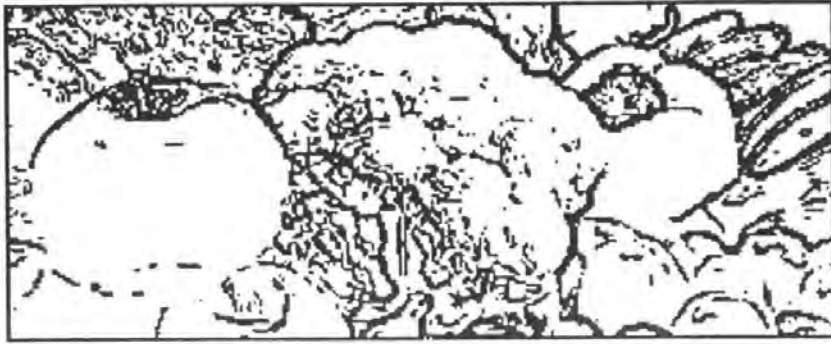
รูปภาพในรูปแบบของภาพบิตแมพจะมีการเก็บข้อมูลโดยการแทนแต่ละจุดในภาพด้วยเลขฐานสองที่แสดงถึงค่าสี ดังนั้นรูปภาพก็เป็นเสมือนกับเมตริกซ์ (matrix) ของเลขฐานสองที่มีขนาดเท่ากับจำนวนจุดในรูป รูปที่ 2.7 แสดงรูปภาพซึ่งมีรูปแบบของรูปภาพแบบภาพบิตแมพ ด้านซ้ายเป็นภาพขนาดปกติ ส่วนด้านขวาเป็นภาพที่ขยาย 250% จากภาพด้านขวาจะมองเห็นจุดสีที่ชัดเจน ซึ่งจำนวนจุดมีจำนวนมากทั้งแนวตั้งและแนวนอน



รูปที่ 2.7 รูปภาพที่มีลักษณะภาพแบบ bitmap image และภาพขยาย 250%

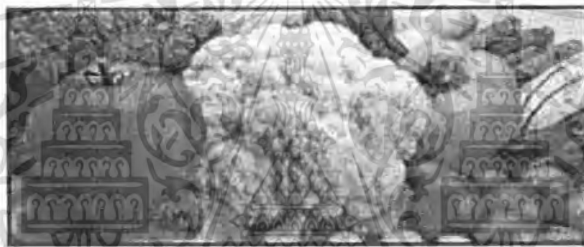
การเก็บข้อมูลรูปภาพแบบภาพบิตแมพยังสามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อย ๆ ได้ 4 กลุ่มคือ ลายอาร์ท (Line-art), Grayscale image, มัลติโทน (Multitones) และ Full color image โดยแบ่งตามสีของรูปภาพที่สามารถเก็บได้

Line-art คือรูปภาพที่มีเพียงสองสี คือสีขาวและสีดำ จึงทำให้จำนวนเลขฐานสองที่ใช้ในการแทนค่าจุดสีใช้เพียงค่าหนึ่งเดียว



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างรูปที่มีการเก็บข้อมูลแบบ Line-art

Grayscale image คือภาพที่ประกอบด้วยจุดสีที่มีค่าอยู่ในเงดสีของสีเทา กล่าวคือสามารถไล่ระดับสีเทาได้ ซึ่งจำนวนระดับสีจะขึ้นอยู่กับจำนวนเลขฐานสองที่ใช้แทนในแต่ละจุด



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างรูปที่มีการเก็บข้อมูลแบบ Grayscale image

มัลติโทน คือรูปภาพที่ประกอบด้วยเงดสีของสองสีขึ้นไป โดยมากจะเป็นสองสีคือสีดำและสีอื่นๆ อีกหนึ่งสีเรียกว่า spot color



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างรูปที่มีการเก็บข้อมูลแบบ Multitones

Full color image ค่าจุดสีในการเก็บข้อมูลจะใช้รูปแบบต่าง ๆ เช่น RGB, CMYK, HSI โดยค่าสีที่ได้จะสามารถครอบคลุมสีต่าง ๆ ได้จำนวนมากหรือไม่ขึ้นอยู่กับจำนวนเลขฐานสองที่ใช้ในการแทนค่าจุดสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

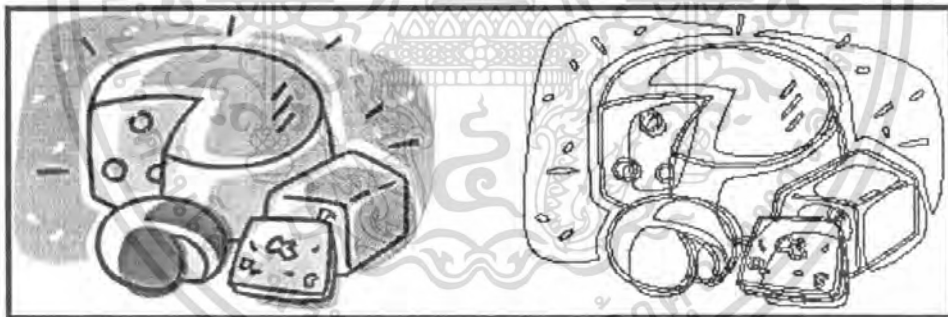


รูปที่ 2.11 ตัวอย่างรูปที่มีการเก็บข้อมูลแบบ Full color image

การนำภาพแบบภาพพิกเซลไปประยุกต์ใช้งานมักจะนำไปใช้กับงานที่มีการเก็บรูปภาพที่ไม่ใช่รูปทรงเรขาคณิต ไม่สามารถบรรยายรูปภาพเป็นคำพูดได้ ได้แก่ การเก็บภาพถ่าย การเก็บภาพวาด การเก็บภาพลายนิ้วมือ เป็นต้น ถึงแม้ว่ารูปภาพแบบภาพพิกเซลจะสามารถแสดงรูปได้ทุกรูปแบบ แต่ก็ใช้หน่วยความจำในการเก็บภาพจำนวนมาก

### 2.2.2 รูปภาพในรูปแบบภาพเวกเตอร์

การเก็บรูปภาพในแบบภาพเวกเตอร์คือ การเก็บข้อมูลที่สามารถอธิบายลักษณะข้อมูลได้ด้วยคณิตศาสตร์ จากรูปที่ 2.12 ในด้านซ้ายเป็นรูปภาพแบบภาพเวกเตอร์ ส่วนด้านขวาเป็นเส้นที่สร้างได้จากสมการคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการวาดรูป



รูปที่ 2.12 ตัวอย่างรูปที่มีการเก็บข้อมูลแบบภาพเวกเตอร์

เส้นแต่ละเส้นสร้างมาจากกลุ่มของจุดหลายๆ จุดกับเส้นซึ่งเชื่อมต่อระหว่างจุด หรือสร้างมาจากจุดเพียงบางจุดที่เชื่อมด้วยเส้นโค้งที่เขียนเป็นสมการคณิตศาสตร์ได้

ขนาดไฟล์ของรูปภาพแบบภาพเวกเตอร์จะมีขนาดเล็กเพราะข้อมูลที่เก็บมีเพียงจุดและเส้นที่ได้จากการวาดเท่านั้น ในการขยายภาพแบบภาพเวกเตอร์จะไม่มีการสูญเสียคุณภาพเพราะรูปภาพเกิดจากสมการคณิตศาสตร์ จากคุณสมบัตินี้จึงมีคนทำลักษณะการเก็บข้อมูลแบบภาพเวกเตอร์ ไปใช้กับการเก็บข้อมูลรูปภาพเครื่องหมายการค้า

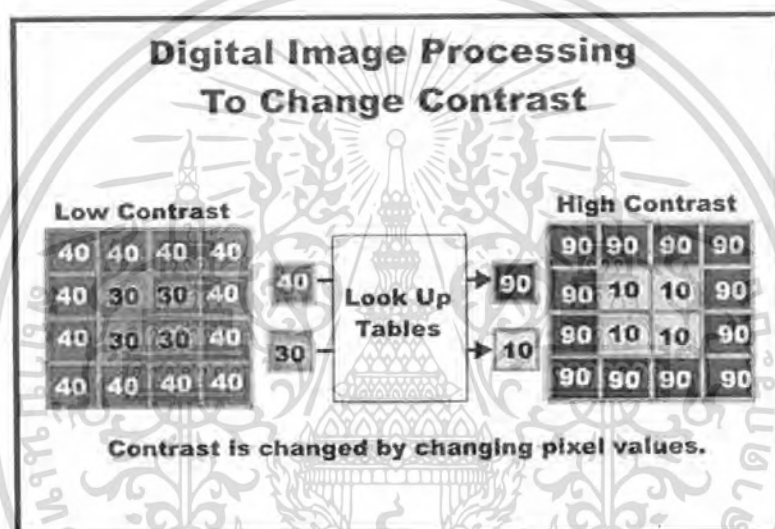
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 การปรับความคมชัด และความสว่างของภาพ

การปรับความคมชัดของภาพดิจิทัลนั้น มีหลายวิธีการ ซึ่งในปริยญาณิพนธ์ฉบับนี้ได้ยกตัวอย่างมาสองวิธีด้วยกันคือ การอ่านค่าจากตาราง (Look Up Table (LUT) processing) และการปรับหน้าต่าง (Windowing)

### 2.3.1 การอ่านค่าจากตาราง

รูปที่ 2.12 แสดงวิธีการพื้นฐานในการปรับความคมชัด จากภาพจะเห็นบริเวณฉากหลังและบริเวณที่เป็นวัตถุรูปสี่เหลี่ยมตรงกลาง ภาพด้านซ้ายเป็นภาพที่มีความคมชัดต่ำโดยฉากหลังมีค่าของจุดภาพเป็น 40 และวัตถุเป็น 30 ดังนั้นค่าความคมชัดจึงเป็น  $40-30=10$



รูปที่ 2.13 ภาพแสดงการปรับความคมชัดโดยวิธีการอ่านค่าจากตาราง

การอ่านค่าจากตารางคือ ตารางข้อมูลที่เก็บไว้ในคอมพิวเตอร์เพื่อใช้แทนค่าเดิมของแต่ละจุดภาพ จากตัวอย่าง เราใช้ค่า 90 แทน 40 และให้ 10 แทน 30 จากกรณีนี้นี้ทำให้ความคมชัดของภาพเพิ่มขึ้นเป็น  $90-10=80$

การทำงานเช่นนี้ทำให้เราสามารถเลือกปรับเปลี่ยนตารางที่ใช้แทนค่าเดิม ได้ตามต้องการ ซึ่งเป็นการเลือกตารางเพื่อการปรับความคมชัดนั่นเอง

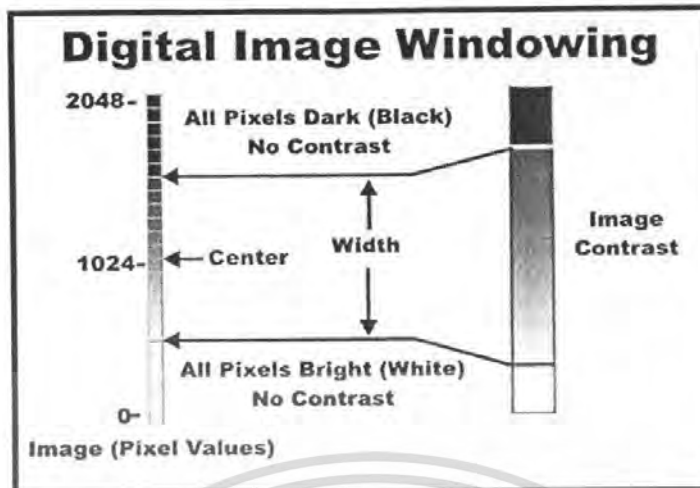
### 2.3.2 การปรับหน้าต่าง

ความสามารถในการควบคุมความกว้างของหน้าต่างถือได้ว่าเป็นคุณสมบัติที่สำคัญอย่างยิ่งของภาพดิจิทัล ซึ่งเป็นการเลือกบางช่วงของค่าจุดภาพมาแสดงเป็นระดับ โทนสีเทาตั้งแต่ขาวถึงดำ ขื่อนำสังเกตคือเฉพาะค่าจุดภาพเท่านั้นที่ถูกแสดงบนจอภาพ ค่าจุดภาพที่อยู่นอกเหนือจากที่เลือกจะไม่นำมาแสดง (หรือ ไม่มีความคมชัดปรากฏ)

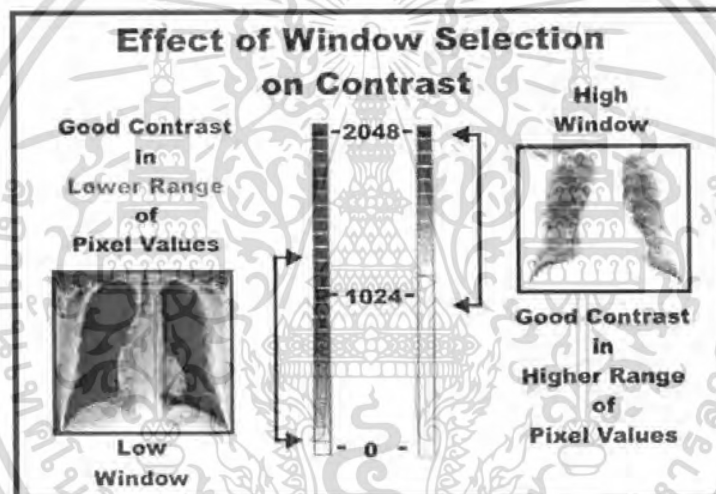
เราสามารถปรับความคมชัดของภาพได้โดยการปรับความกว้าง (window width, WW) และ

ค่ากึ่งกลางของหน้าต่าง (center, window level, WL)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษานี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



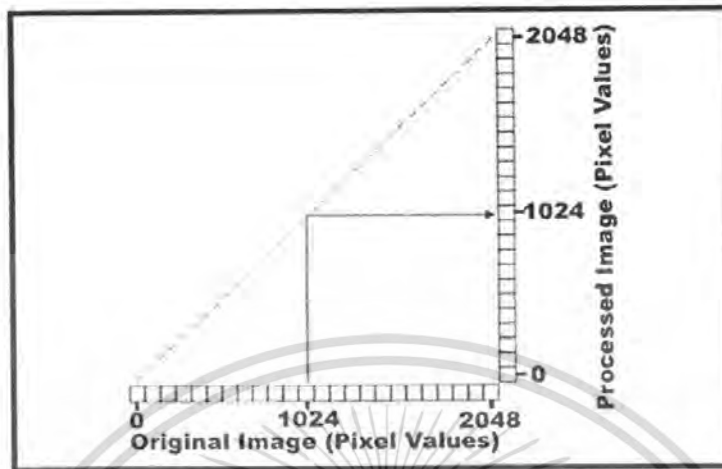
รูปที่ 2.14 ภาพแสดงการปรับความคมชัดโดยวิธีการปรับหน้าต่าง



รูปที่ 2.15 ภาพตัวอย่างผลจากการปรับความคมชัดโดยวิธีการปรับหน้าต่าง

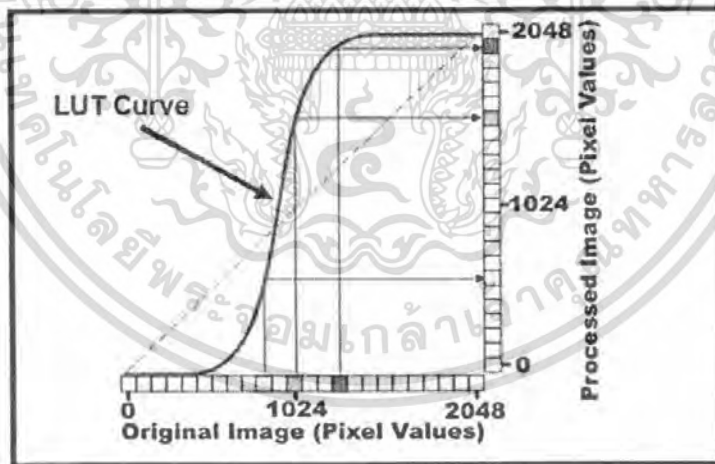
การปรับระดับหน้าต่างทำให้เราสามารถเลือกได้ว่าช่วงของจุดภาพในช่วงใดที่จะถูกนำมาแสดงบนจอภาพ จากภาพตัวอย่างด้านซ้ายจะเห็นความคมชัดของบริเวณที่เป็นกระดูกได้ดี ในขณะที่ภาพด้านขวาเลือกระดับหน้าต่างสูงจะให้ภาพที่แสดงรายละเอียดของปอดได้ดี การทำงานเช่นนี้นับเป็นข้อดีอีกอย่างหนึ่งของภาพรังสีดิจิทัล

### 2.3.3 วิธีการอ่านค่าจากตาราง



รูปที่ 2.16 ภาพแสดงการปรับความคมชัดโดยวิธีการอ่านค่าจากตาราง

จากรูปเป็นการใช้กราฟเส้นตรงเพื่อแสดงให้เห็นว่า ค่าของจุดภาพเดิมจะเปลี่ยนไปเป็นค่าใหม่เท่าใด เมื่อใช้กราฟเส้นตรงดังรูปจะพบว่าค่าเดิมและค่าใหม่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นความคมชัดของภาพจึงไม่เปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด

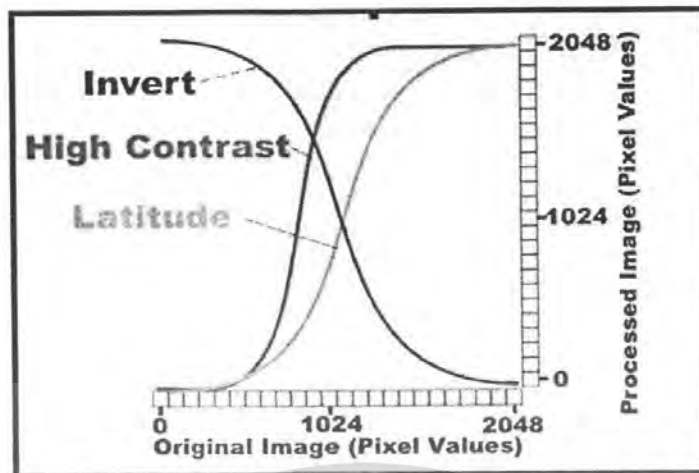


รูปที่ 2.17 ภาพแสดง LUT Curve

### 2.3.4 LUT Curve

การปรับความคมชัดของภาพจะต้องทำให้ค่าเดิมและค่าใหม่มีความแตกต่างกัน เมื่อเราใช้กราฟที่เป็นเส้นโค้งจะมีผลทำให้มีการเปลี่ยนแปลงค่าเดิมเกิดขึ้น ดังตัวอย่างทั้งสามตำแหน่งเดิมมีค่าที่ใกล้เคียงกันแต่เมื่อเปลี่ยนเป็นค่าใหม่จะมีความแตกต่างกันมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

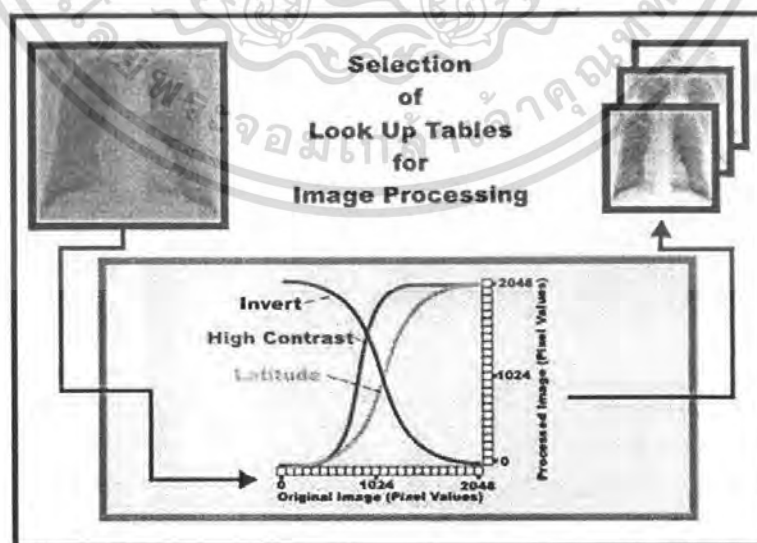


รูปที่ 2.18 ภาพแสดง LUT Curve ลักษณะต่างๆ

### 2.3.5 การเลือก LUT

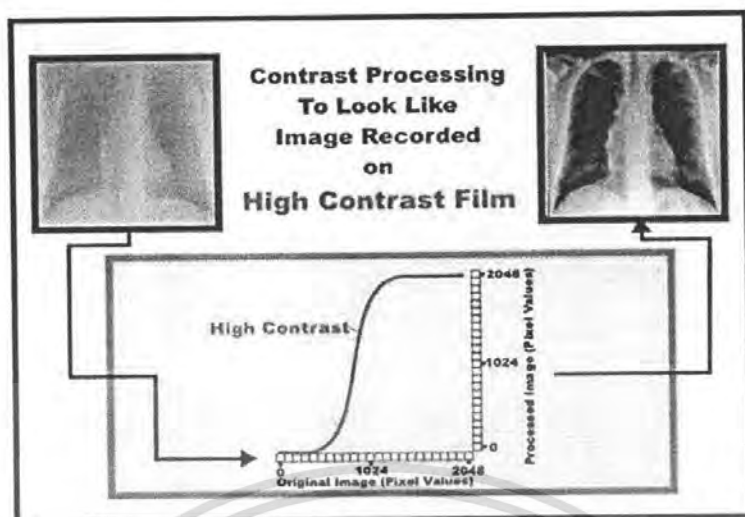
เราสามารถเลือกใช้ลักษณะของกราฟใดๆเพื่อการปรับเปลี่ยนให้ได้ภาพใหม่ตามต้องการ โดยถ้าเลือกกราฟที่มีความชันสูงกว่า 45 องศา ความคมชัดของภาพจะสูงขึ้น และถ้าเลือกใช้กราฟที่มีความชันต่ำกว่าก็จะทำให้ความคมชัดของภาพลดลงและเมื่อเราใช้กราฟแบบอินเวอร์ส ( inverse) จะทำให้ภาพเปลี่ยนจากบริเวณที่เคยเป็นสีขาวให้เป็นสีดำและเปลี่ยนบริเวณที่เป็นสีดำให้กลายเป็นสีขาว

กราฟเส้นเลติจูด (latitude) แสดงความคมชัดของภาพรังสีที่ใช้สำหรับการถ่ายภาพรังสีทรวงอก



รูปที่ 2.19 ผลลัพธ์ของการปรับความคมชัดโดยใช้ LUT Curve ลักษณะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

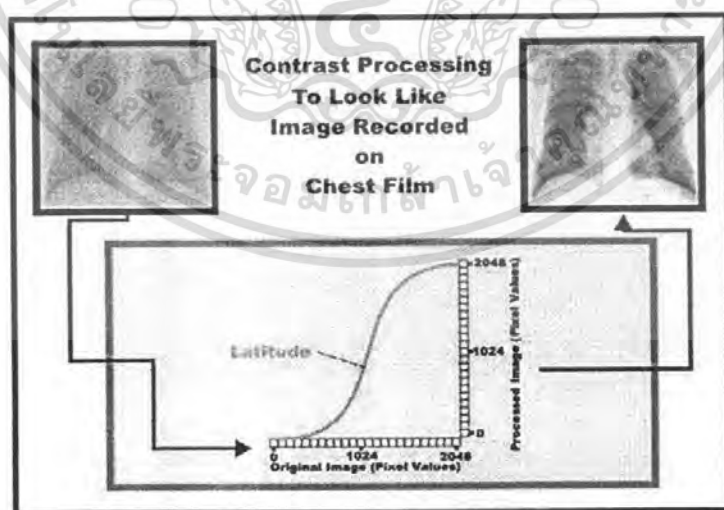


รูปที่ 2.20 ภาพแสดง LUT Curve ที่ให้ผลลัพธ์ออกมาชัดเจน

### 2.3.6 การเพิ่มความคมชัดของภาพ

ถ้านำภาพที่บันทึกได้จากเครื่องถ่ายภาพรังสีดิจิตอลมาดูทันที จะมีความคมชัดค่อนข้างต่ำ ค้างภาพช้า เนื่องจากอุปกรณ์รับภาพมีช่วงการทำงานที่กว้างมาก (wide dynamic exposure range) และมีการตอบสนองเป็นเชิงเส้น

ดังนั้นในเครื่องถ่ายภาพรังสีดิจิตอลโดยทั่วไป มักจะเลือกการปรับความคมชัดของภาพให้คล้ายคลึงกับความคมชัดที่ได้จากฟิล์มเอกซเรย์ ถ้าเป็นการถ่ายภาพด้วยฟิล์ม การปรับความคมชัดของภาพทำได้โดยการเปลี่ยนมาใช้ฟิล์มที่ให้ความคมชัดสูง

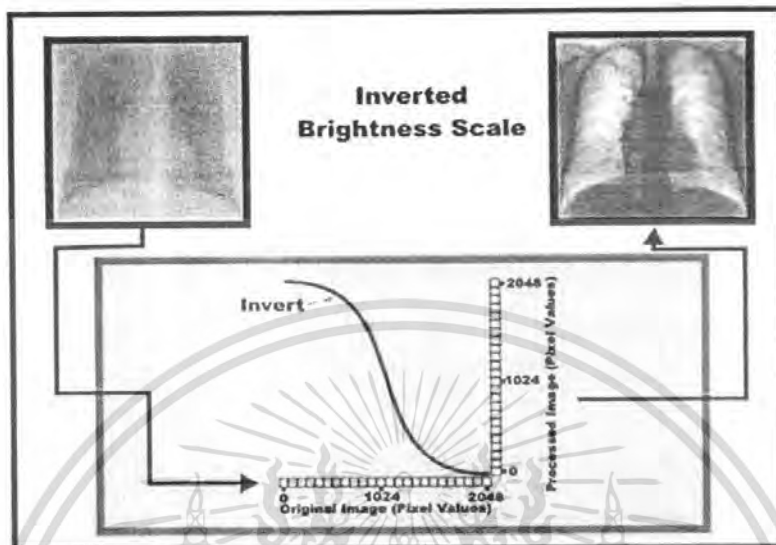


รูปที่ 2.21 ภาพแสดงการใช้ LUT Curve ที่ให้ผลลัพธ์เหมือนกับภาพจากฟิล์ม

จากรูปที่ 2.20 เป็นความคมชัดของภาพรังสีทรวงอกที่เหมาะสม ซึ่งเลือกใช้กราฟที่

ใกล้เคียงกับเลกติจูดของฟิล์มเอกซเรย์ที่ใช้ถ่ายภาพรังสีทรวงอก เมื่อเปรียบเทียบกับภาพที่ผ่านมาจะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็นว่าภาพที่ได้จะเห็น โครงสร้างทางกายภาพของร่างกายได้ชัดเจนทุกส่วนไม่ว่าจะเป็น ปอด กล้ามเนื้อ หรือ กระดูก



รูปที่ 2.22 ภาพแสดง LUT Curve เพื่อสลับความสว่างของภาพ

### 2.3.7 การสลับความสว่างของภาพ

เป็นการสลับความสว่างของภาพให้ตรงข้ามกับภาพเดิม โดยปกติเราจะเห็นบริเวณที่เป็นกระดูกซึ่งมีความหนาแน่นสูงเป็นสีขาวและเห็นบริเวณปอดซึ่งส่วนใหญ่เป็นอากาศ มีความหนาแน่นต่ำเป็นสีดำ เมื่อสลับความสว่างของภาพอาจทำให้เห็นลักษณะ โครงสร้างบางจุดได้ชัดเจนยิ่งขึ้นหรือเห็นได้ง่ายขึ้น

## 2.4 ฮันฟิลด์ ยูนิต (Hounsfield Unit)

ฮันฟิลด์ สเกล (Hounsfield scale) เป็นสเกลเชิงปริมาณเพื่ออธิบายความเข้มของรังสี โดยที่ความดัน 100 kPa (1 bar) และอุณหภูมิ 273.15 เคลวิน (K) น้ำกลั่นมี HU ที่ 0 และที่ความดันมาตรฐาน เช่นเดียวกับน้ำ อากาศมี HU ที่ -1000 HU ซึ่งมาตรฐานนี้ใช้ในการเปรียบเทียบค่า HU ของวัตถุต่างๆ ที่สภาวะเดียวกันจากเครื่อง CT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างค่า HU ของสารต่างๆ

Substance	HU
Air	-1000
Fat	-120
Water	0
Muscle	+40
Bone	+1000



82027

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

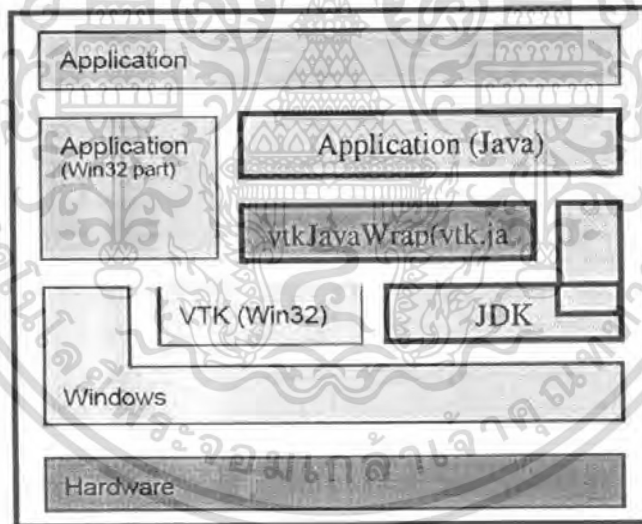
## เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

### 3.1 ไลบรารีหลักที่ใช้

#### 3.1.1 วิววลไลซ์เซชันทุลคิท (Visualization ToolKit : VTK)

วิววลไลซ์เซชันทุลคิท หรือ วีทีเค (VTK) เป็นซอฟต์แวร์เชิงวัตถุแบบโอเพนซอร์ส ที่ถูกพัฒนาบนภาษาซีพลัสพลัส (C++) สำหรับใช้งานด้าน คอมพิวเตอร์กราฟฟิค วิววลไลซ์เซชัน และ อิมเมจโพรเซสซิ่ง โดยวีทีเคนี้เป็นไลบรารีที่ใหญ่และมีความซับซ้อนมาก แต่สามารถนำมาใช้งานได้โดยต้องทำความเข้าใจในพื้นฐานของการออกแบบคลาส (Class) ของวีทีเค ขั้นตอนและวิธีการใช้งานที่ถูกต้อง

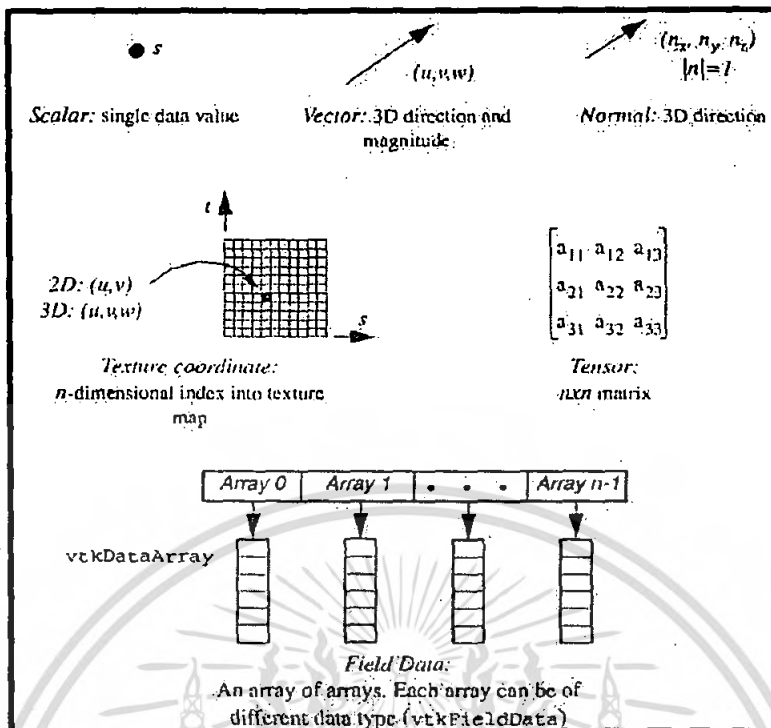
การนำวีทีเคมาใช้ในการทำงานนั้นทำได้โดยอาศัย Wrap-class ใช้หลักการ Two-levels wrapping ตามรูปที่ 3.1



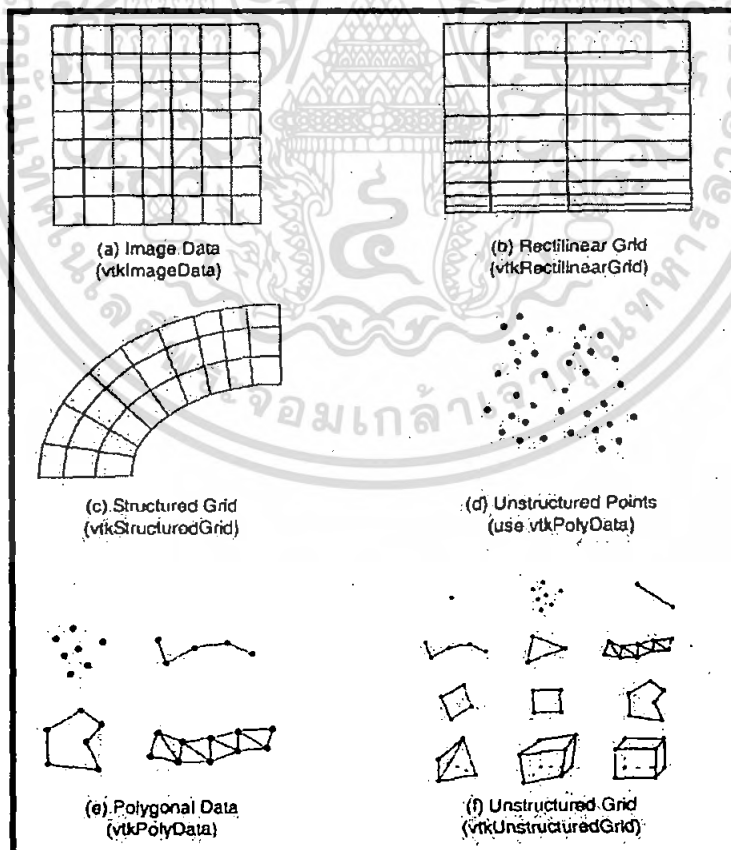
รูปที่ 3.1 แสดงชั้นการทำงานของเลเยอร์การติดต่อกับเทคโนโลยีจาวา

เครื่องมือที่ไลบรารีวีทีเคมีให้ นั้น สามารถจัดการเกี่ยวกับกราฟฟิคได้อย่างครบครัน ซึ่งคลาสเหล่านี้ใช้ในการจัดการแปลงข้อมูลทางด้านกราฟฟิคออกมาเป็นภาพที่มนุษย์สามารถเข้าใจได้ โดยการเก็บข้อมูลทางด้านกราฟฟิคของวีทีเคนั้นมีลักษณะดังรูปที่ 3.2 และ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 คุณสมบัติของดาด้า เกี่ยวกับ จุด เซล ของ ดาด้าเซต

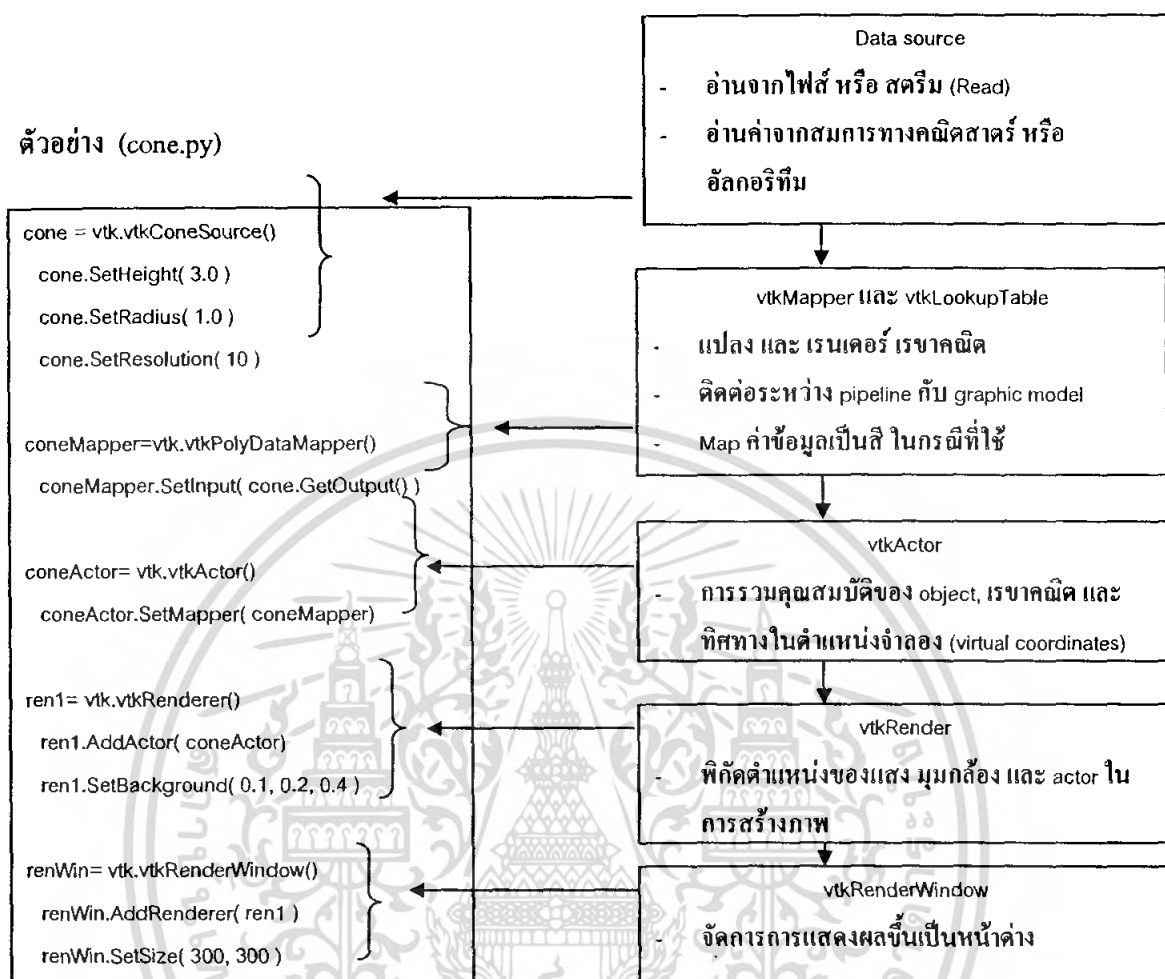


รูปที่ 3.3 ชนิดของดาด้าเซต ที่พบในวิทเค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ศึกษาข้อมูลตัวอย่างโค้ดพื้นฐานของวีทีเค**

ตัวอย่าง (cone.py)



รูปที่ 3.4 การศึกษาการพัฒนาโปรแกรมจากตัวอย่าง cone.py ในตัวอย่างวีทีเค

**Filtering Data**

- การทำฟิสเตอร์นั้น จะต้องทำการแทรกไว้ในไปป์ไลน์ (Pipeline) ก่อนการ render ขึ้นเป็นภาพสามมิติ
  - การติดต่อกับไปป์ไลน์นั้นจะใช้วิธี SetInput() และ GetInput() เช่น vtkShrinkPolyData class
  - ต้องมั่นใจว่า การเชื่อมโยงในไปป์ไลน์นั้นถูกต้อง
  - ภายในไปป์ไลน์สามารถเกิดลูปได้
  - แต่เอาต์พุตของฟิสเตอร์อันแรก ไม่สามารถเซตเป็นอินพุตของฟิสเตอร์ตัวที่สองได้ โดยตรง (ไม่สามารถเขียนฟิสเตอร์ติดกันสองอันได้)

### ควบคุมมุมมอง

- วิธีที่จะ render มุมกล้องขึ้น โดยอัตโนมัติในกรณีที่ไม่ได้กำหนดไว้
- การตั้งค่าของมุมมองนั้น จะประกอบไปด้วย ช่วงของ Clipping(hither/yon) , ทิศทาง และตำแหน่งที่เซตด้วยจุดโฟกัสและตำแหน่งโฟกัส , Orientation เซตด้วย view up setting, การเปลี่ยนไปสู่มุมมองที่จุดโฟกัสนั้นใช้ ComputeViewPlaneNormal() method
- Perspective จะบอกถึงความบิดเบือนของภาพ และ มุมที่แสดง
- Orthogonal projection แสดงให้เห็นว่า view rays นั้นเป็น parallel และสามารถเซตให้วัตถุที่ render ออกมาได้โดยไม่ใส่ distance effects โดยวิธี vtkCamera::ParallelProjectionOn() ซึ่งสามารถจะกำหนดได้ว่า ไม่ให้ซูม (zoom) และใช้ SetParallelScale() ในการขยาย actors

### ควบคุมแสง

- แสงนั้นง่ายต่อการควบคุม distance effects
- การตั้งค่าของแสงนั้น จะ ต้องกำหนด ทิศทาง ตำแหน่ง และ สี
- ในกรณี spotlight เราจะต้องใช้ method PositionalOn(), method SetConeAngle()

### ควบคุมคุณสมบัติของสามมิติ

- vtkProp3D เป็น superclass ของ props ที่อยู่ใน 3D space โดยมี เมตริก 4X4 อ้างอิงอยู่ โดยสนับสนุน scaling, translation, rotating และ geometric projection
- คลาส vtkActor เป็นชนิดของ vtkProp3D ซึ่งจะแยกแยะอย่างง่ายในส่วนของเราคือ polygons, lines
- การกำหนดตำแหน่ง
  - setPosition(x,y,z) ใน world coordinates
  - AddPosition(x,y,z) การเคลื่อนที่จากตำแหน่งปัจจุบัน
  - RotateX(theta), RotateY(theta), RotateZ(theta) เป็นการหมุนรอบแกน ด้วย theta องศา
  - SetOrientation(x,y,z) หมุนของแกน z จากนั้น x แล้วจบด้วย y
  - AddOrientation(t1,t2,t3) การเพิ่ม orientation ปัจจุบัน
  - RotateWXYZ(theta,x,y,z) การหมุนด้วย theta องศาเกี่ยวกับแกน ซึ่งตรวจสอบโดยเวกเตอร์ x-y-z
  - Scale(sx,sy,sz) เสกกลในแกน x,y,z
  - SetOrigin(x,y,z) กำหนดจุดเริ่มต้น
- Actors เป็นชนิดที่ปรากฏใน vtkProp3D ส่วนใหญ่
  - ซึ่งจะมีกลุ่มของการที่จะ render (Surface properties, Representation, Texture maps, Geometric definition)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การกำหนดทรงเรขาคณิต จะกำหนดด้วย method SetMapper()
- คุณสมบัติ จะเป็นตัวควบคุมตัว actor รวมถึงการควบคุมสี shading representation แสงสว่าง และความมืด โดยจะใช้ method GetProperty()
- สี ระบุใช้ method SetColor() โดยเซตเป็น Red, Green, Blue ตามลำดับ โดยค่าจะอยู่ระหว่างศูนย์ ถึง หนึ่ง

### 3.2 ภาษาที่ใช้

ภาษาจาวานั้นเป็นภาษาที่ทำความเข้าใจการพัฒนาซอฟต์แวร์เชิงวัตถุได้ง่าย และสามารถนำซอฟต์แวร์ที่เขียนนี้ไปใช้พัฒนาต่อได้ง่าย สามารถนำซอร์สโค้ดที่เขียนขึ้นไปทำงานได้ในทุกแพลตฟอร์ม และเป็นซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส อีกทั้งยังมีเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาอย่างครบครันทางผู้จัดทำจึงได้เลือกมาเป็นภาษาหลักในการพัฒนาซอฟต์แวร์ในโครงการนี้ ทั้งส่วนของซอฟต์แวร์ฝั่งเครื่องลูกข่าย และซอฟต์แวร์ฝั่งเครื่องแม่ข่าย

ในส่วนของเว็บแอปพลิเคชันนั้นใช้ภาษาเจเอสพี (JSP : Java Server Page) ซึ่งเป็นภาษาสคริปต์ที่ทำงานบนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ โดยมีโครงสร้างภาษาแบบจาวา มีตัวแปลภาษาคือเจทูเอสอี (J2SE) หรือเจอร์อี (JRE) ภาษาเจเอสพี (JSP) เป็นเทคโนโลยีของจาวา สำหรับสร้างเอสทีเอ็มแอล (HTML), เอกซ์เอ็มแอล (XML) หรือตามที่ใช้ร้องขอ มีตัวแปลภาษาคือ ทอมแคท อปาเช่ (Tomcat Apache) และจาวา คอมไพเลอร์ (Java Compiler) โดยตัวแปลภาษาจะสร้างเซิร์ฟเลต (Servlet) และเปลี่ยนเป็นไบนารีโค้ด (Byte Code) สำหรับถูกเรียกใช้ครั้งต่อไป จากเจเอสพีซอร์สโค้ด (JSP Source Code)

### 3.3 ระบบจัดการฐานข้อมูลที่ใช้

ระบบจัดการฐานข้อมูล (Database Management System : DBMS) ที่ใช้นั้นใช้ผลิตภัณฑ์ของมายเอสคิวแอล (MySQL) เนื่องจากเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ได้ฟรี และเขียนโปรแกรมติดต่อได้ง่าย

### 3.4 ซอฟต์แวร์เว็บเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้

ซอฟต์แวร์เว็บเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้นั้นทางผู้จัดทำได้เลือกซอฟต์แวร์ที่สามารถรองรับภาษาเจเอสพีได้ จึงได้เลือกเซิร์ฟเวอร์เป็น อปาเช่ ทอมแคท (Apache Tomcat) ซึ่งสามารถติดตั้งและเริ่มต้นใช้งานได้ง่าย โดยไม่ต้องปรับแต่งค่าอะไรมากนัก

## บทที่ 4

# การออกแบบและการพัฒนา

### 4.1 แนวทางการพัฒนาโปรแกรม (Development Life Cycle)

ในโครงการพัฒนาโปรแกรมจะใช้หลักเกณฑ์ในการพัฒนาระบบแบบ Controlled Iteration Model ซึ่งเป็นการผสมผสานหลักการของ Increment และ Iteration บนเทคโนโลยีแบบเชิงวัตถุ (Object-Oriented) โดยแบ่งช่วงของการพัฒนาออกเป็น 4 ช่วง คือ

#### 4.1.1 อินเซพชัน (Inception)

เป็นช่วงแรกของการทำงานที่ต้องเริ่มต้นด้วยการ ศึกษาความรู้ที่เกี่ยวข้อง รวบรวมความต้องการในรายละเอียดของผู้ใช้ ตลอดจนศึกษาเทคโนโลยีและเครื่องมือสำหรับการพัฒนา โดยได้มีการรวบรวมข้อมูลจากผู้ใช้งาน โดยได้รับความร่วมมือกับทางโรงพยาบาลรามคำแหงดี แชนกอร์ โหปีดิกส์

#### 4.1.2 อีเลโพรชัน (Elaboration)

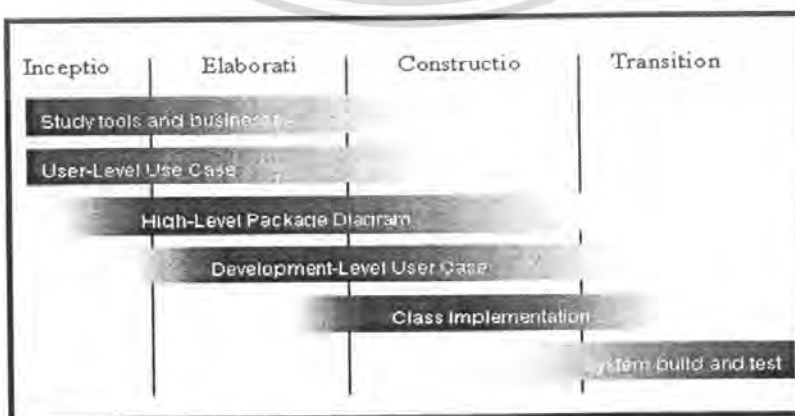
เป็นช่วงทำความเข้าใจความต้องการของผู้ใช้ (User requirement) ในรูปแบบของแผนภาพยูเอ็มแอล (UML diagram) รวมถึงการวางแผนการโครงสร้างเน็ตเวิร์ค (Network topology) เพื่อนำไปใช้สำหรับขั้นตอนต่อไปคือ การเขียน โปรแกรม (Coding) และการติดตั้งระบบ (Configuration)

#### 4.1.3 คอนสตรัคชัน (Construction)

เป็นการเขียนโปรแกรมและติดตั้งระบบ ให้มีความสามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันที่ถูกออกแบบมาจากความต้องการของผู้ใช้ระบบ

#### 4.1.4 ทรานซิชัน (Transition)

ช่วงของการทดสอบโปรแกรม และจำลองการใช้งานจริง ก่อนการนำไปใช้งาน



รูปที่ 4.1 Controlled Iteration Model

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 แผนการดำเนินงาน (Milestone)

แผนการพัฒนาโปรแกรมการวางแผนก่อนการผ่าตัดนี้ได้กำหนดไว้ในแต่ละเฟสมีแผนการดำเนินงานดังต่อไปนี้คือ

### 4.2.1 เฟสเริ่มต้น (Inception Phase)

ระยะเวลา 15 มิถุนายน 2550 – 15 สิงหาคม 2550

1. ศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. เอกสารรวบรวมความต้องการของผู้ใช้ ในรูปแบบการสัมภาษณ์ และการเอกสารต่างๆ ที่ใช้งานจริงในโรงพยาบาลรามาศิริ แผนกออร์โธปิดิกส์
3. วิเคราะห์ความต้องการจากผู้ใช้งาน (Requirement analysis) ผนวกกับเทคโนโลยีที่เลือกใช้ พร้อมกับศึกษาความเป็นไปได้ และขอบเขตงานวิจัย
4. กำหนดขอบเขตและแผนการดำเนินการพัฒนา ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด และแบ่งงานในภายในทีมพัฒนาตามหน้าที่ที่ถนัด

### 4.2.2 เฟสการดำเนินงาน (Elaboration Phase)

ระยะเวลา 15 สิงหาคม 2550 – 15 กันยายน 2550

1. วิเคราะห์และออกแบบระบบ โดยแสดงในรูปแบบโมเดลยูเอ็มแอล (UML Model) ซึ่งออกแบบเพื่อพัฒนาโปรแกรมในรูปแบบเชิงวัตถุ
2. รายงานโครงสร้างระบบเครือข่าย (จำลองระบบเครือข่าย)
3. สร้างต้นแบบจำลองระบบ พร้อมนำเสนอเครื่องมือที่ใช้งาน

### 4.2.3 เฟสการพัฒนา (Construction Phase)

ระยะเวลา 15 กันยายน 2550 – 15 ธันวาคม 2550

1. การวิเคราะห์โครงสร้างการพัฒนาโปรแกรมทั้งส่วนที่เป็น โปรแกรมการวางแผนก่อนการผ่าตัดฯ และการจัดการรายงาน แสดงโคจรูปแบบโมเดลยูเอ็มแอล
2. ตรวจสอบความถูกต้องของความต้องการ และความถูกต้องของ โครงการก่อนการพัฒนา
3. พัฒนาโปรแกรมการวางแผนก่อนการผ่าตัดฯ
4. พัฒนาระบบรายงานผล และการเชื่อมต่อกับโปรแกรมการวางแผนก่อนการผ่าตัดฯ
5. ทดสอบการใช้งาน โดยผู้ใช้งาน แผนกออร์โธปิดิกส์ โรงพยาบาลรามาศิริ พร้อมรายงานผลการทดสอบและการประเมินในรูปแบบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.4 เฟสการส่งมอบ (Transition Phase)

ระยะเวลา 1 มกราคม 2551 – 19 กุมภาพันธ์ 2551

1. รายงานผลการทดสอบและการทดลองของโปรแกรม
2. ออกแบบและจัดทำคู่มือการใช้งาน สำหรับผู้ใช้งาน
3. จัดทำรายงานการพัฒนา (วิทยานิพนธ์)
4. รายงานผลการพัฒนาโปรแกรมการวางแผนก่อนการผ่าตัดฯ

### 4.3 รายงานความต้องการ

#### 4.3.1 ส่วนที่ 1 ภาพรวมของโปรแกรม

##### 4.3.1.1 จุดประสงค์

1. ออกแบบพัฒนาโปรแกรมในการวางแผนการผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อกระดูกเอว (THR : Total Hip Replacement) และระบบรองรับการนำเข้าของแม่แบบของวัสดุฝัง (อิมแพล้น) และเครื่องมือวัดต่างๆ

2. ออกแบบพัฒนาระบบรายงานการวางแผนการผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อกระดูกเอว อย่างง่าย

3. นำมาใช้ก่อนการผ่าตัดจริงกับคนไข้ แผนกออร์โธพีดิกส์ โรงพยาบาล รามาธิบดี

##### 4.3.1.2 บทบาทและการตอบสนองต่อผู้ใช้

1. แพทย์

- วางแผนการผ่าตัดด้วยโปรแกรมวางแผนการผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อกระดูก พร้อมสร้างรายงานการวางแผน

- การใช้งานระบบรายงาน โดยได้รับสิทธิ์เพื่อเข้าระบบ
- ค้นหาหรือดูรายงานการวางแผนจากแพทย์คนอื่น ๆ ที่วางแผนการผ่าตัด ผ่านทางเว็บไซต์ได้ ด้วยสิทธิ์ที่ได้รับ

2. แพทย์ผู้ทำการรักษาต่อหรือคนไข้

- ดูรายงานการวางแผนการผ่าตัดผ่านทางเว็บไซต์

3. ผู้ดูแลระบบ

- จัดการหรือตั้งค่าระบบ

- จัดการเรื่องของหน้าที่ผู้ใช้และระบบความปลอดภัย

### 4.3.1.3 การแทนที่ระบบเดิม

ในปัจจุบันการผ่าตัดเปลี่ยนกระดูกข้อต่อนั้นได้พัฒนาด้านรูปแบบ และวิธีการรักษาไปมาก ในปัจจุบัน ประเทศไทยสามารถผ่าตัดเปลี่ยนกระดูกข้อต่อได้แล้ว แต่ในการผ่าตัดนั้นไม่มีเทคโนโลยีช่วยในการวัด การวางแผน การเลือกอิมแพล้น ในการเปลี่ยน ซึ่งต้องใช้วิธีการวัดด้วยมือทั้งสิ้น ดังนั้น โปรแกรมการวางแผนการเปลี่ยนกระดูกข้อต่อสะโพกนี้จะสามารถเข้าไปเปลี่ยนแปลงวิธีการวัดและสามารถช่วยให้การเปลี่ยนกระดูกเป็นไปอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

## 4.3.2 ส่วนที่ 2 Functional requirement

### 4.3.2.1 Software Basic Functions

1. โปรแกรมสามารถให้ผู้ใช้สร้างโครงงานใหม่ได้โดยผู้ใช้สามารถนำเข้ารูปภาพจากการเอ็กซ์เรย์ ได้เป็นไฟล์แบบเจพีจี (jpg) หรือ อาร์เอดับเบิลยู (raw)
2. โปรแกรมสามารถให้ผู้ใช้บันทึกโครงงานได้โดยสามารถเก็บรายละเอียดของการวางแผนการผ่าตัดและการใช้งานของผู้ใช้
3. สามารถให้ผู้ใช้ปรับค่าคอนทราสต์ได้โดยปรับค่าตามค่า HU ในรูปแบบของวินโดว เลเวล
4. สามารถให้ผู้ใช้ปรับขนาดของภาพเทียบกับขนาดของจริงแบบไม่อัด โนมัตติ
5. สามารถให้ผู้ใช้วัดค่าความยาวได้
6. สามารถให้ผู้ใช้วัดค่ามุมได้
7. สามารถให้ผู้ใช้วัดค่ารัศมีจากวงกลมได้
8. สามารถให้ผู้ใช้เลือกเทมเพลต (template) ในการวางแผนได้
9. สามารถให้ผู้ใช้วางแผนแบบโดยใช้เทมเพลตได้
10. สามารถเปลี่ยนสีของวัตถุที่ใส่ลงไปเพื่อการวัดได้
11. สามารถลบวัตถุเพื่อการวัดได้
12. สามารถออกรายงานการวางแผนการผ่าตัดได้
13. โปรแกรมสามารถเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูลของโครงงานได้

### 4.3.2.2 Security

#### แพทย์ผู้ทำการผ่าตัด

- สามารถดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลที่เก็บภาพเอ็กซ์เรย์ ได้
- สามารถสร้างโครงงานใหม่ได้

#### แพทย์ผู้ทำการรักษาต่อหรือคนไข้

- สามารถดูรายงานการรักษาก่อนหน้าได้

### ผู้ดูแลระบบ

- สามารถจัดการกับฐานข้อมูลเอ็กซ์เรย์ และฐานข้อมูลโครงการได้
- สามารถจัดการข้อมูลผู้ใช้ได้

#### 4.3.2.3 Auditing

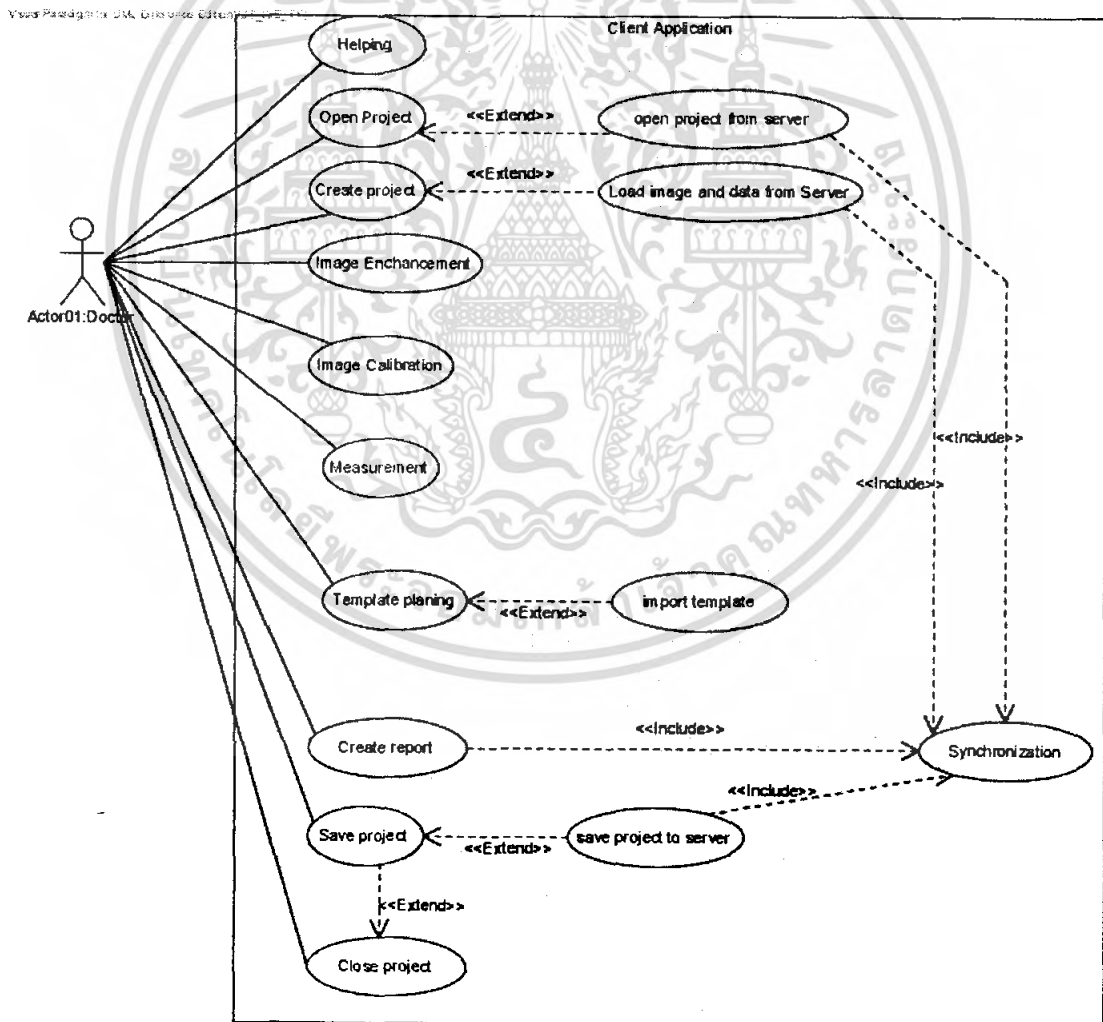
- เก็บข้อมูลการใช้งานของฐานข้อมูลผู้ป่วย

#### 4.3.2.4 Reporting

- สร้างรายงานการรักษาตามที่ต้องการและความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้งานในแต่ละระดับได้

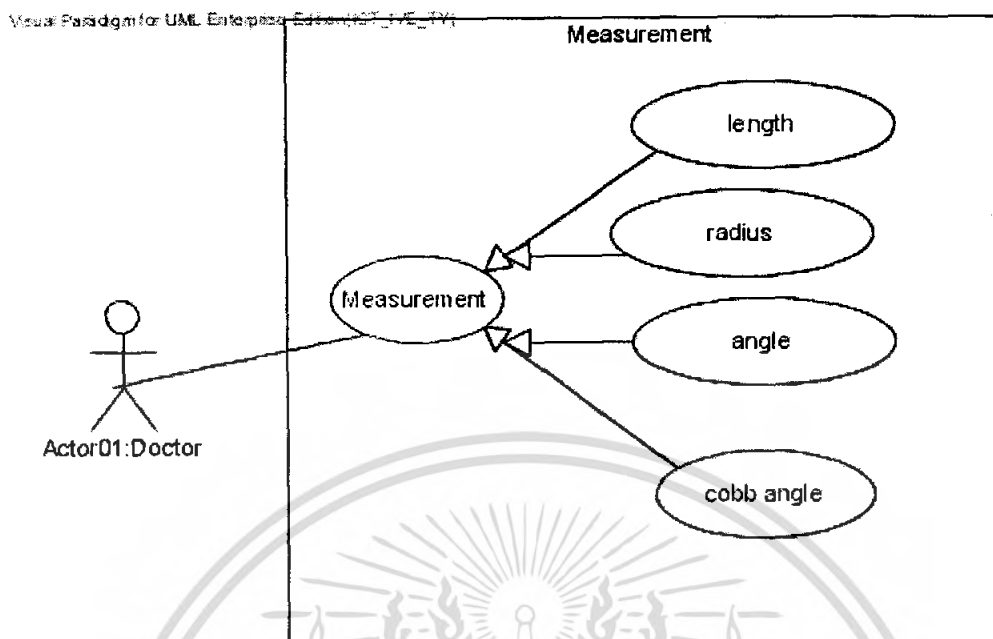
## 4.4 กรณีใช้งาน (Use Case)

### 4.4.1 ส่วนของโปรแกรมวางแผนการผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อ

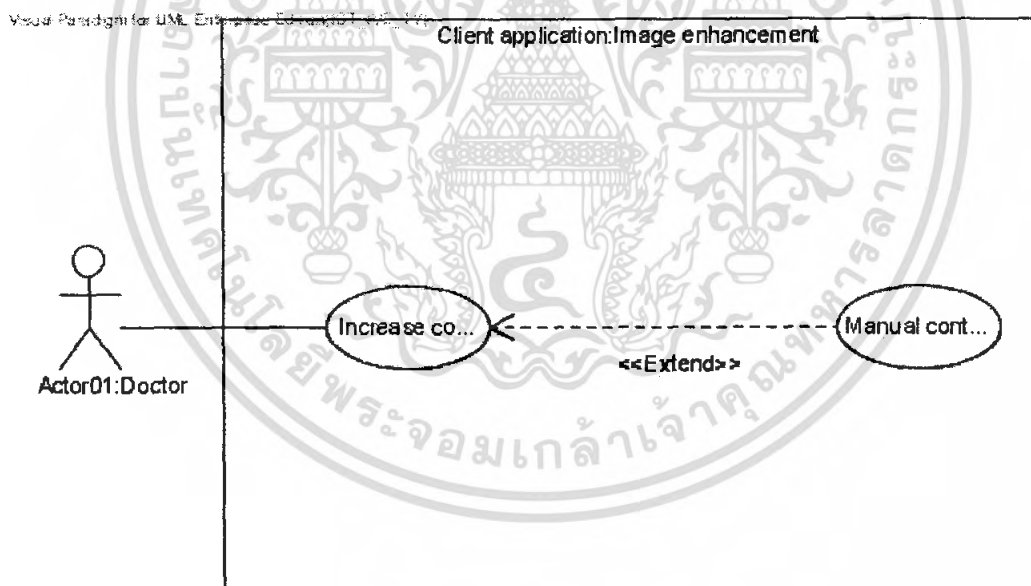


รูปที่ 4.2 กรณีใช้งานส่วนโปรแกรมวางแผน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



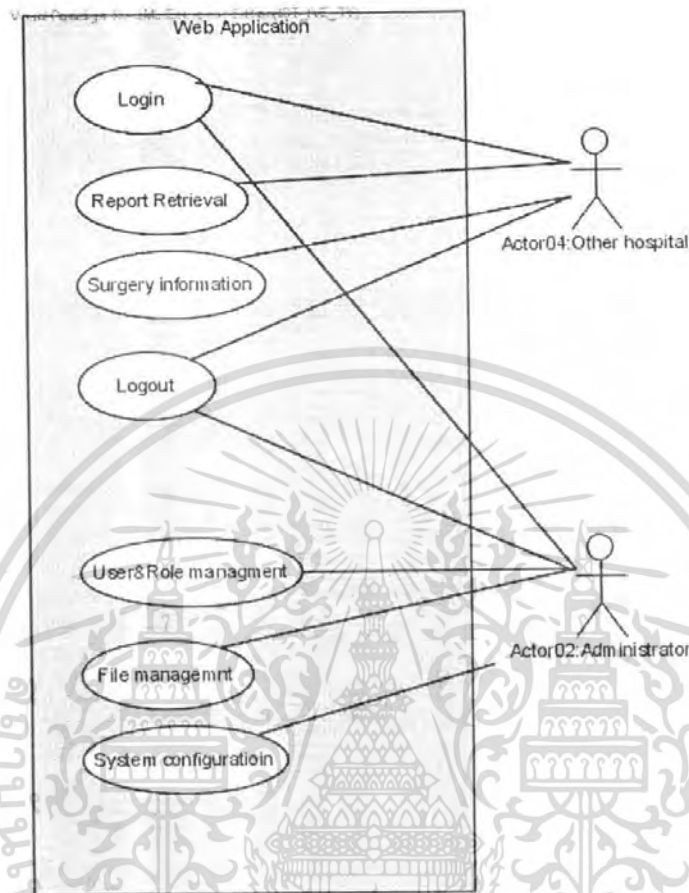
รูปที่ 4.3 กรณีใช้งานโปรแกรมวางแผนส่วนเครื่องมือวัด



รูปที่ 4.4 กรณีใช้งานส่วนของ image enhancement

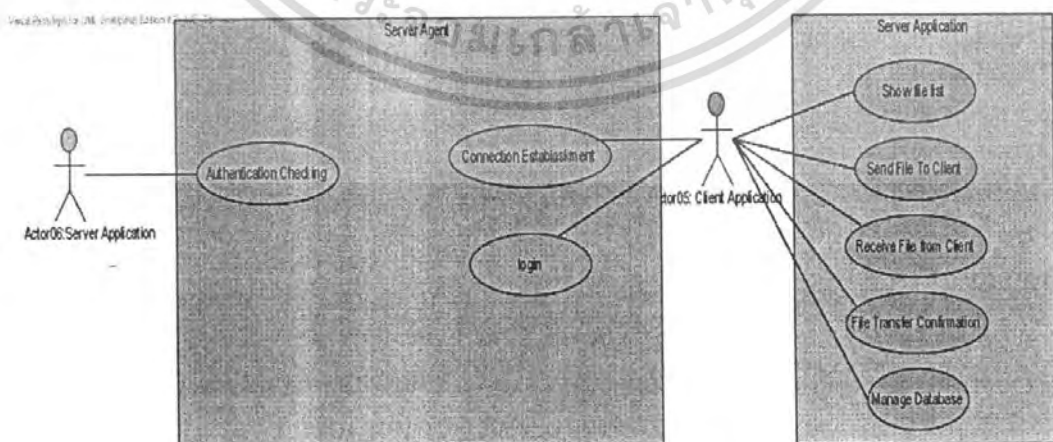
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4.2 ส่วนของเว็บแอปพลิเคชัน



รูปที่ 4.5 กรณีใช้งานผ่านเว็บ

#### 4.4.3 ส่วนของเซิร์ฟเวอร์

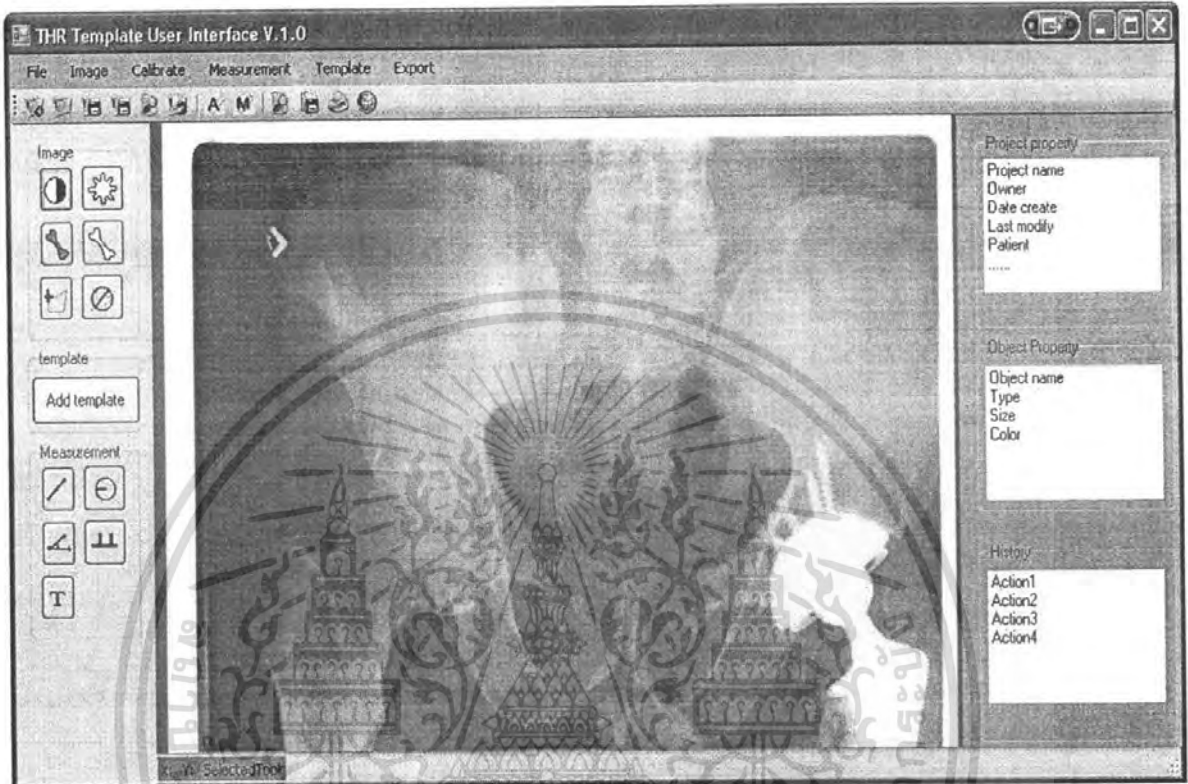


รูปที่ 4.6 กรณีใช้งานฝั่งเซิร์ฟเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

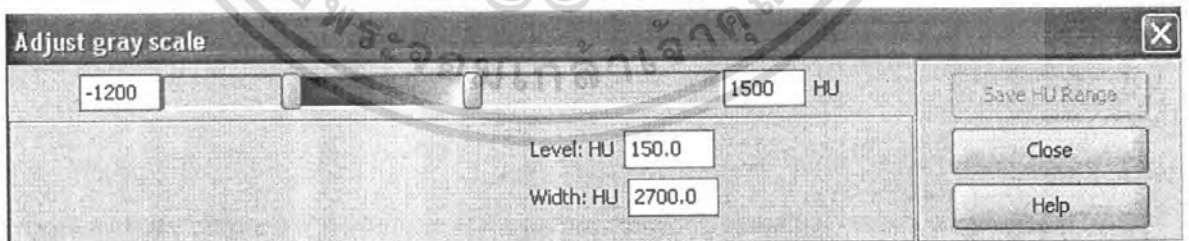
## 4.5 ต้นแบบ

### 4.5.1 การติดต่อผู้ใช้



รูปที่ 4.7 ต้นแบบการติดต่อผู้ใช้

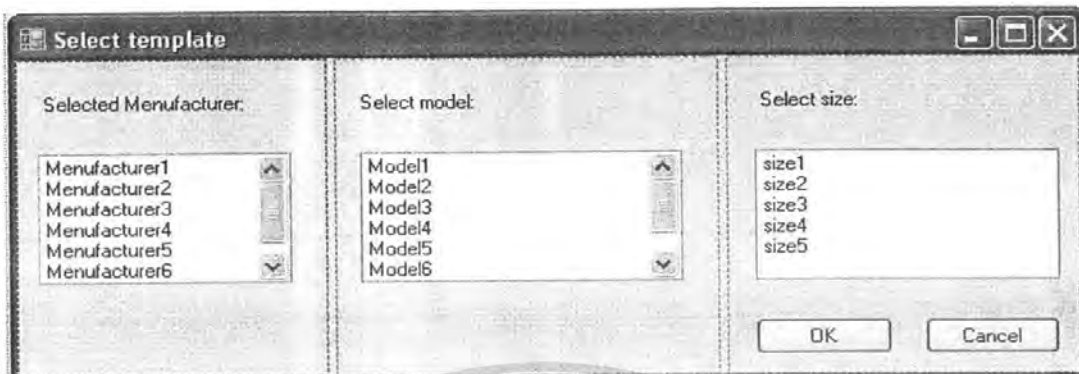
### 4.5.2 การปรับความคมชัด



รูปที่ 4.8 ต้นแบบการปรับความคมชัด

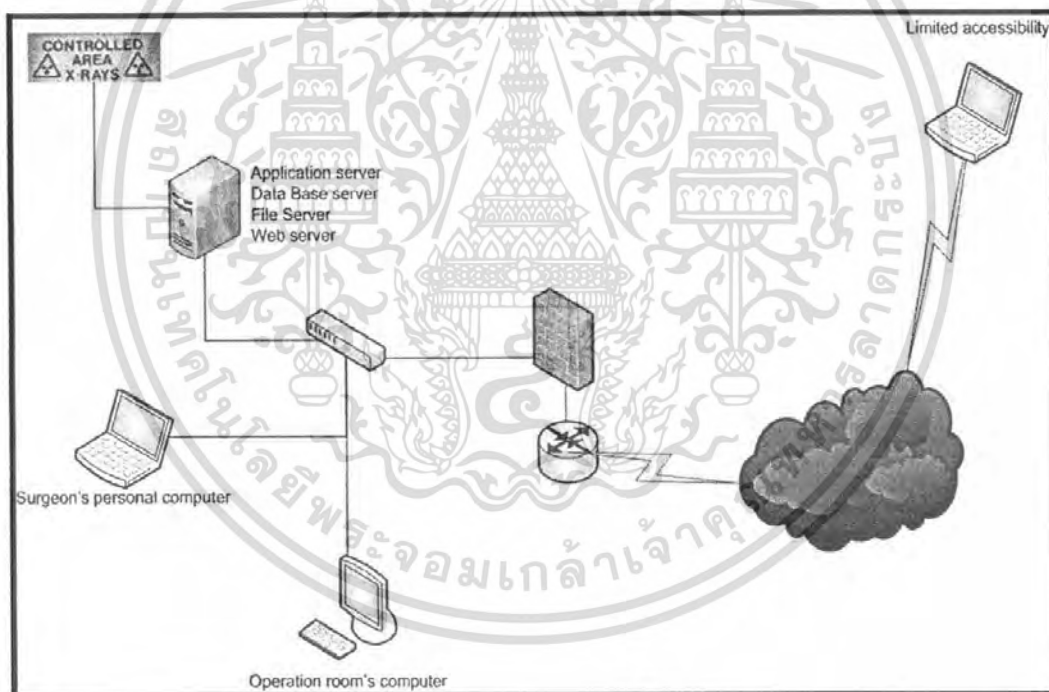
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.5.3 การเลือกเทมเพลต



รูปที่ 4.9 ต้นแบบส่วนการเลือกเทมเพลต

### 4.6 ภาพจำลองระบบเครือข่าย

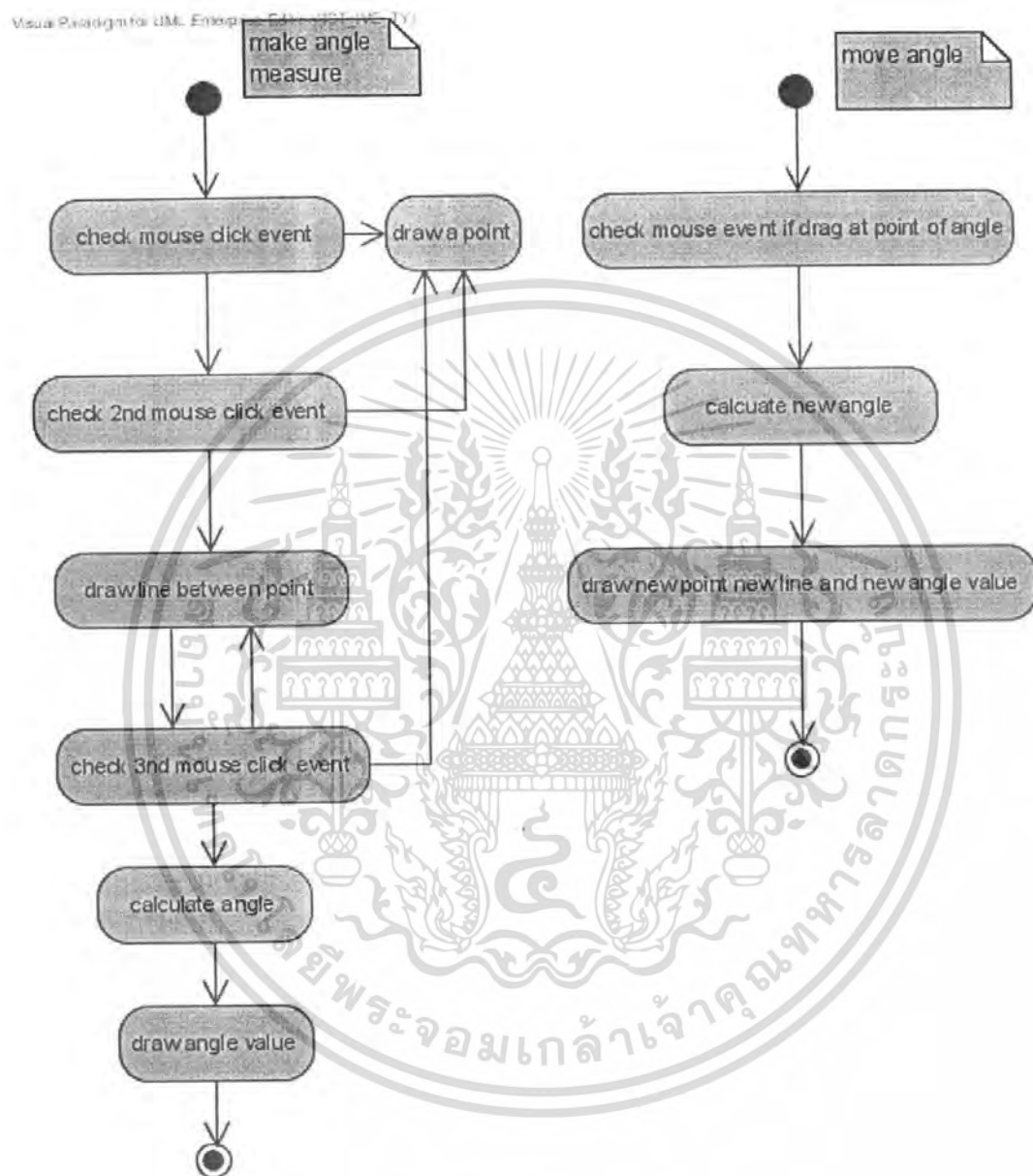


รูปที่ 4.10 จำลองระบบเครือข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

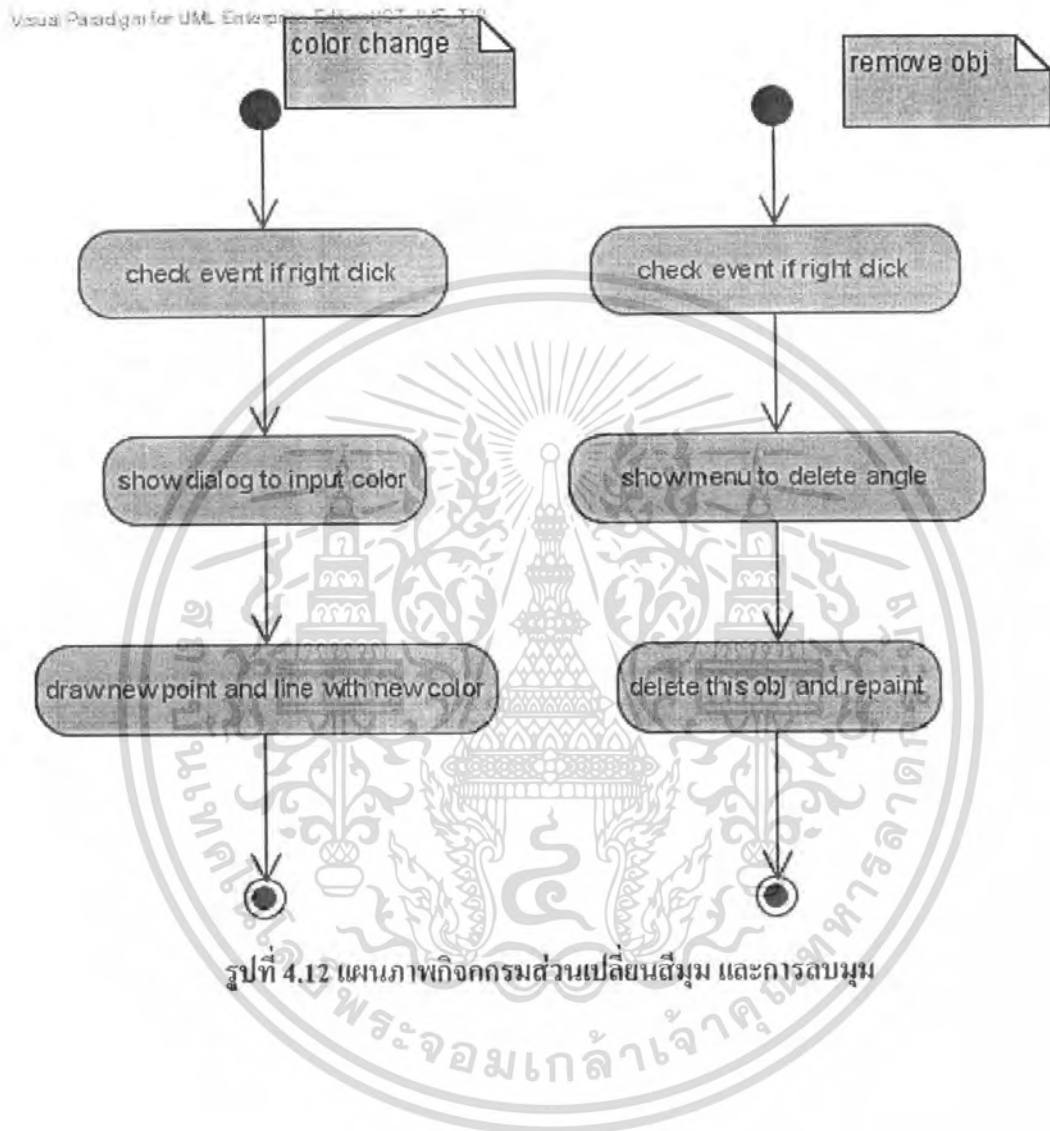
## 4.7 แผนภาพกิจกรรม (Activity diagram)

### 4.7.1 ส่วนการวัดมุม



รูปที่ 4.11 แผนภาพกิจกรรมส่วนการสร้างมุมและเคลื่อนย้าย

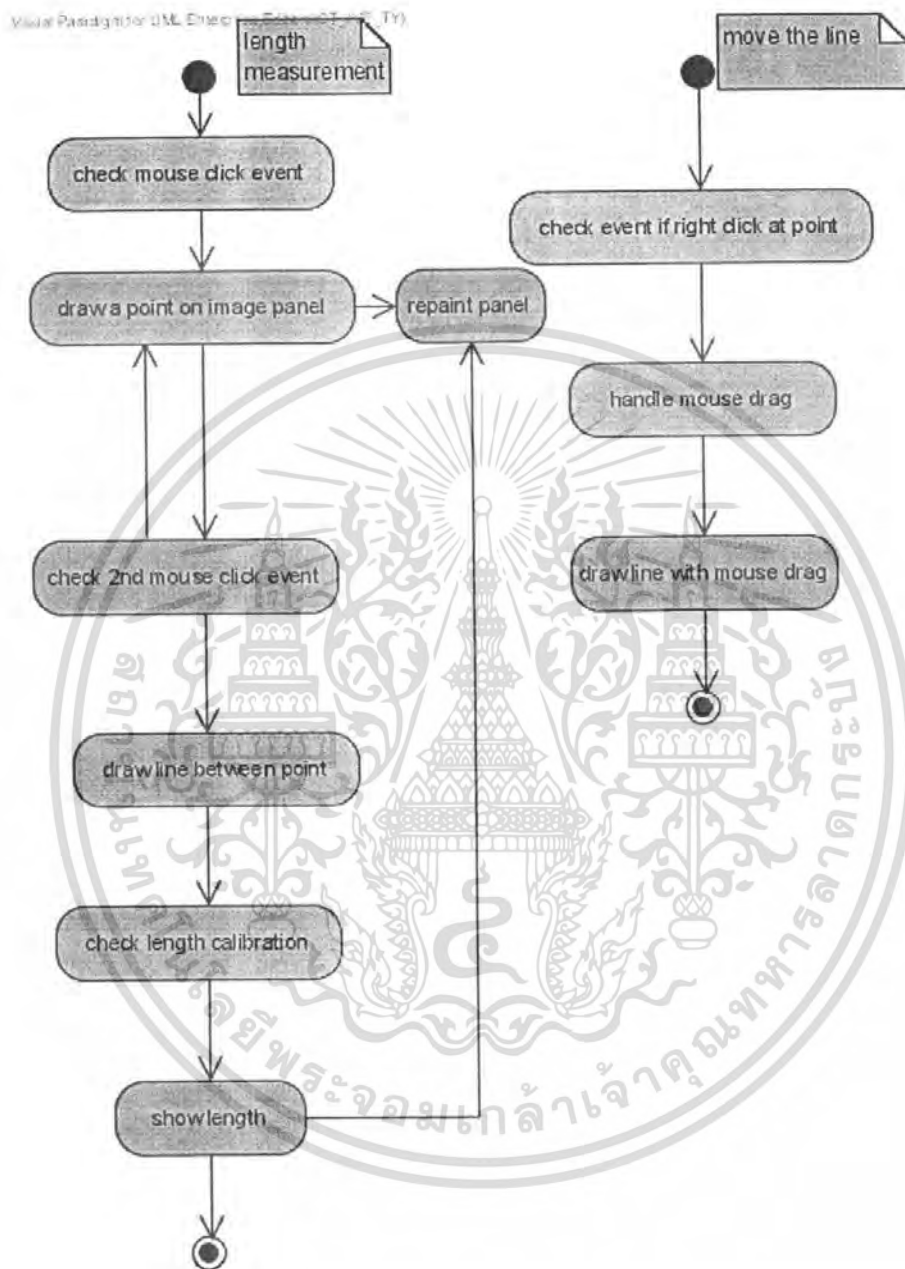
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แผนภาพกิจกรรมส่วนเปลี่ยนสีมุม และการลบมุม

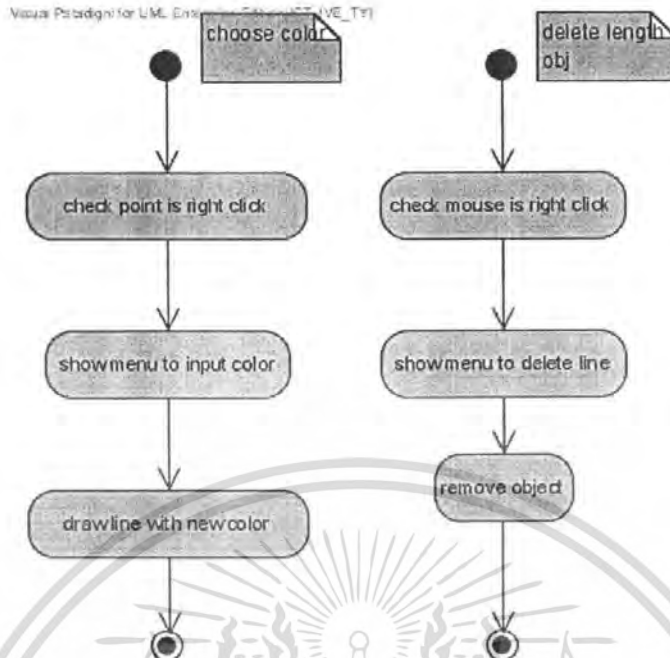
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.7.2 ส่วนการวัดความยาว



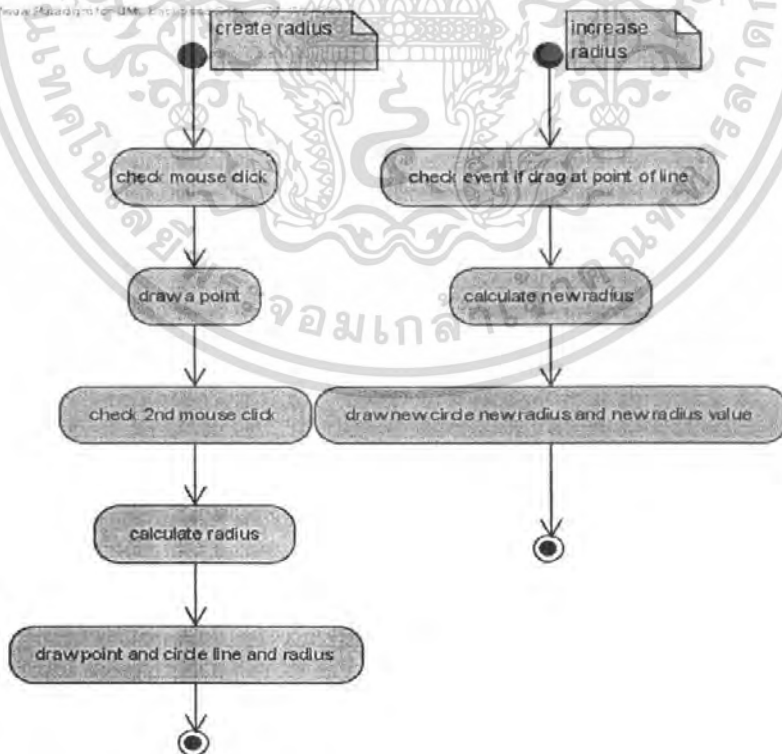
รูปที่ 4.13 แผนภาพกิจกรรมส่วนของการวัดความยาว และย้ายเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



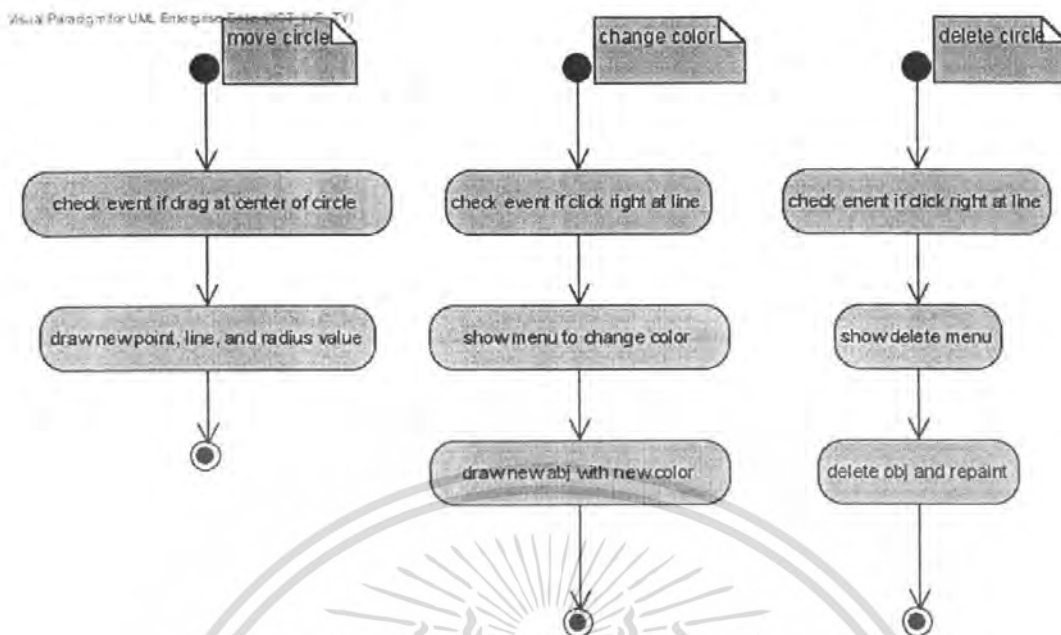
รูปที่ 4.14 แผนภาพกิจกรรมผ่านของการเลือกสีและการลบเส้น

4.7.3 ส่วนการวาดรัศมีวงกลม



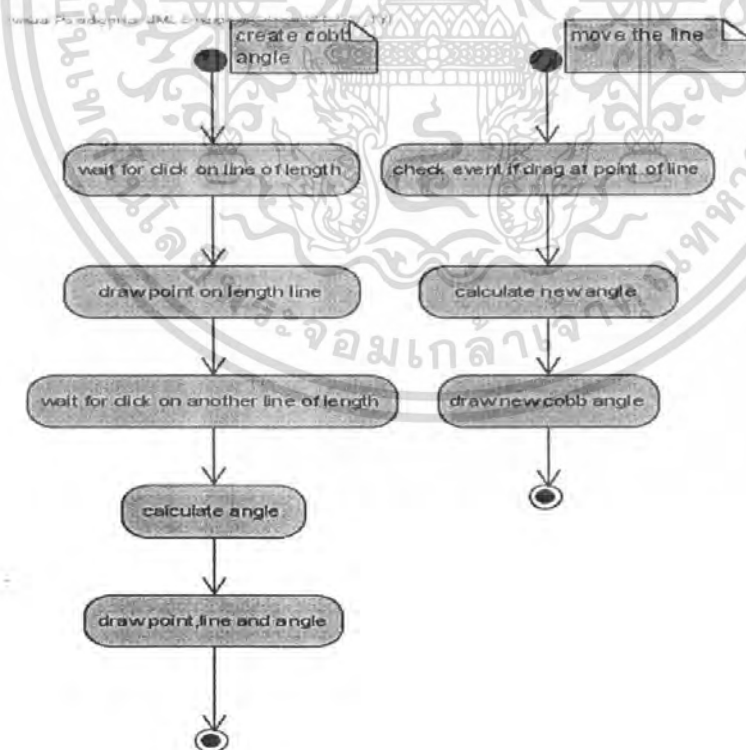
รูปที่ 4.15 แผนภาพกิจกรรมส่วนการวาดวงกลมและการเพิ่มรัศมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



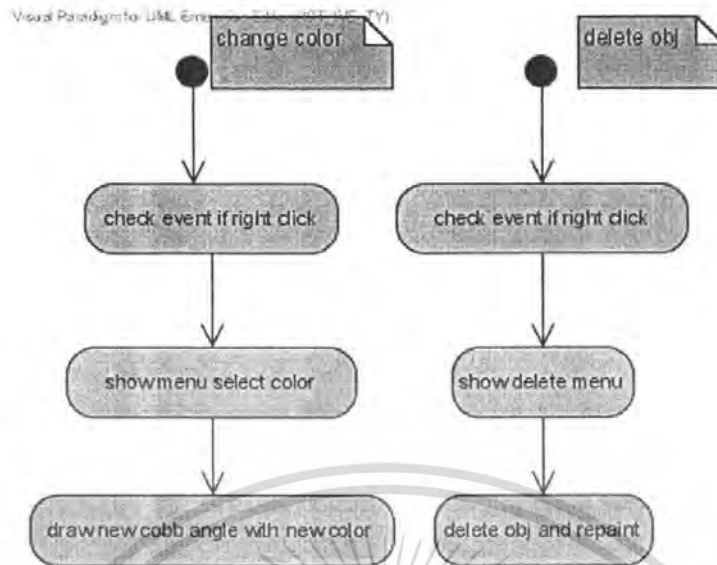
รูปที่ 4.16 แผนภาพกิจกรรมส่วนของการย้ายเส้น การเปลี่ยนสีและการลบวงกลม

#### 4.7.4 ส่วนการวัดมุมระหว่างเส้น



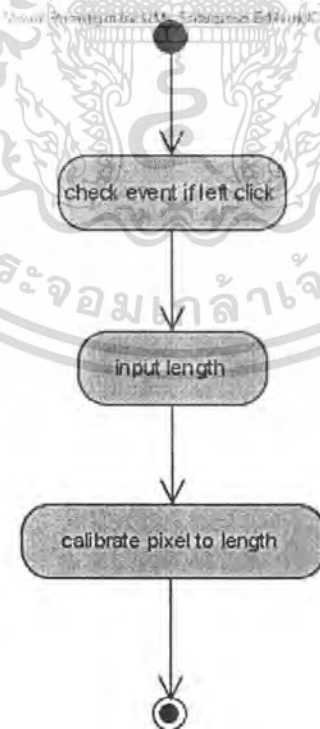
รูปที่ 4.17 แผนภาพกิจกรรมส่วนการสร้าง cobb angle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 แผนภาพกิจกรรมส่วนของการเปลี่ยนสีและการลบ cob angle

#### 4.7.5 ส่วนของ Image calibration

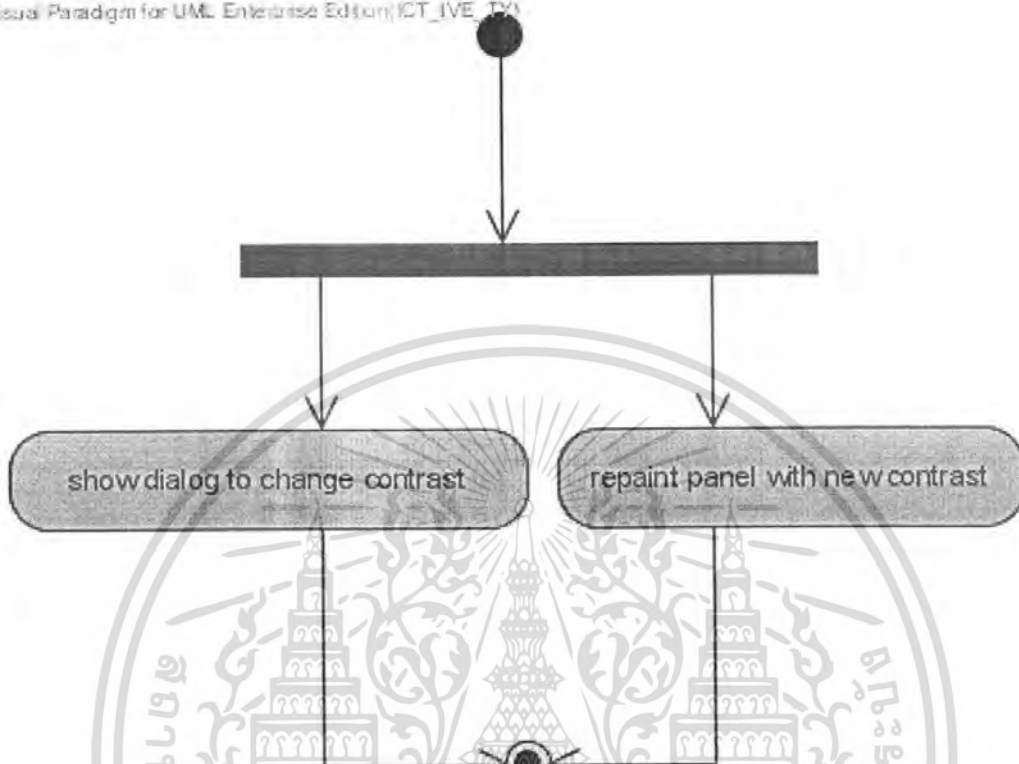


รูปที่ 4.19 แผนภาพกิจกรรมส่วนของ Image calibration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.7.6 ส่วนของการปรับค่าความคมชัด

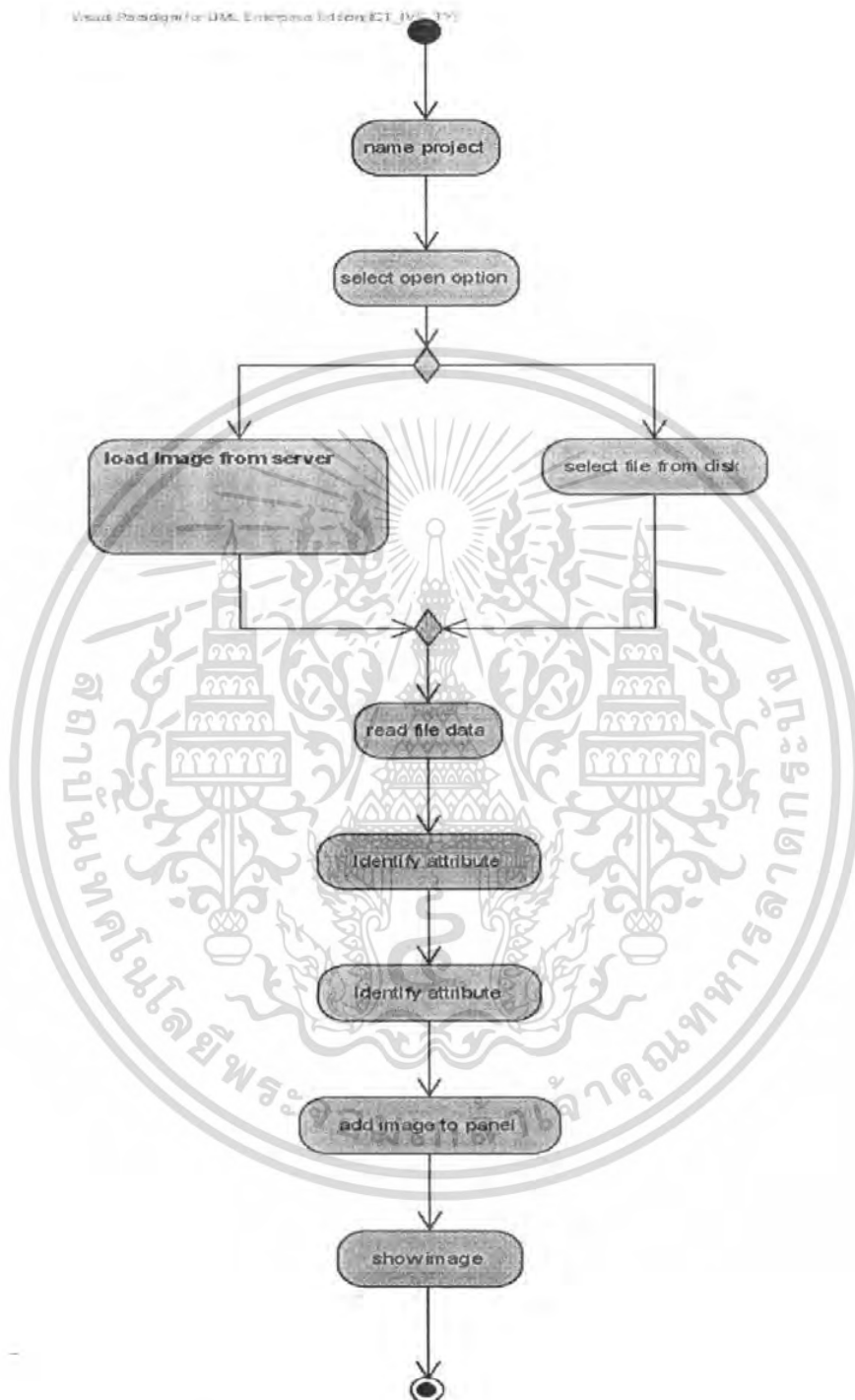
Visual Paradigm for UML Enterprise Edition (CT\_LIVE\_TVA)



รูปที่ 4.20 แผนภาพกิจกรรมส่วนของการปรับความคมชัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

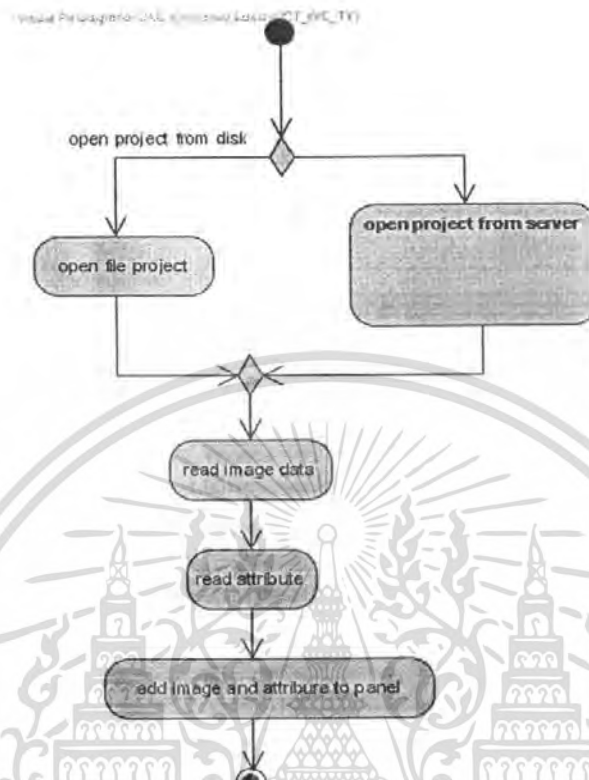
#### 4.7.7 ส่วนของการสร้างโปรเจก



รูปที่ 4.21 แผนภาพกิจกรรมส่วนของการสร้างโปรเจก

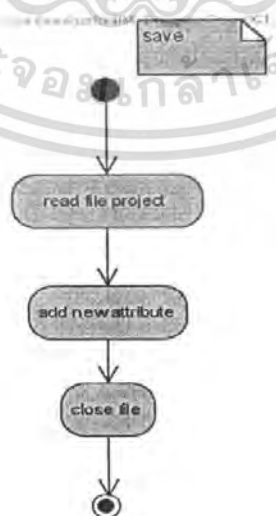
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.7.8 ส่วนการเปิดโปรเจก



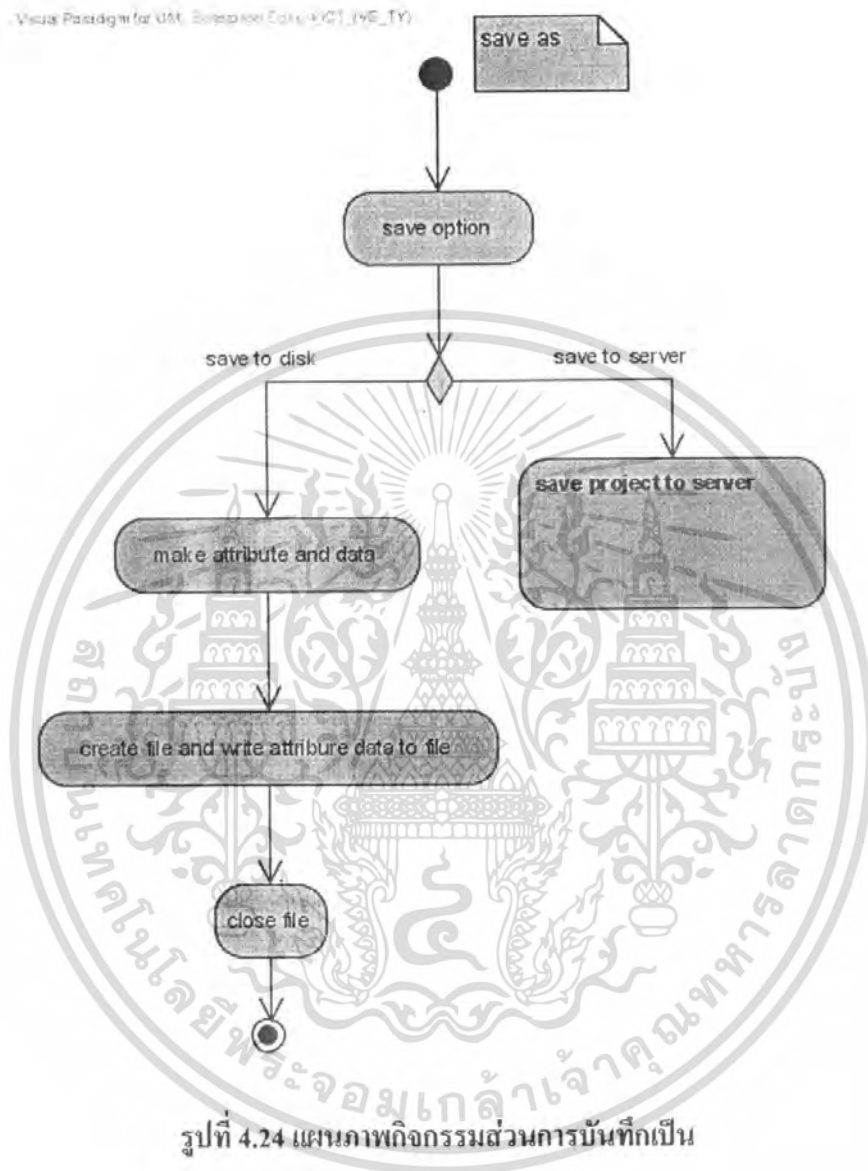
รูปที่ 4.22 แผนภาพกิจกรรมส่วนการเปิดโปรเจก

#### 4.7.9 ส่วนการบันทึกโปรเจก



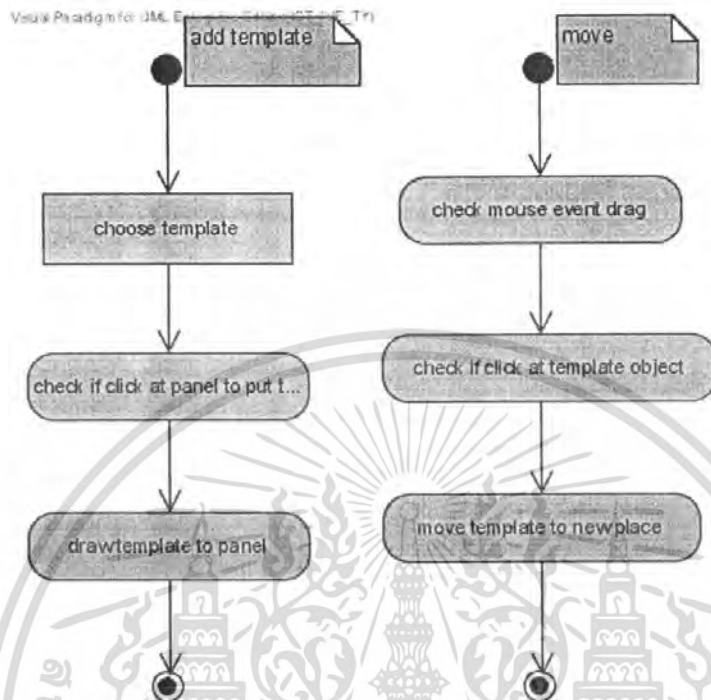
รูปที่ 4.23 แผนภาพกิจกรรมส่วนของการบันทึกโปรเจก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

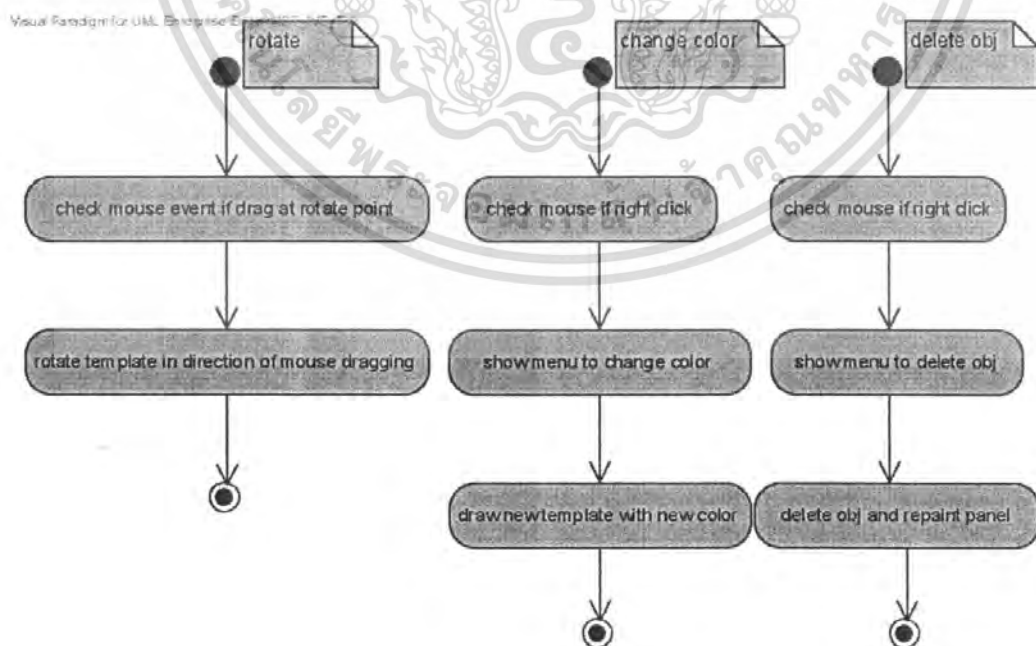


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.7.10 ส่วนของการวางแบบจำลองกระดุกข้อต่อเทียม



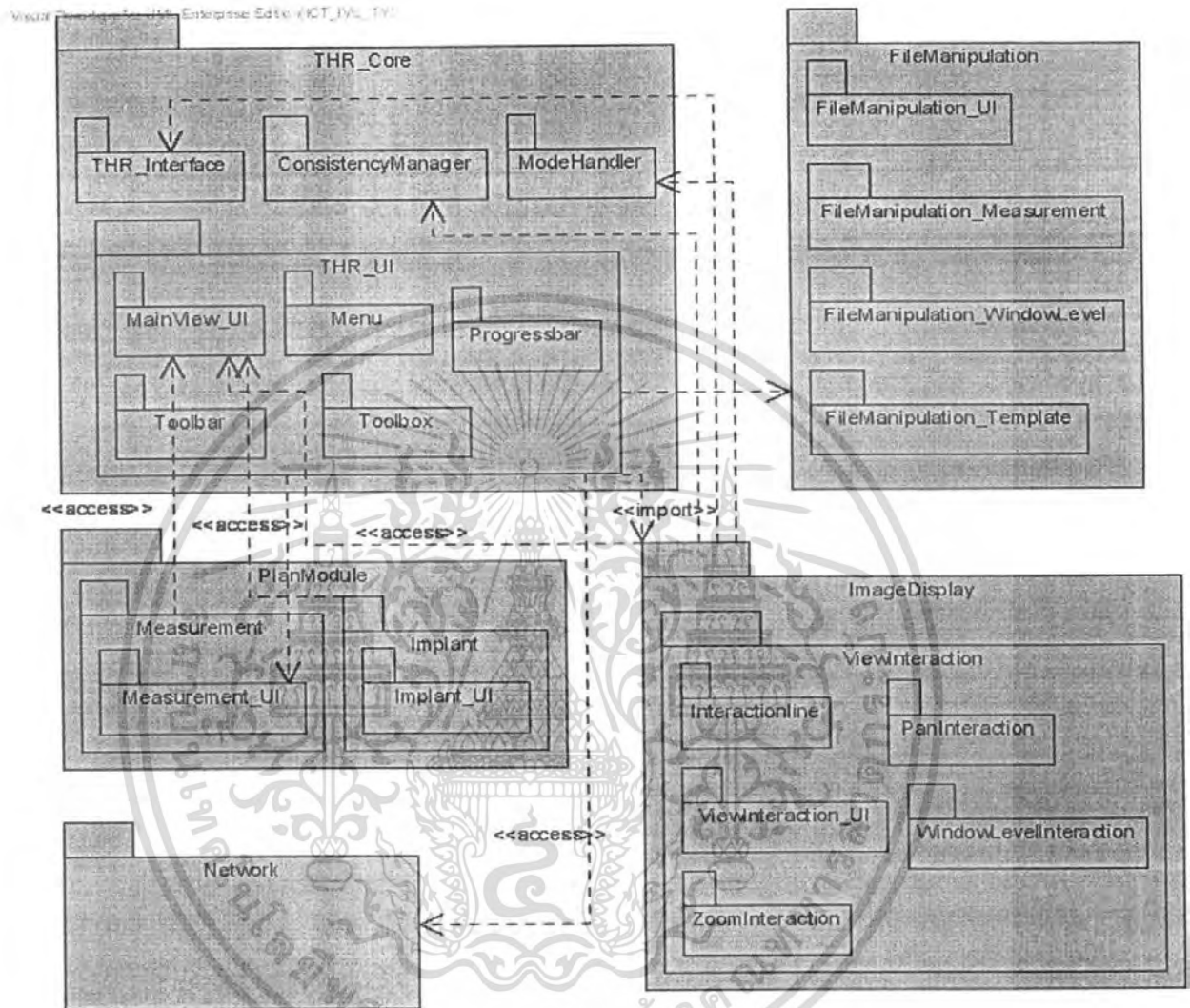
รูปที่ 4.25 แผนภาพกิจกรรมส่วนของการใส่เทมเพลต และการย้ายเทมเพลต



รูปที่ 4.26 แผนภาพกิจกรรมส่วนการหมุน การเปลี่ยนสี และการลบเทมเพลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

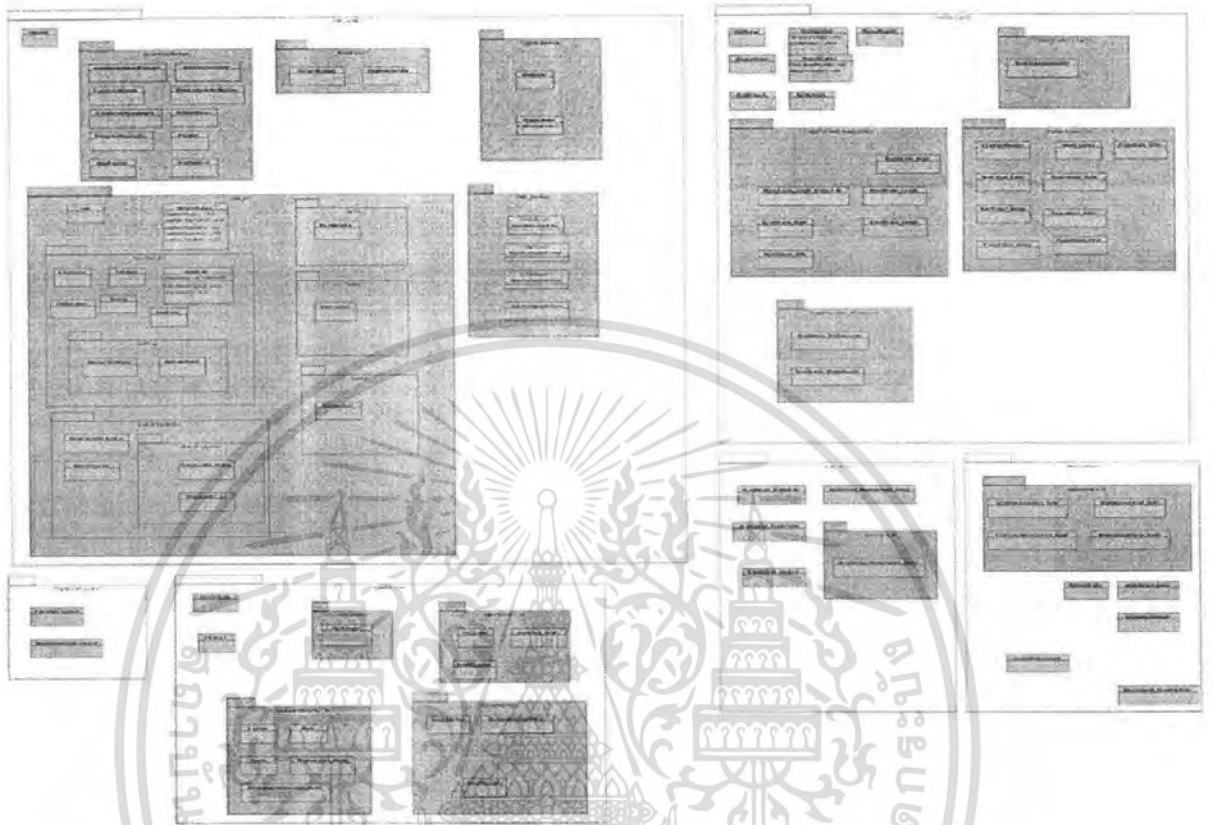
## 4.8 ภาพรวมของโปรแกรม



รูปที่ 4.27 แสดงภาพรวมของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.9 แผนภาพคลาส



รูปที่ 4.28 แสดงคลาสทั้งหมดซึ่งยังไม่ได้แสดงความสัมพันธ์ของแต่ละคลาส

จากรูป แสดงคลาสทั้งหมดซึ่งยังไม่ได้แสดงความสัมพันธ์ของแต่ละคลาส ประกอบด้วย ส่วนต่างๆ โดยแบ่งเป็นแพ็คเกจต่างๆ ดังนี้

### THR\_CORE

เป็นส่วนที่ควบคุมการทำงานของโปรแกรมโดยรวม โดยประกอบด้วยส่วนของการแสดงผล การควบคุมความสอดคล้องของปุ่มต่างๆ การควบคุมการเปลี่ยนโมดการทำงาน เมนู ทูลบาร์ ทูลบ็อกซ์ (Toolbar Toolbox) ประกอบด้วยส่วนย่อยดังนี้

#### -Consistency manager

เป็นส่วนที่ควบคุมความสอดคล้องกันของการทำงานของโปรแกรมเช่นควบคุมการสอดคล้องกันของปุ่มการทำงานให้สอดคล้องกันในโมดต่างๆการจัดการจุดพิกัดภายในโปรแกรม เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mode handler

เป็นส่วนที่ควบคุมการเปลี่ยน โหมดการทำงานใน โหมดต่างๆ เช่นการชุม การจัดการ เครื่องมือ เป็นต้น

Patient Data Loader

เป็นส่วนที่ควบคุมการ โหลดข้อมูลของผู้ป่วยโดย โหลดเป็นข้อมูลรูปภาพ รวมไปถึงการ ถอดรายละเอียดของภาพที่ได้

THR UI

เป็นส่วนที่ควบคุมการแสดงผลทั้งหมด

THR\_interface

เป็นส่วนของอินเตอร์เฟซของเมนูทูลบาร์ ทูลบ็อกซ์ เพื่อให้สามารถเพิ่มความสามารถ ของโปรแกรมได้ง่ายในภายหลัง

File Manipulation

เป็นส่วนที่ กำหนดการทำงานที่เกี่ยวข้องกับ ไฟล์ข้อมูลรวมถึงการสร้าง โปรเจคใหม่ การ เปิดโปรเจค การบันทึกโปรเจคประกอบด้วยส่วนย่อยคือ

File Manipulation UI

เป็นส่วนติดต่อกับส่วนคอร์ (core) ซึ่งทำงานสอดคล้องกับยูสเซอร์ อินเตอร์เฟซ (user interface) เพื่อสั่งงานการติดต่อกับส่วนไฟล์

File Manipulation measurement

เป็นส่วนที่ควบคุมการจัดการ ไฟล์ในส่วนของ measurement การจัดการเรื่องการเซฟ ข้อมูลของการวางแผนต่างๆ

File Manipulation Windows level

เป็นส่วนที่จัดการ ไฟล์ในส่วนของการปรับค่าคอนทราส

Program configuration

ส่วนที่ควบคุมค่าคงที่ในการทำงานของ โปรแกรมทั้งหมด

Measurement

เป็นส่วนทำงานของเครื่องมือวัด ความยาว วัดมุม รวมถึงการ calibration

-Graphic list

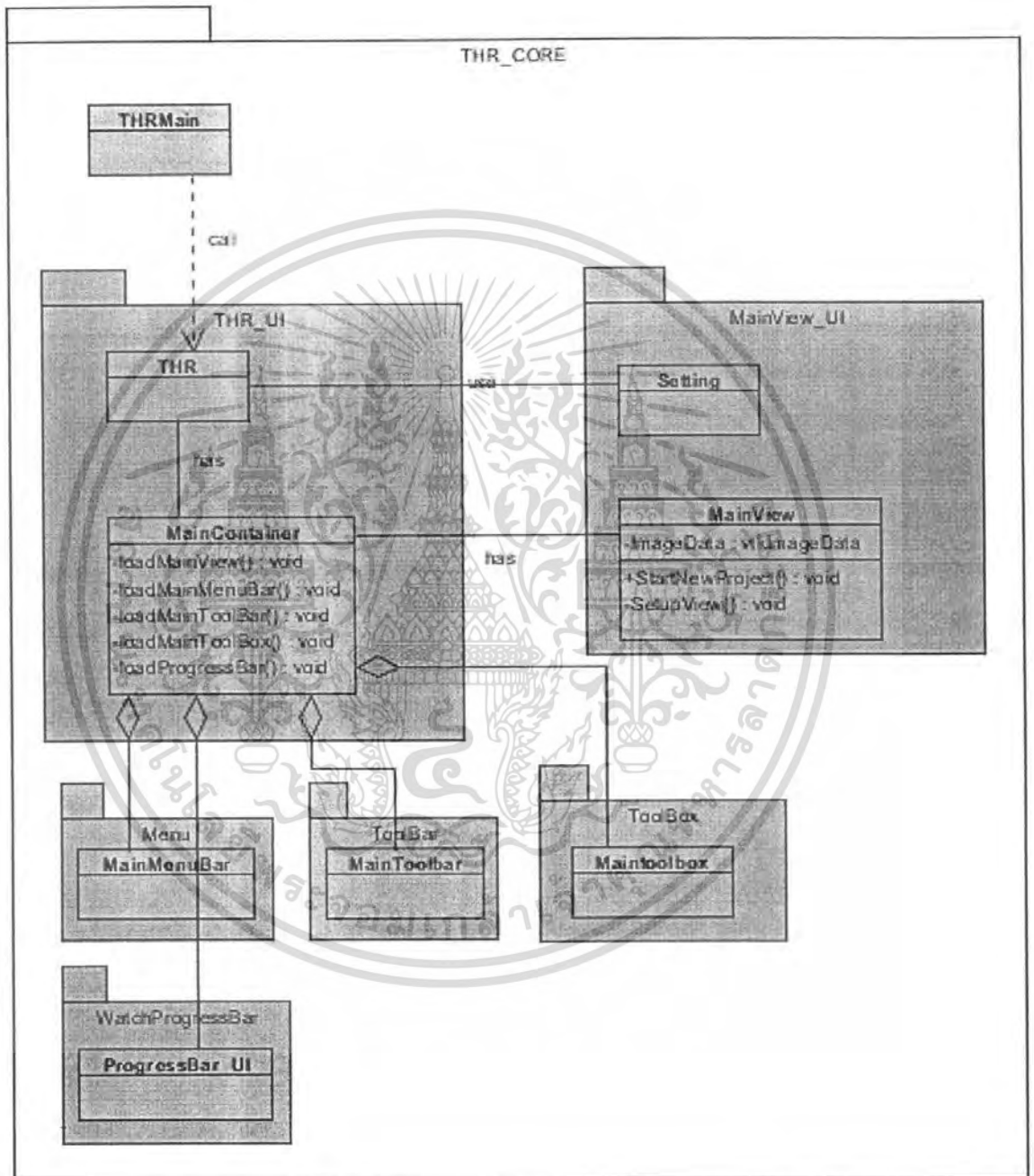
เป็นส่วนที่ควบคุมการแสดงผลของข้อมูลเครื่องมือวัด

View interaction

เป็นส่วนที่ควบคุมเรื่องการซูมเข้า การซูมออก การแพน รวมถึงการควบคุมคอนทราส

การออกแบบคลาสนั้น เพื่อให้ง่ายต่อการลงมือทำงาน ผู้จัดทำจึงแบ่งการออกแบบคลาส ออกเป็นส่วนๆ ได้คลาสแต่ละส่วนดังนี้

Class Diagram ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเริ่ม โปรแกรม

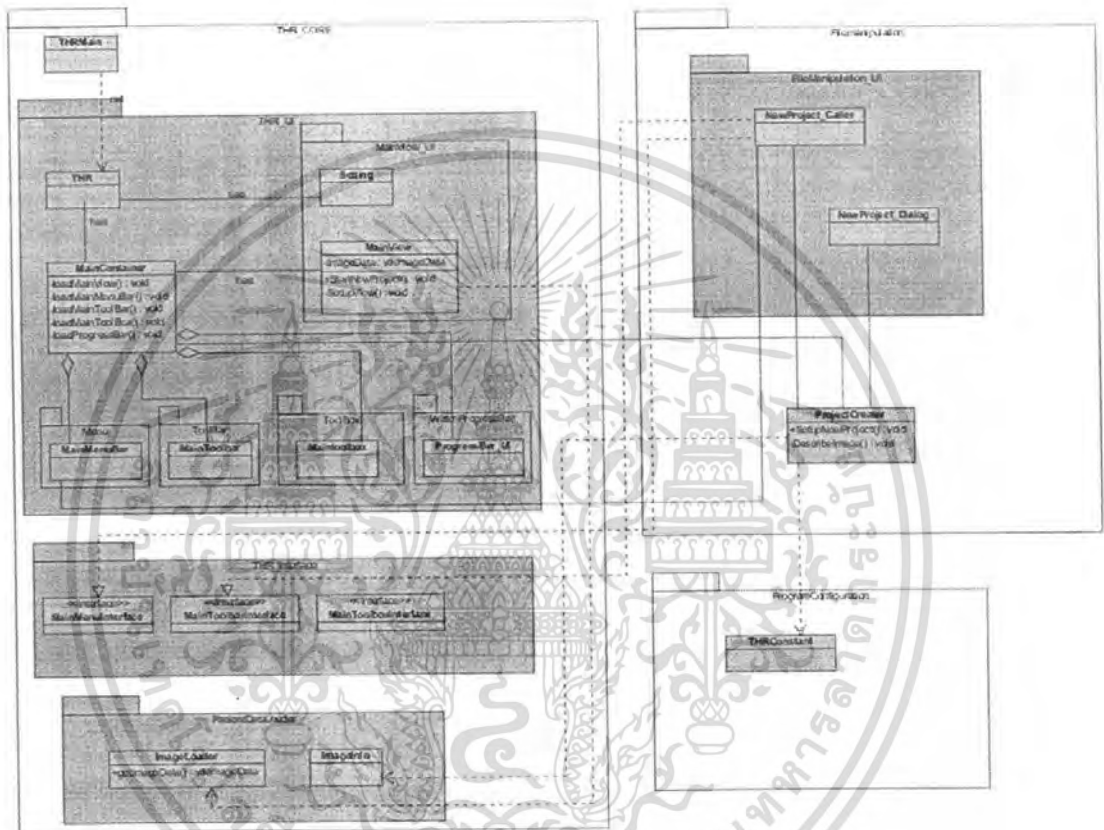


รูปที่ 4.29 แสดงคลาสส่วนของการเริ่มโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพเป็นส่วนของการเริ่มโปรแกรมโดยเมื่อเริ่มโปรแกรมจะทำการโหลดเฟรม (Frame) และเพเนล (panel) ต่างๆ รวมไปถึงเมนู ทูลบาร์ ทูลบ็อกซ์ และ progressbar โดยจำทำการสร้างเฟรมขึ้นมาโดยให้ คลาส MainContainer ทำการสืบทอดคลาส JFrame และ MainView สืบทอดคลาส JPanel

คลาสที่เกี่ยวข้องกับการสร้างโปรเจก



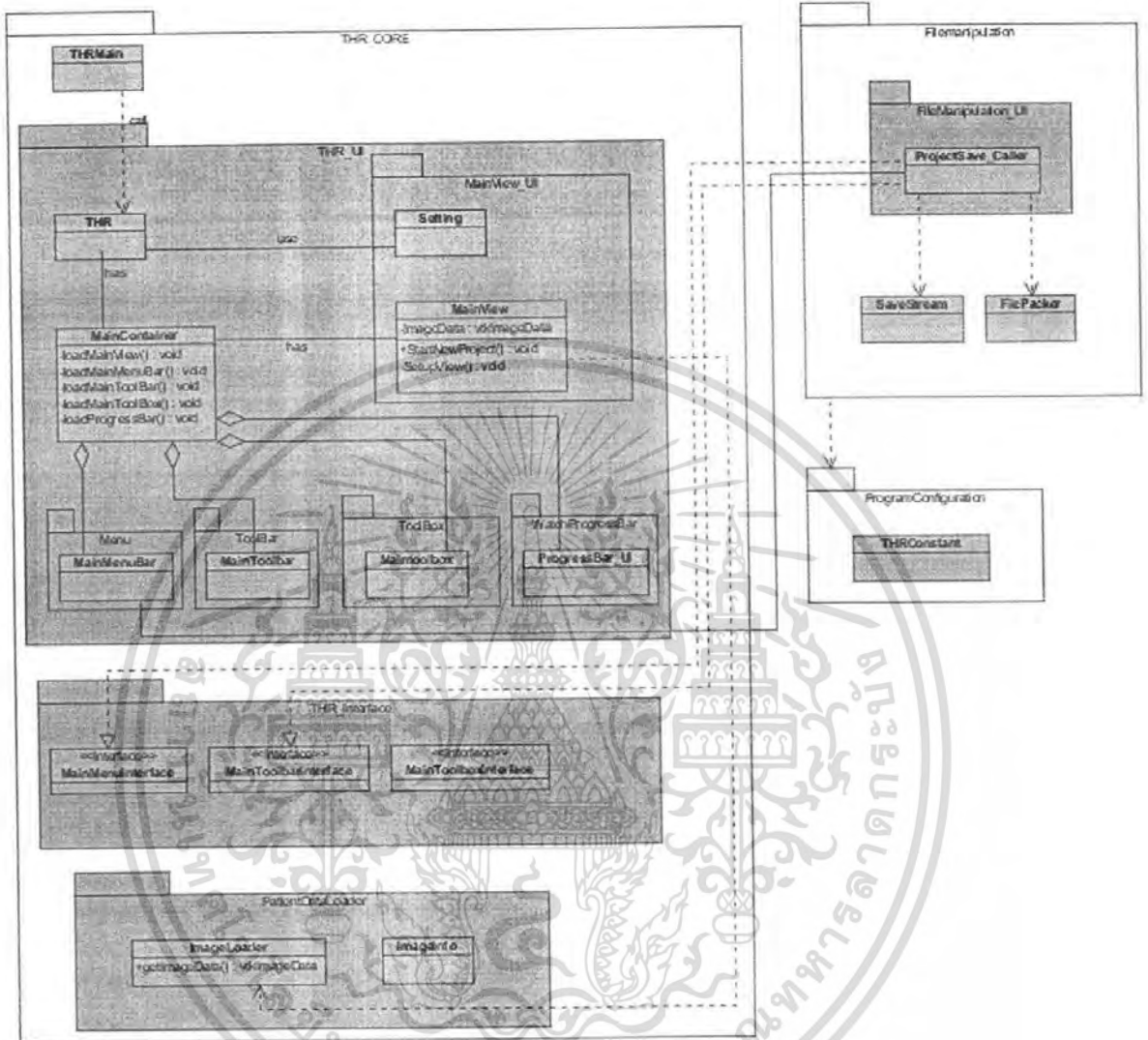
รูปที่ 4.30 แสดงคลาส NewProject\_Caller

คลาส NewProject\_Caller เป็นส่วนติดต่อกับ UI ทาง Menu และ Toolbar เมื่อเรียกใช้จะเรียกคลาส Projectcreator มาจัดการเรื่องการสร้างโปรเจกโดยให้ผู้ใช้ใส่ค่าข้อมูลแล้วทำการสร้างไดเรกทอรีแบบเทมโพลาร์ขึ้นเพื่อรองรับข้อมูลต่างๆเพื่อเตรียมการเซฟโปรเจก และให้ส่วนของ THR\_COREทำการสร้างview เพื่อรองรับข้อมูลที่ Input

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## คลาสที่เกี่ยวข้องกับการบันทึกโปรเจก

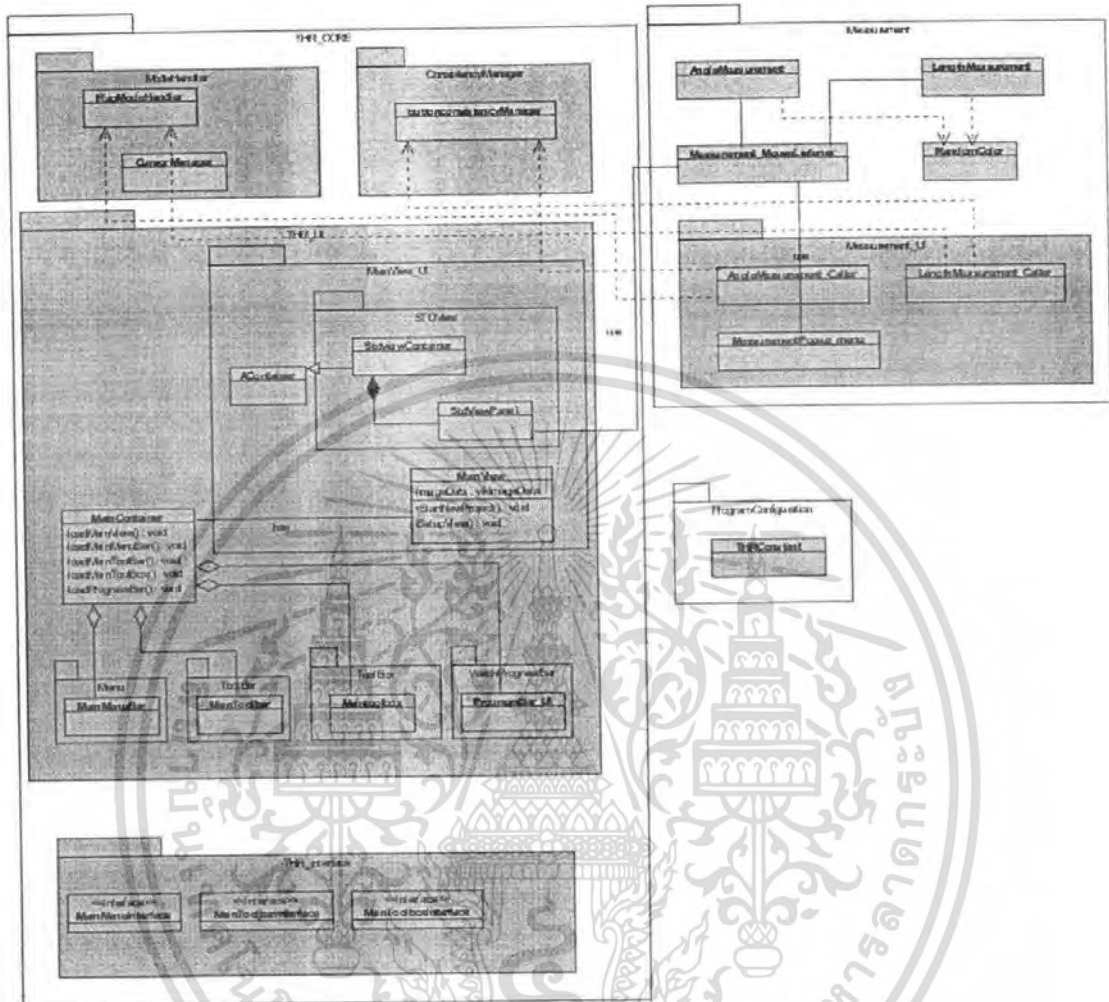


รูปที่ 4.32 แสดงคลาสที่เกี่ยวข้องกับการบันทึกโปรเจก

เมื่อทำการสร้างโปรเจกจะทำการสร้างไฟล์เตอร์ต่างๆเพื่อรองรับการเซฟข้อมูลไว้ เรียบร้อย การเซฟข้อมูลก็นำค่าคงที่ของ โปรแกรมจากคลาส THRConstant นำไปบันทึกในลักษณะของไฟล์ xml ด้วยคลาส SaveStream แล้วทำการpack โปรเจกเป็นไฟล์โปรเจกด้วย คลาส FilePacker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คลาสที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือวัดความยาวและวัดมุม



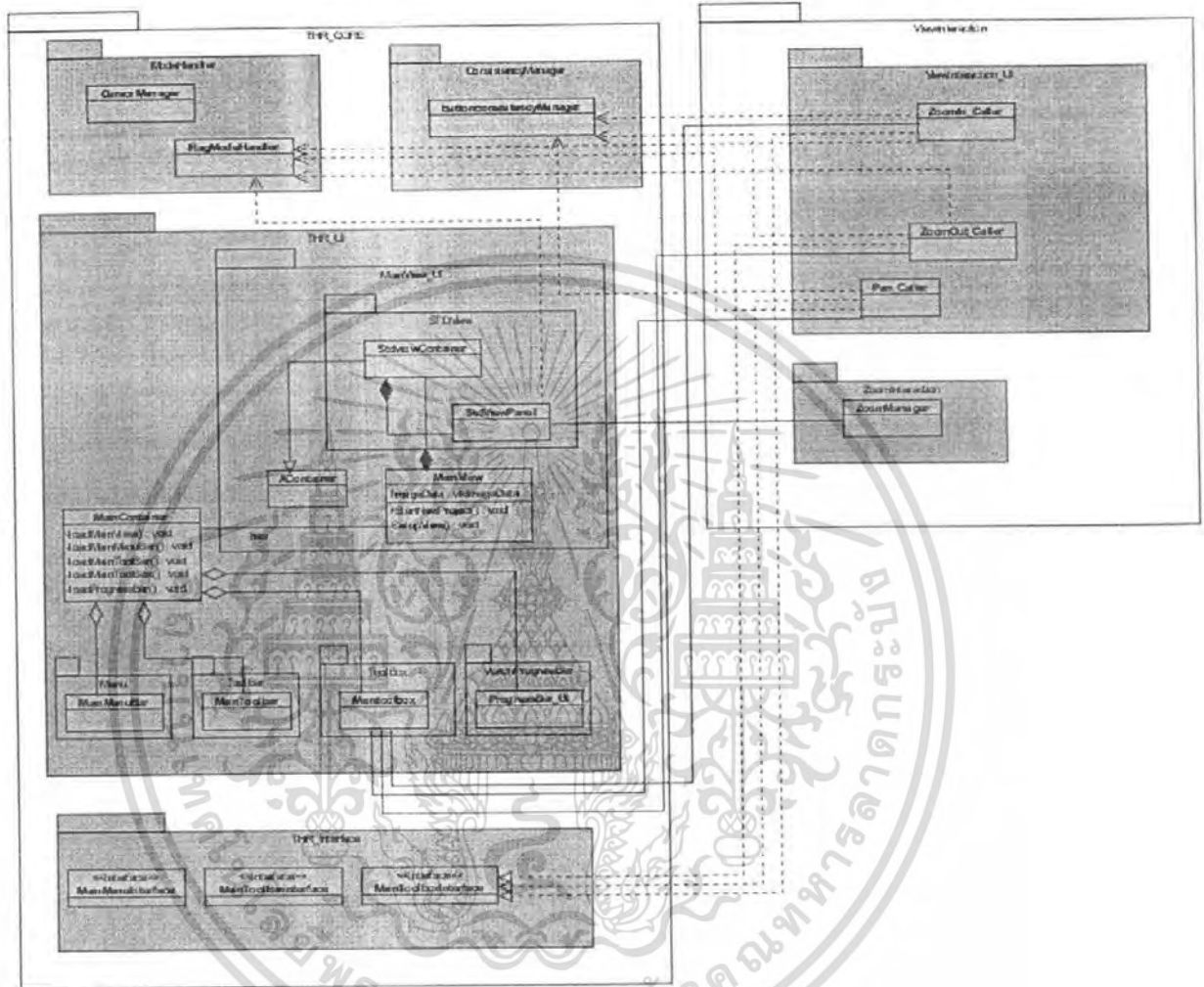
รูปที่ 4.33 แสดงคลาสที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือวัดความยาวและวัดมุม

ในการวัดมุมนั้นจะทำการสร้างคลาสที่รองรับการทำงานของเมาส์ (mouse) โดยทำการสืบทอดคลาส MouseListener และ MouseMotionListener เมื่อทำการเลือกฟังก์ชันของการวัดจะทำการเปลี่ยน mode ในฟังก์ชัน FlagmodeHandler โดยคลาสที่สืบทอดจะทำการตรวจสอบจากคลาส FlagmodeHandler

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### คลาสที่เกี่ยวข้องกับการแพน การซูมเข้า การซูมออก



รูปที่ 4.35 แสดงคลาสที่เกี่ยวข้องกับการเลื่อนมุมมอง การขยายภาพ การย่อภาพ

การซูมเข้าซูมออก การแพนนั้นมีการทำงานของโครงสร้างโปรแกรมคล้ายกับเครื่องมือวัด ต่างกันเพียงในเรื่องของอัลกอริทึมในการ ใช้งานกับ ImagePlanWidget ของวีทีเคเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสามารถแบ่ง โปรแกรมออกเป็นแพ็คเกจและคลาสต่างๆดังต่อไปนี้

#### THR\_CORE

- THRMain.java

#### THR\_CORE.ConsistencyManager

- ButtonconsistencyManager.java
- ComponentEnabler.java
- CoordinateManagement.java

#### THR\_CORE.THR\_interface

- MainMenuInterface.java
- MainToolBarInterface.java
- SlideChangerInterface.java
- ThreeDToolBoxInterface.java
- ViewManageInterface.java

#### THR\_CORE.THR\_UI

- DentiPlan.java
- MainContainer.java
- VolumeLoader.java

#### THR\_CORE.THR\_UI.MainView\_UI

- AContainer.java
- thrCam.java
- thrScrollBar.java
- MainView.java
- Setting.java
- ViewPanel.java

#### THR\_CORE.THR\_UI.StdView

- StdViewContainer.java
- StdViewPanel.java

#### THR\_CORE.THR\_UI.Menu

- MainMenuBar.java

#### THR\_CORE.THR\_UI.ToolBar

- MainToolBar.java

THR\_CORE.THR\_UI.ToolBox

- MainToolBox.java

THR\_CORE.THR\_UI.WatchProgress

- ShowToolTipStatusBar.java
- WatchProgress.java

THR\_CORE.ModeHandler

- CursorManager.java
- FlagModeHander.java

THR\_CORE.PatientDataLoader

- ImageInfo.java
- ImageLoader.java

FileManipulation

- FilePacker.java
- FileUnpacker.java
- ImageOpener.java
- ProjectCloser.java
- ProjectCreator.java
- ProjectOpener.java
- ReadStream.java
- SaveStream.java

FileManipulation.FileMainpulation\_Measurement

- ReadStream\_Angle.java
- ReadStream\_Length.java
- Read\_Create\_Length\_Angle\_Data.java
- SaveStream\_Angle.java
- SaveStream\_Length.java
- SaveStream\_Write.java

FileManipulation.FileManipulation\_UI

- DirectoryChooser.java
- NewProject\_Caller.java
- NewProject\_Dialog.java
- NewProjectUI.java

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ProjectClose\_Caller.java
- ProjectExit\_Caller.java
- ProjectOpen\_Caller.java
- ProjectOpen\_Dialog.java
- ProjectOpen\_Filter.java
- ProjectSave\_Caller.java

#### FileManipulation.FileManipulation\_WindowLevel

- ReadStream\_WindowLevel.java
- SaveStream\_WindowLevel.java

#### PlanModule.Measurement

- AngleMeasurement.java
- LengthMeasurement.java
- CalibrationMeasure.java
- RandomColor.java

#### PlanModule.Measurement.Measurement\_UI

- AngleMeasurement\_Caller.java
- LengthMeasurement\_Caller.java
- CalibrationMeasure\_Caller.java
- Measurement\_PopupMenu.java

#### ProgramConfiguration

- THRconstant.java

#### ViewInteraction

- CalculateHU.java

#### ViewInteraction.PanInteraction

- PanManager.java

#### ViewInteraction.ViewInteraction\_UI

- Pan\_Caller.java
- ZoomIn\_Caller.java
- ZoomOut\_Caller.java

#### ViewInteraction.ZoomInteraction

- CameraAction.java
- ZoomManager.java

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

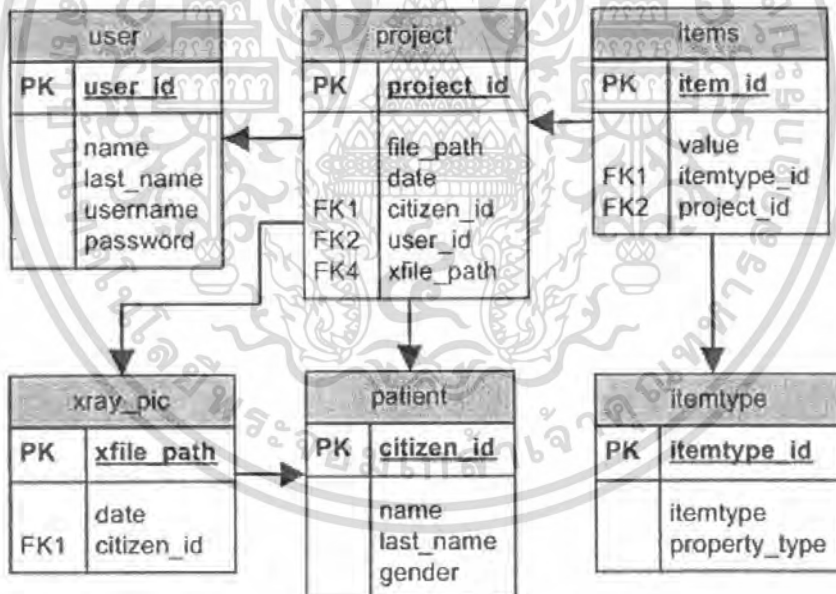
- StdCameraAction.java

#### ViewInteraction.WindowLevelInteraction

- Dipslide.java
- Slider.java
- Thumb.java
- WindowLevel\_Dialog.java
- WindowlevelInteraction\_Caller.java

#### 4.10 การออกแบบฐานข้อมูล

ส่วนของฐานข้อมูลนั้นเป็นส่วนที่ใช้ในการเก็บข้อมูลของไฟล์ภาพที่ยังไม่ได้ทำการวางแผนซึ่งได้มาจากการถ่ายภาพเอ็กซเรย์ เพื่อให้แอปพลิเคชันฝั่งไคลเอนท์สามารถอ้างอิงถึงไฟล์ภาพเอ็กซเรย์ได้ และใช้ในการเก็บข้อมูลของแต่ละ โปรเจคที่ได้ทำการวางแผนไป เพื่อเป็นข้อมูลของส่วนรายงานผล และใช้ในการล็อกอินเข้าไปอ่านรายงาน



รูปที่ 4.36 แสดงแผนภาพการออกแบบฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ตารางผู้ใช้งาน(user)

user_id(PK)	หมายเลขผู้ใช้งาน
name	ชื่อของผู้ใช้งาน
last_name	นามสกุลของผู้ใช้งาน
username	ชื่อผู้ใช้งานที่ใช้ในการล็อกอิน
password	รหัสผ่านที่ใช้ในการล็อกอิน

ตารางที่ 4.2 ตารางโปรเจกต์(project)

project_id(PK)	หมายเลขลำดับของโปรเจกต์
file_path	พาทที่เก็บไฟล์ภาพที่ใช้ในการออกรายงาน
date	วันที่ทำการเซฟโปรเจกต์
citizen_id(FK)	หมายเลขประจำตัวประชาชนของคนไข้
user_id(FK)	หมายเลขผู้ใช้งานที่เป็นผู้วางแผนการผ่าตัด
xfile_path(FK)	แสดงว่าโปรเจกต์นี้สร้างมาจากไฟล์ภาพเอ็กซเรย์ใด

ตารางที่ 4.3 ตารางคนไข้(patient)

citizen_id(PK)	หมายเลขประจำตัวประชาชนของคนไข้
name	ชื่อคนไข้
last_name	นามสกุลคนไข้
gender	เพศของคนไข้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ตารางภาพเอ็กซเรย์(xray\_pic)

file_path(PK)	พาทที่เก็บไฟล์ภาพเอ็กซเรย์
date	วันที่ทำการถ่ายภาพเอ็กซเรย์
citizen_id(FK)	หมายเลขประจำตัวประชาชน

ตารางที่ 4.5 ตารางเก็บค่าต่างๆของแต่ละ โปรเจค(items)

item_id(PK)	หมายเลขของค่าที่ใช้ในรายงาน
value	ค่าที่เก็บไว้
itemtype_id(FK)	อ้างอิงถึงชนิดของค่าที่เก็บไว้
project_id(FK)	หมายเลขโปรเจคที่เป็นเจ้าของของค่านี้

ตารางที่ 4.6 ตารางเก็บค่าของโปรเจค(itemtype)

itemtype_id(PK)	หมายเลขของชนิดของค่า
itemtype	ชนิดของค่า
property_type	หน่วยวัดหรือค่าเพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

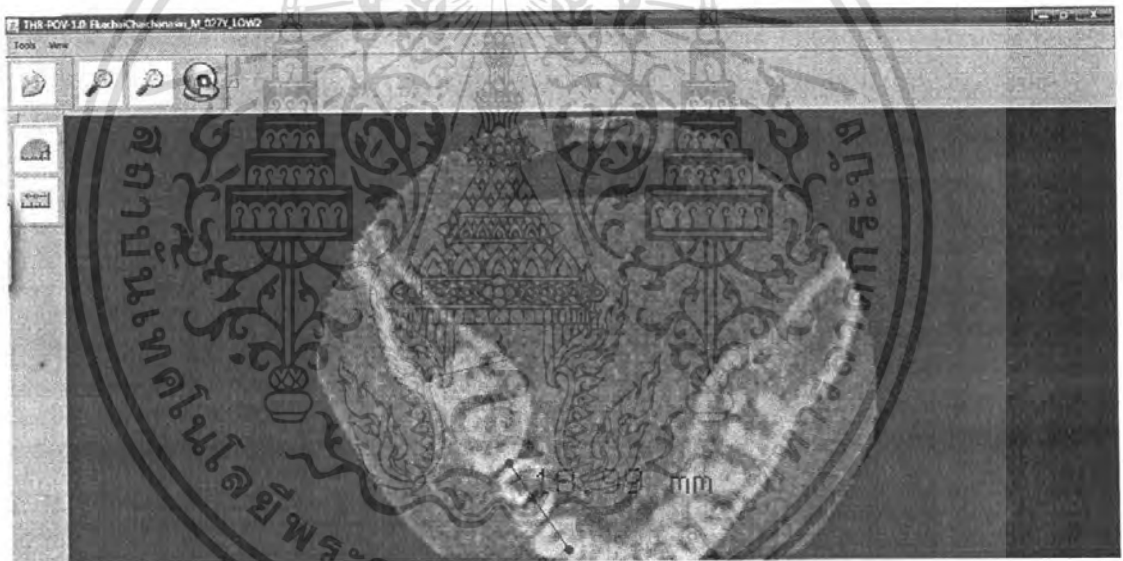
## บทที่ 5

### การทดลองและผลการทดลอง

#### 5.1 การทดลอง

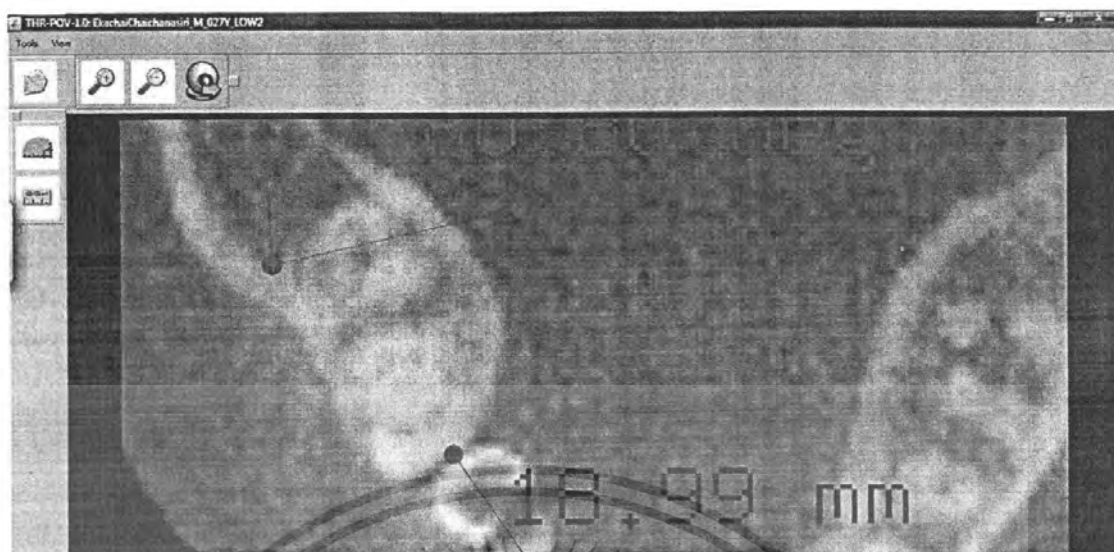
##### 5.1.1 การทดลองเขียนโปรแกรมฝังเครื่องลูกข่าย

จากการทดลองเขียนโปรแกรมฝังเครื่องลูกข่ายได้ทดลองเขียนฟังก์ชันการวัดความยาวและวัดมุม และฟังก์ชันการย่อขยายภาพ และการเลื่อนมุมมองภาพ โดยในที่นี้ได้เขียนโปรแกรมใช้ภาพตัวอย่างเป็นภาพกระดุกขาวกรรไกร เนื่องจากยังไม่มียภาพตัวอย่างส่วนของกระดุกเอนที่สมบูรณ์ โดยได้ผลลัพธ์ดังรูปต่อไปนี้

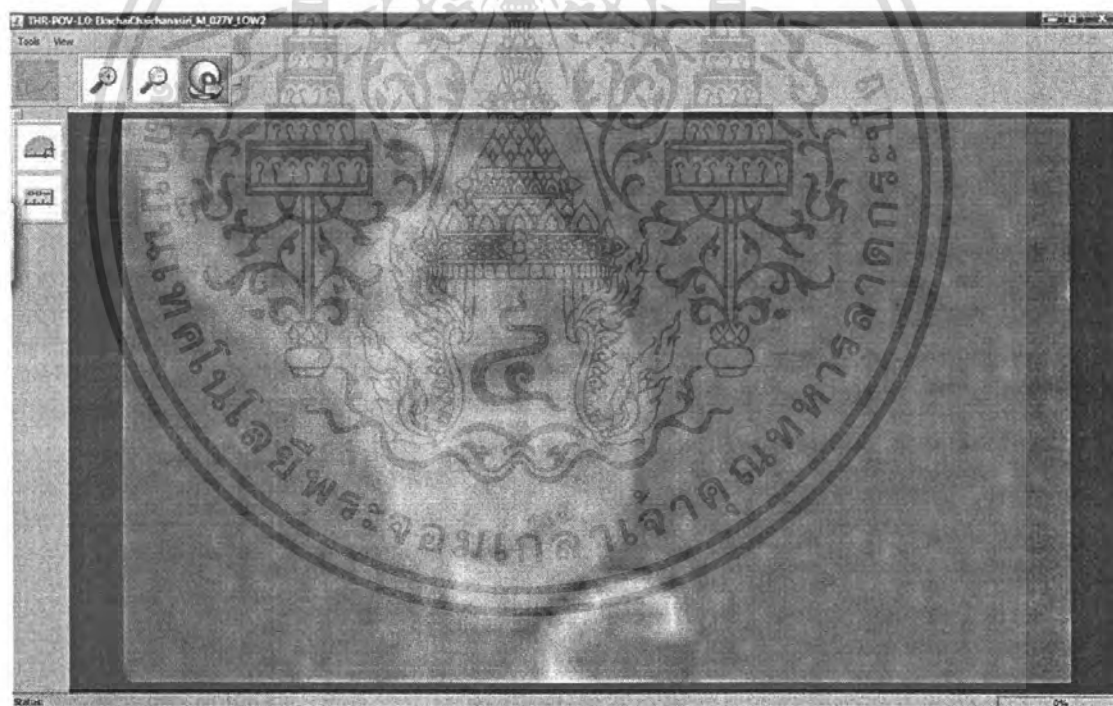


รูปที่ 5.1 การวัดค่าความยาวและมุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 การขยายภาพ



รูปที่ 5.3 การเลื่อนมุมมองภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.1.2 ผลการทดลอง

จากการได้ทดลองเขียนฟังก์ชันนั้นก็ประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี โดยฟังก์ชันที่ได้ทดลองคือ การวัดความยาวและมุม การขยายภาพ และการเลื่อนมุมมองของภาพ ซึ่งในขณะที่ทดลองนั้นยังไม่มีตัวอย่างภาพอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นส่วนของกระดูกเอวที่ละเอียด จึงไม่ได้ทดลองกับภาพข้อต่อกระดูกเอว ในส่วนของการวัดรัศมีและการปรับรูปทรงของกระดูกนั้นยังไม่ได้เขียนขึ้นมา โดยจะได้ทำการเขียนต่อในส่วนงานของภาคเรียนที่สอง

## 5.2 การดำเนินงานต่อ

ในภาคเรียนนี้ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมเพิ่มขึ้นมาอีกหลายส่วนและได้ทดลองเป็นส่วนย่อยดังนี้

- โปรแกรมส่วนการวางแผน
- โปรแกรมส่วนที่ใช้ติดต่อระหว่างไคลเอนท์และเซิร์ฟเวอร์
- เว็บแอปพลิเคชันการรายงานผลการวางแผน

### 5.2.1 การทดลองในส่วนของโปรแกรมวางแผนการผ่าตัด

ในภาคเรียนที่หนึ่งนั้นเน้นการศึกษาฟังก์ชันต่างๆ โดยใช้ vb เพื่อสร้างฟังก์ชันในส่วนต่างๆ แต่ในส่วนต่อมาเมื่อทำการลงมือทำงานในส่วนของโปรแกรมแล้ว ได้ผลการทดลองดังนี้

#### การเริ่มโปรแกรม

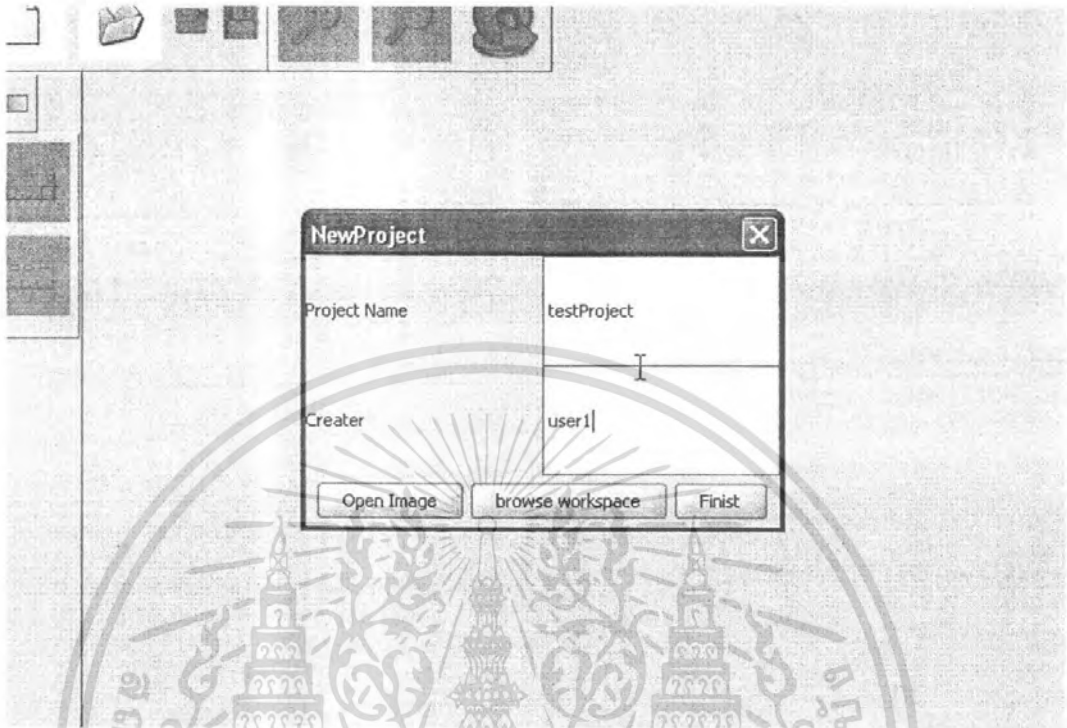


รูปที่ 5.4 แสดงการเริ่มต้นโปรแกรม

เมื่อเริ่มโปรแกรมจะทำการสร้างเฟรมของโปรแกรมขึ้นมาซึ่งผู้ใช้สามารถใช้ฟังก์ชันได้เพียง การเริ่มโปรแกรมใหม่และการเปิดโปรแกรมเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

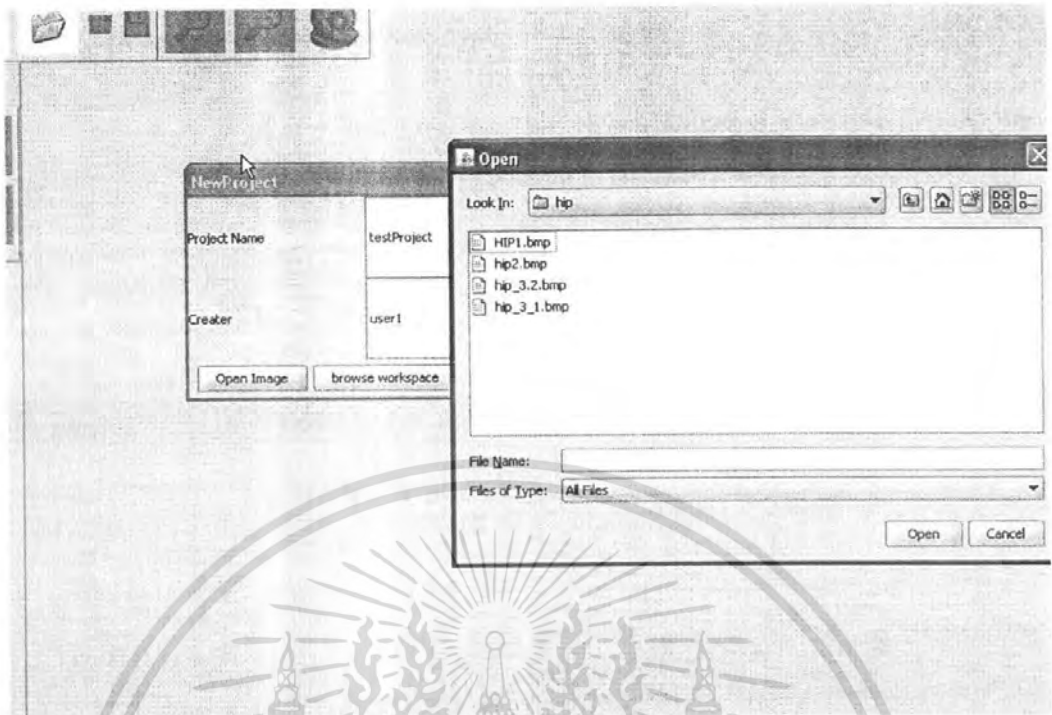
## การสร้างโปรเจกใหม่



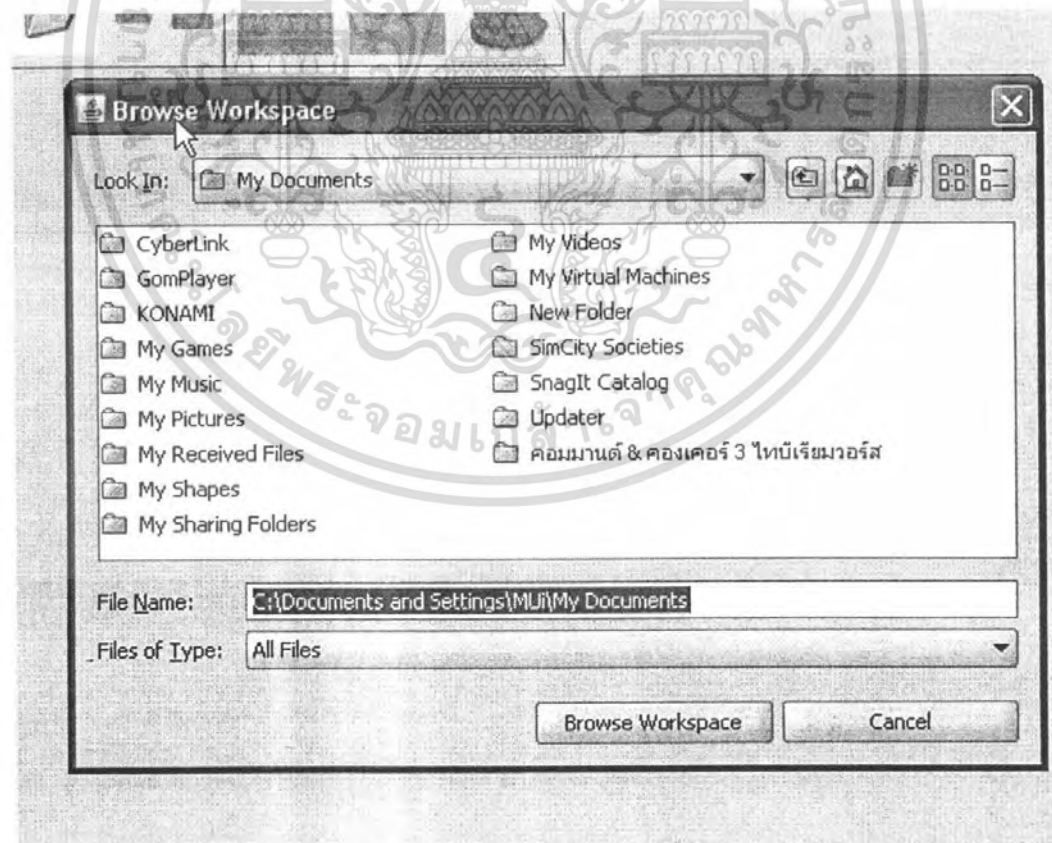
รูปที่ 5.5 แสดงการสร้างโปรเจกใหม่

การสร้างโปรเจกใหม่จะให้ผู้ใช้ตั้งชื่อโปรเจกและชื่อผู้สร้างโปรเจก โดยต้องมีรูปภาพที่เป็นภาพถ่ายอิเล็กทรอนิกส์ของผู้ป่วย และต้องระบุเวิร์กสเปซสำหรับการบันทึกข้อมูลคิ้วจากนั้นกดปุ่ม “Finish”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

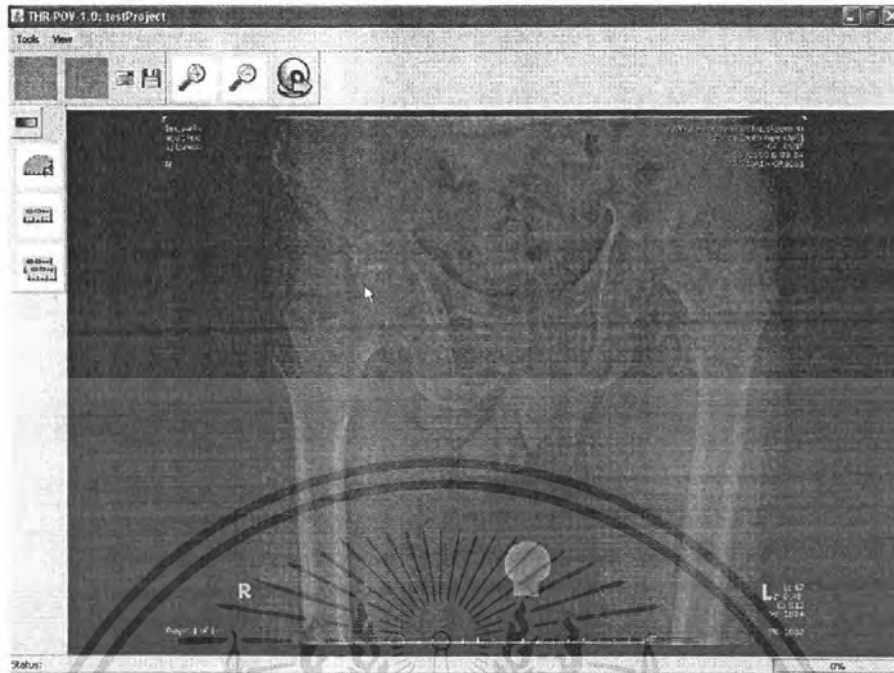


รูปที่ 5.6 แสดงการเลือกรูปภาพ

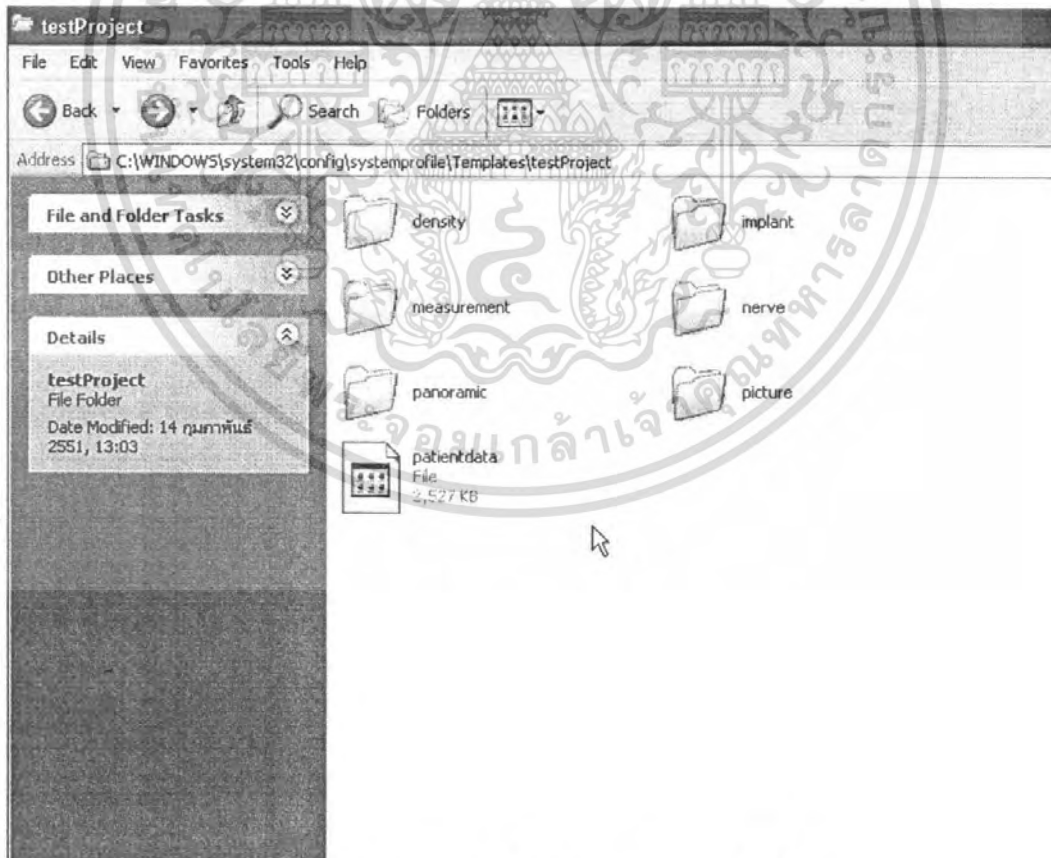


รูปที่ 5.7 แสดงการเลือกเวิร์กสเปซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 โปรแกรมแสดงรูปผู้ป่วยเมื่อทำการสร้างโปรเจคใหม่

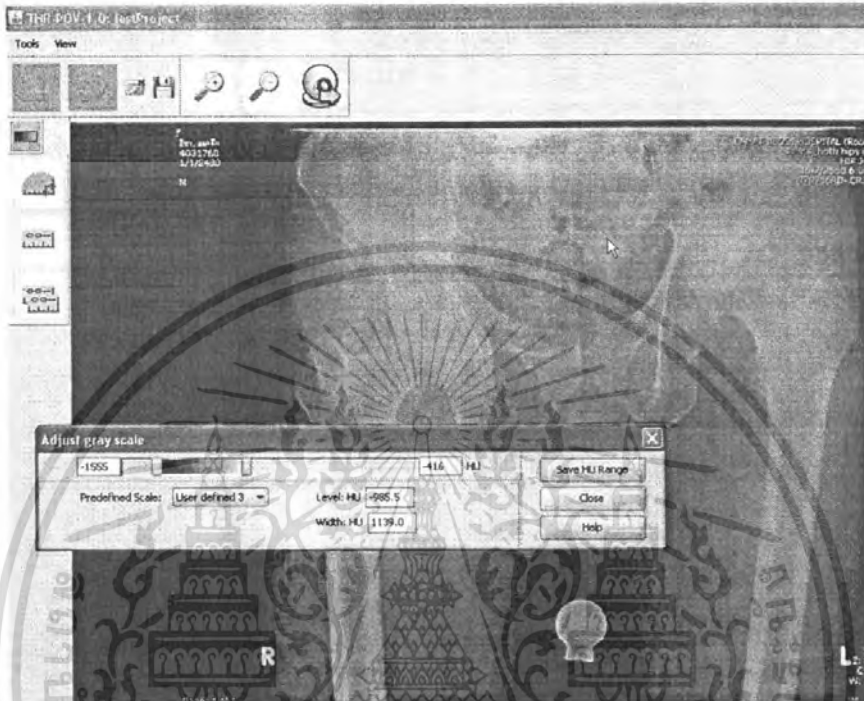


รูปที่ 5.9 โปรแกรมสร้างไฟล์เดอร์แบบเทมโพลารี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการเริ่มโปรเจกใหม่โปรแกรมจะทำการสร้างไฟล์เคอร์แบบเทมโพลาร์ขึ้นเพื่อรองรับการเซฟโปรเจกประกอบไปด้วยข้อมูลของการวางแผนและข้อมูลภาพอิเล็กทรอนิกส์ของผู้ป่วย

การปรับค่าคอนทราส



รูปที่ 5.10 แสดงการปรับค่าคอนทราสในแบบของ วินโดว์/เลเวล

เครื่องมือวัดค่าความยาว



รูปที่ 5.11 แสดงการใช้ฟังก์ชันการวัด

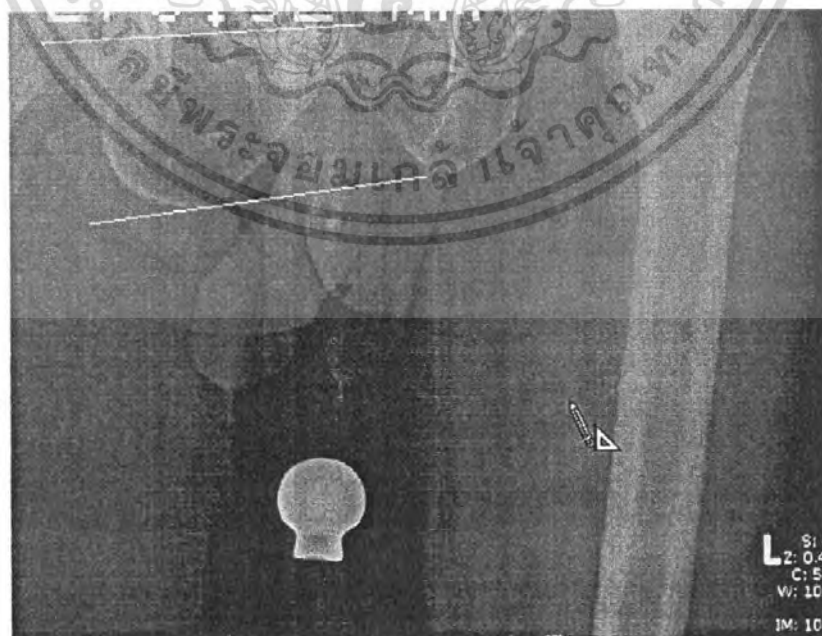
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวัดค่าความยาวผู้ใช้งานจะต้องทำการคลิกจุดสองจุดเพื่อที่จะสร้างเส้นไม้บรรทัดขึ้น จากรูปจะเห็นว่าเมื่อเรียกใช้ฟังก์ชันการวัดจะทำให้ส่วนของฟังก์ชันอื่น ไม่สามารถทำงานได้จนกว่า จะเสร็จฟังก์ชัน



รูปที่ 5.12 แสดงผลของการวัดมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

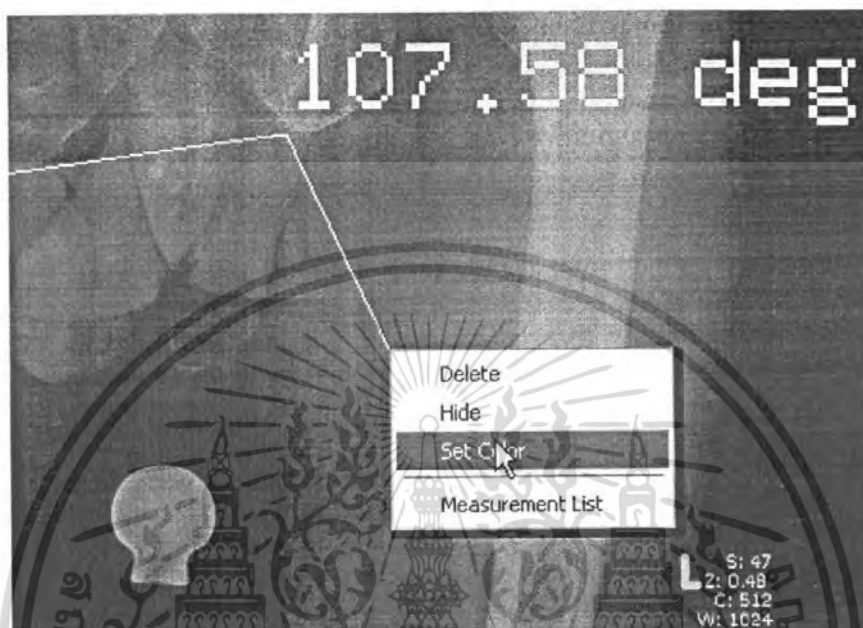
เครื่องมือวัดมุม



รูปที่ 5.13 แสดงการใช้ฟังก์ชันวัดมุม

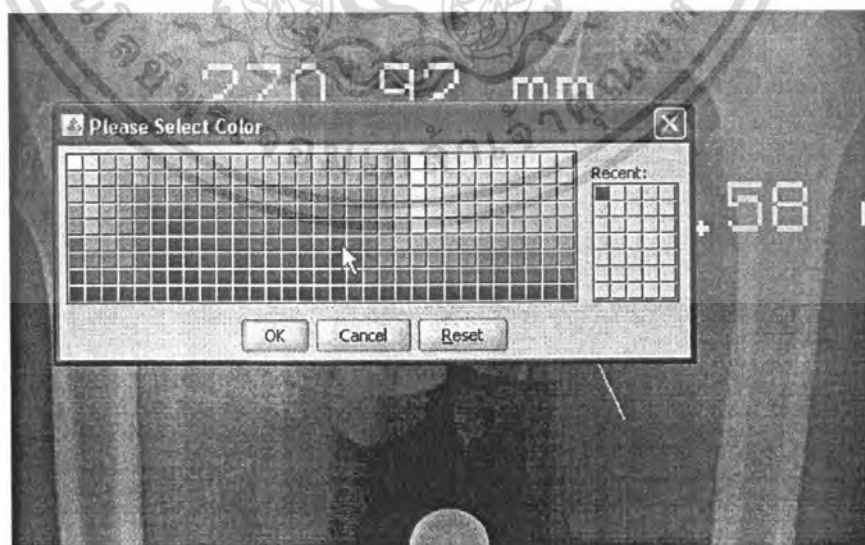
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวัดมุมมีความคล้ายคลึงกับส่วนของกรวัดค่าความยาว ต่างกันตรงที่ผู้ใช้ต้องคลิกจุดสามจุดเพื่อสร้างมุมขึ้นและ โปรแกรมจะคำนวณมุมออกมาในหน่วยขององศา การฟังก์ชันของเครื่องมือ



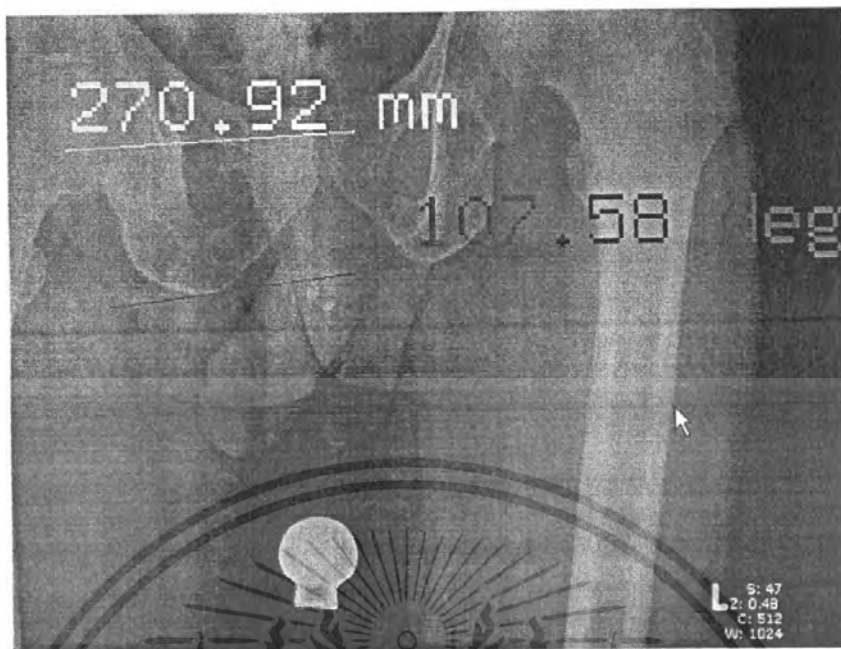
รูปที่ 5.14 แสดงการใช้ฟังก์ชันเปลี่ยนสีเครื่องมือ

เมื่อผู้ใช้คลิกขวาบริเวณเครื่องมือ จะแสดงเมนูฟังก์ชันของเครื่องมือผู้ใช้สามารถเลือกลบซ่อนหรือเปลี่ยนสีเครื่องมือได้

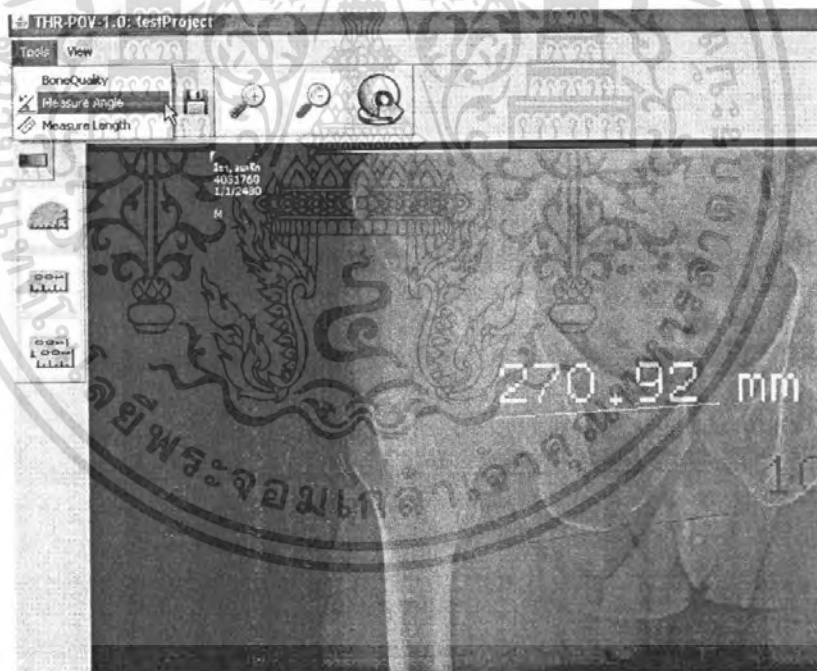


รูปที่ 5.15 แสดงการใช้ฟังก์ชันเปลี่ยนสีเครื่องมือโดยสามารถเลือกสีในการแสดงผลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



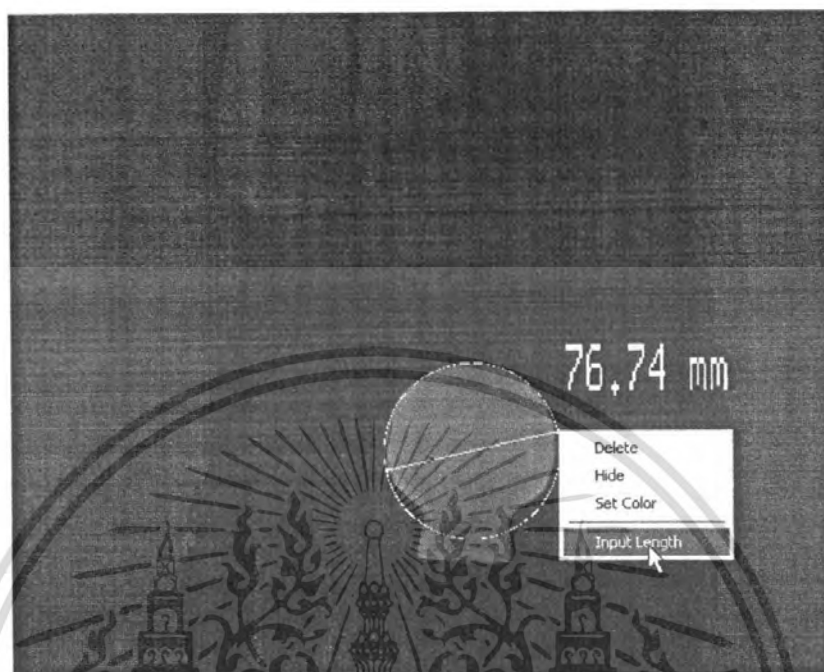
รูปที่ 5.16 เครื่องมือสามารถเปลี่ยนสีต่างกันได้



รูปที่ 5.17 ฟังก์ชันต่างๆสามารถเลือกผ่านเมนูได้แทนการเลือกจากทูลบ็อกซ์หรือทูลบาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การเทียบขนาดภาพ



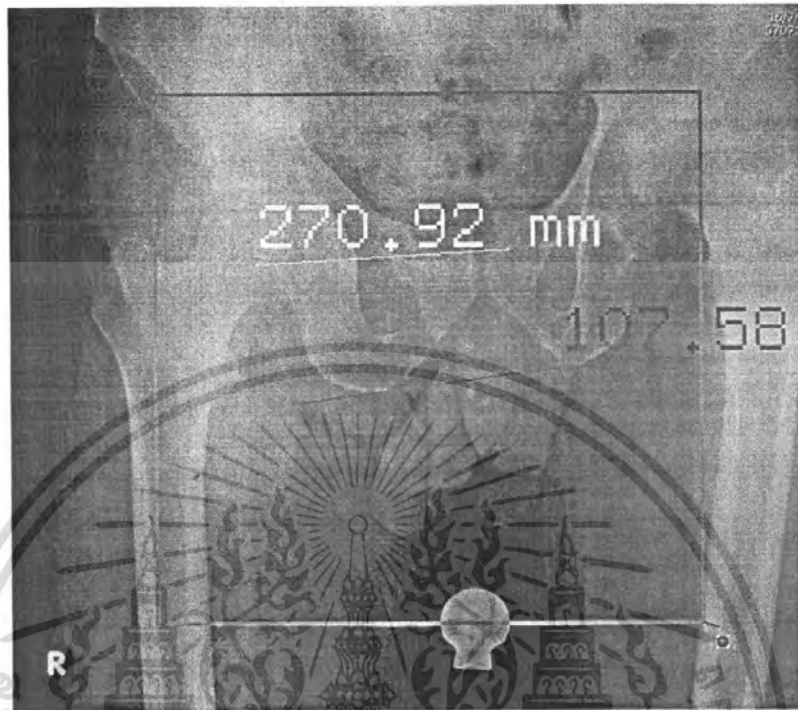
รูปที่ 5.18 แสดงเครื่องมือการเปรียบเทียบขนาดภาพ



รูปที่ 5.19 ผู้ใช้ทำการใส่ค่าความยาวจริงของตัวเปรียบเทียบเพื่อใช้ในการหาอัตราส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ฟังก์ชันการขยายภาพและการลดขนาดภาพ



รูปที่ 5.20 แสดงฟังก์ชันการขยายขนาดภาพ

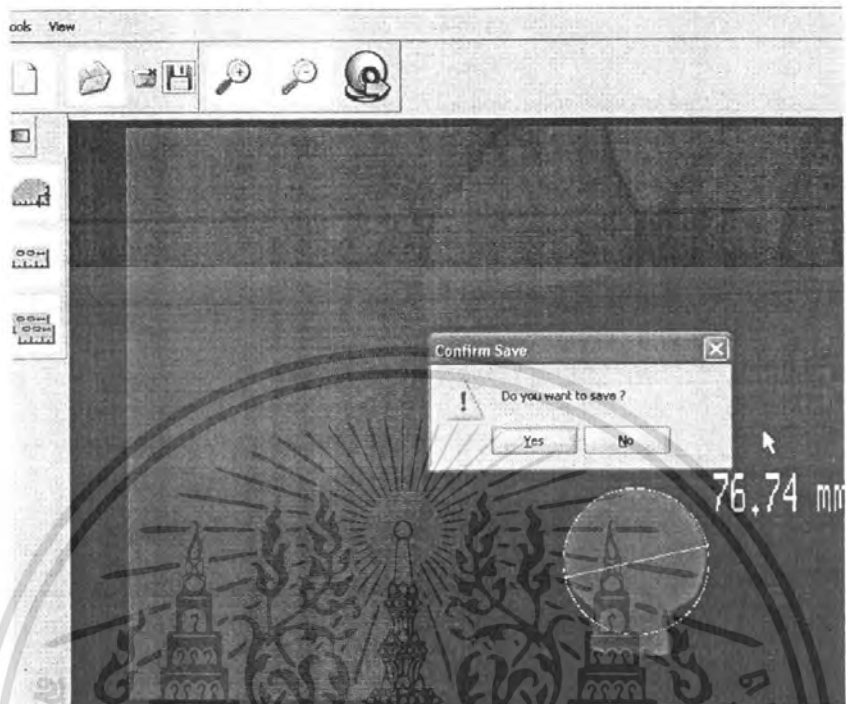
การขยายขนาดภาพผู้ใช้ทำการเลือกฟังก์ชันแล้วทำการกดปุ่มเมาส์แล้วลากเพื่อเลือกพื้นที่ในการขยาย



รูปที่ 5.21 ผลของการขยายขนาดภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การบันทึกโปรเจค

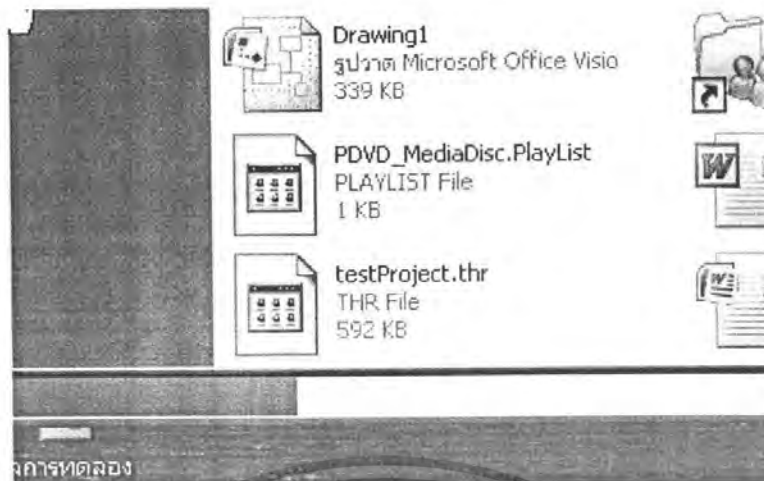


รูปที่ 5.22 แสดงฟังก์ชันการบันทึกโปรเจค



รูปที่ 5.23 แสดงข้อมูลที่บันทึกในรูปแบบxml ในโฟลเดอร์แบบเทมโพลารี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.24 แสดงไฟล์ที่บันทึกในรูปแบบนามสกุล thr

### 5.2.2 การทดลองในส่วนของโปรแกรมที่ใช้ติดต่อระหว่างไคลเอนท์กับเซิร์ฟเวอร์

การทดลองในส่วนนี้ได้ทำการทดลองสองส่วน คือส่วนการส่งไฟล์ภาพเอ็กซ์เรย์จากเซิร์ฟเวอร์ไปยังไคลเอนท์ การส่งภาพที่ทำการวางแผนสำเร็จแล้วไปยังเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งก็ประสบความสำเร็จดี โดยฝั่งไคลเอนท์จะมองเห็นไฟล์ภาพเอ็กซ์เรย์ในโฟลเดอร์ของฝั่งเซิร์ฟเวอร์เป็นรายการในตาราง ดังภาพ

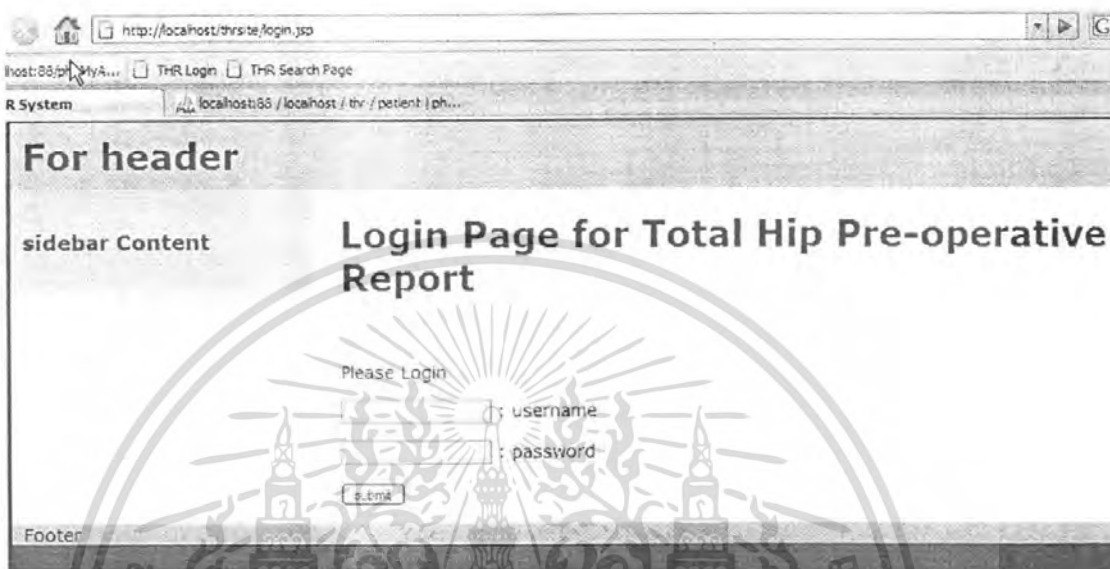
###	Name	Last Name	date
1	pat1	plast1	22/11/2007
2	pat2	plast2	13/12/2007
3	pat3	plast3	4/1/2008

รูปที่ 5.25 หน้าแสดงผลการเลือกไฟล์ภาพเอ็กซ์เรย์ที่จะนำมาทำการวางแผน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.2.3 การทดลองในส่วนของเว็บแอปพลิเคชันการรายงานผลการวางแผน

ได้ทดลองใช้งานในส่วนของเว็บแอปพลิเคชันการรายงานผลการวางแผนซึ่งมีหน้าล็อกอิน หน้าค้นหารายงาน และหน้าแสดงผลรายงาน ได้ผลดังนี้



รูปที่ 5.26 หน้าล็อกอินของเว็บแอปพลิเคชัน



รูปที่ 5.27 หน้าแสดงผลเมื่อไม่สามารถติดต่อกับฐานข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

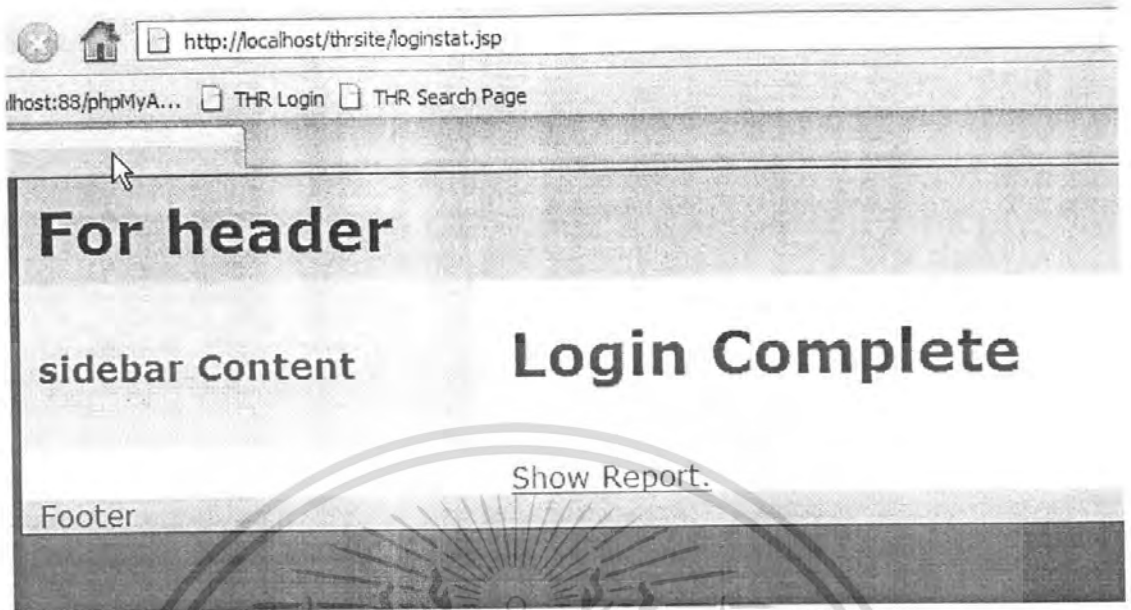


รูปที่ 5.28 หน้าแสดงผลเมื่อใส่ชื่อผู้ใช้ที่ไม่มีอยู่ฐานข้อมูล

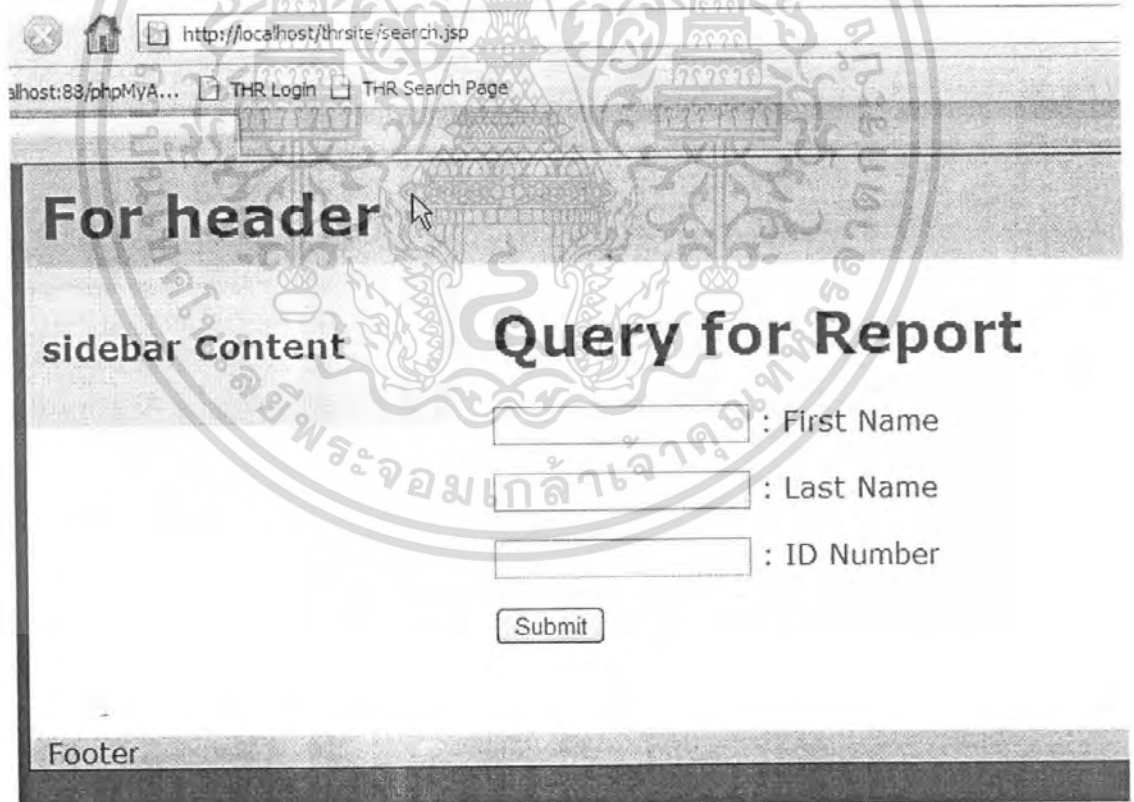


รูปที่ 5.29 หน้าแสดงผลเมื่อใส่รหัสผ่านที่ไม่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.30 หน้าแสดงผลเมื่อใส่รหัสผ่านถูกต้องและล็อกอินได้สำเร็จ



รูปที่ 5.31 หน้าใส่ข้อมูลเพื่อค้นหารายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

For header

sidebar Content

## Search Result.

Projects' Information.

Please select project for report.

###	First Name	Last Name	ID Card No.
1	pat1	plast1	11111111111111
2	pat2	plast2	22222222222222
3	pat3	plast3	33333333333333
4	pat1	plast1	11111111111111
5	พงศ์	จงนิกราน	3223092451282

Footer

รูปที่ 5.32 หน้าผลการค้นหาโดยไม่ได้ใส่ข้อความที่ต้องการหาคะแสดงผลโปรเจกต์ทั้งหมดที่มี

For header

sidebar Content

## Search Result.

Projects' Information.

Please select project for report.

###	First Name	Last Name	ID Card No.
1	pat1	plast1	11111111111111
2	pat1	plast1	11111111111111
3	pat1	plast1	11111111111111

Footer

รูปที่ 5.33 หน้าผลการค้นหาจากคนใช้ชื่อ pat1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

For header

sidebar Content

## Search Result.

Projects' Information.  
Please select project for report.

###	First Name	Last Name	ID Card No.
1	pat2	plast2	222222222222

Footer

รูปที่ 5.34 หน้าผลการค้นหาจากคนไข้ชื่อ pat2

For header

sidebar Content

## pre-operative report of pat2 plast2 Gender : male

Attribute value

- Acetabulum\_radius 3.0 cm.
- Femoral\_radius 3.25 cm.
- neck\_angle 43.6 degree
- neck\_length 6.70 cm.

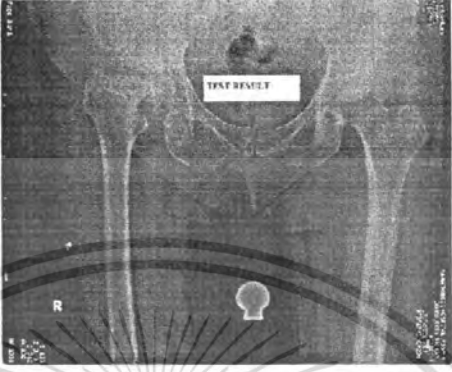
Footer

รูปที่ 5.35 หน้ารายงานผลของโปรเจกของคนไข้ชื่อ pat2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**For header**

slidebar Content **pre-operative report of**  
**พวงค์ วงษ์กราน Gender : female**



Attribute value  
 Acetabulum\_radius 3.0 cm.  
 Femoral\_radius 3.25 cm.  
 neck\_angle 43.6 degree  
 neck\_length 6.70 cm.

Footer

รูปที่ 5.36 หน้ารายงานผลของโปรเจคของคนไข้ชื่อ พวงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### บทวิจารณ์และสรุป

#### 6.1 สรุปผลการดำเนินงาน

แนวทางการพัฒนาโปรแกรมการวางแผนก่อนการผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อกระดูกเอว (Pre-operative Planning Software for Total Hip Replacement) ได้แบ่งออกการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ การพัฒนาโปรแกรมการวางแผนก่อนการผ่าตัดฯ และการพัฒนาระบบรายงานผลการการวางแผน ซึ่งจะมีการเชื่อมต่อกันเพื่อให้เกิดระบบที่สมบูรณ์ในการวางแผนก่อนการผ่าตัด ซึ่งมีจุดประสงค์หลักร่วมกันคือ การเพิ่มประสิทธิภาพ และลดระยะเวลาในการผ่าตัดกระดูกเชิงกราน โดยมีการนำหลักการทาง วิศวกรรมซอฟต์แวร์ เข้าร่วมการพัฒนาโปรแกรม ในรูปแบบ Controlled Interaction Model โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 4 เฟสงาน ประกอบด้วย Inception, Elaboration, Construction และ Transition และนำเสนอข้อมูลการออกแบบในรูปแบบโมเดลยูเอ็มแอล โดยข้อมูลความต้องการนั้น ได้มีการเก็บจากผู้ใช้งานจากแผนกออร์โธพีดิกส์ โรงพยาบาลรามารินทร์

โปรแกรมการวางแผนก่อนการผ่าตัดกระดูกเชิงกราน ได้จัดทำในรูปแบบลักษณะ Stand-alone ซึ่งจะถูกจัดให้สำหรับแพทย์ศัลยกรรมที่ต้องวางแผนการผ่าตัดในคนไข้แต่ละราย โดยการทำงานของโปรแกรมฯ ประกอบด้วย การสร้างโปรเจกต์ เป็นการเริ่มต้นเพิ่มเก็บข้อมูลทุกอย่างสำหรับการวางแผน โดยจัดทำในไฟล์นามสกุล \*.chr รวมถึงการปิดหรือเปิดโปรเจกต์ด้วย , การปรับความคมชัดเพื่อเพิ่มความคมชัดให้กับภาพที่ได้นำเข้ามา , เครื่องมือวัดความยาว และมุม สำหรับหมอบ การซูมเข้า และ ซูม ออกและการแพลง ในกรณีที่มีการซูม และการปรับขนาดบนหน้าจอให้ตรงกับขนาดจริง (Calibration) โดยมีการพัฒนาด้วยเครื่องมือคือ ภาษาจาวาและวีทีเค ไบรารีร่วมด้วยในการวิเคราะห์ภาพทางด้านการแพทย์ รวมถึงการจัดการด้านกราฟฟิกต่างๆ ในโปรแกรม ซึ่งในการทำงาน โปรแกรมการวางแผนก่อนการผ่าตัดฯ นั้น จะต้องมีการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลตามปกติโรงพยาบาลทั่วไปจะมีมาตรฐานโปรโตคอลเอชแอล 7 (HL7) ที่ใช้ในเฉพาะด้านการแพทย์ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกัน แต่ทางผู้พัฒนาได้ใช้การจำลองการแลกเปลี่ยนข้อมูลผ่านทีซีพี/ไอพี (TCP/IP) แทน โดยทำการจำลองเครื่องแม่ข่าย (Server) เก็บข้อมูลภาพเอ็กซเรย์ต่างๆ รวมถึงข้อมูลรายงานที่ได้จากการวางแผนของโปรแกรมฯ โดยใช้เทคโนโลยีเจเอสทีเข้ามาพัฒนาโปรแกรมในลักษณะ เซิร์ฟเวอร์-ไคลเอนท์ เพื่อให้การทำงานของโปรแกรมมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

## 6.2 วิจารณ์สิ่งที่ได้จากโครงการ

จากการจัดทำโครงการนี้นั้น สิ่งที่ได้จากโครงการนี้ มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. การศึกษาเทคโนโลยีด้านการแพทย์ การวิธีการวางแผนก่อนการผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อกระดูกเอว รวมถึงมีการทำงานร่วมกับแผนกออร์โธพีดิกส์ โรงพยาบาลรามารับดี
2. สามารถออกแบบโปรแกรมวางแผนการผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อกระดูกเอว ตามหลังของยูเอ็มแอลได้
3. พัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาจาวา
4. พัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อใช้ในการแสดงผลรายงานผลการวางแผน
5. พัฒนาโปรแกรมวางแผนการผ่าตัดโดยใช้ การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาจาวาร่วมกับ วีทีเอ โลบรารี (โอเพน ซอร์ส)

## 6.3 แนวทางการพัฒนางานต่อ

จากการพัฒนาโปรแกรมที่ผ่านมา นั้น ทางผู้จัดทำคิดว่ายังมีส่วนที่พัฒนาต่อได้โดยจะเสนอดังต่อไปนี้

### 6.3.1 ส่วนของซอฟต์แวร์วางแผนการผ่าตัด

ฟังก์ชันที่ควรได้รับการพัฒนาในส่วนนี้คือการวางเทมเพลตของข้อต่อเทียมซึ่งที่ผ่านมาทางผู้จัดทำได้พัฒนาซอฟต์แวร์แบบเชิงวัตถุทำให้การพัฒนาต่อนั้นสามารถทำได้ง่าย โดยผู้พัฒนาต้องเขียนอัลกอริทึมในการวางเทมเพลตลงไปในภาพ และยังสามารถพัฒนาต่อไปเพื่อใช้ในการวางแผนการผ่าตัดกับอวัยวะอื่นๆ ได้โดยเปลี่ยนเทมเพลตและแอมทริบิวท์ที่ต้องเก็บสำหรับแต่ละอวัยวะเท่านั้น

และยังมีส่วนของการปรับขนาดด้วย ซึ่งในเวอร์ชันปัจจุบันนี้ยังเป็นแบบทำด้วยมืออยู่ ยังสามารถพัฒนาให้เป็นแบบอัตโนมัติได้โดยใช้ความรู้ด้านการประมวลผลภาพดิจิทัลเพิ่มเติมเข้าไปเพื่อความสะดวกในการใช้งานโปรแกรม

### 6.3.2 ส่วนของการรายงานผล

สามารถพัฒนาส่วนนี้ได้โดยเพิ่มฟังก์ชันของเว็บเซอร์วิส เพื่อให้โรงพยาบาลอื่นที่ต้องการข้อมูลการวางแผนการผ่าตัดของคนไข้มาร้องขอไปได้ ในกรณีที่มีการย้ายโรงพยาบาล และยังสามารถเพิ่มส่วนของหน้ารับงานวางแผนเพื่อให้บริการวางแผนกับโรงพยาบาลอื่นที่มีความสามารถในการผ่าตัดแต่ไม่สามารถทำการวางแผนได้

### 6.3.3 ส่วนของการเก็บไฟล์ภาพ

สามารถพัฒนาส่วนนี้ได้โดยปรับให้เข้ากับมาตรฐานพีเอซีเอส (Picture Archiving and Communication System- PACS) ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ในการจัดเก็บรูปภาพทางการแพทย์ (Medical

Images) และรับ-ส่งข้อมูลภาพ ในรูปแบบดิจิทัล โดยพีเอชไอเอสใช้การจัดการรับส่งข้อมูล ผ่านทางระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยการส่งภาพข้อมูลตามมาตรฐานไดคอม (DICOM) ซึ่งจะทำได้สามารถนำไปเชื่อมต่อกับระบบของโรงพยาบาลต่างๆ ได้ง่ายขึ้น

#### 6.3.4 ส่วนของระบบข้อมูล

สามารถพัฒนาส่วนนี้ได้โดยการเพิ่มการติดต่อกับฐานข้อมูลคนไข้เพื่อให้สามารถสร้างรายงานที่มีข้อมูลของคนไข้ได้มากขึ้น เพื่อให้ได้ข้อมูลในการพิจารณาการผ่าตัดเพิ่มเติม เช่นการแพ้ยา ประวัติการผ่าตัด ประวัติการรักษาอื่นๆ



## บรรณานุกรม

William J. Schroeder, Lisa S. Avila, Kenneth M. Martin, William A. Hoffman and C. Charles.

1998. **The VTK User's Guide**. New Jersey : Prentice Hall.

Will Schroeder, Ken Martin and Bill Lorensen. 2002. **The VISULATION TOOLKIT 2nd Edition**,, New Jersey : Prentice Hall.

วีระศักดิ์ ชิงถาวร. 2548. **JAVA PROGRAMMING Volume I**. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

วีระศักดิ์ ชิงถาวร. 2548. **JAVA PROGRAMMING Volume II**. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

วีระศักดิ์ ชิงถาวร. 2548. **JAVA PROGRAMMING Volume III**. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

Edward Morgan Forster. 2002. **Java How to Program, 4<sup>th</sup> Edition**, , New Jersey : Prentice Hall.

VTK.org. **"The Visualization ToolKit."** [Online]. Available : <http://www.vtk.org>.

Kitware Inc. **"Kitware Inc. = Leaders in Visualization Technology."** [Online]. Available : <http://www.kitware.com>.

Happy Codings. **"Happy Codings – Java Programming Code Examples."** [Online]. Available : <http://www.java.happycodings.com>.

VisualBuilder.com. **"Programming tutorials, Articles, Source Code, Components, Answers."** [Online]. Available : <http://www.visualbuilder.com>.

Sun Microsystems. **"Java Technology."** [Online]. Available : <http://www.sun.com>.

MySQL. **"The world's most popular open source database."** [Online]. Available : <http://www.mysql.com>.

Apache. **"The Apache Software Foundation."** [Online]. Available : <http://www.apache.org>.