



การสร้างโมเดลอวัยวะสามมิติโดยใช้ตัวกรองแบบมัธยฐานควบคู่กับการใช้เครื่องมือลบ
ก่อนการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ

**CREATING ORGAN 3D MODEL BY USING THE MEDIAN FILTER
COUPLED WITH ERASE TO CREATING ORGAN USING 3D PRINTER**



วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์
วิทยาลัยวิศวกรรมชีวการแพทย์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรังสิต

ปีการศึกษา 2561



**CREATING ORGAN 3D MODEL BY USING THE MEDIAN FILTER
COUPLED WITH ERASE TO CREATING ORGAN USING 3D PRINTER**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
IN BIOMEDICAL ENGINEERING
COLLEGE OF BIOMEDICAL ENGINEERING
GRADUATE SCHOOL, RANGSIT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2018**

วิทยานิพนธ์เรื่อง

การสร้างโมเดลอวัยวะสามมิติโดยใช้ตัวกรองแบบมีพื้นฐานควบคู่กับ
การใช้เครื่องมือลดก่อนการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ

โดย

รวีพล โชติกุลนันท์

ได้รับการพิจารณาให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์

มหาวิทยาลัยรังสิต

ปีการศึกษา 2561

รศ.นันทชัย ทองเป็น
ประธานกรรมการสอบ

รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์
กรรมการ

รศ.ดร.มนัส สัจจวิไล
กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(ผศ.ร.ต.หญิง ดร.วรรณิ สุขสาตร)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

31 ตุลาคม 2561

Thesis entitled

**CREATING ORGAN 3D MODEL BY USING THE MEDIAN FILTER COUPLED
WITH ERASE TO CREATING ORGAN USING 3D PRINTER**

by

RAWIPHON CHOTIKUNNAN

was submitted in partial fulfillment of the requirements
for the degree of Master of Engineering in Biomedical Engineering

Rangsit University
Academic Year 2018

Assoc.Prof. Nuntachai Thongpance
Examination Committee Chairperson

Prof. Chuchart Pintavirooj, D.Eng.
Member

Prof. Manas Sangworasil, D.Eng.
Member and Advisor

Approved by Graduate School

(Asst.Prof.Plт.Off. Vanee Sooksatra, D.Eng.)

Dean of Graduate School

October 31, 2018

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยการให้ความช่วยเหลือแนะนำของ รองศาสตราจารย์ ดร.มนัส สังวรศิลป์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาที่ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นตรวจสอบ และแก้ไขร่างวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด ผู้เขียนจึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์นันทชัย ทองแป้นที่กรุณาให้เกียรติเป็น ประธาน โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ และรองศาสตราจารย์ ดร.มนัส สังวรศิลป์ เป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้กรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น อีกทั้งยังมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศนิ บุญญกุล นพ.สิทธิ พงษ์กิจการุณ และดร.ไชแสง ชูแสงสุนทร ที่ให้คำปรึกษาแนะนำในทุก ๆ ด้าน ตลอดจนนางสาวจุฑามาศ มหานิลและเจ้าหน้าที่ ประจำภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ รวมถึงเจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยรังสิต ทุกท่านที่ ให้ความสะดวกด้านอำนวยความสะดวก และประสานงาน ในการทำวิทยานิพนธ์ให้ผู้เขียนตลอดมาตลอดจน ค้นคว้าหาข้อมูลในการจัดทำวิทยานิพนธ์ของผู้เขียนครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายนี้ผู้เขียนขออ้อมรำลึกถึงอำนาจบารมีของคุณพระศรีรัตนตรัย และสิ่งศักดิ์สิทธิ์ทั้งหลายที่อยู่ในสากลโลก อันเป็นที่พึ่งให้ผู้เขียนมีสติปัญญาในการจัดทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้เขียนขอให้เป็นที่ปกปักรักษาคุ้มครอง บารมี ครบครันของผู้เขียน ตลอดจนผู้เขียนหนังสือ และบทความต่าง ๆ ที่ให้ความรู้แก่ผู้เขียนจนสามารถให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

รวีพล โชติคุณันท์

ผู้วิจัย

5906645 : สาขาวิชาเอก: สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ ; วศ.ม.

คำสำคัญ : โดคอม , มัชชฐาน , เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

รวิพล โชติกุลนันท์ : การสร้างแบบจำลองอวัยวะสามมิติโดยใช้ตัวกรองแบบมัชชฐานควบคู่กับการใช้เครื่องมือลบสำหรับการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ (CREATING ORGAN 3D MODEL BY USING THE MEDIAN FILTER COUPLED WITH ERASE TO CREATING ORGAN USING 3D PRINTER) อาจารย์ที่ปรึกษา: รศ.ดร.มนัส สัจวรศิลป์, 54 หน้า.

ในปัจจุบันเครื่องพิมพ์สามมิติได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลายชนิดโดยในงานวิจัยนี้จะนำเครื่องพิมพ์สามมิติมาใช้ในการขึ้นรูปอวัยวะแบบจำลองสามมิติเพื่อที่จะให้แพทย์สามารถนำเอาอวัยวะแบบจำลองสามมิติที่ได้ไปวิเคราะห์ วินิจฉัยโรคและอื่น ๆ โดยที่ภาพอวัยวะภายในร่างกายที่ใช้จะได้อาจมาจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่ทำการถ่ายภาพแบบตัดขวาง โดยมีจำนวนทั้งหมด 813 ภาพ ขนาด 512×512 พิกเซล มีค่าระดับเทา 12 บิต ภาพที่ได้นี้จะถูกนำมาสร้างเป็นภาพสามมิติโดยใช้ซอฟต์แวร์ Mimic โดยจะนำเอาอวัยวะที่ถูกสร้างเป็นแบบจำลองสามมิติมาเข้าเครื่องพิมพ์สามมิติ และเพื่อให้ได้รูปทรงของอวัยวะที่สนใจนั้น จำเป็นที่จะต้องนำภาพทั้งหมดนี้มาเข้ากระบวนการการประมวลผลภาพ เนื่องจากถ้านำเอาอวัยวะแบบจำลองสามมิติที่ได้จากภาพมาเข้าเครื่องพิมพ์สามมิติโดยตรงจะเกิดขึ้นส่วนขนาดเล็กกระจายตัวอยู่ทั่วไป ด้วยเหตุนี้จึงใช้กระบวนการการประมวลผลภาพ โดยนำภาพมาทำการกรองแบบมัชชฐานเพื่อลบสัญญาณรบกวนออกโดยใช้ซอฟต์แวร์ Matlab แล้วทำการลบส่วนที่ไม่สนใจอื่น ๆ ด้วยเครื่องมือลบ ซึ่งจะใช้เวลาที่สั้นที่สุดก่อนที่จะทำการเปรียบเทียบ โดยใช้หน้าต่างการกรองแบบ 3×3 5×5 7×7 และ 9×9 สรุปได้ว่าการใช้หน้าต่างการกรองมัชชฐานแบบ 3×3 จะให้ภาพที่ยังคงพื้นที่ที่สนใจเอาไว้มากที่สุดและใช้ระยะเวลาในการประมวลผลสั้นที่สุด ซึ่งได้ทำการทดสอบโดยใช้ภาพตัดขวางของผู้ป่วยเพื่อสร้างโมเดลอวัยวะแบบจำลองสามมิติของเนื้อเยื่อ โครงกระดูกและหัวใจ โดยคาดว่ากระบวนการนี้อาจมีความพร้อมสำหรับนำไปใช้งานในทางคลินิกได้

5906645 : MAJOR: BIOMEDICAL ENGINEERING; M.Eng.

KEYWORDS : DICOM , MEDIAN , COMPUTERIZED TOMOGRAPHY

RAWIPHON CHOTIKUNNAN : CREATING ORGAN 3D MODEL BY USING THE MEDIAN FILTER COUPLED WITH ERASE TO CREATING ORGAN USING 3D PRINTER. THESIS ADVISOR: PROF. MANAS SANGWORASIL, D.ENG , 54 p.

Currently three-dimensional (3D) printers are used successfully in many industries. In this research, we develop a system for creating personalized 3D model organs from patient images. This will assist the physician to analyze, diagnose, and educate the patient before carrying out any invasive procedures. The internal organs of the body are taken from the computerized tomography by cross-sectional imaging. There are 813 images, 512×512 pixels, gray level 12 bit. These images will be reconstructed into a 3D model using Mimic software. In this software the organ shape is isolated from surrounding tissue by selecting density thresholds. However, Salt and Pepper Noise contaminating these images prevents accurate printing of 3D organ models. In order to remove this interference, we developed an image processing protocol based on the Median filter. Images were imported into Matlab where the Median filter was applied. The performance of 3×3 , 5×5 , 7×7 and 9×9 pixel matrix filters was compared in terms of processing time and image fidelity. In conclusion, the 3×3 Median filter window provided the optimum solution, reliably generating the best image in the shortest processing time without loss of detail. Any remaining interference can be deleted using the Erase Tool. This method has been tested using patient scans to generate realistic 3D organ models of skeletal and cardiac tissues, and this process may be ready for clinical adoption.

Student's Signature Thesis Advisor's Signature

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1	บทนำ
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย
	1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย
	1.3 กรอบแนวคิดการวิจัย
	1.4 นิยามศัพท์
บทที่ 2	ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง / ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
	2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
	2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
บทที่ 3	ระเบียบวิธีการวิจัย
	3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
	3.2 หลักการทำงานโดยรวมของระบบ
บทที่ 4	ผลการวิจัย
	4.1 ผลการทดสอบ
บทที่ 5	สรุปผลการทดสอบระบบ และข้อเสนอแนะ
	5.1 สรุปผลการวิจัย
	5.2 การอภิปรายผลการวิจัย

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.3 ข้อเสนอแนะการวิจัย	51
บรรณานุกรม	52
ประวัติผู้วิจัย	54



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	การเปรียบเทียบส่วนต่างของพิกเซลในกลุ่มพื้นที่ในรูปแบบต่าง ๆ	44
4.2	เปรียบเทียบเวลาการทำงาน และพลาสติกที่ใช้	49



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงความเข้มของแสง 8 ระดับ	6
2.2 ตัวอย่างภาพไบนารี	7
2.3 ภาพระดับเทาและแถบแสดงระดับเทา	7
2.4 ภาพแบบดัชนี	8
2.5 ภาพสี	9
2.6 แสดงภาพ DICOM และข้อมูลในส่วนของหัวไฟล์	10
2.7 โครงสร้างข้อมูลของ Data Elements	10
3.1 เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์	14
3.2 ภาพตัดขวางสองมิติของอวัยวะภายในร่างกายที่ได้จากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์	15
3.3 การประมวลผลภาพตัดขวางสองมิติของอวัยวะภายในร่างกายเพื่อนำมาสร้างภาพสามมิติ	15
3.4 ตัวอย่างสัญญาณหนึ่งมิติ	17
3.5 ตัวอย่างสัญญาณหนึ่งมิติที่มีการเพิ่มข้อมูลในช่องซ้ายสุดและช่องขวาสุด	17
3.6 ตัวอย่างการกรองด้วยหน้าต่างขนาดสามช่องของข้อมูลลำดับแรก	18
3.7 ตัวอย่างการกรองด้วยหน้าต่างขนาดสามช่องของข้อมูลลำดับที่สอง	18
3.8 ผลลัพธ์ที่ได้จากการกรองด้วยหน้าต่างขนาดสามช่อง	18
3.9 ตัวอย่างภาพสองมิติขนาด 3×3 พิกเซล	19
3.10 สร้างกรอบภาพเพื่อให้มีข้อมูลสำหรับการประมวลผลด้วยหน้าต่างขนาด 3×3	19
3.11 ใช้ตัวกรองมัธยฐานโดยกำหนดหน้าต่างแบบ 3×3 ในข้อมูลลำดับแรก	19
3.12 ใช้ตัวกรองมัธยฐานโดยกำหนดหน้าต่างขนาด 3×3 ในข้อมูลลำดับถัดจากรูปที่ 3.10	20
3.13 ผลลัพธ์ที่ได้จากการกรองด้วยหน้าต่างขนาด 3×3	20
3.14 แสดงการผลทำงานของตัวกรองค่ามัธยฐาน	20

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.15 แสดงแผนผังการทำงาน โดยรวมของการสร้างอวัยวะแบบจำลองสามมิติทางการแพทย์	21
3.16 แสดงแผนผังขั้นตอน โดยรวมในส่วนขั้นตอนการประมวลผลภาพ	22
3.17 แสดงข้อมูลภาพต้นฉบับของไฟล์ DICOM	23
3.18 แสดงตำแหน่งของข้อมูลของรูปที่ 3.17	23
3.19 ภาพที่ผ่านการเลือกเฉพาะส่วน	24
3.20 แสดงการสร้างภาพที่ผ่านตัวกรองการเลือกส่วนภาพเฉพาะจุดที่ต้องการ	24
3.21 แสดงเปรียบเทียบภาพที่ได้ในกรณีที่ใช้ตัวกรองแบบมัลติฐาน	25
3.22 แสดงการสร้างภาพที่ผ่านตัวกรองการเลือกส่วนภาพเฉพาะจุดที่ต้องการ	26
3.23 แสดงผลการประมวลผลภาพที่ได้ทั้งหมด 813 ภาพจากไฟล์ DICOM	26
3.24 ตัวอย่างแบบจำลองสามมิติที่ได้จากไฟล์ภาพที่ได้รับการปรับปรุง	27
3.25 ภาพแบบจำลองสามมิติที่ได้จากตัวซอฟต์แวร์ Mimics ที่ไม่ผ่านตัวกรอง	28
3.26 ภาพแบบจำลองสามมิติที่ได้จากซอฟต์แวร์ Matlab ที่ผ่านตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3	28
3.27 ภาพแบบจำลองสามมิติที่ได้จากซอฟต์แวร์ Matlab ที่ผ่านตัวกรองมัลติฐานด้วยหน้าต่างขนาดต่าง ๆ	28
3.28 ชิ้นงานต้นฉบับเมื่อนำมาจัดวางเพื่อพิมพ์ผ่านเครื่องพิมพ์สามมิติ	29
3.29 ชิ้นงานที่ผ่านตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3	29
3.30 ชิ้นงานที่ผ่านตัวกรองแบบมัลติฐานแบบ 3×3	29
4.1 แสดงภาพต้นฉบับตัวอย่างของอวัยวะแบบสองมิติ	30
4.2 การเลือกพื้นที่ของอวัยวะแบบสองมิติด้วยเครื่องมือพื้นฐานของระบบ	31
4.3 การเลือกพื้นที่ของอวัยวะแบบสองมิติด้วยเครื่องมือพื้นฐานของระบบจากภาพที่มีการปรับปรุงภาพ	31
4.4 ตัวอย่างภาพสองมิติแบบต่าง ๆ	33
4.5 ขยายภาพสองมิติเพื่อดูรายละเอียด	34

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.6 ตัวอย่างพื้นที่ขนาด 66×55 พิกเซล	36
4.7 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างภาพต้นฉบับกับมัลติฐานแบบ 3×3	36
4.8 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างภาพต้นฉบับกับมัลติฐานแบบ 5×5	36
4.9 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างภาพต้นฉบับกับมัลติฐานแบบ 7×7	37
4.10 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างภาพต้นฉบับกับมัลติฐานแบบ 9×9	37
4.11 ตัวอย่างกลุ่มพิกเซลขนาดเล็กที่มีพิกเซลรวมกัน 64 พิกเซล	37
4.12 ตัวอย่างพื้นที่ที่สุ่มตรวจขนาด 66×55 พิกเซล	38
4.13 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.10A ภาพต้นฉบับกับรูปที่ 4.10B ค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 130 ถึง 1,500	38
4.14 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.10A ภาพต้นฉบับกับรูปที่ 4.10C ตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3	39
4.15 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.10A ภาพต้นฉบับกับรูปที่ 4.10C ตัวกรองมัลติฐานแบบ 3×3	39
4.16 ตัวอย่างพื้นที่ที่สุ่มตรวจขนาด 40×48 พิกเซล	40
4.17 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.10A ภาพต้นฉบับกับรูปที่ 4.10B ค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 130 ถึง 1,500	40
4.18 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.10A ภาพต้นฉบับกับรูปที่ 4.10C ตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3	40
4.19 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.10A ภาพต้นฉบับกับรูปที่ 4.10C ตัวกรองมัลติฐานแบบ 3×3	41
4.20 ตัวอย่างพื้นที่ที่สุ่มตรวจขนาด 12×30 พิกเซล	41
4.21 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.20A ภาพต้นฉบับกับรูปที่ 4.20B ค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 130 ถึง 1,500	42
4.22 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.20A ภาพต้นฉบับกับรูปที่ 4.20C ตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3	42

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.23 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.20A ภาพต้นฉบับกับรูปที่ 4.20D ตัวกรองมัลติฐานแบบ 3×3	42
4.24 ตัวอย่างพื้นที่สุ่มตรวจขนาด 21×28 พิกเซล	43
4.25 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.24A ภาพต้นฉบับกับรูปที่ 4.24B ค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 130 ถึง 1,500	43
4.26 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.24A ภาพต้นฉบับกับรูปที่ 4.24C ตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3	43
4.27 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.24A ภาพต้นฉบับกับรูปที่ 4.24C ตัวกรองมัลติฐานแบบ 3×3	44
4.28 อวัยวะแบบจำลองสามมิติ	46
4.29 จุดที่มีมวลของกระดูกอยู่น้อย	47
4.30 อวัยวะแบบจำลองสามมิติค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 110 ถึง 1,500	48
4.31 อวัยวะแบบจำลองสามมิติค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 130 ถึง 1,500	48
4.32 อวัยวะแบบจำลองสามมิติใช้ตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3 และปรับค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 110 ถึง 1,500	48
4.33 อวัยวะแบบจำลองสามมิติใช้ตัวกรองมัลติฐานแบบ 3×3 และปรับค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 110 ถึง 1,500	49

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย

จากความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีในการสร้างเครื่องพิมพ์สามมิติที่จะสามารถสร้างรูปแบบวัสดุสามมิติที่มีราคาถูกลงและนำไปใช้งานได้ง่ายขึ้น โดยแบบจำลองสามมิติถูกนำมาใช้ในการทำงานอย่างหลากหลายไม่ว่าจะเป็น การประยุกต์ใช้แบบจำลองสามมิติทางการแพทย์ ด้านอุตสาหกรรม และด้านอื่น ๆ อีกมากมาย โดยงานวิจัยนี้จะเป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลองสามมิติทางการแพทย์โดยใช้ข้อมูลจากภาพจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (Computerized Tomography) เนื่องจากได้รับปัญหาจากแพทย์ที่มีความต้องการที่จะแสดงอวัยวะจริงในรูปแบบของอวัยวะจำลองสามมิติสำหรับนำไปใช้ในการวิเคราะห์ การรักษาหรือให้ผู้ป่วยสามารถมองเห็นสิ่งที่ผิดปกติที่เกิดขึ้นกับตัวผู้ป่วยเอง และแพทย์ที่ต้องการจะเห็นแบบจำลองสามมิติในขนาดเดียวกันกับอวัยวะจริง โดยมีความต้องการที่สร้างอวัยวะจำลองออกมาให้มีความสมบูรณ์ และใช้ระยะเวลาที่สั้นที่สุด ในการสร้างภาพอวัยวะสามมิติจากร่างกายมนุษย์จำเป็นที่จะต้องต้องมีข้อมูลภาพก่อนถึงจะสามารถนำไปสร้างเป็นแบบจำลองสามมิติได้ โดยใช้เครื่องมือในการนำเอาข้อมูลภาพออกมาจากภาพถ่ายที่ถ่ายด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หรือเครื่องถ่ายภาพด้วยคลื่นสนามแม่เหล็ก (Magnetic Resonance Imaging) เป็นต้น โดยเครื่องสร้างภาพแบบเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นเครื่องที่ใช้ในนำภาพตามแนวขวางสองมิติของอวัยวะภายในร่างกายโดยใช้หลักการการฉายรังสี X-ray (Goel, Yadav, & Singh, 2016, p. 2) ส่วนเครื่องถ่ายภาพแบบคลื่นสนามแม่เหล็กเป็นเครื่องที่ทำการสร้างภาพตามแนวขวางสองมิติของอวัยวะภายในร่างกายโดยใช้หลักการความเป็นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของไฮโดรเจนอะตอมของอวัยวะภายในร่างกาย (Goel et al. 2016, p. 2)

ภาพตามแนวขวางสองมิติของอวัยวะภายในร่างกายก็จะอยู่ในรูปของไฟล์ภาพทางการแพทย์ที่เรียกว่า DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) ซึ่งเก็บข้อมูลไว้ในระบบ PACS (Picture Archiving and Communication System) สามารถเรียกดูไฟล์ได้จากระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (เพชรกรร หาญพานิชย์ และ วัลลภ เหล่าไพบุลย์, 2550), (Hecht, 2009)

การประมวลผลภาพตามแนวขวางสองมิติของอวัยวะภายในร่างกาย จะถูกนำมาประมวลผลเพื่อนำมาสร้างเป็นภาพแบบจำลองสามมิติสามารถทำได้โดยการนำภาพตามแนวขวาง (Axial) ที่ที่มีความต่อเนื่องมาเรียงซ้อนกันเพื่อนำค่าระดับเทา (Gray Level) ในแต่ละพิกเซล (Pixel) มาสร้างภาพใหม่เป็นภาพใหม่ในรูปแบบภาพทางแนวหน้า-หลัง (Sagittal) และภาพทางแนวขวาง-ซ้าย (Coronal) ซึ่งใช้การจัดเรียงพิกเซลใหม่ ทำให้สามารถสร้างภาพจำลองแบบสามมิติเชิงปริมาตร (Volume Rendering) (Fishman, et al., 2006)

ในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นในการหากระบวนการในการลดขั้นตอนในการเลือกกลับชิ้นส่วนของอวัยวะแบบจำลองสามมิติที่ไม่ต้องการ ก่อนการขึ้นรูปเป็นแบบจำลองสามมิติเนื่องจากภาพที่ใช้เมื่อนำมาขึ้นรูปเป็นแบบจำลองสามมิติแล้วพบว่าเมื่ออวัยวะที่ไม่ต้องการและมีสัญญาณรบกวนกระจายตัวอยู่ในภาพในลักษณะสัญญาณรบกวนแบบ Salt and Pepper ทำให้เมื่อนำไปใช้ในเครื่องพิมพ์สามมิติในทันทีจะเกิดการพิมพ์ในส่วนของสัญญาณรบกวนออกมาด้วยและทำให้ใช้ระยะเวลาและวัสดุที่ใช้เพิ่มมากขึ้น

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำวิธีการกรองภาพแบบมัธยฐาน (Median Filter) มาใช้เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว เนื่องจากวิธีการกรองภาพแบบมัธยฐานนั้นจะถูกใช้เพื่อลบสัญญาณรบกวนของภาพออก ซึ่งมีคุณสมบัติในการลบสัญญาณรบกวนแบบ Salt and Pepper ได้ดี (The University of Auckland, 2010) และทำการทดลองเปลี่ยนแปลงหน้าต่างของการกรองภาพที่ขนาด “3 × 3” “5 × 5” “7 × 7” และ “9 × 9” เพื่อที่จะได้รับภาพที่ใกล้เคียงกับอวัยวะจริงมากที่สุดและใช้ระยะเวลาที่สั้นที่สุด เนื่องจากปัญหาที่พบในภาพตัวอย่างจากไฟล์ DICOM ส่วนใหญ่เป็นสัญญาณรบกวนแบบ Salt and Pepper มิงงานวิจัยที่กล่าวถึงวิธีการลบสัญญาณรบกวนแบบ Salt and Pepper ออกจากภาพซึ่งมีการเปรียบเทียบกัน ในหลายตัวกรอง ได้แก่ วิธีการแบบลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Morphology Opening - Closing) วิธีการแบบ kFill วิธีการแบบ Enhanced kFill วิธีการแบบ Activity Detector วิธีการแบบมัธยฐานและวิธีการแบบมัธยฐานที่มีการเปรียบเทียบน้ำหนักตรงกลาง (Center Weighted Median) ซึ่งผลการเปรียบเทียบพบว่าตัวกรองแบบมัธยฐานสามารถนำมาใช้งานได้ง่าย รวดเร็วและได้ผลดีกับสัญญาณรบกวนแบบ Salt and Pepper (Al-Khaffaf, Talib, & Salam, 2008) แต่จะเห็นว่ายังไม่มิงงานใดที่จะนำมาใช้กับภาพทางการแพทย์ที่จะนำไปใช้กับเครื่องพิมพ์สามมิติ ด้วยเหตุนี้จึงเลือกใช้ตัวกรองแบบมัธยฐานมาช่วยในการประมวลผลภาพก่อนที่จะนำไปขึ้นรูปเป็นแบบจำลองสามมิติแล้วนำมาเปรียบเทียบกับการสร้างแบบจำลองสามมิติแบบต้นฉบับ เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดในการขึ้นรูปของชิ้นงานต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างอวัยวะจำลองสามมิติจากภาพ DICOM ที่จะสามารถใช้ช่วยให้แพทย์สามารถใช้ในการวินิจฉัยโรค ทดลองใช้อุปกรณ์อื่น ๆ กับอวัยวะจำลองก่อนการใช้งานจริงและใช้อวัยวะจำลองเพื่ออธิบายให้ผู้ป่วยทราบว่าแพทย์ต้องการทำอะไรกับผู้ป่วยซึ่งจะทำให้ผู้ป่วยสามารถเข้าใจได้ง่าย อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้อวัยวะสามมิติที่ได้นี้ไปใช้ในการพัฒนาการศึกษาทางด้านสื่อการเรียนรู้และการจำลองสภาพแวดล้อมจริง (Virtual Reality) ที่กำลังจะได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน

1.2.2 เพื่อศึกษาระบบการทำงานของซอฟต์แวร์ Mimic เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบระบบที่ช่วยในการประมวลผลภาพสามมิติทางการแพทย์ที่จะสามารถทำให้ขั้นตอนในการเลือกอวัยวะที่สนใจมีความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น และใช้ในการพัฒนางานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับภาพทางการแพทย์ และแบบจำลองสามมิติอื่น ๆ ได้

1.2.3 เพื่อศึกษาไฟล์ภาพ DICOM เพื่อที่จะสามารถนำเอาข้อมูลออกมาใช้ในการสร้างภาพแบบจำลองสามมิติที่จะสามารถทำให้เครื่องพิมพ์สามมิติพิมพ์รูปอวัยวะสามมิติออกมาได้

1.2.4 เพื่อศึกษากระบวนการการประมวลผลภาพทางการแพทย์สำหรับนำไฟล์ภาพ DICOM มาใช้ในการสร้างแบบจำลองสามมิติ

1.3 กรอบแนวคิดการวิจัย

เพื่อทำกระบวนการในการสร้างอวัยวะแบบจำลองสามมิติที่ใช้ระยะเวลาสั้นลงกว่ากระบวนการต้นฉบับ โดยขั้นตอนในการสร้างอวัยวะจำลองสามมิติจะได้ภาพจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ซึ่งอยู่ในรูปแบบของไฟล์ DICOM ภาพที่ใช้จะเป็นภาพเฉพาะส่วนของร่างกายจากคอถึงต้นขาจำนวน 813 ภาพ ขนาด 512×512 พิกเซล มีค่าระดับเทา 12 บิต (Bit) จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่าข้อมูลของภาพมีจำนวนมาก เพื่อที่จะนำเอาข้อมูลทั้งหมดนี้ไปประมวลผลเพื่อลดสัญญาณที่ไม่ต้องการออกจำเป็นที่จะต้องไปทำกระบวนการวิเคราะห์ภาพ DICOM เพื่อแยกเอาหัวไฟล์เก็บไว้

และนำเอาส่วนของตัวไฟล์ หรือ ไฟล์ภาพออกมาทำกระบวนการเตรียมการก่อนการประมวลผลภาพ ก็จะทำให้การประมวลผลมีความรวดเร็วและถูกต้อง

เพื่อนำข้อมูลภาพที่ได้เตรียมการไว้แล้วนั้นไปทำการประมวลผลภาพโดยวิธีการกรองภาพ แบบมัลติฐาน (The University of Auckland, 2010) และทำการสร้างพื้นที่ของ Thresholding แบบสามมิติขึ้นซึ่งจะทำให้ใช้ระยะเวลาสั้นกว่า จากนั้นจึงทำการแต่งส่วนพื้นที่ที่ไม่ต้องการ โดยใช้เครื่องมือลบซึ่งจะเป็นการลบพื้นที่ Threshold ที่ไม่เกี่ยวข้องนั้นออกไป ก็จะทำให้สามารถสร้างภาพสามมิติที่สามารถนำไปพิมพ์เป็นแบบจำลองสามมิติได้โดยใช้เครื่องพิมพ์สามมิติ

1.4 นิยามศัพท์

ไดคอม “ไดคอม (DICOM : Digital Imaging and Communications in Medicine) เป็นรูปแบบไฟล์มาตรฐานสำหรับการจัดเก็บและการส่งข้อมูลแลกเปลี่ยนในการถ่ายภาพทางการแพทย์ ซึ่งสามารถใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างโรงพยาบาลต่าง ๆ”

มัธยฐาน “มัธยฐาน (Median) คือการวัดแนวโน้มสู่ส่วนกลางชนิดหนึ่งโดยมัธยฐานของข้อมูลสามารถหาได้ด้วยการนำข้อมูลมาเรียงลำดับจากน้อยไปมากหรือจากมากไปน้อยโดยถือเอาตัวเลขที่อยู่ตรงกลางเป็นค่ามัธยฐาน

เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ “เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT : Computerized Tomography) เป็นเครื่องสร้างภาพที่ใช้ในการถ่ายภาพทางการแพทย์ สำหรับนำภาพตามแนวขวางสองมิติของอวัยวะภายในร่างกายออกมาโดยใช้หลักการการฉายรังสี X-ray”

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง / ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ระบบการแสดงผลข้อมูลภาพ

การแสดงผลข้อมูลภาพจะแสดงอยู่ในรูปแบบสองมิติในหน่วยภาพแบบพิกเซล สามารถนิยามเป็นฟังก์ชันสองมิติ $f(x, y)$ โดยที่ x และ y เป็นพิกัดของภาพ และแอมพลิจูดของ f ที่พิกัด (x, y) ใด ๆ คือค่าความเข้มแสงของภาพที่ตำแหน่งนั้น ๆ และเมื่อ x, y และแอมพลิจูดของ f นั้นเป็นข้อมูลของภาพ โดยที่ค่าแต่ละค่าที่อยู่ในเมทริกซ์จะเรียกว่า พิกเซล (มนัส สัจวารศิลป์และคณะ, 2561) ดังที่ได้แสดงในสมการที่ 2-1

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0, 0) & f(0, 1) & \dots & f(0, N-1) \\ f(1, 0) & f(1, 1) & \dots & f(1, N-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(M-1, 0) & f(M-1, 1) & \dots & f(M-1, N-1) \end{bmatrix} \quad (2-1)$$

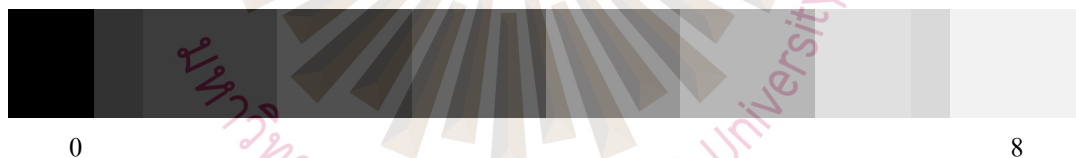
สมการที่ 2.1 เมทริกซ์ที่กำหนดให้ภาพ $f(x, y)$ มีขนาด M แถว และ N คอลัมน์และจุดกำเนิดอยู่ที่ $(x, y) = (0, 0)$

รูปแบบของสมการที่ 2-1 จะแสดงคุณสมบัติของภาพดิจิทัลที่ซึ่งพิกเซลหรือจุดภาพมาจากคำว่า พิกเจอร์ (Picture) และอีเลเมนต์ (Element) โดยภาพดิจิทัลจะประกอบไปด้วยพิกเซลจำนวนมากโดยความละเอียดของภาพนั้นจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของจุดภาพ ทำให้ความละเอียดของภาพนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนของพิกเซลที่มี โดยการระบุจำนวนค่าของพิกเซลนั้นจะอยู่ใน

ลักษณะแวนอนคุณแนวตั้ง ($x \times y$) ยกตัวอย่างเช่น ภาพไบนารี ขนาด $1,980 \times 1,080$ พิกเซลจะมีค่าเท่ากับ 2,138,400 พิกเซล (บุญธรรม ภัทรจารุกุล, 2556)

บิตต่อพิกเซล คือจำนวนของระดับเทาในภาพที่แตกต่างกันสามารถแทนได้ด้วยพิกเซล โดยจะขึ้นอยู่กับจำนวนบิตต่อพิกเซลของภาพ ยกตัวอย่างเช่น ภาพแบบ 1 บิต คือ แต่ละพิกเซลจะมีค่าเท่ากับ 1 บิต ดังนั้นค่าในแต่ละพิกเซลจะมีได้เพียงแค่ 0 ในจุดที่เป็นความเข้มแสงต่ำสุด (จุดดำ) หรือ 1 ในจุดที่มีความเข้มแสงสูงสุด (จุดขาว) หรือเรียกว่าภาพไบนารี หรือในภาพ 3 บิต ซึ่งจะมีค่าระดับเทาเท่ากับ 8 ระดับ จึงมีค่า 0 ในจุดที่เป็นความเข้มแสงต่ำสุด และ 8 ในจุดที่มีความเข้มแสงสูงสุด ดังรูปที่ 2.1 โดยการเพิ่มจำนวนของระดับเทาของภาพ แต่ละบิตจะเพิ่มเป็น 2 เท่า (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552)

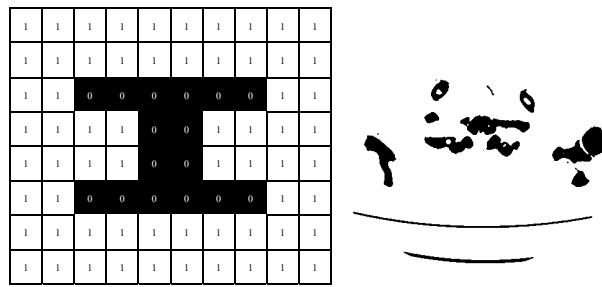
1 bpp	$2^1 = 2$ ระดับ
2 bpp	$2^2 = 4$ ระดับ
3 bpp	$2^3 = 8$ ระดับ
8 bpp	$2^8 = 256$ ระดับ
16 bpp	$2^{16} = 65,536$ ระดับ
24 bpp	$2^{24} = 16,800,000$ ระดับ



รูปที่ 2.1 แสดงความเข้มของแสง 8 ระดับ
ที่มา : ผู้วิจัย

2.1.1.1 ภาพขาว – ดำ (Binary image)

เป็นภาพที่ใช้เนื้อที่ 1 บิต ต่อ พิกเซล โดยค่าระดับเทาจะมีแค่สองค่าคือ 0 ในจุดที่เป็นความเข้มแสงต่ำสุด หรือ 1 ในจุดที่มีความเข้มแสงสูงสุดทำให้ภาพมีความเข้มแค่เพียงสองระดับเท่านั้น (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552) ซึ่งทำให้สามารถพิจารณาพื้นที่ที่สนใจได้ง่ายโดยความเข้มที่สนใจจะเป็นพิกเซลของภาพ และความเข้มที่ต่างออกไปคือพิกเซลพื้นหลัง ทำให้สามารถนำภาพชนิดดังกล่าวไปประมวลผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 2.2

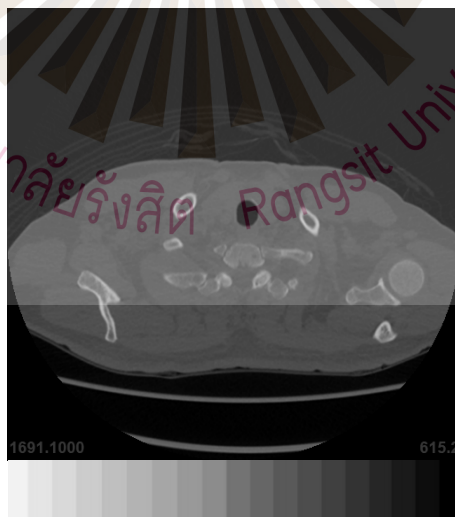


รูปที่ 2.2 ตัวอย่างภาพไบนารี

ที่มา : ผู้วิจัย

2.1.1.2 ภาพระดับเทา (Grayscale, Intensity image)

ภาพระดับเทาเป็นภาพที่มีค่าของความเข้มของระดับเทาในแต่ละจุดภาพ โดยระดับความเข้มที่มีจะขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้ ยกตัวอย่างเช่น ภาพระดับเทา 8 บิตจะมีระดับความเข้มในแต่ละพิกเซลอยู่ที่ $2^8 = 256$ ระดับ โดยค่าที่ระบุแทนค่าความเข้มในแต่ละพิกเซลจะนิยมระบุในช่วง 0 ถึง 255 หรือ 0 ถึง 1 นอกจากนี้ภาพระดับเทามักถูกนำไปใช้แทนการใช้งานภาพสี เพื่อลดความซับซ้อนในการประมวลผล และลดขนาดของข้อมูลลง ดังที่แสดงในรูปที่ 2.3 (บุญธรรม ภัทรารามกุล, 2556)

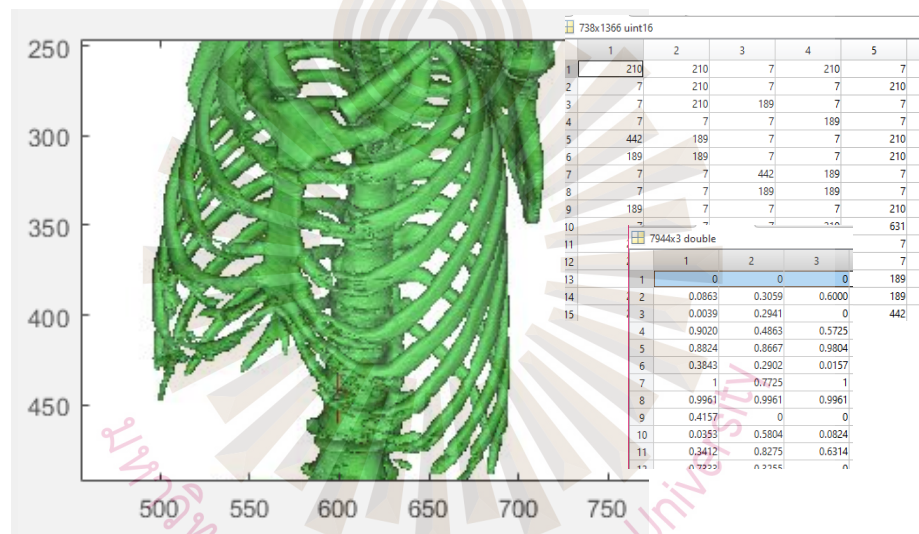


รูปที่ 2.3 ภาพระดับเทาและแถบแสดงระดับเทา

ที่มา : ผู้วิจัย

2.1.1.3 ภาพดัชนี (Indexed image)

ภาพที่มีรูปแบบการเก็บภาพเป็นสองเมทริกซ์ โดยเมทริกซ์แรกจะเป็นข้อมูลเมทริกซ์ (Matrix) และเมทริกซ์ที่สองจะเป็นแผนที่สีแบบเมทริกซ์ (Colormap Matrix) โดยข้อมูลเมทริกซ์จะมีขนาดเดียวกับภาพ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ “unit 8” “unit 16” หรือ “double” และในส่วนของเมทริกซ์แผนที่สี จะถูกเรียกเป็นแถว $m \times 3$ ของชนิด double โดยจะใช้ค่าทศนิยมในช่วง 0 ถึง 1 โดยจะเรียกเป็นสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินตามลำดับ สีของแต่ละพิกเซลจะถูกกำหนดโดยใช้ค่าที่สอดคล้องกันของภาพที่เป็นตัวเลขดัชนีในแผนที่สีซึ่งถูกจัดเก็บไว้พร้อมกับภาพดัชนี และจะถูกเรียกใช้งานพร้อมกันกับภาพ ดังที่แสดงในรูปที่ 2.4 (บุญธรรม ภัทรจารุกุล, 2556)



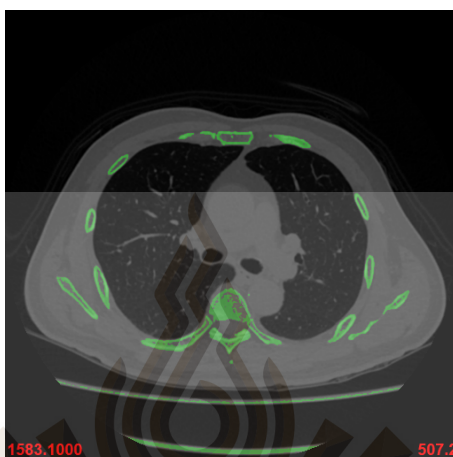
รูปที่ 2.4 ภาพแบบดัชนี

ที่มา : ผู้วิจัย

2.1.1.4 ภาพสี (Color Image)

ภาพสีคือภาพที่แต่ละพิกเซลจะถูกแทนค่าด้วยค่าที่มากกว่าหนึ่งค่า โดยทั่วไปนั้นภาพสีจะมีค่าตัวกำหนดระดับ (Bit Depth) อยู่ในช่วง 8 ถึง 24 บิต หรือมากกว่า ยกตัวอย่างเช่นภาพที่ใช้แบบจำลองสีแบบ RGB แบบ 24 บิต จะถูกแทนด้วยค่าของแสงสีแดง 8 บิต แสงสีเขียว 8 บิต และแสงสีน้ำเงิน 8 บิต โดยใช้ผลรวมของค่าสีทั้งสามมาผสมเพื่อแสดงแทนสีอื่นในภาพ ซึ่งจะ

แสดงได้มากถึง 16.7 ล้านสี (2^{24}) ดังที่ได้แสดงในรูปแบบที่ 2.5 นอกจากนี้ยังมีแบบจำลองสีอื่น ๆ อีก เช่น “CYMK” “HSV” และ “YcrCb” เป็นต้น (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552)



รูปที่ 2.5 ภาพสี
ที่มา : ผู้วิจัย

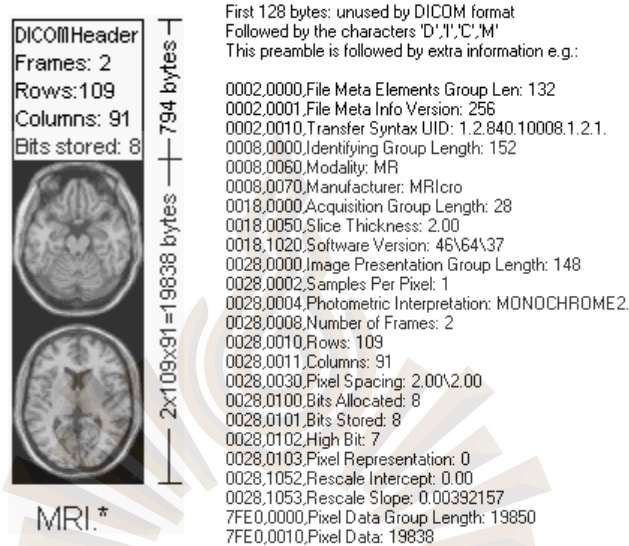
2.1.2 DICOM

DICOM (เพชรกรร หาญพานิชย์ และ วัลลภ เหล่าไพบุลย์, 2550 ; Hecht, 2009 ; Roni, 2016) มาจากคำว่า Digital Imaging and Communications in Medicine เป็นรูปแบบไฟล์มาตรฐานสำหรับการจัดเก็บและการส่งข้อมูลแลกเปลี่ยนภาพทางการแพทย์ ซึ่งสามารถใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างโรงพยาบาลต่าง ๆ โดยเป็นมาตรฐานที่สามารถใช้ในการแลกเปลี่ยนสื่อสารกัน อุปกรณ์สร้างภาพรังสี และซอฟต์แวร์สำหรับใช้งาน ซึ่งทำให้ภาพทางการแพทย์อย่างเช่น เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ เครื่องถ่ายภาพแบบคลื่นสนามแม่เหล็กและภาพถ่ายทางการแพทย์อื่น ๆ มีมาตรฐานเดียวกัน สามารถใช้แลกเปลี่ยนกันได้ระหว่างเครื่องมือทางการแพทย์เพื่อใช้อ่านข้อมูลของคนไข้ที่มาจากต่างอุปกรณ์ หรืออุปกรณ์ที่ต่างบริษัทกัน

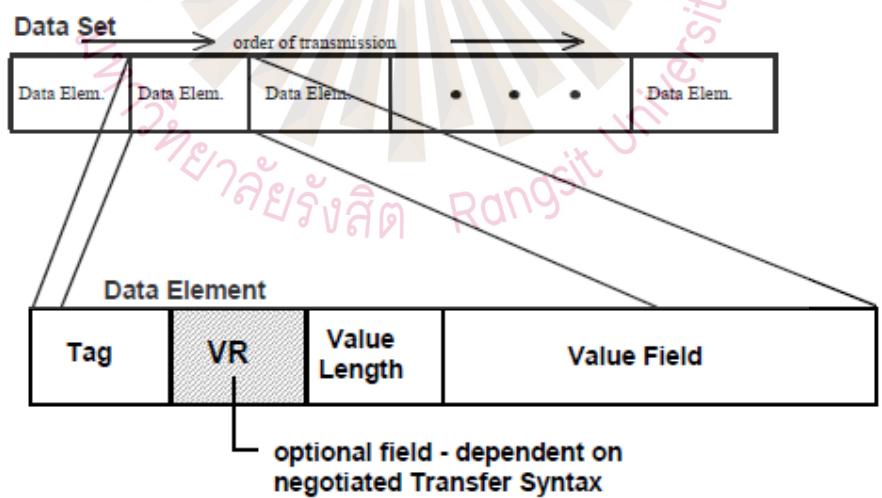
2.1.2.1 รูปแบบของไฟล์ DICOM

รูปแบบของไฟล์จะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนของหัวไฟล์ (Header File) และส่วนตัวไฟล์ (Body File) โดยปรกติของการจัดเก็บข้อมูลลงไปในส่วนของหัวไฟล์นั้น ในส่วนประกอบของหัวไฟล์ 128 ไบท์ (Byte) แรก จะถูกกำหนดให้มีค่าเป็นศูนย์ (00H) ในไบท์ที่ 129

ถึง 132 จะระบุด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ขนาด 4 ไบท์ คือ “D” “I” “C” และ “M” ดังที่แสดงในรูปที่ 2.6 หลังจากนั้นจึงเป็นข้อมูลส่วนประกอบของหัวไฟล์ ดังที่แสดงในรูปที่ 2.7 ซึ่งประกอบไปด้วย “Tag” “Value representation (VR)” “Value Length (VL)” และ “Value Field” (มนัส สังวรศิลป์และคณะ, 2561)



รูปที่ 2.6 แสดงภาพ DICOM และข้อมูลในส่วนของหัวไฟล์
ที่มา : มนัส สังวรศิลป์, 2561



รูปที่ 2.7 โครงสร้างข้อมูลของ Data Elements
ที่มา : Roni, 2011

2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 Anitha, Kola, Sushma, & Archana, (2017) รายงานผลงานวิจัยเรื่อง Analysis of filtering and novel technique for noise removal in MRI and CT images โดยการถ่ายภาพด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นเทคนิคหนึ่งในการทำให้เห็นภาพกลุ่มเซลล์ (เนื้อเยื่อ) และกลุ่มของเนื้อเยื่อ (อวัยวะ) ที่ชัดเจน โดยใช้คลื่นแม่เหล็กและคลื่นวิทยุจะไม่มีรังสีเอ็กซ์และรังสีที่อื่น ๆ ที่เป็นอันตราย ซึ่งจะนำไปสู่โรคมะเร็ง เพื่อให้ได้ภาพจากเครื่องถ่ายภาพแบบคลื่นสนามแม่เหล็กและภาพจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่ถูกต้องสำหรับการนำไปวินิจฉัยโรคต่อเนื้เป็นได้ยากเนื่องจากมักจะพบปัญหาสัญญาณรบกวนเช่น “Various” “like speckle” “Poisson” “Salt and Pepper” และ “Gaussian” เพื่อหลีกเลี่ยงเสียงรบกวนเหล่านี้จะมีตัวกรองการกำจัดสัญญาณรบกวนเช่น ตัวกรองมัธยฐาน ตัวกรอง KSL และ ตัวกรอง Wiener ในบทความนี้ได้มีการกล่าวถึงและเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีการกรองด้วยตัวกรองมัธยฐานและตัวกรอง Wiener และตรวจสอบคุณภาพของภาพผลลัพธ์โดย “PSNR” “RMSE” และ “MSE” โดยตัวกรอง Wiener เหมาะที่จะใช้กับภาพที่มีลักษณะเบลอมากกว่าการใช้กับภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบ Salt and Pepper

2.2.2 Sathua, Dash, & Behera, (2017) รายงานผลงานวิจัยเรื่อง Removal of Salt and Pepper noise from Gray-Scale and Color Images: An Adaptive Approach โดยแสดงการกำจัดสัญญาณรบกวนแบบ Salt and Pepper ที่มีระดับสัญญาณรบกวนที่ 70 เปอร์เซ็นต์ จากภาพโทนเทาและภาพสี โดยที่มีการเปรียบเทียบการทำงานเพื่อลบสัญญาณรบกวนดังกล่าว โดยการเปรียบเทียบกันระหว่าง ตัวกรองมัธยฐาน ตัวกรองมัธยฐานแบบปรับค่าได้ (Adaptive Median Filter) การตัดสินใจที่ตัดแปลงโดยไม่สมมาตรซึ่งถูกปรับค่าด้วยตัวกรองมัธยฐาน (Modified Decision Based Unsymmetric Trimmed Median Filter) การตัดสินใจที่ปรับเปลี่ยนบางส่วนซึ่งถูกปรับค่าด้วยตัวกรองค่าเฉลี่ย (Modified Decision Based Partially Trimmed Mean Filter) และตัวกรองค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักแบบปรับค่าได้ (Adaptive Weighted Mean Filter) อีกทั้งยังมีการทดสอบเพิ่มเติมกับวิธีการแบบ Proposed Algorithm ซึ่งสามารถลบสัญญาณรบกวนออกได้ดีเมื่อใช้กับภาพแบบ โทนเทาและภาพสี

2.2.3 Isaac, & Kulkarni, (2015) รายงานผลงานวิจัยเรื่อง Super Resolution Techniques for Medical Image Processing โดยปรับปรุงความสามารถในการวินิจฉัยสำหรับการรักษาที่ถูกต้อง นอกจากนี้ความละเอียดของข้อมูลภาพที่ดีขึ้นอาจช่วยในการปรับปรุงการตรวจหาอัตโนมัติและการ

แบ่งส่วนภาพได้อย่างมาก การมีเทคโนโลยีการถ่ายภาพทางการแพทย์แบบดิจิทัลเช่น การถ่ายภาพด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ การถ่ายภาพด้วยรังสีโพซิตรอน (PET) การถ่ายภาพด้วยคลื่นสนามแม่เหล็ก ฯลฯ ได้ปฏิวัติการแพทย์แผนปัจจุบัน แม้จะมีความก้าวหน้าในเทคโนโลยี แต่ไม่ใช่เรื่องง่ายที่จะได้ภาพที่ต้องการที่มีความละเอียดสูง เนื่องจากสภาพแวดล้อมในการถ่ายภาพ ข้อจำกัดของระบบภาพทางกายภาพและปัจจัยที่จำกัดคุณภาพเช่น มีสัญญาณรบกวนและความเบลอ การแก้ไขปัญหานี้คือการใช้เทคนิค Super Resolution (SR) ซึ่งสามารถใช้สำหรับการประมวลผลภาพดังกล่าวได้ ได้มีการอธิบายวิธีการต่าง ๆ ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาเพื่อสร้างและสร้างอัลกอริทึมที่สามารถใช้ในการสร้างแนวคิดเรื่องความละเอียดสูงสุดได้ บทความนี้มีรายละเอียดเกี่ยวกับรูปแบบทางการแพทย์เทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการแก้ไขปัญหานี้และแนวโน้มในปัจจุบันที่กำลังดำเนินการตามแนวคิดนี้

2.2.4 Al-Khaffaf, Talib, & Salam, (2008) รายงานผลงานวิจัยเรื่อง Removing Salt-and-Pepper Noise from Binary Images of Engineering Drawings โดยได้ทำการกำจัดสัญญาณรบกวนในภาพวาดทางวิศวกรรม โดยแสดงการกำจัดสัญญาณรบกวนแบบ Salt and Pepper ที่มีระดับสัญญาณรบกวนที่ 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีการเปรียบเทียบกัน ในหลายตัวกรองได้แก่ วิธีการแบบลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Morphology Opening-Closing) วิธีการแบบ kFill วิธีการแบบ Enhanced kFill วิธีการแบบ Activity Detector วิธีการแบบมีขั้วฐานและวิธีการแบบมีขั้วฐานที่มีการเปรียบเทียบน้ำหนักตรงกลาง (Center Weighted Median) ซึ่งผลการเปรียบเทียบพบว่าตัวกรองแบบมีขั้วฐานสามารถนำมาใช้งานได้ง่าย รวดเร็ว และได้ผลดีกับสัญญาณรบกวนแบบ Salt and Pepper ส่วนวิธีการแบบลักษณะทางสัณฐานวิทยานั้นจะทำการลบรายละเอียดของข้อมูลภาพมากเกินไป วิธีการแบบ kFill และวิธีการแบบ Enhanced kFill ไม่สามารถลบสัญญาณรบกวนออกไปได้และสุดท้ายวิธีการแบบ Activity Detector สามารถลบสัญญาณรบกวนได้ดีและทำให้ภาพเบลอ

2.2.5 Popescu, Stan, & Miclea, (2013) รายงานผลงานวิจัยเรื่อง 3D printing bone models extracted from medical imaging data โดยได้ทำการสำรวจและทดลองเกี่ยวกับวิธีการผลิตแบบจำลองสามมิติของชิ้นส่วนของร่างกายเป็นวัสดุการศึกษาจากข้อมูลการถ่ายภาพทางการแพทย์ของ Computed Tomography และ Magnetic Resonance Imaging

2.2.6 (Wang, 2006) รายงาน ผลงาน วิจัย เรื่อง Image Filtering: Noise Removal, Sharpening, Deblurring โดยได้ทำการเปรียบเทียบการลบสัญญาณรบกวนของภาพโดยทำการ

เปรียบเทียบกันระหว่าง Averaging filter กับ Median filter โดยใช้หน้าต่างแบบ 3×3 ซึ่งผลที่ได้คือ Averaging filter ทำให้ขอบและรายละเอียดของภาพเบลอ อีกทั้งยังไม่มีผลกับสัญญาณรบกวนที่มีลักษณะเป็น Salt and Pepper แต่ Median filter สามารถลบสัญญาณรบกวนดังกล่าวได้ดีและได้ภาพที่มีความคมชัด นอกจากนี้ยังได้แสดงวิธีการปรับปรุงขอบภาพด้วย Sharpening และการแก้ไขภาพที่เบลอด้วย Deblurring เพื่อให้ได้ภาพที่มีความคมชัด

2.2.7 Poddar et al. (2005) รายงานผลงานวิจัยเรื่อง Ultrahigh resolution 3D model of murine heart from micro-CT and serial confocal laser scanning microscopy images โดยการศึกษา นี้เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองสามมิติแบบใหม่ที่มีความละเอียดสูงแบบโดยไม่เกิดความผิดเพี้ยนของหัวใจทั้งหมด โดยการลงทะเบียนภาพต่อเนื่องแบบต่อเนื่องหลายรูปแบบที่สร้างขึ้นโดยการสแกนด้วย CLSM (Confocal Laser Scanning Microscopy) โดยใช้ภาพแบบ Micro-CT 3D เป็นแม่แบบ ข้อมูลความละเอียดสูงจาก CLSM ใช้สำหรับการศึกษาโครงสร้างเนื้อเยื่ออ่อนนุ่มในรูปแบบสามมิติ ได้แก่ การวางแนวเส้นใยและช่องว่าง CLSM ต้องการการตัดชิ้นส่วนทางกายภาพของตัวอย่างทำให้เนื้อเยื่อหายไปและในระดับต่าง ๆ ของการบิดเบือนเนื้อเยื่อขึ้นอยู่กับความหนา ซึ่งข้อมูลที่ได้รับจาก Micro-CT นั้นจะไม่ถูกบิดเบือนและให้ข้อมูลที่สมบูรณ์เกี่ยวกับอินเทอร์เฟซทั้งวัตถุทั้งภายนอกและภายใน

บทที่ 3

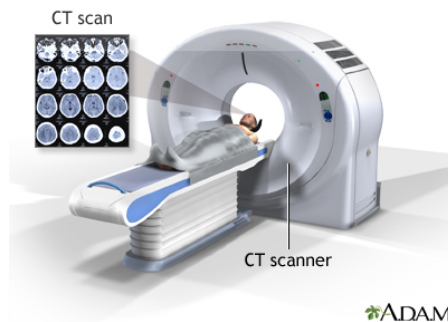
ระเบียบวิธีการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะนำภาพอวัยวะภายในร่างกายที่ได้จากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำนวน 813 ภาพ ขนาด 512 x 512 ค่าระดับเทา 12 บิตที่ได้รับจากโรงพยาบาลรามารินทร์ไปเข้าซอฟต์แวร์ Mimic เพื่อทำการสร้างแบบจำลองสามมิติและนำอวัยวะที่สนใจในที่นี่คือส่วนของโครงกระดูก โดยนำข้อมูลภาพที่อยู่ในรูปแบบไฟล์ DICOM ไปทำการลบสัญญาณรบกวนออกด้วยกระบวนการประมวลผลภาพโดยใช้ตัวกรองมัชฌิมาในซอฟต์แวร์ Matlab จากนั้นจึงนำผลลัพธ์ที่ได้กลับไปซอฟต์แวร์ Mimic เพื่อทำการลบส่วนที่ไม่สนใจขนาดใหญ่ออกไปและส่งไปยังเครื่องพิมพ์สามมิติ

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

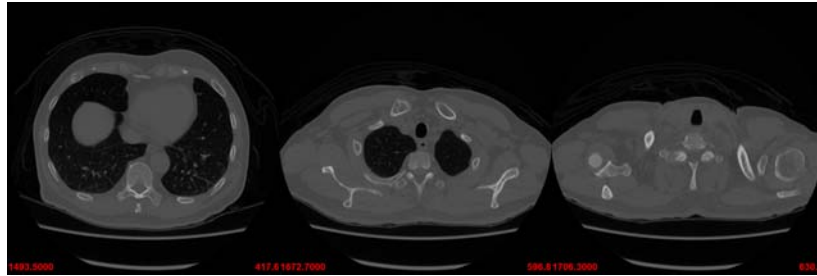
3.1.1 ภาพจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

ภาพจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่แสดงในรูปที่ 3.1 จะให้ข้อมูลภาพตามแนวขวางที่มีการเรียงต่อเนื่องกันดังที่แสดงในรูปที่ 3.2 อยู่ในรูปแบบของไฟล์ DICOM



รูปที่ 3.1 เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

(ที่มา : <http://slu.adam.com/content.aspx?productId=617&pid=1&gid=003786>)

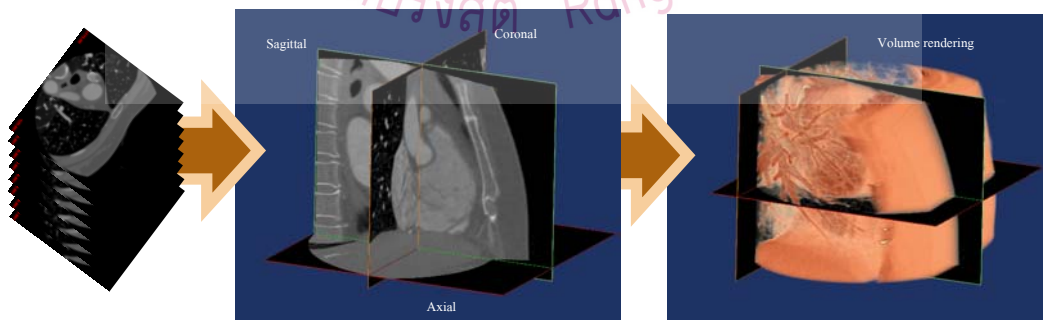


รูปที่ 3.2 ภาพตัดขวางสองมิติของอวัยวะภายในร่างกายที่ได้จากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

งานวิจัยนี้ได้รับไฟล์ภาพ DICOM จากโรงพยาบาลรามาริบติเพื่อใช้ในการศึกษาและสร้างแบบจำลองสามมิติ โดยจะนำข้อมูลภาพเฉพาะส่วนของร่างกายจากคอถึงต้นขาจำนวน 813 ภาพ ขนาด 512×512 พิกเซล ที่มีค่าระดับเทา 12 บิต มาใช้ในการสร้างภาพจำลองสามมิติเพื่อนำมาแสดงในรูปแบบของอวัยวะจริง

3.1.2 ซอฟต์แวร์สำหรับการสร้างแบบจำลองสามมิติ

Mimics เป็นซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพทางการแพทย์เพื่อใช้ในการออกแบบและสร้างเป็นภาพแบบจำลองสามมิติ โดยจะนำข้อมูลภาพสองมิติที่มีการเรียงต่อเนื่องกันมาแสดงในรูปแบบเชิงปริมาตรและการแสดงพื้นผิวดังแสดงในรูปที่ 3.3 จะเห็นว่าภาพที่ใช้จะเรียงลำดับของอวัยวะจากคอถึงชายโครง จำนวน 500 ภาพ ซอฟต์แวร์ Mimic ก็จะทำการแสดงในรูปแบบเชิงปริมาตรของอวัยวะภายในร่างกายที่จะมองเห็นรูปแบบโครงสร้างของอวัยวะในรูปแบบทรงสามมิติได้



รูปที่ 3.3 การประมวลผลภาพตัดขวางสองมิติของอวัยวะภายในร่างกายเพื่อนำมาสร้างภาพสามมิติ

(ภาพจากซอฟต์แวร์ Mimic)

จากรูปแบบโครงสร้างสามมิติของอวัยวะที่สนใจ จึงนำไฟล์ข้อมูลของอวัยวะที่สนใจนี้ มาสร้างไฟล์ใหม่ให้อยู่ในรูปแบบ STL (Stereolithography) เพื่อที่จะนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติที่ต้องการ

3.1.3 ซอฟต์แวร์สำหรับใช้ในการขึ้นรูปแบบจำลองสามมิติผ่านเครื่องพิมพ์สามมิติ

ซอฟต์แวร์ FlashPrint เป็นซอฟต์แวร์สำหรับทำการแปลงแบบจำลองสามมิติออกเป็นแผ่น (ชั้น) บาง ๆ แล้วแปลงเป็นไฟล์ประเภท G-code ซึ่งเป็นภาษาที่เครื่องพิมพ์สามมิติเข้าใจ เพื่อส่งไปให้เครื่องพิมพ์จัดการพิมพ์เป็นชิ้นงานออกมา โดยซอฟต์แวร์ FlashPrint พัฒนามาสำหรับการใช้งานเครื่องพิมพ์ Flashforge (Printtech Expo, 2015)

3.1.4 ซอฟต์แวร์สำหรับใช้ในการประมวลผลภาพ

ภาพที่ได้จากกระบวนการในหัวข้อที่ 3.1.2 ถ้านำเอาอวัยวะแบบจำลองสามมิติที่ได้จากภาพมาเข้าเครื่องพิมพ์สามมิติโดยตรงจะเกิดชิ้นส่วนขนาดเล็กกระจายตัวอยู่ทั่วไป ด้วยเหตุนี้จึงใช้กระบวนการการประมวลผลภาพโดยนำภาพมาทำการกรองแบบมัลติฐานเพื่อลบสัญญาณรบกวนออกโดยใช้ซอฟต์แวร์ Matlab

3.1.5 ตัวกรองแบบมัลติฐาน (Median Filter)

การกรองภาพโดยใช้ตัวกรองแบบมัลติฐาน (The University of Auckland, 2010) มีการทำงานแบบสมการที่ไม่เป็นเส้นตรงซึ่งมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีประสิทธิภาพในการกำจัดสัญญาณรบกวนในลักษณะ Salt and Pepper และรักษาขอบภาพ ซึ่งวิธีการกรองภาพแบบมัลติฐานทำงานโดยการนำหน้าต่างขนาดจำนวนคี่ในที่นี่จะทำการทดลองโดยใช้หน้าต่างขนาด “3 × 3” “5 × 5” “7 × 7” และ “9 × 9” มาเรียงลำดับข้อมูลจากน้อยไปมาก และทำการนำข้อมูลที่อยู่ตำแหน่งตรงกลางมาแทนที่ค่าเดิมของภาพไปที่ละพิกเซล ซึ่งได้แสดงการทำงานตามฟังก์ชันการทำงานได้ดังสมการที่ 3-1

$$f(x,y) = \text{median} \{g(s,t)\}_{(s,t) \in S_{xy}}$$

(3-1)

จากสมการที่ 3.1 แสดงฟังก์ชัน f ที่พิกัด x และ y มีค่าเท่ากับค่ามัธยฐานของฟังก์ชันคอมพิวเตอร์ g ของ s และ t โดยที่ s และ t เป็นสมาชิกของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ x และ y (มนัส สังวรศิลป์ และคณะ, 2561)

ตัวอย่างต่อไปนี้จะแสดงการใช้ตัวกรองค่ามัธยฐานกับสัญญาณหนึ่งมิติแบบง่าย สัญญาณหนึ่งมิติมีค่า $x = 5\ 6\ 5\ 5\ 7\ 10\ 1\ 3\ 5\ 8$ ดังรูปที่ 3.4

$$x = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 5 & 6 & 5 & 5 & 7 & 10 & 1 & 3 & 5 & 8 \\ \hline \end{array}$$

รูปที่ 3.4 ตัวอย่างสัญญาณหนึ่งมิติ

จากนั้นทำการใส่ค่าตัวเลขซ้ายสุดที่มีค่าเท่ากับข้อมูลช่องซ้ายสุดเดิม และใส่ค่าขวาสุดที่มีค่าเท่ากับข้อมูลช่องขวาสุดเดิมเพื่อให้มีช่องในการคำนวณที่เพียงพอทำให้เกิดพื้นที่เพิ่มเติมที่ขอบภาพซึ่งจะได้ x ใหม่ที่มีค่า $x = 5\ 5\ 6\ 5\ 5\ 7\ 10\ 1\ 3\ 5\ 8\ 8$ ดังรูปที่ 3.5

$$x = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 5 & 5 & 6 & 5 & 5 & 7 & 10 & 1 & 3 & 5 & 8 & 8 \\ \hline \end{array}$$

รูปที่ 3.5 ตัวอย่างสัญญาณหนึ่งมิติที่มีการเพิ่มข้อมูลในช่องซ้ายสุดและช่องขวาสุด

เริ่มต้นทำการประมวลผลด้วยหน้าต่างแบบสามช่องโดยเริ่มต้นจากข้อมูลช่องซ้ายสุดก่อน ดังรูปที่ 3.6 จากนั้นจึงเลื่อนไปหาข้อมูลลำดับถัดไปทางขวาดังรูปที่ 3.7 และเลื่อนไปหาข้อมูลลำดับถัดไปทางขวาจนได้ข้อมูลครบทั้งหมดซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังต่อไปนี้

- ข้อมูลลำดับแรกคือ $5\ 5\ 6$ ซึ่งค่ามัธยฐานจะมีค่าเท่ากับ 5
- ข้อมูลลำดับที่สองคือ $5\ 5\ 6$ ซึ่งค่ามัธยฐานจะมีค่าเท่ากับ 5
- ข้อมูลลำดับที่สามคือ $5\ 5\ 6$ ซึ่งค่ามัธยฐานจะมีค่าเท่ากับ 5
- ข้อมูลลำดับที่สี่คือ $5\ 5\ 7$ ซึ่งค่ามัธยฐานจะมีค่าเท่ากับ 5
- ข้อมูลลำดับที่ห้าคือ $5\ 7\ 10$ ซึ่งค่ามัธยฐานจะมีค่าเท่ากับ 7
- ข้อมูลลำดับที่หกคือ $1\ 7\ 10$ ซึ่งค่ามัธยฐานจะมีค่าเท่ากับ 7
- ข้อมูลลำดับที่เจ็ดคือ $1\ 3\ 10$ ซึ่งค่ามัธยฐานจะมีค่าเท่ากับ 3
- ข้อมูลลำดับที่แปดคือ $1\ 3\ 5$ ซึ่งค่ามัธยฐานจะมีค่าเท่ากับ 3
- ข้อมูลลำดับที่เก้าคือ $3\ 5\ 8$ ซึ่งค่ามัธยฐานจะมีค่าเท่ากับ 5
- ข้อมูลลำดับที่สิบคือ $5\ 8\ 8$ ซึ่งค่ามัธยฐานจะมีค่าเท่ากับ 8

จากนั้นจึงนำค่ากลางที่ได้ไปใส่แทนที่ค่าเดิมซึ่งผลลัพธ์จะเป็นไปตามที่แสดงดังรูปที่ 3.8

5	5	6	5	5	7	10	1	3	5	8	8
---	---	---	---	---	---	----	---	---	---	---	---

ผลลัพธ์ที่ได้คือ 5 5 6 ซึ่งมีค่ากลางเท่ากับ 5

รูปที่ 3.6 ตัวอย่างการกรองด้วยหน้าต่างขนาดสามช่องของข้อมูลลำดับแรก

5	5	6	5	5	7	10	1	3	5	8	8
---	---	---	---	---	---	----	---	---	---	---	---

ผลลัพธ์ที่ได้คือ 5 5 6 ซึ่งมีค่ากลางเท่ากับ 5

รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการกรองด้วยหน้าต่างขนาดสามช่องของข้อมูลลำดับที่สอง

x =	5	5	5	5	7	7	3	3	5	8
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

รูปที่ 3.8 ผลลัพธ์ที่ได้จากการกรองด้วยหน้าต่างขนาดสามช่อง

ตัวอย่างต่อไปนี้จะแสดงการใช้ตัวกรองค่ามัธยฐานกับภาพสองมิติขนาด 3×3 พิกเซลแสดงในรูปที่ 3.9 เพื่อให้สามารถใช้หน้าต่างการกรองแบบ 3×3 จะต้องมีการสร้างกรอบภาพเพื่อให้มีข้อมูลเพียงพอสำหรับการประมวลผลแสดงในรูปที่ 3.10 จากนั้นเริ่มต้นทำการประมวลผลโดยการใช้กรองแบบมัธยฐานด้วยหน้าต่างขนาด 3×3 โดยเริ่มต้นจากข้อมูลลำดับแรกสุดช่องซ้ายสุดก่อนดังรูปที่ 3.11 จากนั้นจึงเลื่อนไปหาข้อมูลลำดับถัดไปทางขวาดังรูปที่ 3.12 และเลื่อนไปหาข้อมูลลำดับถัดไปทางขวาจนได้ข้อมูลครบทั้งหมดซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังต่อไปนี้

ข้อมูลลำดับแรกคือ 0 0 0 0 1 4 5 5 ซึ่งค่ามัธยฐานจะมีค่าเท่ากับ 0

ข้อมูลลำดับที่สองคือ 0 0 0 1 1 4 4 5 5 ซึ่งค่ามัธยฐานจะมีค่าเท่ากับ 1

ข้อมูลลำดับที่สามคือ 0 0 0 0 1 1 4 4 ซึ่งค่ามัธยฐานจะมีค่าเท่ากับ 0

ข้อมูลลำดับที่สี่คือ 0 0 0 1 4 4 5 5 7 ซึ่งค่ามัธยฐานจะมีค่าเท่ากับ 4

ข้อมูลลำดับที่ห้าคือ 1 1 3 4 4 4 5 5 7 ซึ่งค่ามัธยฐานจะมีค่าเท่ากับ 4

ข้อมูลลำดับที่หกคือ 0 0 0 1 1 3 4 4 4 ซึ่งค่ามัธยฐานจะมีค่าเท่ากับ 1

ข้อมูลลำดับที่เจ็ดคือ 0 0 0 0 1 4 4 5 7 ซึ่งค่ามัธยฐานจะมีค่าเท่ากับ 0

ข้อมูลลำดับที่แปดคือ 0 0 0 3 4 4 4 5 7 ซึ่งค่ามัธยฐานจะมีค่าเท่ากับ 4

ข้อมูลลำดับที่เก้าคือ 0 0 0 0 1 3 4 4 4 ซึ่งค่ามัธยฐานจะมีค่าเท่ากับ 0

จากนั้นจึงนำค่ากลางที่ได้ไปใส่แทนที่ค่าเดิมซึ่งผลลัพธ์จะเป็นไปตามที่แสดงดังรูปที่ 3.13 ซึ่งผลที่ได้หลังจากการใช้งานกับภาพตัวอย่างสามารถนำมาเปรียบเทียบผลลัพธ์แสดงในรูปที่ 3.14

5	1	1
5	4	4
7	4	3

รูปที่ 3.9 ตัวอย่างภาพสองมิติขนาด 3×3 พิกเซล

0	0	0	0	0
0	5	1	1	0
0	5	4	4	0
0	7	4	3	0
0	0	0	0	0

รูปที่ 3.10 สร้างกรอบภาพเพื่อให้มีข้อมูลสำหรับการประมวลผลด้วยหน้าต่างขนาด 3×3

0	0	0	0	0
0	5	1	1	0
0	5	4	4	0
0	7	4	3	0
0	0	0	0	0

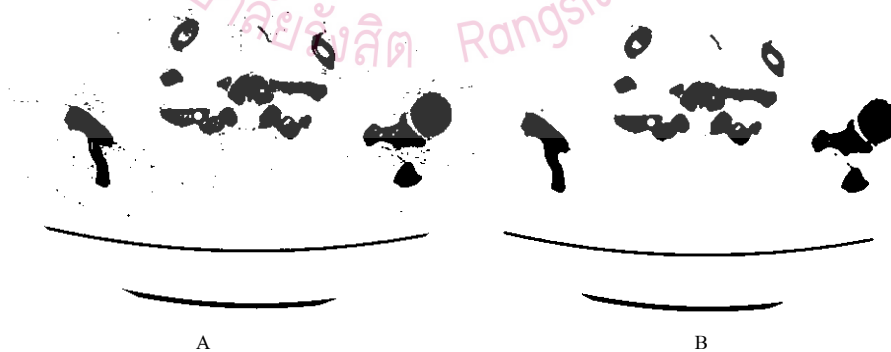
รูปที่ 3.11 ใช้ตัวกรองมัธยฐานโดยกำหนดหน้าต่างแบบ 3×3 ในข้อมูลลำดับแรก

0	0	0	0	0
0	5	1	1	0
0	5	4	4	0
0	7	4	3	0
0	0	0	0	0

รูปที่ 3.12 ใช้ตัวกรองมัธยฐาน โดยกำหนดหน้าต่างขนาด 3×3 ในข้อมูลลำดับถัดจากรูปที่ 3.10

0	1	0
4	4	1
0	4	0

รูปที่ 3.13 ผลลัพธ์ที่ได้จากการกรองด้วยหน้าต่างขนาด 3×3

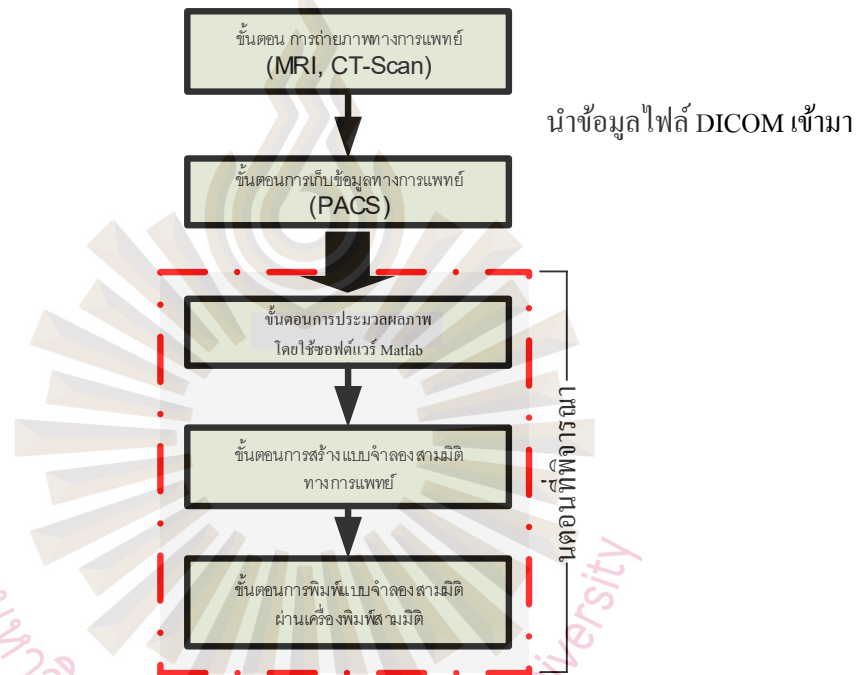


รูปที่ 3.14 แสดงการทำงานของตัวกรองค่ามัธยฐาน (A) เป็นภาพที่มี Salt and Pepper (B) เป็นภาพเดียวกันหลังจากการประมวลผลด้วยตัวกรองค่ามัธยฐาน

3.2 หลักการทำงาน โดยรวมของระบบ

ในการทำงานของระบบโดยรวมนั้น ได้แสดงแผนผังการทำงานดังรูปที่ 3.15 ซึ่งอธิบายลำดับขั้นตอนการทำงานทั้งหมด โดยในงานวิจัยนี้จะพิจารณาใน 3 ขั้นตอน

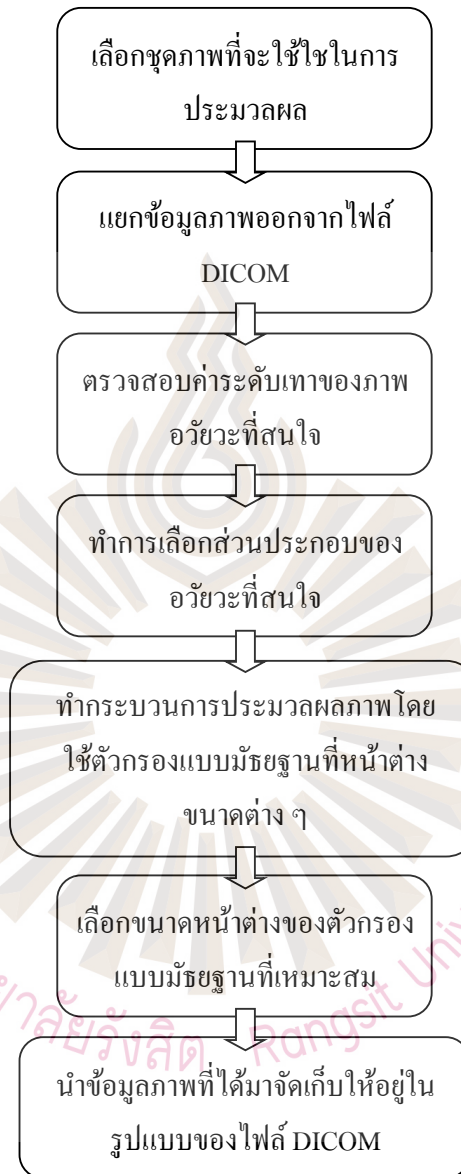
การขึ้นรูปอวัยวะแบบจำลองสามมิติทางการแพทย์



รูปที่ 3.15 แสดงแผนผังการทำงาน โดยรวมของการสร้างอวัยวะแบบจำลองสามมิติทางการแพทย์

3.2.1 ขั้นตอนการประมวลผลภาพทางการแพทย์ ซึ่งจะประกอบด้วยการกำหนดค่าระดับเทาของข้อมูลภาพที่ได้จากไฟล์ DICOM โดยทำการเปรียบเทียบโดยใช้ตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย กับใช้ตัวกรองแบบมีฐานที่ขนาดหน้าต่างแบบ “ 3×3 ” “ 5×5 ” “ 7×7 ” และ “ 9×9 ” ที่จะนำไปทำการปรับปรุงภาพที่ต้องการ แล้วจึงทำการจัดเก็บเป็นข้อมูลภาพใหม่ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.16 ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้ซอฟต์แวร์ Matlab ในการปรับปรุงสัญญาณภาพทางการแพทย์

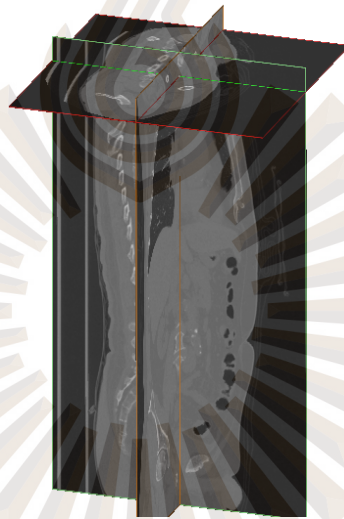
ขั้นตอนการประมวลผลภาพ



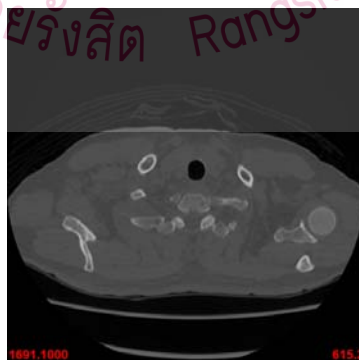
รูปที่ 3.16 แสดงแผนผังขั้นตอนโดยรวมในส่วนขั้นตอนการประมวลผลภาพ

ในงานวิจัยนี้จะนำเอาส่วนของโครงร่างกระดูกมาสร้างเป็นแบบจำลองสามมิติ เริ่มแรกนำภาพบริเวณราวนม ดังที่แสดงในรูปที่ 3.17 นำเอาภาพแนวระนาบในบริเวณดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 3.18 ทำการเลือกค่าระดับเทาที่เหมาะสมสำหรับการเลือกอวัยวะกระดูกในที่นี้มีค่า 110 ถึง 1500 โดยสร้างโปรแกรมเพื่อทำการกำหนดค่า Threshold ในช่วง 110 ถึง 1500 เพื่อแสดงภาพออกมา ส่วนค่าระดับเทาอื่นจะถูกลบออกไปดังแสดงในรูปที่ 3.19A จะเห็นว่ายังมีส่วนที่ไม่ใช่อวัยวะกระดูกที่อยู่

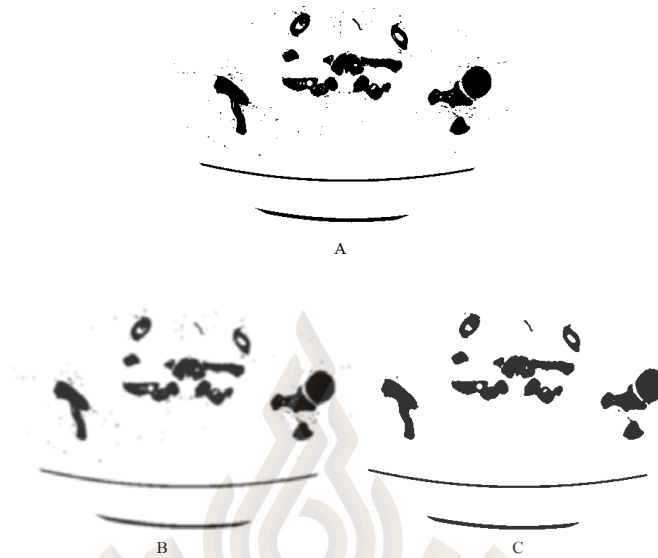
ในรูปแบบของสัญญาณรบกวน Salt and Pepper เพื่อที่จะกำจัดสัญญาณรบกวนนี้ออกไปและให้การประมวลผลที่รวดเร็วจึงใช้กระบวนการกรองสัญญาณภาพด้วยตัวแบบค่าเฉลี่ยจะได้รับผลลัพธ์ดังแสดงในรูปที่ 3.19B กระบวนการกรองสัญญาณภาพด้วยตัวแบบมัทธฐานจะได้รับผลลัพธ์ดังแสดงในรูปที่ 3.19C จากนั้นจึงนำรูปไปทับซ้อนกันกับรูปที่ 3.18 ก็จะนำเอาพื้นที่ที่มีการทับกันสนิทพอดีมาแสดงดังรูปที่ 3.20 นอกจากนี้ยังมีการทำการเปรียบเทียบตัวกรองแบบมัทธฐานหน้าตาแบบ “3 × 3” “5 × 5” “7 × 7” และ “9 × 9” แสดงในรูปที่ 3.21 จากนั้นจึงนำรูปไปทับซ้อนกันกับรูปที่ 3.18 ก็จะนำเอาพื้นที่ที่มีการทับกันสนิทพอดีมาแสดงดังรูปที่ 3.22 และทำดังที่ได้กล่าวมานี้กับภาพในชุดเดียวกันจำนวน 813 ภาพดังที่แสดงในรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.17 แสดงข้อมูลภาพต้นฉบับของไฟล์ DICOM



รูปที่ 3.18 แสดงตำแหน่งของข้อมูลของรูปที่ 3.17



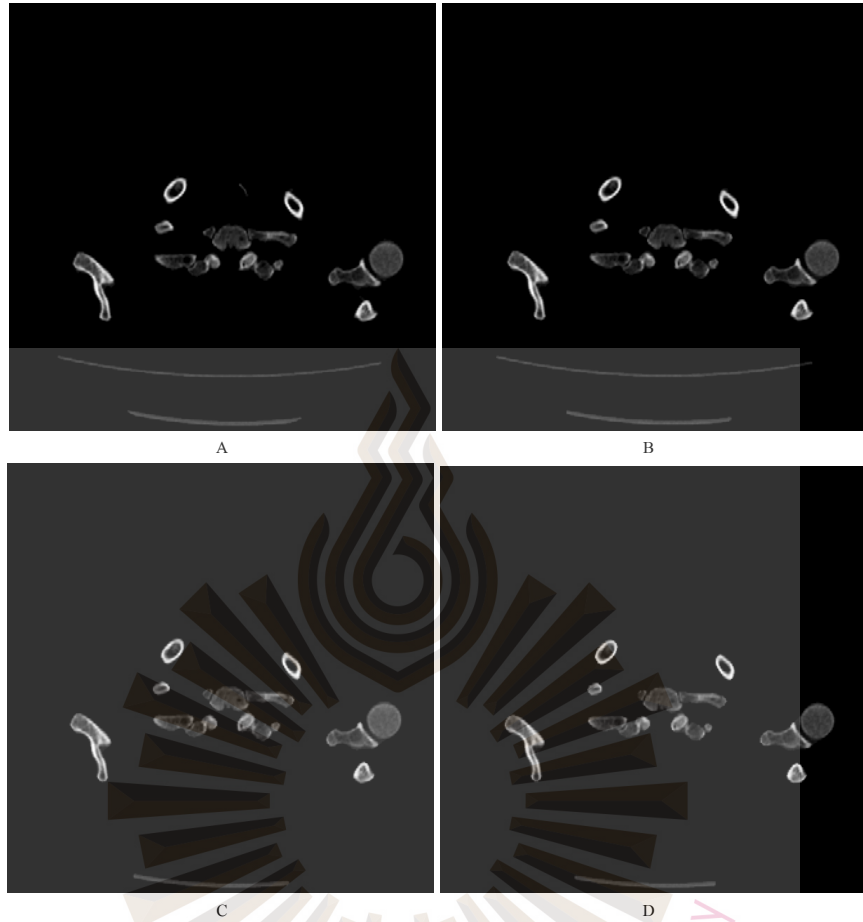
รูปที่ 3.19 ภาพที่ผ่านการเลือกเฉพาะส่วน (A) ภาพต้นฉบับ
(B) หลังผ่านตัวกรองค่าเฉลี่ยและ (C) ตัวกรองมัชฌมาน



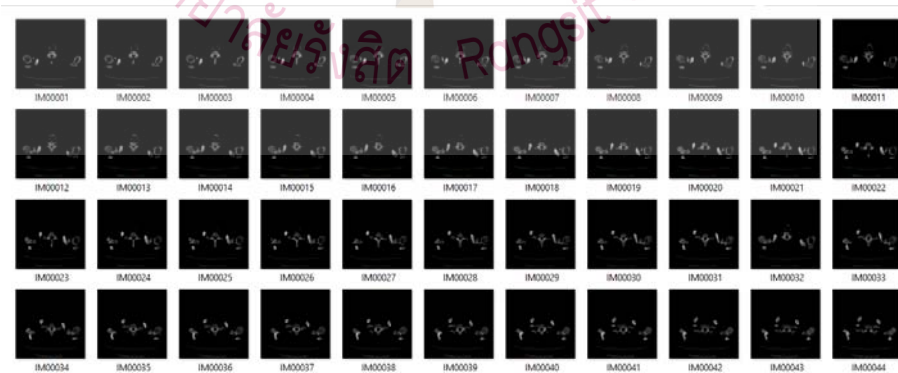
รูปที่ 3.20 แสดงการสร้างภาพที่ผ่านตัวกรองการเลือกส่วนภาพเฉพาะจุดที่ต้องการ
(A) ตัวกรองค่าเฉลี่ยและ (B) ตัวกรองมัชฌมาน



รูปที่ 3.21 แสดงเปรียบเทียบภาพที่ได้ในกรณีที่ใช้ตัวกรองแบบมัลติฐาน
(A) หน้าต่าง 3×3 (B) หน้าต่าง 5×5 (C) หน้าต่าง 7×7 และ (D) หน้าต่าง 9×9

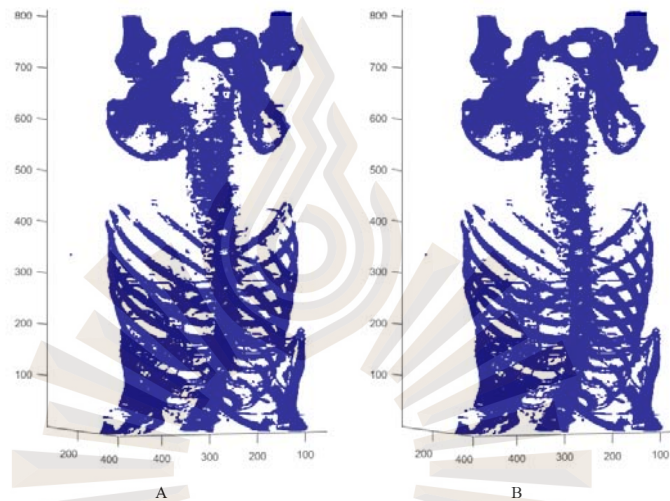


รูปที่ 3.22 แสดงการสร้างภาพที่ผ่านตัวกรองการเลือกส่วนภาพเฉพาะจุดที่ต้องการ (A) หน้าต่าง 3×3 (B) หน้าต่าง 5×5 (C) หน้าต่าง 7×7 และ (D) หน้าต่าง 9×9



รูปที่ 3.23 แสดงภาพที่ได้จากการคำนวณของภาพทั้งหมดทั้งหมด 81 ภาพของภาพ DICOM

จากรูปที่ได้จากการคำนวณในรูปที่ 3.23 มาทำการสร้างแบบจำลองสามมิติโดยใช้ซอฟต์แวร์ Matlab ดังแสดงในรูปที่ 3.24 ที่แสดงเปรียบเทียบในกรณีที่ใช้ตัวกรองแบบค่าเฉลี่ยกับตัวกรองแบบมัลติฐานขนาดหน้าต่างแบบ 3×3 จะเห็นว่าตัวกรองแบบค่าเฉลี่ยจะทำให้ภาพเบลอและไม่สามารถลบสัญญาณรบกวนออกไปได้ส่วนตัวกรองแบบมัลติฐานทำให้ได้ภาพที่มีลักษณะใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับและสามารถลบสัญญาณรบกวนออกไป

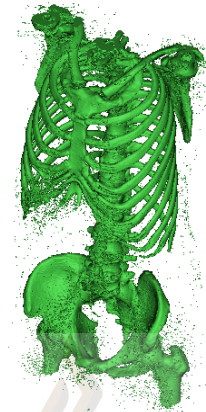


รูปที่ 3.24 ตัวอย่างแบบจำลองสามมิติที่ได้จากไฟล์ภาพที่ได้รับการปรับปรุง

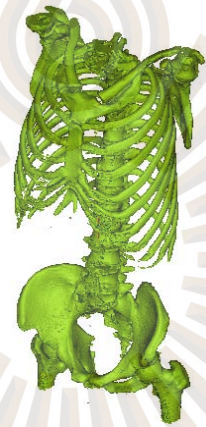
(A) ตัวกรองค่าเฉลี่ยและ (B) หลังผ่านตัวกรองมัลติฐาน

3.2.2 ขั้นตอนการขึ้นรูปแบบจำลองสามมิติในซอฟต์แวร์ ซึ่งจะนำภาพที่ได้จากการปรับปรุงแล้วดังที่กล่าวมาข้างต้นซึ่งเป็นภาพในรูปแบบของไฟล์ DICOM เข้ามาเปิดในซอฟต์แวร์ Mimics เพื่อทำการขึ้นรูปเป็นลักษณะภาพแบบจำลองสามมิติแล้วทำการบันทึกข้อมูลเป็นไฟล์ตระกูล STL เพื่อนำข้อมูลนี้ไปใช้งานในการขึ้นรูปต่อไป

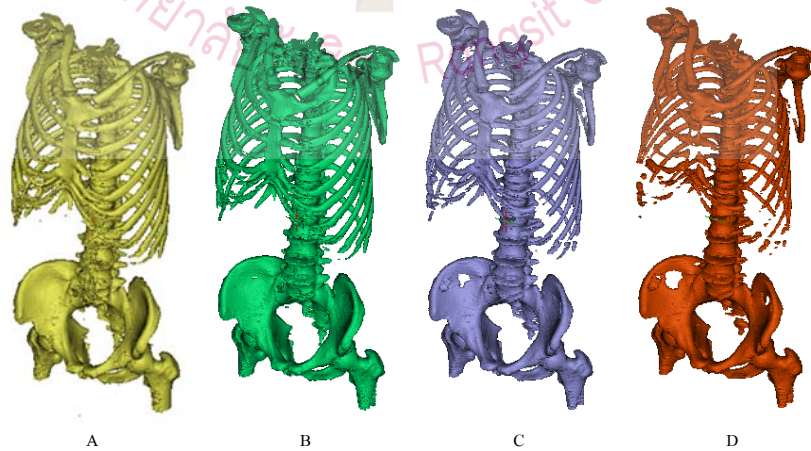
ในกระบวนการนี้ได้แสดงตัวอย่างของซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพในแบบจำลองสามมิติจำนวน 3 โมเดล คือ 1.ภาพต้นฉบับแบบจำลองสามมิติที่ได้จากการใช้ซอฟต์แวร์ Mimics ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.25 2. ภาพแบบจำลองสามมิติที่ได้จากกระบวนการประมวลผลภาพด้วยตัวกรองแบบมัลติฐานแบบ 3×3 ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.26 และ 3. ภาพแบบจำลองสามมิติที่ได้จากกระบวนการประมวลผลภาพด้วยตัวกรองแบบมัลติฐานแบบ 3×3 ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.25 ภาพแบบจำลองสามมิติที่ได้จากตัวซอฟต์แวร์ Mimics ที่ไม่ผ่านตัวกรอง



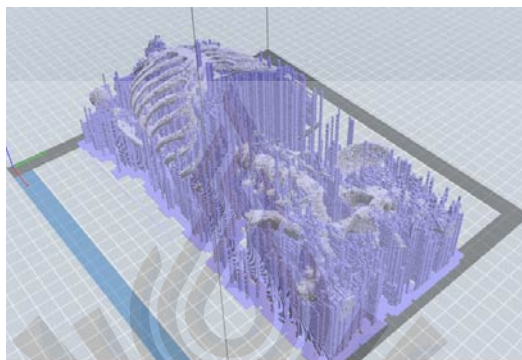
รูปที่ 3.26 ภาพแบบจำลองสามมิติที่ได้จากซอฟต์แวร์ Matlab ที่ผ่านตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3



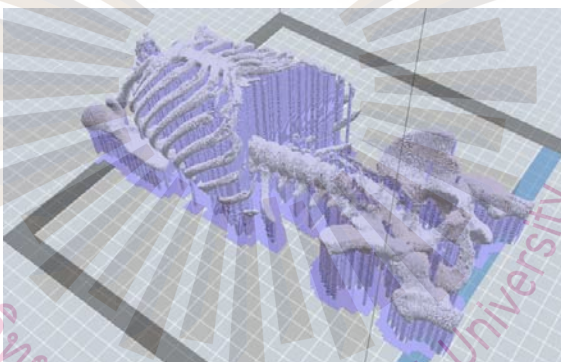
รูปที่ 3.27 ภาพแบบจำลองสามมิติที่ได้จากซอฟต์แวร์ Matlab ที่ผ่านตัวกรองมัชฌมาน

(A) แบบ 3×3 (B) แบบ 5×5 (C) แบบ 7×7 และ (D) แบบ 9×9

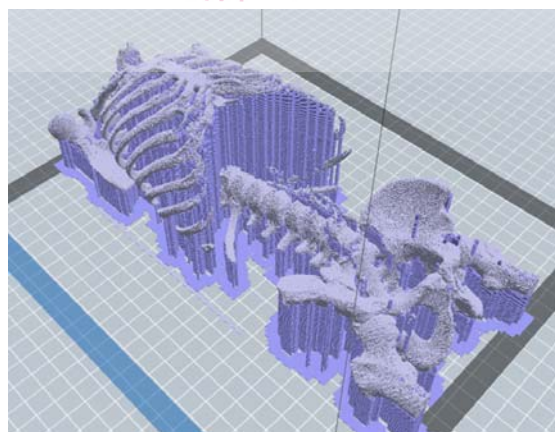
3.2.3 ขั้นตอนการขึ้นรูปผ่านเครื่องพิมพ์สามมิติ การขึ้นรูปแบบจำลองสามมิตินั้น คือการนำไฟล์ข้อมูลภาพแบบจำลองสามมิติมาทำการปรับในซอฟต์แวร์เฉพาะของเครื่องพิมพ์สามมิติในแต่ละรุ่น ซึ่งจะต้องนำข้อมูลไฟล์ STL มาเข้าในซอฟต์แวร์ FlashPrint และทำการพิมพ์ข้อมูลภาพแบบจำลองสามมิติเป็นชิ้นงาน แสดงในรูปที่ 3.28 รูปที่ 3.29 และรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.28 ชิ้นงานต้นฉบับเมื่อนำมาจัดวางเพื่อพิมพ์ผ่านเครื่องพิมพ์สามมิติ



รูปที่ 3.29 ชิ้นงานที่ผ่านตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3



รูปที่ 3.30 ชิ้นงานที่ผ่านตัวกรองแบบมัลติฐานแบบ 3×3

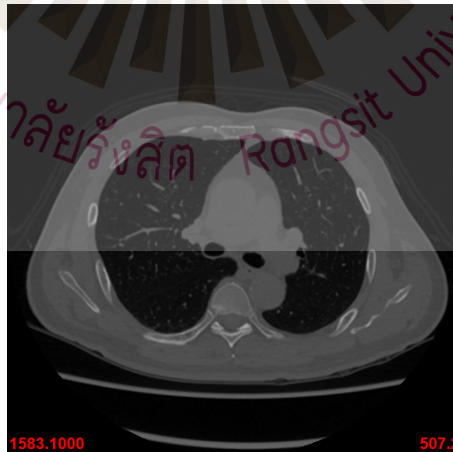
บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากกระบวนการทำงานในบทที่ 3 งานวิจัยครั้งนี้จะนำเอาอวัยวะส่วนโครงร่างของกระดูกออกมาจากภาพ DICOM จำนวน 813 ภาพ ซึ่งจะได้ผลของการวิจัยดังที่ได้แสดงดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดสอบ

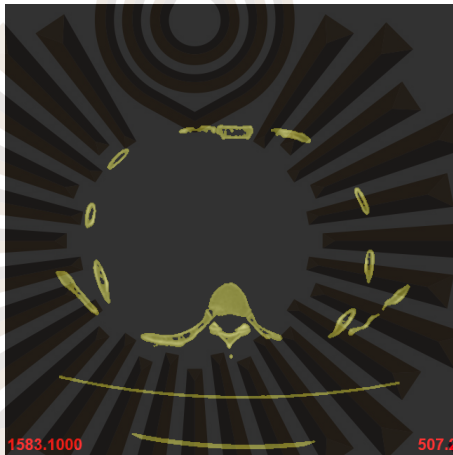
4.1.1 ผลการทดสอบระบบในขั้นแรกคือการนำภาพตัวอย่างของอวัยวะแบบสองมิติที่สร้างขึ้นจากการใช้กระบวนการเลือกพื้นที่ด้วยเครื่องมือพื้นฐานของระบบ และภาพตัวอย่างของอวัยวะแบบสองมิติที่สร้างขึ้นจากการทำงานที่มีระบบช่วยปรับปรุงภาพ ก่อนการใช้กระบวนการเลือกพื้นที่ด้วยเครื่องมือพื้นฐานของระบบ โดยอวัยวะที่เลือกใช้ในกระทดสอบจะเป็นพื้นที่ส่วนของกระดูกโดยมีค่า Threshold อยู่ในช่วง 226 ถึง 2,190 ซึ่งมาจากกระบวนการเลือกพื้นที่พื้นฐานของระบบดังที่แสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงภาพต้นฉบับตัวอย่างของอวัยวะแบบสองมิติ



รูปที่ 4.2 การเลือกพื้นที่ของอวัยวะแบบสองมิติด้วยเครื่องมือพื้นฐานของระบบ



รูปที่ 4.3 การเลือกพื้นที่ของอวัยวะแบบสองมิติด้วยเครื่องมือพื้นฐานของระบบ

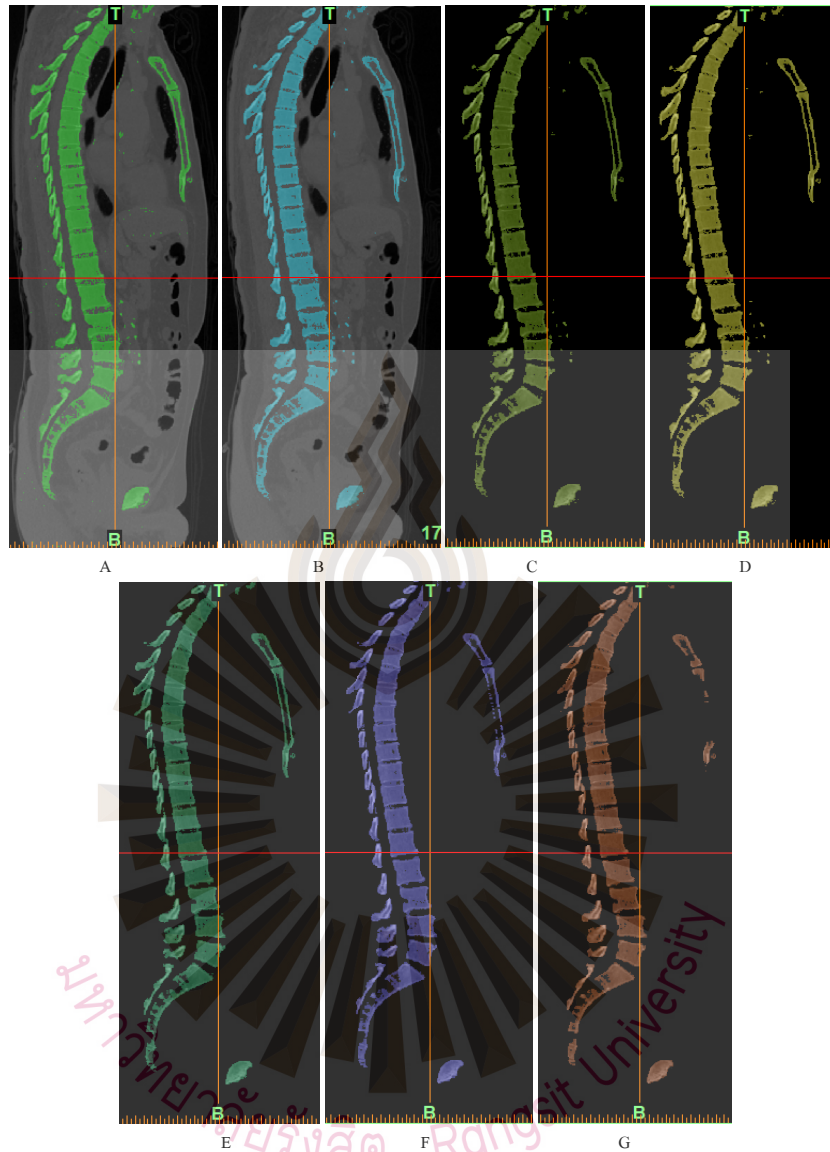
จากภาพที่มีการปรับปรุงภาพ

ผลการทดสอบระบบที่ได้ จากรูปที่ 4.2 จะพบว่ากระบวนการเลือกพื้นที่ด้วยเครื่องมือพื้นฐานของระบบ จะแสดงพื้นที่ที่สนใจไว้เป็นพื้นที่สีเขียวและยังคงแสดงพื้นที่ที่ไม่สนใจอื่น ๆ ไว้ ส่วนรูปที่ 4.3 จะเป็นภาพในพื้นที่ที่สนใจไว้ส่วนพื้นที่อื่น ๆ จะถูกแสดงเป็นพื้นที่สีดำทั้งหมด ซึ่งภาพที่ได้มีรายละเอียดภายในที่ยังคงความคมชัดเท่าภาพแบบดั้งเดิม สามารถนำมาเปิดในซอฟต์แวร์ Mimic ได้ และยังสามารถแสดงข้อมูลในส่วนของหัวไฟล์ได้เช่นเดิม

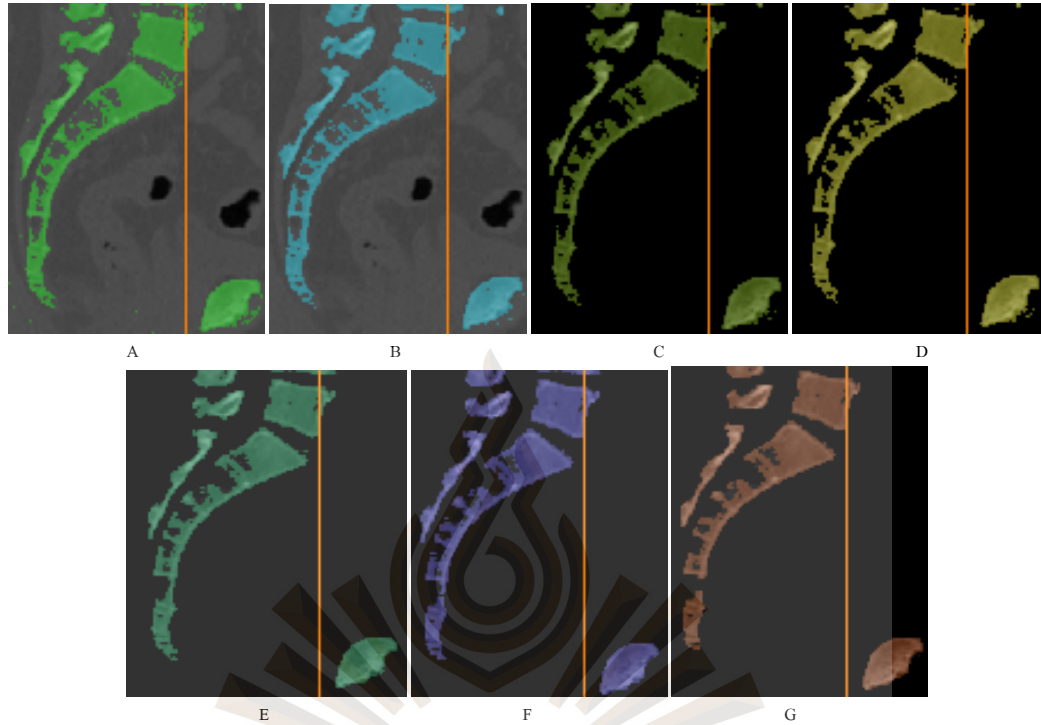
4.1.2 การทดสอบในขั้นที่สองจะเป็นการเปรียบเทียบพื้นที่โดยการเลือกภาพสองมิติในลำดับภาพเดียวกัน เพื่อใช้ในการตรวจสอบลักษณะพื้นที่ที่สนใจนั้นมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมอย่างไร โดยผลที่ได้จะแสดงในรูปที่ 4.4 และภาพแบบขยายในรูปที่ 4.5 โดยพื้นที่ที่สนใจมีลักษณะที่

ใกล้เคียงกันเมื่อทำการเปรียบเทียบกันระหว่างภาพต้นฉบับในรูปที่ 4.4A กับตัวกรองมัลติสแกนแบบ 3×3 ในรูปที่ 4.4D ส่วนภาพจากตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3 ในรูปที่ 4.4C ทำให้พื้นที่ที่สนใจเกิดการกระจายตัวทำให้มีขอบภาพที่ไม่ชัดเจนและพื้นที่ที่สนใจที่มีขนาดเล็กถูกลบออกไป ส่วนตัวกรองมัลติสแกนแบบ “ 5×5 ” “ 7×7 ” และ “ 9×9 ” ในรูปที่ 4.4E ในรูปที่ 4.4F และในรูปที่ 4.4G ทำให้เสียพื้นที่ที่สนใจมากขึ้นเมื่อใช้หน้าต่างการกรองที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ดังนั้นตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3 และตัวกรองมัลติสแกนแบบ “ 5×5 ” “ 7×7 ” และ “ 9×9 ” นั้นจึงทำให้ไม่เหมาะสมในการนำไปใช้งานตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

การเปรียบเทียบภาพที่ใช้วิธีการแบบต้นฉบับที่มีค่า Threshold ที่แตกต่างกันด้วยการเปรียบเทียบกับภาพแบบกำหนดเองโดยกระบวนการเลือกพื้นที่ที่กำหนดให้ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 130 เพื่อการลดสัญญาณรบกวนจากการปรับค่า Threshold ของภาพ ส่วนค่าสูงสุดอยู่ที่ 1,500 ในรูปที่ 4.4B และภาพจากกระบวนการทำงานที่มีการปรับปรุงภาพโดยใช้ตัวกรองมัลติสแกนแบบ 3×3 ที่กำหนดให้ค่า Threshold ต่ำสุดอยู่ที่ 110 และสูงสุดอยู่ที่ 1,500 ดังรูปที่ 4.4C จากภาพขยายจะทำให้เห็นรายละเอียดชัดขึ้น เมื่อพิจารณาพบว่าภาพที่ได้จากวิธีการปรับค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 130 ถึง 1,500 รูปที่ 4.5B และภาพที่มีการใช้กระบวนการทำงานที่มีการปรับปรุงภาพโดยใช้ตัวกรองแบบมัลติสแกนขนาด 3×3 โดยปรับค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 110 ถึง 1,500 รูปที่ 4.5D นั้นสามารถลดสัญญาณรบกวนออกได้และมีพื้นที่ที่สนใจที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างภาพสองมิติ (A) ภาพต้นฉบับ (B) ค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 130 ถึง 1,500 (C) ตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3 (D) ตัวกรองมัธยฐานแบบ 3×3 (E) ตัวกรองมัธยฐานแบบ 5×5 (F) ตัวกรองมัธยฐานแบบ 7×7 (G) ตัวกรองมัธยฐานแบบ 9×9



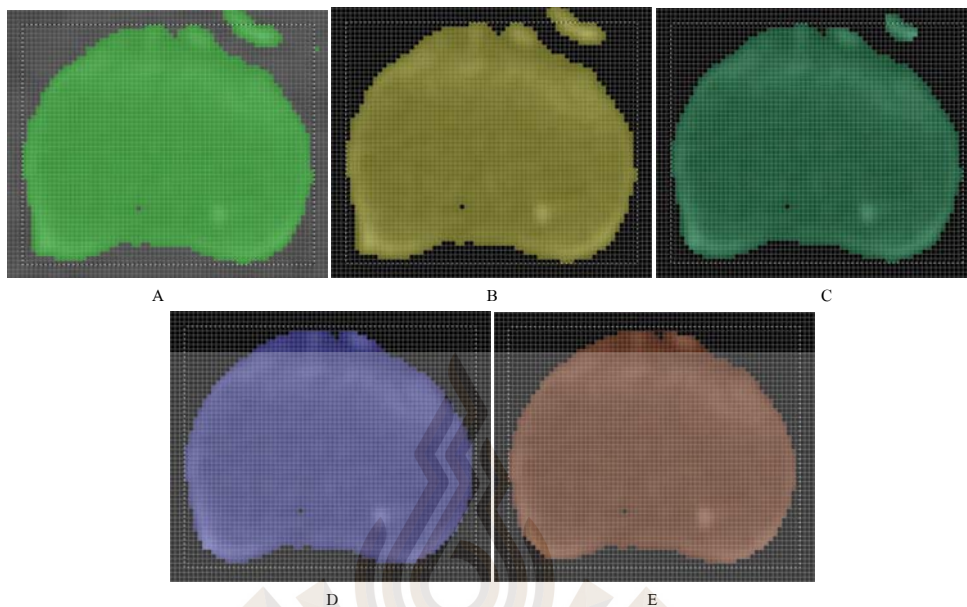
รูปที่ 4.5 ขยายภาพสองมิติเพื่อดูรายละเอียด (A) ภาพต้นฉบับ (B) ค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 130 ถึง 1,500 (C) ตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3 (D) ตัวกรองมัธยฐานแบบ 3×3 (E) ตัวกรองมัธยฐานแบบ 5×5 (F) ตัวกรองมัธยฐานแบบ 7×7 (G) ตัวกรองมัธยฐานแบบ 9×9

4.1.3 การทดสอบในขั้นที่สามเพื่อการทดสอบตัวกรองมัธยฐานเพื่อหาตัวกรองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้งาน โดยจะทำการทดสอบระหว่างภาพต้นฉบับในรูปที่ 4.6A กับภาพจากตัวกรองมัธยฐานแบบ 3×3 ในรูปที่ 4.6B ภาพจากตัวกรองมัธยฐานแบบ 5×5 ในรูปที่ 4.6C ภาพจากตัวกรองมัธยฐานแบบ 7×7 ในรูปที่ 4.6D และภาพจากตัวกรองมัธยฐานแบบ 9×9 ในรูปที่ 4.6E ที่กำหนดให้ค่า Threshold ต่ำสุดอยู่ที่ 110 และสูงสุดอยู่ที่ 1,500 มาคำนวณหาค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น โดยใช้การตรวจด้วยหน้าต่างขนาดเท่ากับความกว้าง \times ความยาวของส่วนพื้นที่ที่สนใจกับภาพต้นฉบับที่มีการปรับค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 110 ถึง 1,500 โดยไม่คำนวณในส่วนของพื้นที่ที่เป็นสัญญาณรบกวนหรือพื้นที่ที่ข้างเคียงที่ไม่เกี่ยวข้องกับกลุ่มพื้นที่ที่สนใจ โดยมีหน่วยพื้นที่เป็นพิกเซลจำนวน 1 ตัวอย่าง ดังรูปที่ 4.6

ผลที่ได้จากรูปที่ 4.6A ตัวอย่างพื้นที่ขนาด 66×55 พิกเซล มีพื้นที่ทั้งหมด 3,630 พิกเซล การคำนวณหาส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.6A กับรูปที่ 4.6B ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.7 พบว่าพิกเซลจากภาพที่ 4.6B มีน้อยกว่าภาพที่ 4.6A จำนวน 2 พิกเซลคิดเป็น 0.06 % การคำนวณหาส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.6A กับรูปที่ 4.6C ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.8 พบว่าพิกเซลจากภาพที่ 4.6C มีน้อยกว่าภาพที่ 4.6A จำนวน 20 พิกเซลคิดเป็น 0.55 % การคำนวณหาส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.6A กับรูปที่ 4.6D ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.8 พบว่าพิกเซลจากภาพที่ 4.6D มีน้อยกว่าภาพที่ 4.6A จำนวน 66 พิกเซลคิดเป็น 1.82 % และการคำนวณหาส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.6A กับรูปที่ 4.6E ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.8 พบว่าพิกเซลจากภาพที่ 4.6E มีน้อยกว่าภาพที่ 4.6A จำนวน 102 พิกเซลคิดเป็น 2.81 %

ระยะเวลาที่ใช้เวลาในการประมวลผลภาพจำนวน 813 ภาพเพื่อให้ได้ไฟล์ภาพตัวอย่างจำนวน 1 ชุดและไฟล์ภาพ DICOM จำนวน 1 ชุดรวมทั้งรวม 1,626 ภาพ ตัวกรองมัลติฐานแบบ 3×3 จะใช้ระยะเวลาทั้งหมด 1 นาที 22 วินาที ตัวกรองมัลติฐานแบบ 5×5 จะใช้ระยะเวลาทั้งหมด 1 นาที 26 วินาที ตัวกรองมัลติฐานแบบ 7×7 จะใช้ระยะเวลาทั้งหมด 4 นาที 28 วินาที และตัวกรองมัลติฐานแบบ 9×9 จะใช้ระยะเวลาทั้งหมด 6 นาที 12 วินาที

จากการทดลองสามารถสรุปผลที่ได้ดังนี้ ตัวกรองมัลติฐานแบบ 3×3 มีความเหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้งานตามวัตถุประสงค์เนื่องจากภาพที่ใช้ตัวกรองมัลติฐานแบบ 3×3 ในรูปที่ 4.6B สามารถรักษาพื้นที่ที่สนใจเอาไว้ได้มากกว่าและใช้ระยะเวลาในการประมวลผลน้อยกว่าการใช้ตัวกรองมัลติฐานแบบ 5×5 ในรูปที่ 4.6C การใช้ตัวกรองมัลติฐานแบบ 7×7 ในรูปที่ 4.6D และการใช้ตัวกรองมัลติฐานแบบ 9×9 ในรูปที่ 4.6E นอกจากการทดสอบด้วยวิธีการดังกล่าวจะสังเกตเห็นว่าวิธีการใช้ตัวกรองมัลติฐานแบบ 3×3 นั้นสามารถรักษากลุ่มพื้นที่ที่สนใจขนาดเล็กเอาไว้โดยที่ตัวกรองมัลติฐานแบบ 5×5 นั้นสามารถรักษาพื้นที่เอาไว้ได้น้อยกว่าโดยเหลือพื้นที่เพียง 46.88 % จากพื้นที่ทั้งหมดส่วนตัวกรองมัลติฐานแบบ 7×7 และตัวกรองมัลติฐานแบบ 9×9 นั้นไม่สามารถรักษากลุ่มพื้นที่ที่สนใจขนาดเล็กเอาไว้ได้เลยโดยกลุ่มพื้นที่ขนาดเล็กนั้นเป็นกลุ่มพื้นที่ที่มีพิกเซลรวมกันทั้งหมด 64 พิกเซลแสดงในรูปที่ 4.11



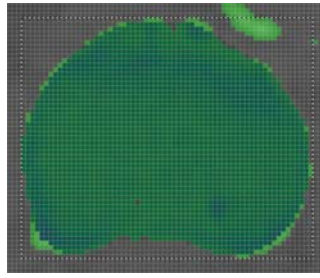
รูปที่ 4.6 ตัวอย่างพื้นที่ขนาด 66×55 พิกเซล (A) ภาพต้นฉบับ (B) มัธยฐานแบบ 3×3 (C) มัธยฐานแบบ 5×5 (D) มัธยฐานแบบ 7×7 (E) มัธยฐานแบบ 9×9



รูปที่ 4.7 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างภาพต้นฉบับกับมัธยฐานแบบ 3×3



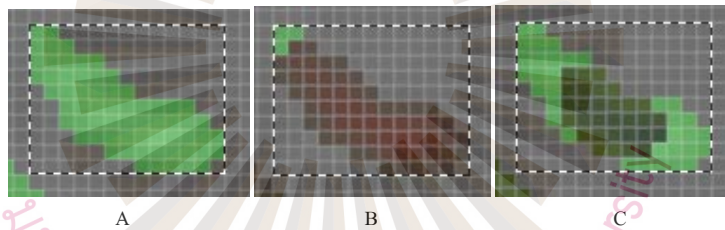
รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างภาพต้นฉบับกับมัธยฐานแบบ 5×5



รูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างภาพต้นฉบับกับมัลติฐานแบบ 7×7



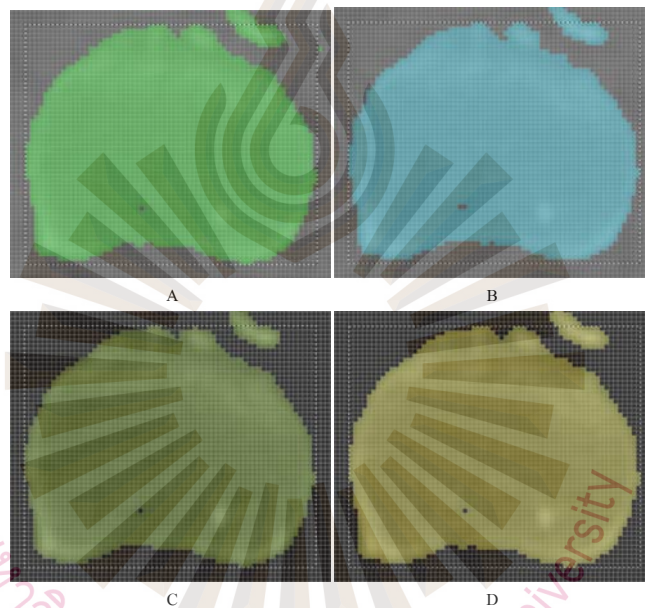
รูปที่ 4.10 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างภาพต้นฉบับกับมัลติฐานแบบ 9×9



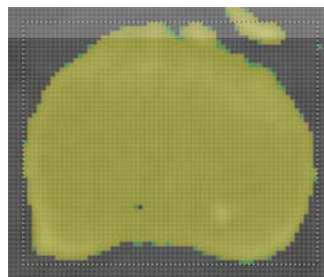
รูปที่ 4.11 ตัวอย่างกลุ่มพิกเซลขนาดเล็กที่มีพิกเซลรวมกัน 64 พิกเซล
(A) ภาพต้นฉบับ (B) มัลติฐานแบบ 3×3 (C) มัลติฐานแบบ 5×5

4.1.4 การทดสอบในขั้นที่สี่จะเป็นการนำภาพสองมิติที่ได้จากกระบวนการทำงานในขั้นที่สองได้แก่ ภาพต้นฉบับกับภาพที่ปรับค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 130 ถึง 1,500 และภาพจากตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3 และภาพจากขั้นตอนที่สามได้แก่ ตัวกรองมัลติฐานแบบ 3×3 มาคำนวณหาค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น โดยใช้การตรวจด้วยหน้าต่างขนาดเท่ากับความกว้าง \times ความยาวของส่วนพื้นที่ที่สนใจกับภาพต้นฉบับที่มีการปรับค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 110 ถึง 1,500 โดยไม่คำนวณในส่วนในพื้นที่ที่เป็นสัญญาณรบกวนหรือพื้นที่ข้างเคียงที่ไม่เกี่ยวข้องกับกลุ่มพื้นที่ที่สนใจ โดยมีหน่วยพื้นที่เป็นพิกเซล และทำการสุ่มตรวจสอบในส่วนของพื้นที่ที่สนใจในจุดอื่น ๆ แล้วจึงนำมาคำนวณหาค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

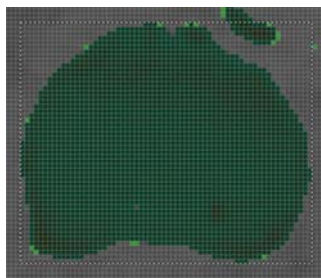
ผลที่ได้จากจากตัวอย่างที่หนึ่งในรูปที่ 4.12 ตัวอย่างพื้นที่ขนาด 66×55 พิกเซล มีพื้นที่ทั้งหมด 3,630 พิกเซล การคำนวณหาส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.12A กับรูปที่ 4.12B ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.13 พบว่าพิกเซลจากภาพที่ 4.12B มีน้อยกว่าภาพที่ 4.12A จำนวน 40 พิกเซลคิดเป็น 1.10 % การคำนวณหาส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.12A กับรูปที่ 4.12C ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.14 พบว่าพิกเซลจากภาพที่ 4.12B มีน้อยกว่าภาพที่ 4.12A จำนวน 10 พิกเซลคิดเป็น 0.28 % และการคำนวณหาส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.12A กับรูปที่ 4.12D ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.15 พบว่าพิกเซลจากภาพที่ 4.12B มีน้อยกว่าภาพที่ 4.12A จำนวน 2 พิกเซลคิดเป็น 0.06 %



รูปที่ 4.12 ตัวอย่างพื้นที่ที่สุ่มตรวจขนาด 66×55 พิกเซล (A) ภาพต้นฉบับ (B) ค่า Threshold อยู่ใน ช่วง 130 ถึง 1,500 (C) ตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3 (D) ตัวกรองมัธยฐานแบบ 3×3



รูปที่ 4.13 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.10A ภาพต้นฉบับ กับรูปที่ 4.10B ค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 130 ถึง 1,500

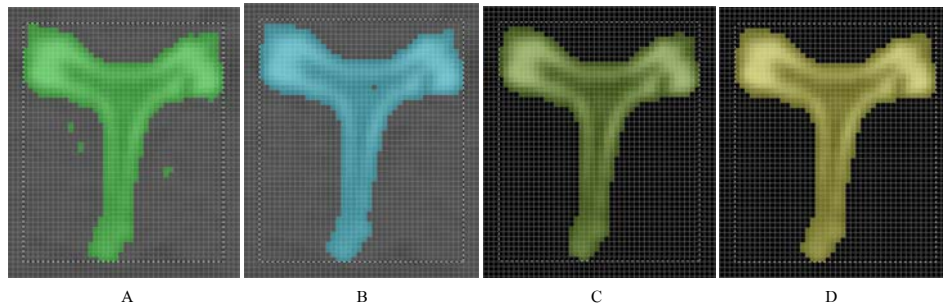


รูปที่ 4.14 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.10A ภาพต้นฉบับ
กับรูปที่ 4.10C ตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3



รูปที่ 4.15 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.10A ภาพต้นฉบับ
กับรูปที่ 4.10C ตัวกรองมัลฐานแบบ 3×3

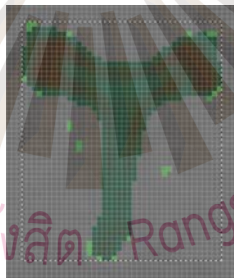
ผลที่ได้จากจากตัวอย่างที่สองในรูปที่ 4.16 ตัวอย่างพื้นที่ขนาด 40×48 พิกเซล มีพื้นที่ทั้งหมด 1,920 พิกเซล การคำนวณหาส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.16A กับรูปที่ 4.16B ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.17 พบว่าพิกเซลจากภาพที่ 4.16B มีน้อยกว่าภาพที่ 4.16A จำนวน 20 พิกเซลคิดเป็น 1.04 % การคำนวณหาส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.16A กับรูปที่ 4.16C ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.18 พบว่าพิกเซลจากภาพที่ 4.16B มีน้อยกว่าภาพที่ 4.16A จำนวน 18 พิกเซลคิดเป็น 0.94 % และการคำนวณหาส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.16A กับรูปที่ 4.16D ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.19 พบว่าพิกเซลจากภาพที่ 4.16B มีน้อยกว่าภาพที่ 4.16A จำนวน 9 พิกเซลคิดเป็น 0.47 %



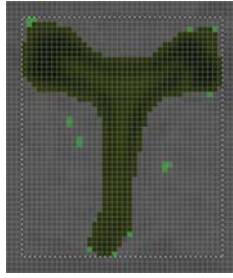
รูปที่ 4.16 ตัวอย่างพื้นที่สุ่มตรวจขนาด 40×48 พิกเซล (A) ภาพต้นฉบับ (B) ค่า Threshold อยู่ในช่วง 130 ถึง 1,500 (C) ตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3 (D) ตัวกรองมัชฌิมแบบ 3×3



รูปที่ 4.17 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.10A ภาพต้นฉบับ กับรูปที่ 4.10B ค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 130 ถึง 1,500

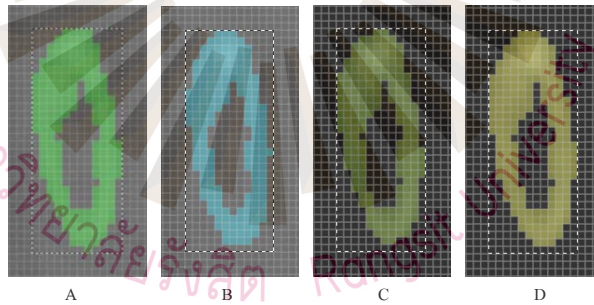


รูปที่ 4.18 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.10A ภาพต้นฉบับ กับรูปที่ 4.10C ตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3



รูปที่ 4.19 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.10A ภาพต้นฉบับ
กับรูปที่ 4.10C ตัวกรองมัลติฐานแบบ 3×3

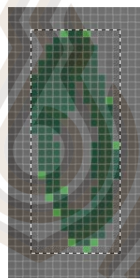
ผลที่ได้จากจากตัวอย่างที่สองในรูปที่ 4.20 ตัวอย่างพื้นที่ขนาด 12×30 พิกเซล มีพื้นที่ทั้งหมด 360 พิกเซล การคำนวณหาส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.20A กับรูปที่ 4.20B ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.21 พบว่าพิกเซลจากภาพที่ 4.20B มีน้อยกว่าภาพที่ 4.20A จำนวน 19 พิกเซลคิดเป็น 5.28 % การคำนวณหาส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.20A กับรูปที่ 4.20C ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.22 พบว่าพิกเซลจากภาพที่ 4.20B มีน้อยกว่าภาพที่ 4.20A จำนวน 11 พิกเซลคิดเป็น 3.06 % และการคำนวณหาส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.20A กับรูปที่ 4.20D ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.23 พบว่าพิกเซลจากภาพที่ 4.20B มีน้อยกว่าภาพที่ 4.20A จำนวน 3 พิกเซลคิดเป็น 0.83 %



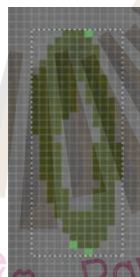
รูปที่ 4.20 ตัวอย่างพื้นที่สุ่มตรวจขนาด 12×30 พิกเซล (A) ภาพต้นฉบับ (B) ค่า Threshold อยู่ในช่วง 130 ถึง 1,500 (C) ตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3 (D) ตัวกรองมัลติฐานแบบ 3×3



รูปที่ 4.21 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.20A ภาพต้นฉบับ
กับรูปที่ 4.20B ค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 130 ถึง 1,500



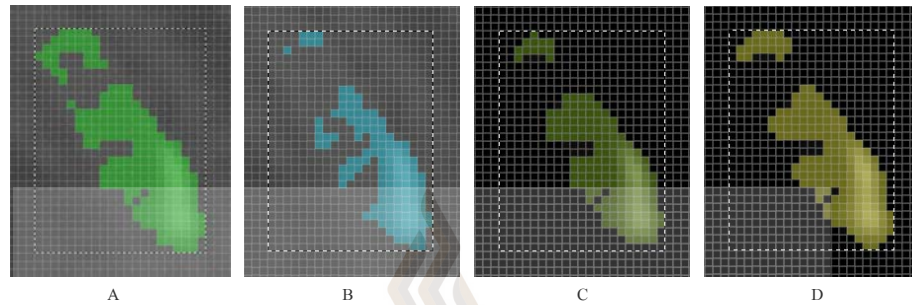
รูปที่ 4.22 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.20A ภาพต้นฉบับ
กับรูปที่ 4.20C ตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3



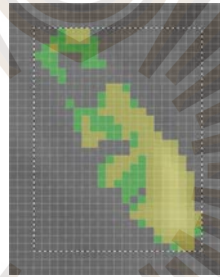
รูปที่ 4.23 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.20A ภาพต้นฉบับ
กับรูปที่ 4.20D ตัวกรองมัธยฐานแบบ 3×3

ผลที่ได้จากตัวอย่างที่สองในรูปที่ 4.24 ตัวอย่างพื้นที่ขนาด 21×28 พิกเซล มีพื้นที่ทั้งหมด 588 พิกเซล การคำนวณหาส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.24A กับรูปที่ 4.24B ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.25 พบว่าพิกเซลจากภาพที่ 4.24B มีน้อยกว่าภาพที่ 4.24A จำนวน 67 พิกเซลคิดเป็น 11.39 % การคำนวณหาส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.24A กับรูปที่ 4.24C ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.26 พบว่าพิกเซลจากภาพที่ 4.24B มีน้อยกว่าภาพที่ 4.24A จำนวน 37 พิกเซลคิดเป็น 6.29 % และการคำนวณหาส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.24A กับรูปที่ 4.24D ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.27 พบว่าพิกเซลจากภาพที่ 4.24B มีน้อย

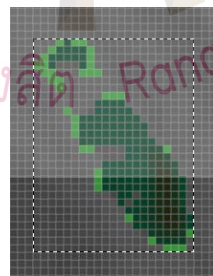
กว่าภาพที่ 4.24A จำนวน 19 พิกเซลคิดเป็น 3.23 % ซึ่งการเปรียบเทียบส่วนต่างทั้งหมดแสดงในตารางที่ 4.1



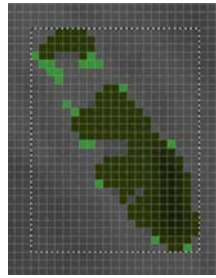
รูปที่ 4.24 ตัวอย่างพื้นที่สุ่มตรวจขนาด 21×28 พิกเซล (A) ภาพต้นฉบับ (B) ค่า Threshold อยู่ในช่วง 130 ถึง 1,500 (C) ตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3 (D) ตัวกรองมัชฌิมแบบ 3×3



รูปที่ 4.25 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.24A ภาพต้นฉบับ กับรูปที่ 4.24B ค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 130 ถึง 1,500



รูปที่ 4.26 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.24A ภาพต้นฉบับ กับรูปที่ 4.24C ตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3



รูปที่ 4.27 การเปรียบเทียบส่วนต่างระหว่างรูปที่ 4.24A ภาพต้นฉบับ
กับรูปที่ 4.24C ตัวกรองมัลติสเกลแบบ 3×3

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบส่วนต่างของพิกเซลในกลุ่มพื้นที่ในรูปแบบต่าง ๆ

ภาพตัวอย่าง	ขนาด	จำนวน พิกเซล	เปรียบเทียบระหว่าง A กับ B		เปรียบเทียบระหว่าง A กับ C		เปรียบเทียบระหว่าง A กับ D	
			พิกเซลที่ ถูกลบ	คิดเป็น %	พิกเซลที่ ถูกลบ	คิดเป็น %	พิกเซลที่ ถูกลบ	คิดเป็น %
				66 × 55	3630	40	1.10 %	10
	40 × 48	1920	20	1.04 %	18	0.94 %	9	0.47 %
	12 × 30	360	19	5.28 %	11	3.06 %	3	0.83 %
	21 × 28	588	67	11.39 %	37	6.29 %	19	3.23 %

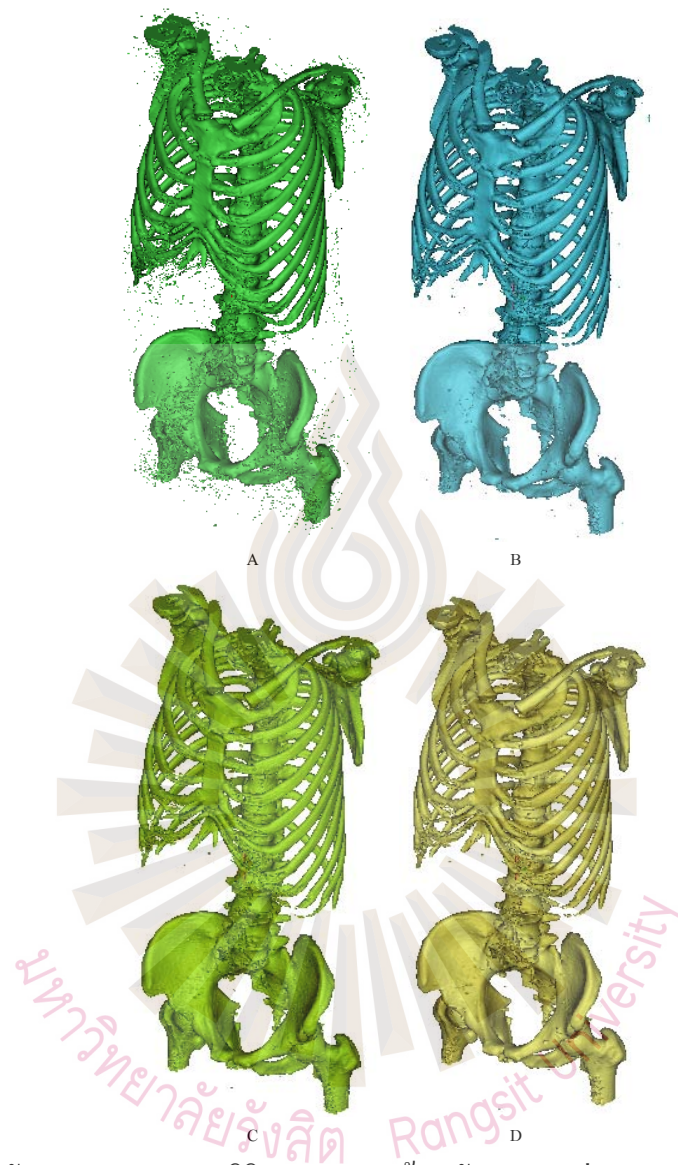
(A) จากภาพต้นฉบับ (B) จากค่า Threshold ที่อยู่ในช่วง 130 ถึง 1,500

(C) จากตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3 (D) จากตัวกรองมัลติสเกลแบบ 3×3

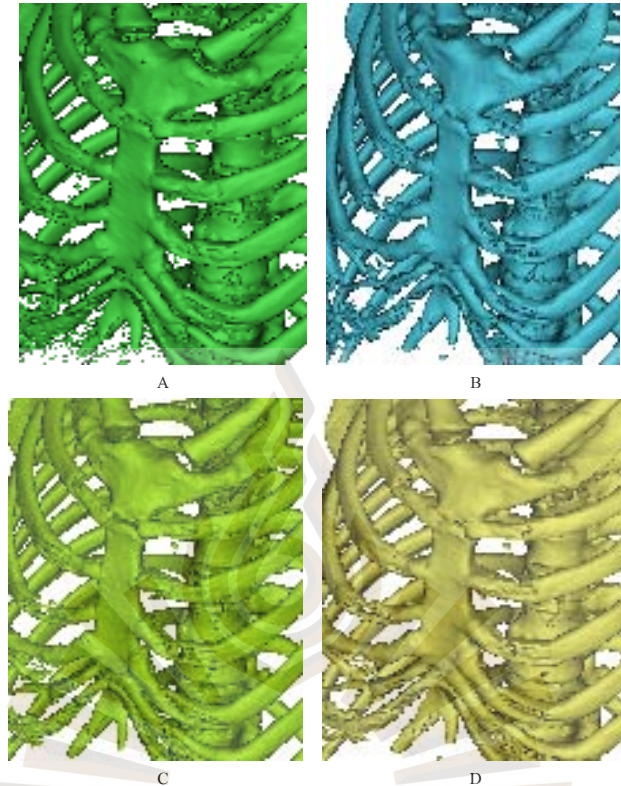
4.1.5 ผลการทดสอบในขั้นที่ห้าจะเป็นการนำภาพสองมิติจากกระบวนการเลือกพื้นที่แบบกำหนดเองนั้นมาขึ้นรูปเป็นแบบจำลองสามมิติ และทำการเปรียบเทียบกันกับแบบจำลองสามมิติที่ขึ้นรูปจากภาพสองมิติที่ผ่านการประมวลผลภาพดังที่แสดงในรูปที่ 4.28 ผลที่ได้จะเป็นดังรูปตัวอย่างของอวัยวะแบบสามมิติที่ขึ้นรูปโดยปรับค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 110 ถึง 1,500 ดังรูปที่

4.28A รูปตัวอย่างของอวัยวะแบบสามมิติที่มีการปรับค่า Threshold ต่ำสุดที่ 130 ดังรูปที่ 4.28B จากตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3 ดังรูปที่ 4.28C จากตัวกรองมัธยฐานแบบ 3×3 ดังรูปที่ 4.28D จากรูปที่ 4.28A จะพบว่าภาพมีสัญญาณรบกวนที่มีลักษณะแบบ Salt and Pepper กระจายอยู่ทั่วไปในรูปภาพ ซึ่งมีทั้งขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ แต่ในรูปที่ 4.28B และ 4.28C จะพบว่าสัญญาณรบกวนที่เป็น Salt and Pepper ในรูปส่วนใหญ่ถูกลบออกไปแต่ก็มีพื้นที่ที่สนใจไว้บางส่วนถูกลบออกไปด้วยเนื่องจากเป็นจุดที่มีมวลของกระดุกน้อยและบางจุดเป็นส่วนที่มีพื้นที่ที่สนใจมีขนาดเล็ก ดังรูปที่ 4.29 และสุดท้ายในรูปที่ 4.28D ซึ่งเป็นอวัยวะแบบสามมิติที่ขึ้นรูปจากการใช้ตัวกรองมัธยฐานแบบ 3×3 ซึ่งผลที่ได้พบว่าโครงสร้างตรงจุดที่มีมวลของกระดุกน้อยนั้นถูกลบออกไปน้อยกว่ารูปที่ 4.28B และ 4.28C ส่วนสัญญาณลบกววนในรูปที่ 4.28D ก็ถูกลบออกไปจำนวนมากเมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 4.28A และรูปที่ 4.28B



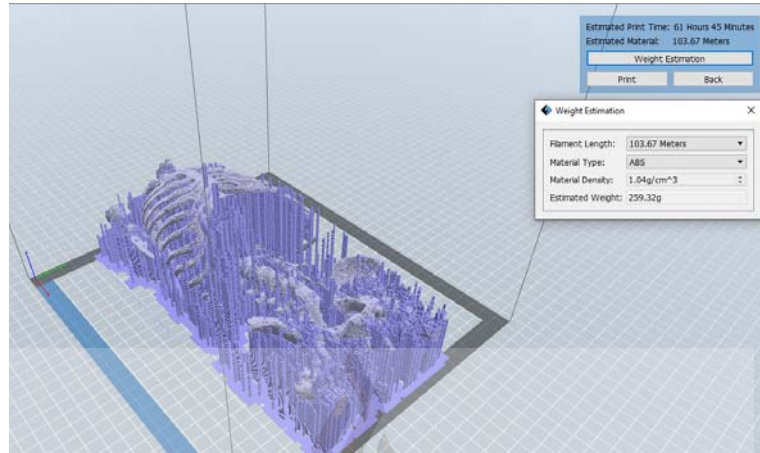


รูปที่ 4.28 อวัยวะแบบจำลองสามมิติ (A) จากภาพต้นฉบับ (B) จากค่า Threshold ที่อยู่ในช่วง 130 ถึง 1,500 (C) จากตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3 (D) จากตัวกรองมัลฐานแบบ 3×3

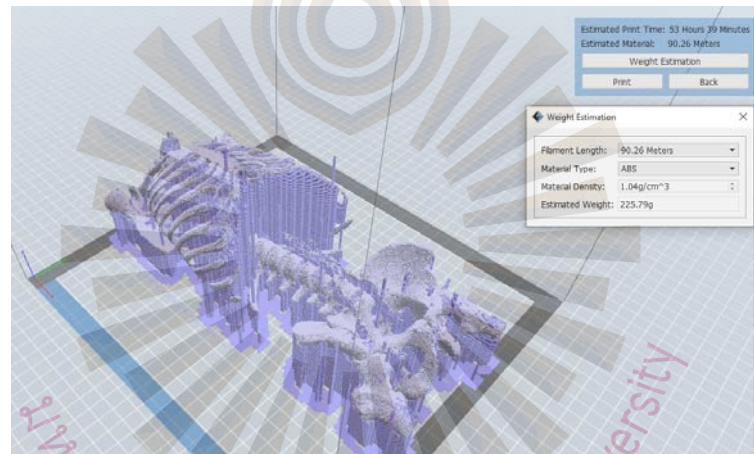


รูปที่ 4.29 จุดที่มีมวลของกระดูกอยู่น้อย (A) ภาพต้นฉบับ (B) ค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 130 ถึง 1,500 (C) ตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3 (D) ตัวกรองมัธยฐานแบบ 3×3

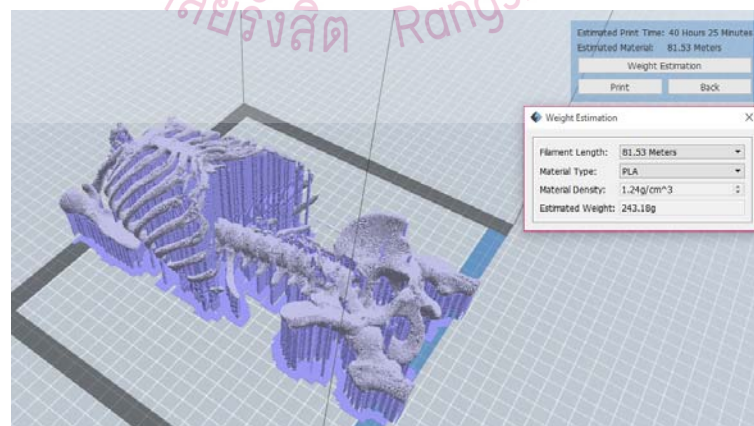
4.1.6 ผลการทดสอบในขั้นที่หกจะเป็นการนำแบบจำลองสามมิติจากขั้นตอนที่ห้ามาทำการจำลองการพิมพ์ด้วยซอฟต์แวร์ FlashPrint ซึ่งตัวซอฟต์แวร์จะทำการคำนวณเวลา และปริมาณพลาสติกที่ใช้ โดยการคำนวณนี้จะเป็นขนาดจำลอง 40 % จากขนาดจริง ดังแสดงในรูปที่ 4.30 รูปที่ 4.31 รูปที่ 4.32 และ รูปที่ 4.33 สรุปผลได้ว่าแบบจำลองสามมิติในรูปที่ 4.30 สรุปเวลาการทำงานที่ 61 ชั่วโมง 45 นาที พลาสติกที่ใช้ 103.67 เมตร รูปที่ 4.31 สรุปเวลาการทำงานที่ 53 ชั่วโมง 39 นาที พลาสติกที่ใช้ 90.26 เมตร รูปที่ 4.32 สรุปเวลาการทำงานที่ 40 ชั่วโมง 25 นาที พลาสติกที่ใช้ 81.53 เมตรและรูปที่ 4.33 สรุปเวลาการทำงานที่ 50 ชั่วโมง 1 นาที พลาสติกที่ใช้ 85.13 เมตร



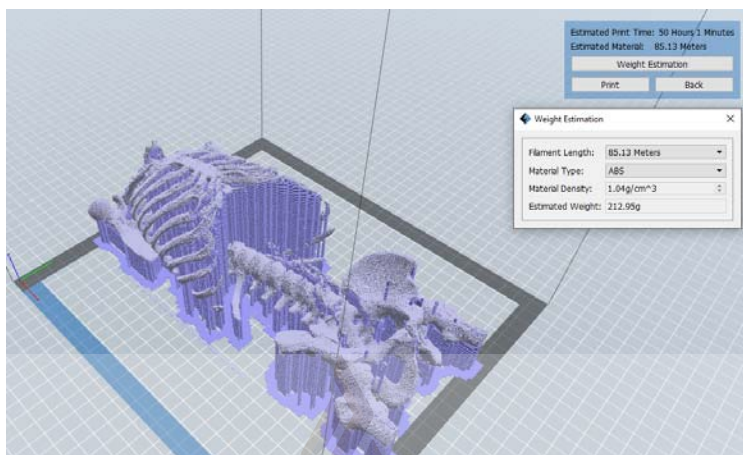
รูปที่ 4.30 อวัยวะแบบจำลองสามมิติค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 110 ถึง 1,500



รูปที่ 4.31 อวัยวะแบบจำลองสามมิติค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 130 ถึง 1,500



รูปที่ 4.32 อวัยวะแบบจำลองสามมิติใช้ตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3 และปรับค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 110 ถึง 1,500



รูปที่ 4.33 อวัยวะแบบจำลองสามมิติใช้ตัวกรองมัชฐานแบบ 3×3 และปรับค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 110 ถึง 1,500

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบเวลาการทำงาน และพลาสติกที่ใช้

แบบจำลองสามมิติ	ระยะเวลาที่ใช้/นาที	ปริมาณพลาสติก/เมตร	เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองสามมิติ A			
			เวลาที่ลดลง/นาที	ลดลงเป็นเปอร์เซ็นต์	พลาสติกที่ลดลง/เมตร	ลดลงเป็นเปอร์เซ็นต์
A	3,705	103.67	-	-	-	-
B	3,219	90.26	486	13.12 %	13.41	12.94 %
C	2,425	81.53	1280	34.55 %	22.14	21.36 %
D	3,001	85.13	704	19.00 %	18.54	17.88 %

(A) ภาพต้นฉบับ (B) ค่า Threshold ให้อยู่ในช่วง 130 ถึง 1,500

(C) ตัวกรองค่าเฉลี่ยแบบ 3×3 (D) ตัวกรองมัชฐานแบบ 3×3

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อการหากระบวนการในการสร้างอวัยวะจำลองสามมิติเพื่อที่จะลดระยะเวลาการทำงานให้สั้นที่สุดและลดวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูปเป็นอวัยวะแบบจำลองสามมิติด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ โดยใช้ภาพ DICOM ซึ่งเป็นภาพเฉพาะส่วนของร่างกายจากคอถึงต้นขาจำนวน 813 ภาพ ขนาด 512×512 แบบ 12 บิต โดยที่ภาพแนวระนาบสองมิติที่ได้จะมีสัญญาณรบกวนในรูปแบบ Salt and Papper หากนำภาพไปทำการพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติจะใช้เวลาานและสิ้นเปลืองวัสดุที่ใช้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงนำข้อมูลภาพอวัยวะที่อยู่ในรูปแบบของไฟล์ DICOM ไปทำการประมวลผลภาพโดยทำการกรองสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการออกโดยใช้กระบวนการกรองสัญญาณรบกวน และหารูปแบบของตัวกรองที่มีการใช้เวลาในการคำนวณน้อยที่สุดเนื่องจากจำนวนภาพที่ใช้มีจำนวนมาก ในที่นี้พบว่าหากใช้ตัวกรองแบบมัลฐานสามารถได้ภาพตามที่ต้องการโดยจะทำการเปรียบเทียบกับตัวกรองแบบค่าเฉลี่ยแบบ 3×3 กับตัวกรองมัลฐานแบบ “ 3×3 ” “ 5×5 ” “ 7×7 ” และ “ 9×9 ” โดยใช้ซอฟต์แวร์ Matlab จากการทดลองได้ผลการทดลองออกมาดังนี้ ในกรณีที่ใช้ตัวกรองมัลฐานแบบ 3×3 จะใช้ระยะเวลาที่สั้นที่สุด วัสดุที่ใช้ สามารถลบสัญญาณรบกวนออกไปได้และยังคงพื้นที่ที่สนใจของอวัยวะเอาไว้ได้เฉลี่ย 98.77% เมื่อเทียบกับภาพต้นฉบับที่เป็นภาพโครงร่างของกระดูกจำนวน 50 ตัวอย่าง จากข้อมูลภาพจำนวน 813 ภาพ

ข้อแนะนำในการที่จะนำข้อมูลจากไฟล์ DICOM จำนวนมากไปประมวลผลด้วยซอฟต์แวร์ Matlab จะต้องแยกส่วนของหัวไฟล์เก็บไว้ก่อนและนำเอาเฉพาะส่วนของข้อมูลภาพมาทำการประมวลผลเพื่อความรวดเร็วก่อนที่จะนำกลับไปรวมกับส่วนของหัวไฟล์เดิมอีกครั้ง เนื่องจากการนำข้อมูลภาพที่ได้หลังจากการประมวลผลภาพมาแสดงเพียงอย่างเดียว จะทำให้มีการเรียงลำดับข้อมูลภาพที่ไม่ถูกต้องอีกทั้งยังทำให้ไม่สามารถที่จะระบุปริมาตรของพื้นที่ที่ถูกต้องสำหรับการนำไปสร้างเป็นแบบจำลองสามมิติ

5.2 การอภิปรายผลการวิจัย

จากการออกแบบและพัฒนาการสร้างโมเดลอวัยวะสามมิติโดยใช้ตัวกรองแบบมัลติสเกลควบคู่กับการใช้เครื่องมือลบก่อนการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์และการศึกษาทางด้านอื่น ๆ ซึ่งในขั้นตอนการนำข้อมูลภาพออกมาใช้จะต้องมีซอฟต์แวร์เฉพาะทางในการเปิดไฟล์ DICOM ซึ่งในแต่ละโรงพยาบาลก็มีการซื้อซอฟต์แวร์ดังกล่าวที่แตกต่างกัน แต่ซอฟต์แวร์ที่โรงพยาบาลต่าง ๆ ที่ใช้นั้นจะต้องมีความสามารถในการอ่านไฟล์ที่เป็นมาตรฐานอย่างไฟล์ DICOM และสามารถสร้างเป็นไฟล์แบบจำลองสามมิติได้ ซึ่งโปรแกรมช่วยประมวลผลภาพที่ได้พัฒนาขึ้นมาขึ้นพัฒนาขึ้นมาด้วยซอฟต์แวร์ Matlab ซึ่งสามารถอ่านไฟล์ DICOM ได้ และสร้างไฟล์ DICOM ใหม่ขึ้นมาจากข้อมูลเดิม หรือของมูลใหม่ที่สร้างขึ้นมา ทำให้สามารถนำไปใช้ร่วมกันกับซอฟต์แวร์เดิมที่โรงพยาบาลใช้ในการอ่านข้อมูลจากไฟล์ DICOM

5.3 ข้อเสนอแนะการวิจัย

ในการออกแบบและพัฒนาการสร้างโมเดลอวัยวะสามมิติโดยใช้ตัวกรองแบบมัลติสเกลควบคู่กับการใช้เครื่องมือลบก่อนการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติในปริณญาณิพนธ์เล่มนี้ ซึ่งทางผู้จัดทำมีข้อเสนอแนะสำหรับการนำงานวิจัยนี้ไปปรับปรุงต่อไป

5.3.1 การปรับปรุงเครื่องพิมพ์สามมิติ

เนื่องจากเครื่องพิมพ์สามมิติที่ใช้นั้นมีความละเอียดในการพิมพ์ต่ำ ทำให้ไม่สามารถพิมพ์วัตถุที่มีขนาดเล็ก และในงานพิมพ์ที่ต้องการความละเอียดสูง อีกทั้งมีความเร็วที่ต่ำในการพิมพ์งานในแต่ละชั้นของชิ้นงาน ทำให้ต้องใช้เวลานาน ซึ่งถ้าหากมีเครื่องพิมพ์สามมิติที่มีความละเอียดสูง และมีความรวดเร็วในการพิมพ์ ก็จะทำให้ได้ชิ้นงานที่มีความละเอียดสูง สมบูรณ์ และรวดเร็วขึ้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากทั้งทางการแพทย์ และทางการศึกษาในอนาคต

บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). *Digital Images คืออะไร*. สืบค้นจาก <http://www.moe.go.th/moe/th/news/detail.php?NewsID=10380&Key=itnews>
- ฐปณัฐ ศรีสว, รัชนิกร มหายศนันท์. (2555). *การศึกษาการออกแบบและสร้างโปรแกรมรู้จำใบหน้าโดยวิธีไอเคนเฟส*. (Unpublished Senior project). มหาวิทยาลัยรังสิต, ปทุมธานี.
- บุญธรรม ภัทราจารุกุล. (2556). *การประมวลผลภาพดิจิทัลเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ, ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- เพชรกร หาดูพานิชย์ และ วัลลภ เหล่าไพบูลย์. (2550). *ระบบสื่อสารและกรเก็บข้อมูลภาพทางการแพทย์*. ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. สืบค้นจาก http://www.smj.ejnal.com/e-journal/showdetail/?show_detail=T&art_id=1339
- มนัส สังวรศิลป์และคณะ. (2561). *เอกสารประกอบการสอนการประมวลผลภาพถ่ายทางการแพทย์*. สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์, วิทยาลัยวิศวกรรมชีวการแพทย์.
- 3D Printer คืออะไร มีกี่ประเภท อะไรบ้าง*. (2558). Printtech Expo 2015. สืบค้นจาก <http://www.print3dd.com>
- Al-Khaffaf, Hasan S. M., Talib, Abdullah Z., & Salam, Rosalina Abdul. (2008). *Removing Salt-and-Pepper Noise from Binary Images of Engineering Drawings*. IEEE, Tampa, USA.
- Anitha, S., Kola, Laxminarayana., Sushma, P., & Archana, S. (2017). *Analysis of filtering and novel technique for noise removal in MRI and CT images*. IEEE, Mysuru, India.
- Fishman, Elliot K., Ney, Derek R., Heath, David G., Corl, Frank M., Horton, Karen M., & Johnson, Pamela T. (2006). *Volume Rendering versus Maximum Intensity Projection in CT Angiography: What Works Best, When, and Why*. RSNA Education Exhibits,
- Goel, Navnish., Yadav, Akhilendra., & Singh, Brij Mohan. (2016). *Medical Image Processing A Review*. CIPECH-16, IEEE.
- Hecht, Maximilian. (2009). *PACS - Picture Archiving and Communication System*. Vienna University of Technology, University of Paderborn.
- Isaac, Jithin Saji., & Kulkarni, Ramesh. (2015). *Super Resolution Techniques for Medical Image Processing*. IEEE, Mumbai, India.
- Poddar, A.H., Krol, A., Beaumont, J., and others (2005). *Ultrahigh resolution 3D model of murine heart from micro-CT and serial confocal laser scanning microscopy images*. IEEE,

บรรณานุกรม (ต่อ)

Fajardo, Puerto Rico.

Popescu, A. T., Stan, O., & Miclea, L. (2013). *3D printing bone models extracted from medical imaging data*. IEEE, Cluj-Napoca, Romania.

Roni. (2016). *DICOM is Easy*. Retrieved from <http://dicomiseasy.blogspot.com/>

Sathua, Sujaya Kumar., Dash, Arabinda., & Behera, Aishwaryarani. (2017). *Removal of Salt and Pepper noise from Gray-Scale and Color Images: An Adaptive Approach*. IJCST, Odisha, India.

The University of Auckland. (2010). *Image Filtering*. New Zealand, retrieved from https://www.cs.auckland.ac.nz/courses/compsci373s1c/PatricesLectures/Image%20Filtering_2up.pdf

Wang, Yao. (2006). *Image Filtering: Noise Removal, Sharpening, Deblurring*. Polytechnic University, Brooklyn.



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	รวีพล โชติกุลนันท์
วัน เดือน ปีเกิด	2 มีนาคม 2535
สถานที่เกิด	จังหวัดสุพรรณบุรี ประเทศไทย
ประวัติการศึกษา	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการออกแบบเชิงโต้ตอบ และการพัฒนาเกม, 2556
ที่อยู่ปัจจุบัน	56/139 ซอย 7 ตำบลคูคต อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี 12130

