

การจำลองหุ่นส่วนร่างกายของทรวงอกสำหรับการศึกษาการประมวลผลภาพ ทางการแพทย์

A Phantom Simulation of Thoracic for Medical Image Processing Study

ธนาธร สันติธรรม¹ ณัฐพงศ์ จันทร์ตา¹ ปวีตรา บัลลังก์นาค¹ ประธาน วงศ์ตาหล้า² ชิชณุพงศ์ บุตรดี² ปฎิวัติ
โชติมล³ ธัชชัย ศรีเสน⁴ ฐิติพงศ์ แก้วเหล็ก^{2*}

¹ นักศึกษาปริญญาตรี ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

² อาจารย์ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีหัวใจและทรวงอก คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

⁴ อาจารย์ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

99 หมู่ 9 ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

Thanathon Sunthitharm¹, Natthaphong Chanta¹, Pawittra Banlangnak¹, Prathan Wongtala²
Chitsanupong Butdee², Phatiwat Chotimol³, Thuchchai Srisen⁴ and Titipong Kaewlek^{2*}

¹Student, Department of Radiological Technology, Faculty of Allied Health Sciences
Naresuan University, 65000, Thailand

²Lecturer, Department of Radiological Technology, Faculty of Allied Health Sciences
Naresuan University, 65000, Thailand

³Assistant, Department of Cardio-Thoracic Technology, Faculty of Allied Health Sciences
Naresuan University, 65000, Thailand

⁴Lecturer, Department of Anatomy, Faculty of Medical Science, Naresuan University, 65000
Thailand

*Corresponding author: Email: titipongk@nu.ac.th

บทคัดย่อ

หุ่นส่วนร่างกายทางคณิตศาสตร์ เป็นการจำลองอวัยวะในร่างกายของมนุษย์อย่างง่าย หุ่นส่วนร่างกายสามารถจำลองอวัยวะ เช่น ทรวงอก ปอด กระดูก และกล้ามเนื้อ ค่าข้อมูลของหุ่นส่วนร่างกายสามารถใช้แทนอวัยวะในภาพของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์(ซีที)ได้ จุดประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อสร้างหุ่นส่วนร่างกายส่วนทรวงอกของมนุษย์ ข้อมูลภาพจำลองจะถูกเปรียบเทียบกับภาพซีทีจากฐานข้อมูล : เรดิโอฟิเดีย โดยใช้ภาพอ้างอิงสามสไลซ์ภาพ อวัยวะจากการจำลองมีลักษณะคล้ายคลึงกับอวัยวะในภาพซีที การวัดค่าโปรไฟล์เชิงเส้น และวัดค่าความเข้มในภาพจำลองเปรียบเทียบกับภาพจากฐานข้อมูล การประเมินเชิงปริมาณของค่าโปรไฟล์และค่าความเข้ม ค่าความเข้มของ ปอด หัวใจ และกระดูก ไม่มีความแตกต่างกัน($P < 0.05$) ส่วนความเข้มของหลอดเลือดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) การประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านกายวิภาคศาสตร์ สามท่าน ภาพจำลองมีความคล้ายคลึงกับภาพจากฐานข้อมูลในระดับปานกลาง สรุปได้ว่า ภาพหุ่นส่วนร่างกายมีความคล้ายคลึงกับภาพซีทีจากฐานข้อมูลและสามารถนำไปทดสอบอัลกอริทึมอื่นๆได้

คำสำคัญ: การจำลองหุ่นส่วนร่างกาย หุ่นส่วนร่างกาย ทรวงอก ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

ABSTRACT

A mathematical phantom is a simple method to simulate the organs of the human body. A phantom can simulate organs such as the chest, lung, bone, and muscle. The information for this phantom was gained from real organs captured by computed tomography (CT) images. The purpose of this study was to create a human thoracic phantom. The image data of the simulation phantom images was compared to CT images from the database: Radiopedia. Thirty-four slices of CT images were referenced. The simulated organs were similar to the organs in the CT images. The line profiles and the intensity value of the simulated images and the reference images were compared. The qualitative evaluation of profile and intensity value and intensity value of lungs, heart and bone were not significantly different ($P < 0.050$). The intensity of blood vessels was significantly different ($P > 0.05$). The assessment of three experts in human anatomy on the simulated image and the database image were moderately similar. In conclusion, the phantom simulation images were similar to CT images from the database. Therefore, the phantom may be used to test algorithms in medical image processing.

Keyword: Phantom simulation, phantom, chest, computed tomography image.

1. บทนำ

การสร้างภาพเพื่อวินิจฉัยโรคทางด้านรังสีวิทยามีบทบาทในการช่วยวินิจฉัยของแพทย์ให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น [1],[2] เครื่องมือที่ใช้สร้างภาพได้แก่ เครื่องเอกซเรย์แบบดิจิทัล (Digital X-ray), การสร้างภาพด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic resonance imaging; MRI), การใช้คลื่นเสียงกำลังสูงสะท้อนให้เกิดภาพ (Ultrasound) และการสร้างภาพด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (Computed tomography; CT) [1],[2] ในปัจจุบันการตรวจวินิจฉัยด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์เป็นที่นิยม และมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์อาศัยหลักการทำงานของลำรังสีเอกซ์และตัวรับภาพในการเก็บข้อมูล แล้วข้อมูลทั้งหมดจะถูกคอมพิวเตอร์ประมวลผลและสร้างเป็นภาพขึ้นมา โดยสามารถแสดงรายละเอียดเป็นได้หลายแนวร่างกาย เช่น ในแนวตัดขวาง แนวระนาบและแนวกึ่งกลาง

ลำตัว [3] และเพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณภาพดีและสามารถตรวจพบรอยโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงมีการประยุกต์วิธีการทางคณิตศาสตร์ หรือเรียกว่า อัลกอริทึมแบบต่างๆ เช่น การกรองภาพ (Image Filtering) การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation) การซ้อนทับภาพ (Image Registration) และการสร้างภาพใหม่ (Image Reconstruction) [4]-[6] เป็นต้น การประมวลผลภาพเหล่านี้ นับว่ามีบทบาทอย่างมากในการทำงานของแพทย์ในปัจจุบัน ทำให้การตรวจวินิจฉัยทำได้ถูกต้อง แม่นยำมากขึ้น ในการทดสอบวิธีการต่างๆ จำเป็นที่จะต้องมีการหาข้อมูลที่สามารถบ่งบอกถึงข้อมูลที่ทราบค่าในภาพที่แน่นอน จำเป็นจะต้องสร้างภาพวัตถุที่มีเนื้อเยื่อที่มีความสม่ำเสมอ (Uniformity tissue) ซึ่งต้องใช้อุปกรณ์หุ่นส่วนร่างกาย (Phantom) เช่น Rando phantom ซึ่งมีราคาแพง [7] และจะต้องนำหุ่นส่วนร่างกายไปถ่ายภาพด้วยเครื่องมือ เช่น เครื่องเอกซเรย์ เครื่องสแกนแม่เหล็กไฟฟ้า

หรือเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์เพื่อให้เกิดภาพที่จะนำมาประมวลผลด้วยวิธีการต่างๆได้จากเหตุผลดังกล่าว จึงได้นักวิจัยชื่อ Shepp และ Logan [8] เสนอแนวคิดในการจำลองหุ่นส่วนร่างกาย ส่วนศีรษะ ที่มีรูปทรงเรขาคณิตเป็นทรงวงรีหลายๆชิ้นซ้อนกัน เกิดเป็นลักษณะตัวแทนของเนื้อเยื่อสมองและศีรษะมนุษย์ สามารถใช้ทดสอบอัลกอริทึมทางคณิตศาสตร์ทดแทนการใช้หุ่นส่วนร่างกาย แต่ในบางครั้งหากนักวิจัยต้องการศึกษาในเนื้อเยื่ออวัยวะส่วนอื่น หุ่นส่วนร่างกายของ Shepp และ Logan [8] ไม่สามารถแสดงรายละเอียดของอวัยวะในร่างกายมนุษย์บริเวณที่ต้องการศึกษาได้ จึงทำให้คณะผู้วิจัยต้องการศึกษาการจำลองเนื้อเยื่อส่วนทรวงอกของมนุษย์ในลักษณะภาพตัดขวางสีขาว-ดำ โดยใช้โปรแกรมเมทแล็บที่มีค่าความเข้มของภาพคล้ายกับภาพที่ได้จากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาการประมวลผลและการทำวิจัยในอนาคต โดยหุ่นส่วนร่างกายจะสามารถนำไปทดสอบอัลกอริทึมของการสร้างภาพในเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หรือการใช้งานในด้านอื่นๆต่อไปได้

2. การจำลองหุ่นส่วนร่างกายของทรวงอก

การจำลองลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ส่วนทรวงอกของมนุษย์ ลักษณะภายในภาพหุ่นส่วนร่างกายจะประกอบด้วย อวัยวะในช่องอก ในระดับของกระดูกสันหลังต่างๆ ได้แก่ ปอด หัวใจ เส้นเลือด หลอดลม หลอดอาหาร กระดูกหน้าอก และกระดูกสันหลังโดยศึกษาลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ภาพจากฐานข้อมูล Radiopaedia [9] ซึ่งเป็นภาพตัดขวางของเพศหญิง อายุ 34 ปี ไฟล์ภาพประเภท 8 บิต ขนาดเมทริกซ์ 512×512 พิกเซล (Pixels) นามสกุลไฟล์ .JPG จำนวน 34 ภาพ ลักษณะของภาพหุ่นส่วนร่างกายเป็นรูปแบบสองมิติในระนาบตัดขวาง ตั้งแต่ส่วนทรวงอกจากระดับกระดูกสันหลังส่วนคอที่ 6 ถึงระดับกระดูกสันหลังส่วนเอวที่ 3 ตัวอย่างภาพดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลภาพจากฐานข้อมูลสำหรับการจำลองหุ่นส่วนร่างกาย

2.1 กำหนดค่า (ตัวเลข) ในโปรแกรมเชิงตัวเลข

การกำหนดค่าตัวเลขสำหรับการจำลองจะใช้ข้อมูลตัวเลข 6 แถว โดยแต่ละแถว มีการกำหนดค่าต่างๆ [8] ดังนี้

แถวที่ 1 (A) กำหนดความเข้ม (Intensity)

แถวที่ 2 (a) กำหนดความกว้าง

แถวที่ 3 (b) กำหนดความยาว

แถวที่ 4 (x0) กำหนดตำแหน่งแกน X

แถวที่ 5 (y0) กำหนดตำแหน่งแกน Y

แถวที่ 6 (phi) กำหนดการเอียงของรูปทรงเรขาคณิต

โดยค่า A เป็นการกำหนดค่าความเข้มของข้อมูลภาพภายในวัตถุ

ค่า a และ b เป็นการกำหนดความกว้างและความยาวของวัตถุ ตามลำดับ

ค่า x0 และ y0 เป็นการกำหนดจุดกึ่งกลางของวัตถุในแนวแกน x และแกน y ตามลำดับ

ค่า phi เป็นการกำหนดมุมของวัตถุ

การจำลองที่แสดงค่าในตารางที่ 1 คือค่าที่จำลองหุ่นส่วนร่างกายจากข้อมูลภาพของรูปที่ 1 การจำลองภาพทั้งหมด 34 ภาพ โดยจำลองอวัยวะตามลักษณะอวัยวะของภาพฐานข้อมูลโดยการจำลองจะสร้างอวัยวะซึ่งเกิดจากวัตถุรูปทรงรี หรือทรงกลม รายละเอียดการจำลองสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จาก [8]

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการกำหนดค่าในการจำลองหุ่นส่วนร่างกาย

A	a	b	x0	y0	phi
0.4	0.72	0.99	0	-0.04	90
-0.2	0.7	0.97	0	-0.04	90
1	0.11	0.08	0	-0.25	90
1	0.06	0.11	0	-0.32	90
1	0.025	0.07	-0.18	-0.45	110
1	0.02	0.09	-0.08	-0.46	49
1	0.02	0.09	0.08	-0.46	129
1	0.02	0.068	0	-0.555	0
1	0.025	0.07	-0.109	-0.4	190
1	0.025	0.07	0.109	-0.4	20
0.4	0.041	0.041	0	-0.415	0
-0.1	0.073	0.073	0	-0.415	0
1	0.02	0.075	-0.075	-0.35	45
1	0.02	0.075	0.7	-0.42	130
0.2	0.27	0.21	0.075	0.23	60
0.1	0.085	0.13	0.18	0.35	40
0.1	0.09	0.08	0.07	0.23	140
0.1	0.06	0.13	0.04	0.07	90
0.1	0.12	0.05	-0.07	0.22	80
-0.4	0.02	0.1	0.315	0.24	-10
A	a	b	x0	y0	phi
-0.4	0.045	0.07	0.2	0.52	90
-0.4	0.035	0.09	0.26	0.47	60
-0.4	0.025	0.1	0.33	0.3	15
-0.4	0.25	0.27	0.33	-0.18	15
-0.4	0.25	0.4	0.53	0	0
-0.4	0.25	0.15	0.5	-0.27	30
-0.4	0.03	0.1	0.275	0.1	-30
-0.4	0.1	0.15	0.41	0.4	60
-0.4	0.1	0.15	0.44	0.3	10
-0.4	0.08	0.2	0.44	0.4	60

ตารางที่ 1 (ต่อ) ตัวอย่างการกำหนดค่าในการจำลองหุ่นส่วนร่างกาย

-0.4	0.08	0.3	0.46	0.4	60
-0.4	0.03	0.12	-0.18	0.15	0
-0.4	0.03	0.15	-0.16	0.3	-30
-0.4	0.05	0.12	-0.13	0.42	-60
-0.4	0.08	0.12	-0.1	0.49	90
-0.4	0.05	0.08	0	0.52	90
-0.4	0.25	0.3	-0.32	-0.15	-15
-0.4	0.3	0.35	-0.47	0	150
-0.4	0.17	0.24	-0.35	0.32	130
-0.4	0.19	0.1	-0.27	0.45	20
-0.4	0.19	0.06	-0.53	0.31	45
-0.4	0.19	0.06	-0.56	-0.32	145
0.3	0.055	0.055	0.03	-0.08	90
0.4	0.02	0.02	-0.043	-0.13	90

2.2 แปลงข้อมูลภาพหุ่นส่วนร่างกาย

เมื่อได้ค่าที่จำลองลักษณะของอวัยวะต่างๆเรียบร้อยแล้ว กำหนดการสร้างขนาดภาพหุ่นส่วนร่างกายส่วนทรวงอกโดยกำหนดให้มีลักษณะชนิด 8 บิต และมีขนาด 512x512 พิกเซล เท่ากันทุกภาพ [10] ดังนี้

ลักษณะภาพที่เกิดจากข้อมูลเชิงตัวเลขในข้อ 2.2 เมื่อผ่านการแปลงให้มีลักษณะแสดงผลเป็นภาพสองมิติ ลักษณะของภาพหุ่นส่วนร่างกาย ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ภาพจำลองหุ่นส่วนร่างกายจากข้อมูลในตารางที่ 1

3. การวิเคราะห์ข้อมูลภาพจำลอง

3.1 การวิเคราะห์ภาพเชิงปริมาณ

การวิเคราะห์เชิงปริมาณเป็นการทดสอบความคล้ายของข้อมูลภาพด้วยการเปรียบเทียบค่าโปรไฟล์เชิงเส้น (Line Profile) และค่าความเข้มของภาพ (Image Intensity) ระหว่างภาพหุ่นส่วนร่างกายส่วนทรวงอกกับภาพจากฐานข้อมูล ดังนี้

3.1.1 การวัดค่าโปรไฟล์เชิงเส้น

นำภาพที่ได้จากฐานข้อมูลออนไลน์ Radiopeadia.org [9] และภาพจากการจำลองด้วยโปรแกรมแมทแล็บ ในระดับเดียวกัน (อวัยวะภายในส่วนช่องอกมีลักษณะเหมือนกัน) มาวัดค่าโปรไฟล์โดยใช้โปรแกรม Image J เวอร์ชัน 1.46r [11]

3.1.2 การวัดค่าความเข้มของภาพ

นำภาพที่ได้จากฐานข้อมูลออนไลน์ Radiopeadia.org [9] และภาพจากการจำลองด้วยโปรแกรมแมทแล็บ ในระดับเดียวกัน อวัยวะภายในส่วนช่องอกมีลักษณะคล้ายกัน มาวัดค่าความเข้มของภาพด้วยโปรแกรม Image J เวอร์ชัน 1.46r [11] กำหนดขนาดพื้นที่ที่สนใจในการวัดค่า ขนาดความกว้าง 14 พิกเซล ความสูง 14 พิกเซล และมีลักษณะทรงกลม วัดค่าเฉลี่ย (Mean) และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation:SD) ในอวัยวะ ได้แก่ ปอด, หัวใจ, หลอดเลือด และกระดูกสันหลัง แล้วหาความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของข้อมูลภาพหุ่นส่วนร่างกายเทียบกับภาพจากฐานข้อมูล โดยใช้สถิติ T-test

3.2 การทดสอบการประมวลผลภาพ (Image Processing Test)

หลังการแปลงข้อมูลภาพเป็นภาพสองมิติแล้ว นำภาพมาทดสอบการประมวลผลภาพ ด้วย 3 วิธีการ ได้แก่ การกรองภาพ (Image Filters) การแบ่งข้อมูลภาพ (Image Segmentation) และการสร้างภาพใหม่ (Image Reconstruction) โดยมีรายละเอียดการทดสอบ ดังนี้

3.2.1 การทดสอบการกรองภาพ

ก่อนการทดสอบ ทำการใส่สิ่งรบกวน (Add noise) ในภาพหุ่นส่วนร่างกาย โดยเพิ่มสิ่งรบกวนบนภาพหุ่นส่วนร่างกาย ชนิดเป็น salt & pepper [12] กำหนดค่าความถี่ของสิ่งรบกวนเท่ากับ 0.02 ซึ่งเป็นค่าที่กำหนดความถี่สัญญาณรบกวนแบบจุดสีขาวกระจายทั่วทั้งภาพ

แล้วทดสอบการกรองภาพ ด้วยวิธีการทำให้ภาพคมชัด (Unsharpened mask) [13] เพื่อทดสอบว่าภาพหุ่นส่วนร่างกายสามารถทำให้เกิดความคมชัดของภาพได้ ภาพที่ได้จะมีลักษณะ 2 มิติ ขนาดเดียวกับภาพหุ่นส่วนร่างกาย

3.2.2 การทดสอบการแบ่งข้อมูลภาพ

นำภาพหุ่นส่วนร่างกาย มาประมวลผล โดยการทดสอบครั้งนี้เลือกการแบ่งข้อมูลภาพที่จะใช้ในการทดสอบ 2 วิธีการ ดังนี้

3.2.2.1 การแบ่งข้อมูลภาพโดยใช้วิธีการ Thresholding [14] โดยแบ่งข้อมูลภาพเป็น 2 กลุ่ม ด้วยวิธีการของ Otsu ค่าดังกล่าวจะแบ่งข้อมูลภาพหุ่นส่วนร่างกาย เป็นข้อมูลลักษณะเป็นภาพสีขาวและดำ

3.2.2.2 การแบ่งข้อมูลภาพโดยใช้ Multilevel Thresholding [15] โดยกำหนดค่าจำนวนกลุ่มข้อมูลภาพมีค่า $n = 20$ โดยค่า n คือ ค่าระดับ Threshold แล้วกำหนดให้แปลงจากภาพระดับความเข้มเทา (Grayscale image) ให้เป็นภาพที่เก็บค่าสีเป็น indexed (Indexed image)

3.2.3 การทดสอบการสร้างภาพใหม่

นำภาพหุ่นส่วนร่างกาย มาประมวลผลโดยใช้โปรแกรมแมทแล็บ ในการทดสอบครั้งนี้เลือกการสร้างภาพใหม่ ดังนี้

3.2.3.1 ทดสอบการสร้างภาพใหม่ โดยการสร้างภาพในแนวแบ่งซ้ายขวา (Sagittal) และแนวแบ่งหน้าหลัง (Coronal) โดยการนำข้อมูลภาพแนวตามแกน (Axial) ทั้ง 34 ภาพ มาจัดเรียงแล้วสร้างภาพใหม่ ลักษณะเป็นข้อมูลภาพสามมิติ [16]

3.3 การวิเคราะห์ภาพเชิงคุณภาพ

นำข้อมูลภาพหุ่นส่วนร่างกายกับข้อมูลของภาพจากฐานข้อมูลทั้ง 34 ภาพ มาประเมินความคล้ายของตำแหน่งอวัยวะของภาพหุ่นส่วนร่างกาย ส่วนทรวงอกเปรียบเทียบกับภาพจากฐานข้อมูลออนไลน์ด้วยสายตาโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีความเชี่ยวชาญด้านกายวิภาคศาสตร์ 3 ท่าน โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังต่อไปนี้

เกณฑ์การประเมิน

ระดับ 2 = ตำแหน่งอวัยวะในหุ่นส่วนร่างกายมีความคล้ายกับภาพจากฐานข้อมูลมากที่สุด

ระดับ 1 = ตำแหน่งอวัยวะในหุ่นส่วนร่างกายมีความคล้ายกับภาพจากฐานข้อมูลแบบปานกลาง

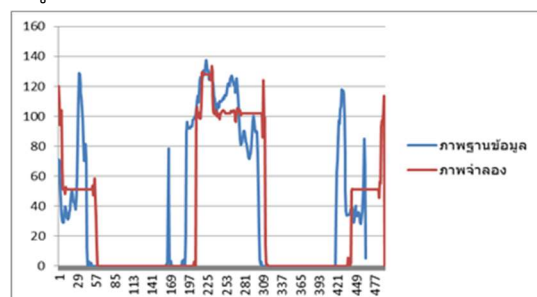
ระดับ 0 = ตำแหน่งอวัยวะในหุ่นส่วนร่างกายไม่มีความคล้ายกันกับภาพจากฐานข้อมูล

4. ผลการทดสอบ

4.1 ผลการวิเคราะห์ภาพเชิงปริมาณ

4.1.1 การวัดค่าโปรไฟล์เชิงเส้น

จากตัวอย่างข้อมูลการวัดค่าโปรไฟล์เชิงเส้นของรูปที่ 1 เทียบกับรูปที่ 2 ได้ผลค่าข้อมูลแสดงเป็นกราฟที่บอกถึงค่าความเข้มของแต่ละพิกเซลที่เส้นตรงลากผ่าน ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 กราฟแสดงค่าโปรไฟล์เชิงเส้นเทียบกันระหว่างข้อมูลรูปที่ 1 และ 2

4.1.2 การวัดค่าความเข้มของภาพ

ผลการวัดค่าความเข้มของภาพเทียบกันระหว่างภาพจำลองกับภาพฐานข้อมูลทั้ง 34 สามารถแสดงค่าเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 2

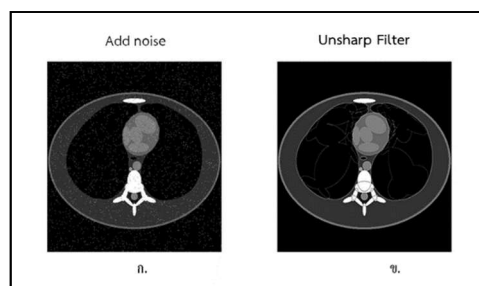
ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยค่าความเข้มของภาพทั้ง 34 ภาพ ที่บริเวณ ปอด หัวใจ หลอดเลือด และกระดูกสันหลัง

ภาพฐานข้อมูล	ภาพหุ่นส่วนร่างกาย
ปอด (t-test=0.000)	
0.00±0.00	0.00±0.00
หัวใจ (t-test=0.029)	
126.51±2.25	128.00±0.00
หลอดเลือด (t-test=0.078)	
125.95±4.62	130.37±13.47
กระดูกสันหลัง (t-test=0.000)	
231.54±10.00	254.91±0.39

4.2 ผลการทดสอบการประมวลผลภาพ

4.2.1 ผลการทดสอบการกรองภาพ

การทดสอบการเพิ่มสิ่งรบกวนเข้าไปในภาพจำลองของหุ่นส่วนร่างกาย ทำให้เกิดจุดขาว-ดำบนภาพ ลักษณะของสิ่งรบกวนที่เกิดขึ้นคล้ายกับการถ่ายภาพด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ และเมื่อดำเนินการลดสิ่งรบกวนด้วยวิธีการ Unshaped mask ผลลัพธ์ที่ได้สามารถลดสิ่งรบกวนบนภาพแล้วทำให้เห็นขอบวัตถุในภาพได้ชัดเจนมากขึ้น

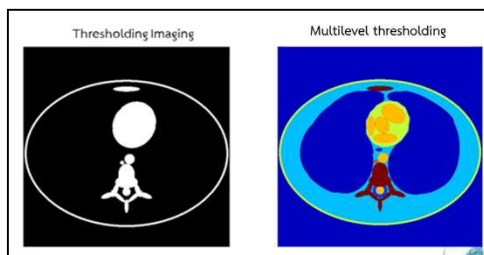


รูปที่ 4 ก. แสดงผลการเพิ่มสิ่งรบกวนในภาพ และ ข. แสดงผลการใช้การกรองชนิด Unshaped mask

การทดสอบการเพิ่มสิ่งรบกวนเข้าไปในภาพจำลองของหุ่นส่วนร่างกาย ทำให้เกิดจุดขาว-ดำบนภาพ ลักษณะของสิ่งรบกวนที่เกิดขึ้นคล้ายกับการถ่ายภาพด้วยเอกซเรย์

คอมพิวเตอร์ และเมื่อดำเนินการลดสิ่งรบกวนด้วยวิธีการ Unshaped mask ผลลัพธ์ที่ได้สามารถลดสิ่งรบกวนบนภาพแล้วทำให้เห็นขอบวัตถุในภาพได้ชัดเจนมากขึ้น

4.2.2 ผลการทดสอบการแบ่งข้อมูลภาพ



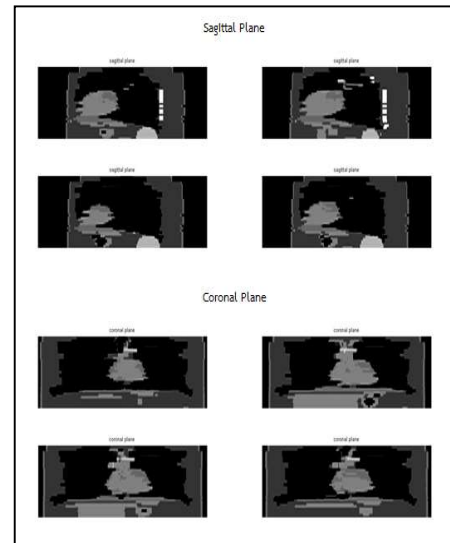
รูปที่ 5 แสดงผลการทดสอบภาพหุ่นส่วนร่างกายด้วยการแบ่งข้อมูลภาพตามระดับความเข้ม

ผลการทดสอบการแบ่งข้อมูลภาพด้วยสองวิธีการ วิธีการแรก การแบ่งด้วยค่าข้อมูลเพียงค่าเดียว ด้วยวิธีการของ Otsu ผลที่ได้แสดงให้เห็นข้อมูลภาพที่มีสองเฉดสีคือ สีขาว และสีดำ บริเวณที่เป็นสีขาวคือส่วนที่มีค่ามากกว่าค่าที่อัลกอริทึมคำนวณได้ และในทางกลับกัน สีดำคือบริเวณที่มีค่าข้อมูลต่ำกว่าค่าที่อัลกอริทึมคำนวณได้

ส่วนการแบ่งข้อมูลภาพแบบที่สอง คือการแบ่งข้อมูลภาพแบบหลายระดับ ผลที่ได้มีการแบ่งค่าข้อมูลของภาพทั้งหมด 20 กลุ่มเฉดสี แล้วระบุสีในอวัยวะต่างๆ ต่างกันตามระดับสีที่กำหนด เช่น บริเวณปอด เป็นสีฟ้า บริเวณกระดูกสันหลัง เป็นสีน้ำตาล เป็นต้น

4.2.3 ผลการทดสอบการสร้างภาพใหม่

ผลการสร้างภาพใหม่โดยการนำภาพจำลองหุ่นส่วนร่างกายทั้ง 34 ภาพ มาเรียงต่อกัน แล้วแปลงให้เป็นภาพตามแนว ซ้าย-ขวา และหน้า-หลัง สามารถเห็นรายละเอียดของอวัยวะภายในได้ใกล้เคียงกับการจัดเรียงของอวัยวะของมนุษย์ บางส่วนอาจไม่ต่อเนื่องเกิดจากความหนาของสไลด์ของภาพหนา หากความหนาของแต่ละสไลด์ลดลงจะทำให้เห็นรายละเอียดของอวัยวะเสมือนจริงมากขึ้น



รูปที่ 6 ภาพหุ่นส่วนร่างกายทรวงอก ของการสร้างภาพใหม่ในแนวแบ่งซ้ายขวา (ด้านบน) และ แนวแบ่งหน้าหลัง (ด้านล่าง)

4.3 ผลการวิเคราะห์ภาพเชิงคุณภาพ

จากการเปรียบเทียบผลความคล้ายของอวัยวะของภาพหุ่นส่วนร่างกายกับภาพจากฐานข้อมูลโดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน พบว่าค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2) และผลประเมินของอาจารย์ในแต่ละท่านได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความคล้ายของอวัยวะของภาพหุ่นส่วนร่างกายเทียบกับภาพจากฐานข้อมูล

ผู้ประเมิน	ค่าเฉลี่ยรายคน
1	1.50
2	0.94
3	1.32
ค่าเฉลี่ยรวม	1.25

ผลประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 ให้คะแนนประเมินหุ่นจำลองมีความคล้ายกับภาพจากฐานข้อมูลอยู่ระหว่างในระดับมากที่สุดกับปานกลาง ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2 ให้ผลประเมินว่าอยู่ระหว่างระดับปานกลางกับระดับไม่มีความคล้ายกับภาพจากฐานข้อมูล ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3

ให้ผลประเมินว่าหุ่นจำลองมีความคล้ายกับภาพจากฐานข้อมูลอยู่ในระดับปานกลาง

5. วิจัยผลการวิจัย

งานวิจัยของ Shepp [8] ในปี 1974 ได้ทำวิจัยเกี่ยวกับเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นแนวทางใหม่ของเทคโนโลยีเอกซเรย์ทางการแพทย์ในขณะนั้น ได้ศึกษาและเปรียบเทียบอัลกอริทึมที่สนใจโดยใช้หุ่นส่วนร่างกายจำลอง ส่วนศีรษะ หรือที่เรียกว่า Shepp-logan phantom เพื่อหาอัลกอริทึมที่เหมาะสม ในการใช้งานหุ่นส่วนร่างกายซึ่งมีประโยชน์ในการทำให้ทราบวัตถุที่อยู่ในหุ่นส่วนร่างกาย มีความผิดพลาดเกิดขึ้นในกระบวนการสร้างภาพหรือไม่ หุ่นส่วนร่างกายจำลองที่ใช้ เป็นการสร้างจากข้อมูลทางคณิตศาสตร์ (Mathematical phantom) ซึ่งเป็นการจำลองส่วนของร่างกาย โดยใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ หุ่นส่วนร่างกายดังกล่าวจึงไม่มีความผิดพลาดในการวัดค่าข้อมูลจากหุ่นจำลอง ความผิดพลาดต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการสร้างภาพนั้นจะเป็นเหตุอันเนื่องมาจากอัลกอริทึมเท่านั้น

นอกจากนี้ในปัจจุบันหุ่นส่วนร่างกายของ Shepp-logan ยังเป็นที่นิยมใช้ในการประมวลผล [17]-[19] และมีการประยุกต์ปรับเปลี่ยนไปใช้งานให้เหมาะสมกับงานวิจัยในแต่ละรูปแบบ [20],[21] อีกทั้งมีการสร้างหุ่นส่วนร่างกายแบบใหม่ๆ มาใช้งานมากยิ่งขึ้น เพื่อให้มีความสามารถในการศึกษาการประมวลผลภาพทางการแพทย์มากยิ่งขึ้น [22],[23]

ในการศึกษาครั้งนี้คณะผู้วิจัยทำการจำลองหุ่นส่วนร่างกายส่วนทรวงอก โดยใช้โปรแกรมแมทแล็บ ซึ่งได้แนวคิดในการจำลอง และการทดสอบอัลกอริทึมทางคณิตศาสตร์ โดยประยุกต์ข้อมูลของหุ่นส่วนร่างกายจากงานวิจัยของ Shepp [8] สำหรับการจำลองภาพหุ่นจำลองส่วนทรวงอกในครั้งนี้ จะมีความคล้ายคลึงทางกายวิภาคศาสตร์ในภาพแนวตัดจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ในภาพจำลองมีความเข้มของข้อมูลภาพ และค่าโปรไฟล์เชิงเส้นที่ใกล้เคียงกับภาพจากฐานข้อมูล ซึ่งแตกต่างจาก

หุ่นส่วนร่างกายจำลองของ Shepp ที่ลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ของหุ่นส่วนร่างกายเป็นเพียงรูปทรงเรขาคณิตเท่านั้น และไม่มีความคล้ายคลึงกับภาพที่ได้จากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

ด้านประสิทธิภาพของภาพหุ่นส่วนร่างกาย

ภาพที่ได้จากการจำลองเมื่อเปรียบเทียบกับภาพที่ได้จากฐานข้อมูล จะมีค่าความเข้มใกล้เคียงกัน ยกเว้นค่าความเข้มของเส้นเลือดที่มีค่าความเข้มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเป็นเพราะค่าความเข้มในภาพที่ได้จากฐานข้อมูลอาจมีเนื้อเยื่ออื่นๆซ้อนทับบริเวณหลอดเลือด คณะผู้วิจัยจึงไม่สามารถปรับค่าความเข้มของภาพหุ่นส่วนร่างกายให้เท่ากับภาพจากฐานข้อมูล และเมื่อเปรียบเทียบค่าโปรไฟล์ในตำแหน่งของอวัยวะแต่ละพิกลเซลที่เส้นลากผ่าน พบว่ามีค่าความเข้มที่วัดได้ใกล้เคียงกับภาพจากฐานข้อมูล แต่ตำแหน่งของอวัยวะในแต่ละภาพนั้น จะมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง เนื่องจากไม่ได้ทำการจำลองอวัยวะบางอย่างในบริเวณนั้นๆ

ผลการประเมินภาพทั้ง 34 ภาพโดยของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ซึ่งคิดเป็น 102 ภาพ พบว่า 33 ภาพมีความคล้ายกับภาพฐานข้อมูลในระดับมากที่สุด 62 ภาพมีความคล้ายกับภาพฐานข้อมูลในระดับปานกลาง และ 7 ภาพภาพหุ่นส่วนร่างกายไม่มีความคล้ายกับภาพจากฐานข้อมูล

ข้อเสนอแนะ

1. ภาพการจำลองหุ่นส่วนร่างกายที่จำลองขึ้นสามารถนำไปใช้ในงานวิจัยหรือการศึกษาในการประมวลผลภาพทางการแพทย์ ได้หลายด้าน เช่น การลดสิ่งรบกวน การสร้างภาพใหม่ เป็นต้น

2. ในอนาคตหากผู้ที่สนใจจะนำค่าข้อมูลการจำลองภาพหุ่นส่วนร่างกายไปพัฒนาต่อ ควรจะมีการกำหนดค่าข้อมูลให้อยู่ในช่วงที่ทำให้ได้ค่าความเข้มของข้อมูลภาพที่มีความใกล้เคียงกับข้อมูลภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่มีขนาด 8 บิต หรือ ค่าข้อมูลความเข้ม 0-254 ระดับสี ดังนี้ อวัยวะปอด ต้องกำหนดค่า A เท่ากับ -0.4 จึงจะมีค่าความเข้มเท่ากับ 0 หัวใจต้องกำหนดค่า A เท่ากับ 0.1 และ 0.2 จึงจะมีค่าความเข้มเท่ากับ 128 หลอดเลือด ต้อง

กำหนดค่า A เท่ากับ 0.3 จึงจะมีค่าความเข้มเท่ากับ 127-204 และ ส่วนกระดูกสันหลัง ต้องกำหนดค่า A เท่ากับ 1 จึงจะมีค่าความเข้มเท่ากับ 254

6. สรุปผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้จำลองภาพหุ่นส่วนร่างกาย ส่วนทรวงอกโดยใช้โปรแกรมแมทแล็บ เปรียบเทียบกับภาพจากฐานข้อมูลออนไลน์ในตำแหน่งของอวัยวะเดียวกัน จำนวน 34 ภาพ ซึ่งมีอวัยวะที่ประกอบด้วย ปอด หัวใจ หลอดเลือด กระดูกสันหลัง หลอดลม หลอดอาหาร กระดูกสะบัก กระดูกอก ตับ และไต เมื่อเปรียบเทียบภาพจำลองหุ่นส่วนร่างกายกับภาพจากฐานข้อมูลส่วนทรวงอก ด้วยการวัดค่าความเข้มของข้อมูลภาพ และการวัดโปรไฟล์เชิงเส้นโดยใช้โปรแกรม Image J ค่าความเข้มของข้อมูลภาพ และค่าโปรไฟล์ของภาพจำลองหุ่นส่วนร่างกาย มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลภาพจากฐานข้อมูล และจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านกายวิภาคศาสตร์ 3 ท่าน ภาพจำลองหุ่นส่วนร่างกายมีความคล้ายคลึงกับภาพฐานข้อมูลอยู่ในระดับปานกลาง ภาพจำลองหุ่นส่วนร่างกาย ส่วนทรวงอกที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ในการประมวลผลภาพแบบต่างๆ เช่น การกรองภาพ การแบ่งข้อมูลภาพ และการสร้างใหม่ของภาพได้ จากการทดสอบค่าความเข้มของภาพจำลองหุ่นส่วนร่างกาย ความเข้มของภาพจำลองใกล้เคียงกับความเข้มของภาพจากฐานข้อมูลในทุกอวัยวะ(ปอด หัวใจ และหลอดเลือด) ยกเว้นค่าความเข้มของกระดูกสันหลัง

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] D. L. Miglioretti, E. Johnson, A. Williams, R. T. Greenlee, S. Weinmann, L. I. Solberg, H. S. Feigelson, D. Roblin, M. J. Flynn, N. Vanneman, and R. Smith-Bindman, "The use of computed tomography in pediatrics and the associated radiation exposure and estimated cancer risk," *JAMA Pediatrics*, vol. 167, no.8, pp. 700–707, 2013.
- [2] J. Panés, R. Bouzas, M. Chaparro, V. García-Sánchez, J. P. Gisbert, B. Martínez de Guereñu, J. L. Mendoza, J. M. Paredes, S. Quiroga, T. Ripollés, and J. Rimola, "Systematic review: the use of ultrasonography, computed tomography and magnetic resonance imaging for the diagnosis, assessment of activity and abdominal complications of Crohn's disease," *Aliment Pharmacol. Ther.*, vol. 34, no.2, pp. 125–145, 2011.
- [3] M. Karçaaltincaba and A. Aykut, "Dual-energy CT revisited with multidetector CT: review of principles and clinical applications," *Diagn. Interv. Radiol.*, vol. 17, no.3, pp. 181–194, 2011.
- [4] Z. Ma, J. R. S. Tavares, R. N. Jorge, and T. Mascarenhas, "A review of algorithms for medical image segmentation and their applications to the female pelvic cavity," *CMBBE*, vol. 13, pp. 235–246, August 2010.
- [5] F. P. M. Oliveira and J. R. S. Tavares, "Medical image registration: a review," *CMBBE*, vol. 17, pp. 73–93, March 2014.
- [6] I. Sechopoulos, "A review of breast tomosynthesis. Part II. Image reconstruction, processing and analysis, and advanced applications," *Med Phys*, vol. 40, no.1, pp. 1–17, 2013.
- [7] Radiology Support Devices, The Alderson Radiation Therapy phantom. (2016, Jan 20). [Online]. Available: http://www.rsdphantoms.com/rt_art.htm

- [8] L. A. Shepp and B. F. Logan, "The fourier reconstruction of a head section," *IEEE Trans Nucl Sci*, vol. 21, pp. 21-43, June 1974.
- [9] B.D. Muzio. (2016, Jan 29). Normal chest CT, [Online]. Available: <http://www.radiopaedia.org/cases/normal-chest-ct-1>
- [10] Matlab. (2016, Feb 29). Create head phantom image, [Online]. Available: <http://www.mathworks.com/help/images/ref/phantom.html>
- [11] ImageJ. (2016, May 2). ImageJ program, [Online]. Available: <https://imagej.nih.gov/ij/>
- [12] Matlab. (2016, Feb 29). Add noise to image, [Online]. Available: <http://www.mathworks.com/help/images/ref/imnoise.html>
- [13] Matlab. (2016, Feb 29). Image filter [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/help/images/ref/imfilter.html>
- [14] Matlab. (2016, Feb 29). Global image threshold using Otsu's method [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/help/images/ref/graythresh.html>
- [15] Matlab. (2016, Feb 29). Multilevel thresholding [Online]. Available: <http://www.mathworks.com/help/images/ref/grayslice.html>
- [16] Matlab. (2016, Feb 29). Concatenate arrays along specified dimension [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/cat.html>
- [17] X. Liang, Z. Zhang, T. Niu, S. Yu, S. Wu, Z. Li, H. Zhang, and Y. Xie, "Iterative image-domain ring artifact removal in cone-beam CT," *Phys Med Biol*, vol. 62, pp. 5276-5292, June 2017.
- [18] S. Li, E. T. Quinto, W. Shiqiang, and J. Ming, "Simultaneous reconstruction and segmentation with the mumford-shah functional for electron tomography," in *IEEE Engineering in Medicine and Biology Society Annual Conference*, Florida, 2016, pp. 5909-5912.
- [19] A. Singer and H.T. Wu, "Two-dimensional tomography from noisy projections taken at unknown random directions," *SIAM J Imaging Sci*, vol. 6, no.1, pp. 136-175, 2013.
- [20] T. Kaewlek, D.Koolpiruck, S. Thongvigitmanee, M. Mongkolsuk, S.Thammakittiphan, S.O. Tritrakarn, and P. Chiewwit, "Metal artifact reduction and image quality evaluation of lumbar spine CT images using metal sinogram segmentation," *J XRay Sci Technol*, vol. 23, pp. 649-666, no.6 2015.
- [21] Z. Messali, N. Chetih, A. Serir, and A. Boudjelal, "A quantitative comparative study of back projection, filtered back projection, gradient and bayesian reconstruction algorithms in computed tomography (CT)," *IJPS*, vol. 4, no.1, pp. 12-31, 2015.
- [22] P. H. Pretorius, M. A. King, B. M. Tsui, K. J. LaCroix, and W. Xia, "A mathematical model of motion of the heart for use in generating source and attenuation maps for simulating emission imaging," *Med Phys*, vol. 26, no.11, pp. 2323-2332, 1999.

- [23] Division of Medical Imaging Physics, Johns Hopkins Medical Institutions, USA. (2016, June 3) . Medical Imaging Simulation Techniques and Computer Phantoms [Online]. Available: <http://dmip1.rad.jhmi.edu/xcat/>