

การพัฒนาระบบต้นแบบสำหรับการแยกส่วนภาพการตรวจคลื่นเสียงสะท้อน  
หลอดเลือดหัวใจบริเวณทางเดินเลือด

THE DEVELOPMENT OF INTRAVASCULAR ULTRASOUND IMAGE  
SEGMENTATION PROTOTYPE SYSTEM



นิพิชฌน์ อ่อนหิรัญ  
NIPPITCH ONHIRUN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์  
ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีฉุกเฉินเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE DEVELOPMENT OF INTRAVASCULAR ULTRASOUND IMAGE  
SEGMENTATION PROTOTYPE SYSTEM



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE  
DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN COMPUTER SCIENCE  
DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE SCHOOL OF SCIENCE  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2022

KMITL-2022-SC-M-002-123

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2022

SCHOOL OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาระบบต้นแบบสำหรับการแยกส่วนภาพ การตรวจคลื่นเสียงสะท้อนหลอดเลือดหัวใจบริเวณทางเดินเลือด
ชื่อนักศึกษา	นายนิพิชฌน์ อ่อนหิรัญ
รหัสประจำตัว	61605040
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)
ภาควิชา	วิทยาการคอมพิวเตอร์
พ.ศ.	2565
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัทมา เจริญพร

### บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับปัญหาของโรคภาวะหลอดเลือดแข็ง โดยได้ทำการศึกษาจากภาพถ่ายอัลตราซาวด์ภายในหลอดเลือดจากผู้ป่วยที่มีภาวะผนังหลอดเลือดแข็งหรือตีบตัน ซึ่งภาพถ่ายดังกล่าวที่แพทย์หรือผู้เชี่ยวชาญใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาของโรค อาจมีการเกิดสิ่งรบกวนจากเงาหรือองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นขณะถ่ายภาพ ส่งผลให้ภาพที่ได้มาเกิดความไม่สมบูรณ์ ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการประยุกต์ โดยได้ทำการนำเทคนิควิธีการทางคอมพิวเตอร์มาช่วยในการวิเคราะห์แยกส่วนองค์ประกอบภายในภาพเพื่อหาพื้นที่ ๆ แพทย์สนใจ โดยการนำภาพถ่ายมาทำการปรับคุณสมบัติความคมชัด จากนั้นทำการวิเคราะห์และจัดกลุ่มระดับข้อมูลพิกเซลในขั้นตอนถัดมาทำการแยกส่วนพื้นที่บริเวณผนังหลอดเลือดและทางเดินเลือดด้วยวิธีการ Blob Detection ในขั้นตอนสุดท้ายนำส่วนภาพที่ได้มาทำการปรับคุณสมบัติอีกครั้งด้วยเทคนิคต่าง ๆ ที่นำมาประยุกต์ใช้ ซึ่งจากการทดลองได้ทำการวัดประสิทธิภาพโดยนำผลลัพธ์การแยกส่วนที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญด้วยเครื่องมือ Jaccard index, Hausdorff Distance และ Percentage Area Distance

**คำสำคัญ :** การแยกส่วน ภาพอัลตราซาวด์ภายในหลอดเลือด ภาวะหลอดเลือดแข็ง วิธีการ Blob Detection

<b>Thesis Title</b>	The Development of Intravascular Ultrasound Image Segmentation Prototype System
<b>Student Name</b>	Nippitch Onhirun
<b>Student ID</b>	61605040
<b>Degree</b>	Master of Science (Computer Science)
<b>Department</b>	Computer Science
<b>Year</b>	2565
<b>Thesis Advisor</b>	Assistant Professor Dr. Pattama Chareonporn

### Abstract

In this research, experiments were conducted on the problem of image analysis in atherosclerotic disease. The study was conducted from intravascular ultrasound images that have been taken inside the blood vessels from patients with arterial wall hardening or stenosis. These images are used by experts or specialists to analyze the problem of the disease. There may be some interference from shadows or elements that occurred while taking the image that may cause the incomplete image. We propose an applied method by using computer techniques that help to analyze the components within the image to find the area of interest by enhancement image. Then, the pixel levels are analyzed and classified to divide the background from the image. Next, the morphological operation is used to readjust image properties, and blob detection is used to identify the region of interesting pixel values. In the final process, Connected Component Analysis (CCA) was used to detect media-adventitia and lumen boundary area. The efficacy of segment results was measured by comparing with the expert to measure performance as (media-adventitia, lumen) the Jaccard Index, Hausdorff Distance and Percentage Area Distance. IVUS dataset was used from Simone Balocco, Dept. Matemàtica Aplicada i Anàlisi, Universitat de Barcelona, Barcelona, Spain.

**Keywords :** Segmentation, IVUS image, Atherosclerotic disease, Blob Detection.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์หัวข้อเรื่อง การพัฒนาระบบต้นแบบสำหรับการแยกส่วนภาพการตรวจคลื่นเสียงสะท้อนหลอดเลือดหัวใจบริเวณทางเดินเลือด สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากความช่วยเหลือสนับสนุนและความกรุณาอย่างสูงจากบุคคลากรหลายท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาตลอดจนปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลต่าง ๆ ที่ได้เสียสละเวลาให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด อันได้แก่

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อรรณพ หมั่นสกุล และ ผศ.ดร.อนันตพร หารราชคุณาฒย์ ที่กรุณาเป็นประธานกรรมการ และกรรมการคุมสอบวิทยานิพนธ์ ช่วยให้คำปรึกษาและแนวทางในการดำเนินงานวิทยานิพนธ์เล่มนี้ อีกทั้งยังช่วงแก้ไขข้อบกพร่องและช่วยให้คำชี้แนะในงานเขียนวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ปัทมา เจริญพร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่เสียสละเวลาให้คำแนะนำ ข้อคิด และแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ อีกทั้งยังช่วยตรวจสอบแก้ไขและติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินงาน

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิทยาการคอมพิวเตอร์ และอาจารย์ท่านอื่น ๆ ภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้ความรู้ตลอดระยะเวลาหลักสูตร

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ ๆ และเพื่อน ๆ ที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำและให้กำลังใจในการเรียนและการดำเนินงานวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

นอกจากนี้ยังมีบุคคลท่านอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ จึงขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ความช่วยเหลือมา ณ ที่นี้ด้วย

นายนิพิชฌน์ อ่อนศิริธัญญ์

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย/ปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	4
2.1 ภาวะหลอดเลือดแข็งตัว (Atherosclerosis)	4
2.2 Intravascular Ultrasound (IVUS)	5
2.3 การหาสัณฐานของวัตถุภายในภาพ (Morphological Operations)	5
2.3.1 การขยายขนาด (Dilation)	5
2.3.2 การกร่อนขนาด (Erosion)	6
2.4 การปรับปรุงความคมชัดภายในภาพ (Image Enhance)	6
2.5 การจัดกลุ่มข้อมูลภาพ K-means Clustering	8
2.6 Blob Detection	9
2.7 การกำหนดหมายเลขให้ส่วนที่เชื่อมกัน (Connected Component Analysis)	11
2.8 การหาเซตเปลือกนูน (Convex Hull)	12
2.9 ชนิดของภาพดิจิทัล (Types of Digital Images)	12
2.9.1 ภาพขาวดำ หรือภาพลักษณะพื้นฐานสอง (Binary Images)	12
2.9.2 ภาพระดับสีเทา (Grayscale Images)	13
2.10 โปรแกรมแมตแล็บ (MATLAB)	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.11 เครื่องมือในการวัดประสิทธิภาพ	14
2.11.1 Jaccard Index	14
2.11.2 Hausdorff Distance	15
2.11.3 Percentage Area Distance	15
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย</b>	<b>20</b>
3.1 ขั้นตอนการเตรียมภาพก่อนการประมวลผลแยกองค์ประกอบภายในภาพ	21
3.1.1 ขั้นตอนการปรับปรุงภาพภายในหลอดเลือด (Image Enhance)	22
3.1.2 ขั้นตอนการจัดกลุ่มข้อมูลในภาพ (Clustering)	23
3.2 การแยกส่วนขอบทางเดินเลือดและขอบผนังหลอดเลือด (Segmentation)	24
3.2.1 การปรับปรุงภาพอาศัยวิธีการพื้นฐานในการหาสัณฐานหรือโครงร่างของวัตถุ (Morphological Operation)	25
3.2.2 ขั้นตอน Blob Detection	25
3.2.3 ขั้นตอนการหาจุดที่เชื่อมต่อกันมากที่สุด (Connected Component Analysis)	28
3.2.4 ขั้นตอนการหาเซตเปลือกนูน (Convex Hull)	29
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล</b>	<b>30</b>
4.1 ผลลัพธ์ในการดำเนินงานวิจัย	30
4.2 ผลการแยกส่วนภาพ IVUS บริเวณทางเดินเลือดด้วยวิธีอัตโนมัติ	32
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ</b>	<b>37</b>
5.1 สรุปผลการวิจัย	37
5.2 ข้อเสนอแนะ	37
เอกสารอ้างอิง	38
ภาคผนวก	40
ภาคผนวก ก ภาพผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดตีบตันในหลอดเลือดแดง	41
ภาคผนวก ข การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	44
ภาคผนวก ค งานวิจัยที่เผยแพร่	46
ประวัติผู้เขียน	58

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 วิธีการที่นำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัย	19
3.1 อัลกอริทึมโปรแกรม Blob Detect	26
4.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนในงานวิจัย	31
4.2 ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการแยกส่วนของ Media-Adventitia และ Lumen	33
4.3 เปรียบเทียบผลลัพธ์ทั้งหมดในงานวิจัยกับผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญ	35



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ภาพเส้นเลือดที่เริ่มเกิดการอุดตันจากการสะสมของคราบไขมัน	4
2.2 ตัวอย่างภาพถ่ายอัลตราซาวด์ภายในหลอดเลือด	5
2.3 ผลลัพธ์การทำงานของการทำงานขยายวัตถุในภาพ (Dilation)	5
2.4 ผลลัพธ์การทำงานของการทำงานกร่อนวัตถุในภาพ (Erosion)	6
2.5 การปรับปรุงความคมชัดภายในภาพ	7
2.6 การจัดกลุ่มข้อมูลภายในภาพรูป	9
2.7 ภาพก่อนและหลังการใช้วิธีการ Blob Detection	10
2.8 แบบจุด 4 จุด เชื่อมกันและแบบจุด 8 จุด เชื่อมกัน	11
2.9 วิธีการหาเซตเปลือกกนู	12
2.10 ตัวอย่างภาพขาวดำ	12
2.11 ตัวอย่างภาพระดับสีเทา	13
2.13 ภาพการอินเตอร์เซก	14
3.1 ลำดับขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย	20
3.2 แผนภาพแสดงขั้นตอนการจำแนกส่วนภาพถ่ายอัลตราซาวด์	21
3.3 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมภาพก่อนการแยกองค์ประกอบภายในภาพ	21
3.4 บริเวณพื้นที่ที่สนใจภายในภาพ IVUS ของหลอดเลือด	22
3.5 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินงานขั้นตอนวิธีการปรับปรุงภาพ	23
3.6 ภาพก่อนและหลังการปรับปรุงภาพภายในหลอดเลือด	23
3.7 ภาพก่อนและหลังการจัดกลุ่มข้อมูลในภาพ	24
3.8 แผนภาพแสดงขั้นตอนการแยกองค์ประกอบภายในภาพ	24
3.9 ภาพผลลัพธ์จากวิธีการ Morphological Operation	25
3.10 ขั้นตอนและวิธีการของ Blob Detection	27
3.11 ภาพที่แสดงวัตถุที่มีพิกเซลเชื่อมต่อกันมากที่สุด	28
3.12 ขั้นตอนและวิธีการหาเซตเปลือกกนู	29
4.1 ภาพผลลัพธ์จากการดำเนินงานวิจัย	30
4.2 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญและผลลัพธ์จากการดำเนินงานวิจัย	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ATHEROSCLEROSIS DISEASE เป็นภาวะของโรคหลอดเลือดที่มีการแข็งตัวของผนังหลอดเลือด เกิดจากการสะสมของไขมันและเศษเซลล์ ที่ก่อให้เกิดคราบพลัค (Plaque) และการแข็งตัวนี้ทำให้เกิดการตีบหรือตันของหลอดเลือด ส่งผลทำให้เลือดไม่สามารถไปเลี้ยงอวัยวะส่วนปลายอวัยวะได้ และในที่สุดอาจจะเกิดการตายของเนื้อเยื่อส่วนปลาย ในปัจจุบันโรคดังกล่าวเป็นโรคเรื้อรังที่พบบ่อยในผู้สูงอายุและเป็นสาเหตุการตายในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก รองจากกลุ่มโรคมะเร็ง อุบัติเหตุและการเป็นพิษ กลุ่มโรคความดันโลหิตสูงและหลอดเลือดสมอง สาเหตุของโรคหัวใจ เกิดจากการที่มีคราบพลัคเกาะผนังหลอดเลือดทำให้ขัดขวางการไหลเวียนของเลือด โดยเฉพาะเมื่ออุดตันในส่วนหลอดเลือดโคโรนารีที่ไปเลี้ยงหัวใจ ทำให้กล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด โดยเมื่อตรวจดูคราบพลัคจะพบว่าเต็มไปด้วยไขมันชนิดคอเลสเตอรอล ปะปนกับเซลล์ เศษเซลล์และโปรตีนเส้นใย มีแคลเซียมมาสะสมคราบพลัคอาจจะค่อย ๆ สะสมเพิ่มขนาด จนทำให้รูหลอดเลือดแดงตีบแคบลง ทำให้ขัดขวางการไหลของเลือด หรืออาจเกิดการแตกและกระตุ้นให้เกิดกลไกการสร้างลิ้มเลือดจนอุดตันหลอดเลือดช่วงนั้น และการแข็งตัวนี้ทำให้เกิดการตีบตันของหลอดเลือด ส่งผลให้เลือดไปเลี้ยงอวัยวะส่วนปลายอวัยวะน้อยลงและในที่สุดอาจจะเกิดการตายของเนื้อเยื่อส่วนปลายของอวัยวะนั้น ๆ ทำให้ต้องตัดอวัยวะส่วนดังกล่าวออก หรืออาจทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิต หากแพทย์สามารถวินิจฉัยอาการของความผิดปกตินี้ได้ในตั้งแต่ในระยะเริ่มแรกและทำการผ่าตัดรักษา ผู้ป่วยก็จะมีโอกาสสูญเสียอวัยวะนั้นลดลง และทำให้อัตราการเสียชีวิตน้อยลง

วิธีการถ่ายภาพภายในหลอดเลือด (IVUS: Intravascular Ultrasound image) เป็นหนึ่งในวิธีการที่สามารถได้มาของภาพถ่ายที่ใช้สำหรับในการวินิจฉัยภาวะผนังหลอดเลือดแดงแข็งตัว และภาวะหลอดเลือดตีบตันในหลอดเลือดแดง ในการที่ได้มาของภาพนั้นทำได้โดยการสอดท่อเข้าไปในบริเวณหลอดเลือด และส่งคลื่นเสียงเข้าไปยังภายในหลอดเลือด ซึ่งจะใช้คลื่นเสียงที่มีค่าความถี่สูงกว่าที่มนุษย์นั้นจะสามารถได้ยิน ความถี่ที่ใช้จะมีความถี่ตั้งแต่ 20 KHz เป็นต้นไป ในทางการแพทย์ได้นำค่าความถี่มาใช้ทั้งในการวินิจฉัยโรคและการรักษา เช่น วิธีการตรวจด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง เป็นวิธีการส่งคลื่นเสียงความถี่สูงเข้าไปภายในหลอดเลือดที่ส่งจากหัวตรวจ เมื่อนำหัวตรวจเข้าไปภายในหลอดเลือดแล้วคลื่นเสียงจะกระทบกับเนื้อเยื่อต่าง ๆ โดยหัวตรวจจะเป็นตัวที่รับสัญญาณคลื่นเสียงกลับในระดับต่าง ๆ ในการสะท้อนของคลื่นเสียงจะสามารถบอกได้ถึงระดับความลึก ความหนาแน่นของเนื้อเยื่อ และจะนำสัญญาณคลื่นเสียงนั้นมาทำการประมวลผลและแสดงผลออกมาเป็นภาพ เพื่อให้ทางการแพทย์สามารถวินิจฉัยเพื่อดูความผิดปกติของหลอดเลือดแดงได้ เช่น การอุดตัน

ของหลอดเลือด หลอดเลือดโป่งพอง เส้นเลือดขาด หลอดเลือดตีบ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการที่กล่าวมาข้างต้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเทคนิคด้านการประมวลผลภาพได้เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการศึกษาวิธีการทางคณิตศาสตร์และนำมาประยุกต์ใช้กับเทคนิคกระบวนการทางคอมพิวเตอร์ร่วมกับเทคโนโลยีในการประมวลผลภาพ (Image Processing) เพื่อเป็นหนึ่งในวิธีการที่เป็นตัวช่วยในการวินิจฉัยของแพทย์ในการวิเคราะห์ของโรคที่เกี่ยวข้องจากคราบพลัคที่อยู่ตามผนังหลอดเลือด ซึ่งเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดโรคหลอดเลือดอุดตัน หลอดเลือดตีบได้ แต่ในการที่ได้มาของภาพจากการส่งคลื่นเสียงความถี่สูงนั้น จะเกิดเงาหรือสิ่งรบกวนต่าง ๆ ที่บริเวณภาพ ซึ่งส่งผลให้ทางการแพทย์วินิจฉัยได้ยากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยประยุกต์โดยการนำเทคนิค IVUS นี้ เพื่อนำมาทำการวิจัยเพื่อศึกษาหาพื้นที่ ขอบเขต หรือองค์ประกอบของคราบพลัคได้ สามารถช่วยให้ทางการแพทย์วินิจฉัยได้ง่ายยิ่งขึ้น

ด้วยวิธีการในการจำแนกโรคดังกล่าวนี้ เป็นการศึกษาทางด้านการประมวลผลภาพที่สามารถระบุหรือบ่งบอกบริเวณส่วนต่าง ๆ ขององค์ประกอบภายในภาพถ่ายอัลตราซาวด์ เช่น บริเวณทางเดินหลอดเลือด ขอบทางเดินหลอดเลือด และบริเวณระหว่างขอบทางเดินหลอดเลือดและขอบผนังหลอดเลือด ซึ่งเป็นจุดที่แพทย์หรือผู้เชี่ยวชาญสนใจ โดยบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณที่เกิดไขมันสะสมเป็นสาเหตุทำให้เกิดการอุดตัน ในงานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นวิธีการแยกส่วนของวัตถุองค์ประกอบที่สนใจออกจากพื้นที่ที่ไม่สนใจ เพื่อระบุบริเวณพื้นที่ต่างๆ ทำให้การวินิจฉัยสะดวกเร็วยิ่งขึ้น จากที่ได้ทำการศึกษาพบว่า ปัญหาในการวิเคราะห์ภาพถ่ายอัลตราซาวด์ มีปัจจัยหลายอย่างที่เป็นอุปสรรคต่อการประมวลผลภาพเพื่อระบุพื้นที่ที่สนใจ เช่น ภาพที่ไม่มีความคมชัด ปัญหาจากเงาในภาพที่อาจเกิดจากขดลวดสายสวน เป็นต้น ซึ่งปัญหาเหล่านี้ทำให้ประสิทธิภาพและความแม่นยำในการระบุพื้นที่ที่สนใจนั้นลดลง

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อประยุกต์อัลกอริทึมหรือวิธีการทางด้านการประมวลผลภาพ มาใช้ในการแยกส่วนบริเวณผนังหลอดเลือดชั้นนอกและผนังหลอดเลือดชั้นใน
- 2) เพื่อช่วยระบุบริเวณพื้นที่ที่เกิดไขมันสะสมหรือบริเวณที่อุดตันในทางเดินหลอดเลือด
- 3) เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์ต้นแบบเพื่อช่วยในการสนับสนุนการตัดสินใจของแพทย์หรือผู้เชี่ยวชาญในการวินิจฉัยโรคที่สามารถให้ความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้นในการแยกส่วนบริเวณพื้นที่ที่เกิดการอุดตันในทางเดินหลอดเลือด

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1) งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิธีการแยกส่วนองค์ประกอบภายในภาพถ่ายอัลตราซาวด์ภายในหลอดเลือดแดงเพื่อพัฒนาโปรแกรมต้นแบบในการแยกส่วนบริเวณต่าง ๆ ภายในทางเดินหลอดเลือด เช่น บริเวณขอบทางเดินหลอดเลือด, บริเวณผนังหลอดเลือด และบริเวณขอบผนังหลอดเลือด เพื่อช่วยสนับสนุนการตัดสินใจของแพทย์ผู้เชี่ยวชาญในการวินิจฉัยบริเวณพื้นที่ที่เกิดคราบไขมันอุดตันภายในหลอดเลือด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นเป็นประโยชน์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ศึกษาและพัฒนาวิธีการด้านประมวลผลภาพเพื่อลดปัญหาจากสิ่งรบกวนต่าง ๆ เกิดจากขณะถ่ายภาพ และการแยกส่วนภาพ

3) งานวิจัยนี้ได้ทำการนำภาพอัลตราซาวด์ภายในหลอดเลือด ซึ่งเป็นภาพระดับสีเทา ที่มีขนาดความละเอียด 384x384 พิกเซล มาใช้เพื่อทำการพัฒนาโปรแกรมต้นแบบ

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้อัลกอริทึมในการแยกส่วนองค์ประกอบของภาพอัลตราซาวด์ภายในหลอดเลือด ด้วยวิธีการอัตโนมัติในการแยกส่วนขอบผนังหลอดเลือดและขอบทางเดินเลือดเพื่อระบุบริเวณที่เกิดคราบอุดตัน ให้มีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2) ได้นำเทคนิคทางคอมพิวเตอร์มาทำการพัฒนาเป็นโปรแกรมต้นแบบที่ช่วยในการศึกษาเพื่อนำไปสู่โปรแกรมประยุกต์ที่สนับสนุนการวินิจฉัยและช่วยลดเวลาของแพทย์หรือผู้เชี่ยวชาญในขั้นตอนตัดสินใจในการวินิจฉัยโรค

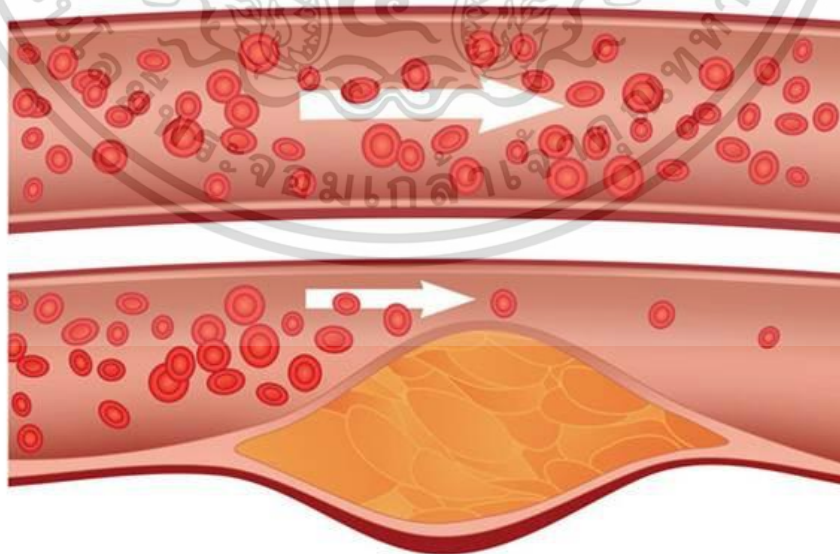
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ภาวะหลอดเลือดแดงแข็งตัว (Atherosclerosis)

เป็นภาวะที่หลอดเลือดแดงเกิดการตีบและแข็งตัว ซึ่งมีสาเหตุมาจากการสะสมของคราบไขมันพองผิดหรือหินปูน (Plaque) เมื่อหลอดเลือดแดงเกิดการตีบตันและแข็งตัว จะทำให้การลำเลียงออกซิเจนและสารอาหารไปยังหัวใจและส่วนอื่น ๆ ของร่างกายทำได้ยากขึ้น ส่งผลทำให้ร่างกายเกิดการขาดแคลนเลือดและออกซิเจนในเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกาย นอกจากนี้ คราบไขมัน (Plaque) ยังสามารถแตก และทำให้เกิดลิ่มเลือด หากปล่อยทิ้งไว้โดยไม่ได้รับการรักษาหลอดเลือด อาจนำไปสู่อาการหัวใจวาย โรคหลอดเลือดสมองหรือหัวใจล้มเหลวได้ ส่วนใหญ่แล้ว อาการหลอดเลือดแข็งมักจะแสดงอาการเมื่อเข้าสู่ช่วงวัยกลางคนขึ้นไป เมื่อการตีบแคบลงอย่างรุนแรง อาจทำให้เลือดไหลเวียนได้ไม่ดี และทำให้เกิดความเจ็บปวดได้ การอุดตันยังสามารถแตกออกอย่างกะทันหัน นั้นทำให้เลือดจับตัวเป็นก้อนภายในหลอดเลือดที่บริเวณรอยแตก สาเหตุของการเกิดอาการหลอดเลือดแข็ง คือ การสะสมของคราบไขมัน (Plaque) และอาการแข็งของหลอดเลือดจะทำให้การไหลเวียนเลือดและออกซิเจนทำได้ไม่เต็มที่ ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะหลอดเลือดแข็งเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เมื่อหลอดเลือดเริ่มมีการสะสมของคราบพลัค ซึ่งส่งผลทำให้เลือดไม่สามารถไปหล่อเลี้ยงอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้ โดยภาพเส้นเลือดที่เริ่มเกิดการอุดตันจากการสะสมของคราบไขมันแสดงดังรูปที่ 2.1

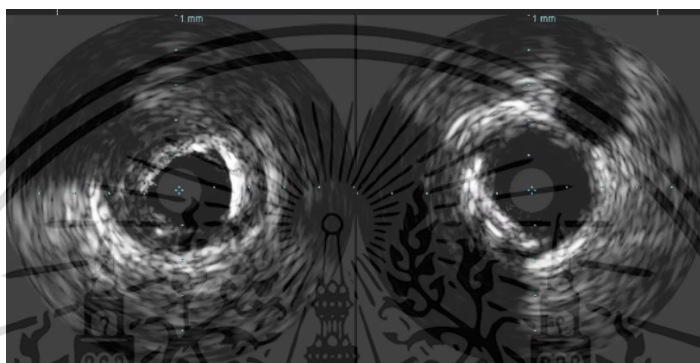


รูปที่ 2.1 ภาพเส้นเลือดที่เริ่มเกิดการอุดตันจากการสะสมของคราบไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 Intravascular Ultrasound (IVUS)

“IVUS” หรือ “Intravascular Ultrasound” เป็นเครื่องอัลตราซาวนด์ที่ทำให้แพทย์หรือผู้เชี่ยวชาญนั้นสามารถมองเห็นโครงสร้างทางกายวิภาคภายในหลอดเลือดได้แบบ 360 องศา โดยการใส่สายสวนเข้าไปตรวจภายในหลอดเลือด ซึ่งที่ปลายสายสวนมีคุณสมบัติเป็นคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูงทำให้สามารถเห็นรายละเอียดภายใน เมื่อทำการใส่สายสวนเข้าไปภายในแล้วจะปล่อยคลื่นเสียงสะท้อนภายในหลอดเลือดและทำการแปลงค่าจากคลื่นเสียงสะท้อนมาเป็นภาพถ่ายอัลตราซาวนด์ (IVUS Image) แสดงดังรูปที่ 2.2

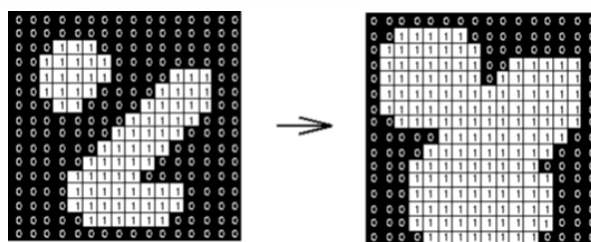


รูปที่ 2.2 ตัวอย่างภาพถ่ายอัลตราซาวนด์ภายในหลอดเลือด

## 2.3 การหาพื้นฐานของวัตถุภายในภาพ (Morphological Operations)

### 2.3.1 การขยายขนาด (Dilation)

การขยาย (Dilation) เป็นวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลภาพขาวดำ โดยทำการวัตถุภายในภาพให้ใหญ่ขึ้น ซึ่งการขยายวัตถุนี้ทำโดยการกำหนดส่วนองค์ประกอบโครงสร้าง และนำส่วนองค์ประกอบของโครงสร้างไปตรวจสอบข้อมูลภาพทั้งภาพ โดยเมื่อจุดเริ่มต้นขององค์ประกอบโครงสร้างตรงกับตำแหน่งข้อมูลภาพที่เป็น 1 จะทำการรวมส่วนประกอบโครงสร้างเข้ากับข้อมูลภาพ โดยผลลัพธ์จากการขยายวัตถุในภาพจะทำให้วัตถุในภาพมีขนาดใหญ่ขึ้น แสดงดังรูปที่ 2.3

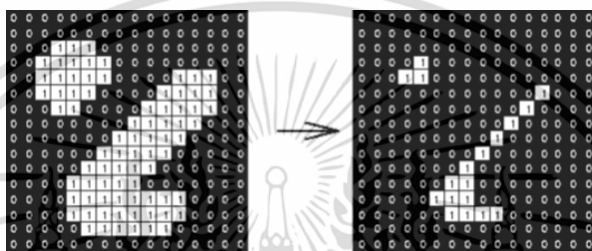


รูปที่ 2.3 ผลลัพธ์การทำงานของ การขยายวัตถุในภาพ (Dilation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.2 การกร่อนขนาด (Erosion)

การกร่อนขนาด (Erosion) เป็นการกร่อนขนาดหรือลดขนาดวัตถุที่บริเวณขอบ ซึ่งมีวิธีการที่คล้ายกับการขยายขนาด คือการสร้างองค์ประกอบโครงสร้างของวัตถุขึ้นมาแล้วนำไปกร่อนตามข้อมูลภาพ โดยจะตรวจสอบตำแหน่งและเทียบกับข้อมูลภาพ หากมีค่าข้อมูลเหมือนกับส่วนองค์ประกอบโครงร่างวัตถุจะทำการกำหนดค่าข้อมูลที่ตรงกับตำแหน่งตรงกับจุดเริ่มต้นขององค์ประกอบโครงร่างวัตถุให้เป็น 1 โดยผลลัพธ์จากการกร่อนวัตถุในภาพจะทำให้วัตถุในภาพมีขนาดเล็กลง แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ผลลัพธ์การทำงานของกร่อนวัตถุในภาพ (Erosion)

## 2.4 การปรับปรุงความคมชัดภายในภาพ (Image Enhance)

การปรับปรุงความคมชัดภายในภาพระดับสีเทา (Image Enhance) คือกระบวนการปรับรูปค่าระดับสีเทา (Grayscale) มาแปลงเป็นข้อมูลที่ได้อุณหภูมิเหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน เป็นขั้นตอนหนึ่งในการปรับแต่งข้อมูลภาพให้อยู่ในระดับที่ดีขึ้น ซึ่งจะเน้นรายละเอียดที่ต้องการศึกษา โดยทำการปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลให้อยู่ในระดับที่ดีขึ้นก่อนที่จะนำไปทำการวิเคราะห์ เป็นการเพิ่มระดับความต่างระหว่างวัตถุ ทำให้สังเกตเห็นขอบเขตของวัตถุได้ชัดเจนมากขึ้น และในการปรับภาพระดับสีเทา (Grayscale Image) จะเป็นการนำการประมวลผลจากการทำงานของฮิสโตแกรม (Histogram) ซึ่งสังเกตได้จากความถี่ของข้อมูลภาพจากฮิสโตแกรม เป็นการแสดงผลถึงลักษณะความหนาแน่นของค่าข้อมูลที่ติดกันภายในภาพ ในการปรับแต่งความคมชัดของข้อมูลภาพ โดยทำการยืดค่าระดับสีเทาภายในภาพจากเดิมที่มีกลุ่มค่าระดับสีเทาที่อยู่ติดกัน ให้มีการกระจายออกกว้างขึ้น ทำให้ภาพที่ได้มานั้นมีความคมชัดและสว่างมากขึ้น แสดงดังรูปที่ 2.5 ซึ่งเป็นรูปภาพก่อนการปรับปรุงความคมชัด และแสดงถึงกราฟที่มีความถี่ของข้อมูลภาพจากฮิสโตแกรมอยู่ติดกัน ซึ่งเมื่อผ่านขั้นตอนของการปรับปรุงภาพแล้ว จะแสดงผลลัพธ์ของภาพที่มีความสว่างและความคมชัดมากขึ้น กราฟฮิสโตแกรมจะมีการกระจายตัวของข้อมูลยืดออกกว้างขึ้นซึ่งทำให้ภาพที่ได้มามีความคมชัดมากขึ้น โดยเป็นการปรับแต่งขยายความเข้มของระดับความเข้มแสงของข้อมูลภาพให้มีโทนสีอยู่ในระดับที่ต้องการโดยวิธีการ Linear Contrast Stretch ที่เป็นหนึ่งในวิธีที่ใช้ในการปรับระดับค่าสีเทาหรือค่าความสว่างให้มากขึ้น ด้วยการขยายพิสัย (Range) ของระดับค่าสีเทาของข้อมูลเดิมให้มีค่ามากยิ่งขึ้นจนเต็มช่วง

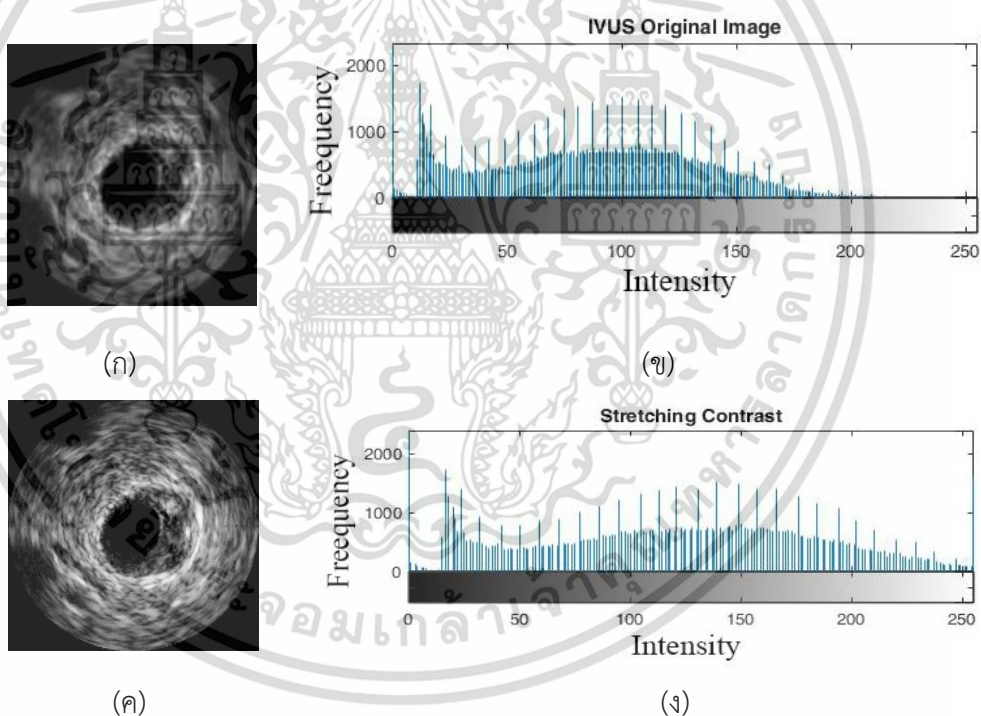
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตั้งแต่ 0-255 โดยใช้ Lookup Table ที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง ได้แก่ วิธี Minimum-Maximum contrast stretch, Standard deviation linear contrast stretch เป็นต้น ดังสมการที่ 2.1 และ 2.2

$$f_s(x, y) = F_{length}(f(x, y)) \quad (2.1)$$

$$F_{length}(a) = \left[ \frac{1}{1 + (\omega/a)^\rho} \right] H \quad (2.2)$$

โดยที่  $f(x, y)$  คือภาพระดับสีเทา  $x$  แทนข้อมูลของแถวทั้งหมดในเมทริกซ์ข้อมูลภาพ ส่วน  $y$  แทนข้อมูลคอลัมน์ทั้งหมดของเมทริกซ์ข้อมูลภาพ  $\omega$  คือค่าเฉลี่ยสูงสุดจากฮิสโตแกรม  $\rho$  คือสัมประสิทธิ์ที่เป็นตัวปรับทิศทางของความมืดหรือสว่าง และ  $H$  คือขอบเขตทั้งหมดของค่าภายในฮิสโตแกรม  $F_{length}(a)$  คือผลลัพธ์ของภาพที่ผ่านกระบวนการดังกล่าว



รูปที่ 2.5 การปรับปรุงความคมชัดภายในภาพ (ก) ภาพที่ยังไม่ได้ทำการปรับปรุง (ข) แสดงถึงผลลัพธ์การปรับปรุงความคมชัดภายในภาพฮิสโตแกรมของภาพที่ยังไม่ได้ทำการปรับปรุง (ค) ภาพที่ผ่านขั้นตอนการปรับปรุงความคมชัดภายในภาพ (ง) ฮิสโตแกรมที่ผ่านขั้นตอนการปรับปรุงความคมชัดภายในภาพ

## 2.5 การจัดกลุ่มข้อมูลภาพ K-means Clustering

การจัดกลุ่ม (Clustering) เป็นวิธีการที่พิจารณาข้อมูลในแต่ละแถวเสมือนเป็นวัตถุ ซึ่งจะมีวิธีการเหมือนกับการจำแนกข้อมูล คือจะทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มโดยจะจัดข้อมูลที่มีความคล้ายกันอยู่ในกลุ่ม (Cluster) เดียวกัน และข้อมูลที่อยู่ต่างกลุ่มกันนั้นจะมีความคล้ายคลึงน้อยที่สุด การวิเคราะห์คลัสเตอร์ในตัวเองไม่ใช่อัลกอริทึมแต่เป็นการทำงานร่วมกันของอัลกอริทึมที่หลากหลาย เพื่อแก้ปัญหาในการทำงาน ขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มจะอาศัยความเหมือน (Similarity) หรือ ความใกล้ชิด (Proximity) โดยจะแบ่งชุดข้อมูล (มักจะเป็นเวกเตอร์) ออกเป็นกลุ่ม (Cluster) นำข้อมูลที่มีคุณลักษณะเหมือนกัน หรือคล้ายกันจัดไว้ในกลุ่มเดียวกัน การวัดระยะแบบต่างๆ จากการคำนวณด้วยการวัดระยะระหว่างเวกเตอร์ของข้อมูลที่เข้ามา โดยการแบ่งกลุ่มข้อมูลนี้อาจเป็นขั้นตอนเบื้องต้นในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อช่วยลดขนาดข้อมูล (แยกออกเป็นหลาย ๆ กลุ่มและคัดเฉพาะกลุ่ม เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อ หรือแยกการวิเคราะห์ออกเป็นสำหรับแต่ละกลุ่ม) ก่อนที่จะเข้าสู่วิธีการต่อไปที่จะไปทำการวิเคราะห์ข้อมูล ขั้นตอนในการแบ่งกลุ่มข้อมูลจะแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลัก ๆ คือ

1. การแบ่งแบบเป็นลำดับขั้น (Hierarchical)
2. การแบ่งแบบตัดเป็นส่วน (Partition)

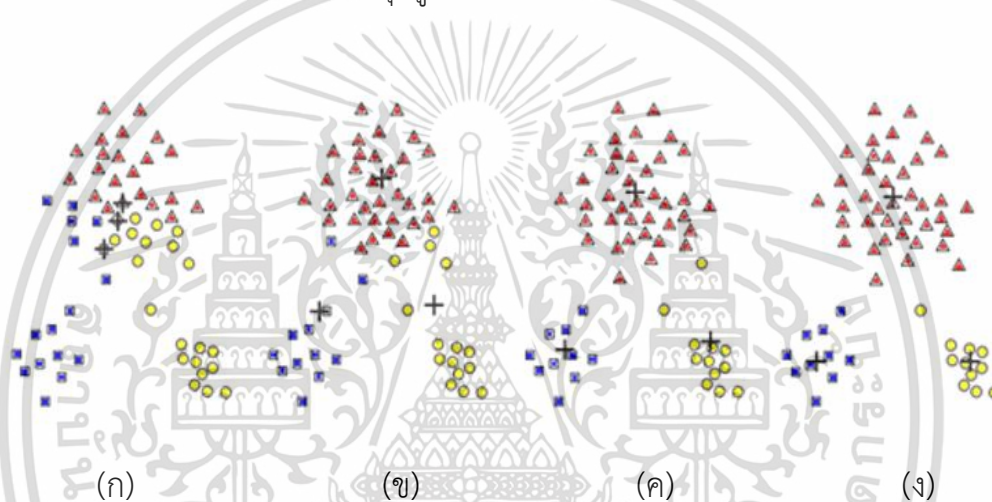
ในการแบ่งแบบลำดับขั้นจะทำการแบ่งกลุ่มย่อยที่ได้ถูกแบ่งไว้ก่อนหน้านี้ซ้ำ ๆ หลายครั้ง ส่วนการแบ่งแบบตัดส่วนนั้น การแบ่งจะทำเพียงครั้งเดียว การแบ่งแบบเป็นลำดับขั้น จะมี 2 ลักษณะคือ แบบล่างขึ้นบน (Bottom-up) หรือ เป็นการแบ่งแบบรวมกลุ่มจากกลุ่มย่อยให้ใหญ่ขึ้นไปเรื่อย ๆ โดยเริ่มจากกลุ่มเล็กสุดคือในแต่ละกลุ่มมีข้อมูลเพียงตัวเดียว และ แบบบนลงล่าง (Top-down) หรือ เป็นการแบ่งข้อมูลแบบกลุ่มจากกลุ่มใหญ่ให้ย่อยไปเรื่อย ๆ โดยเริ่มจากกลุ่มใหญ่ที่สุด คือกลุ่มเดียวมีข้อมูลทุกตัวอยู่ในกลุ่ม

การจัดกลุ่มแบบ K-means Clustering เป็นการจัดกลุ่มด้วยอัลกอริทึม แบบการเรียนรู้โดยไม่มีผู้สอนที่ง่ายที่สุดและมีประสิทธิภาพ โดยอัลกอริทึมของ K-means จะแบ่งแยกวัตถุออกเป็น K กลุ่ม โดยที่จะแทนแต่ละกลุ่มด้วยค่าเฉลี่ยของกลุ่ม ซึ่งใช้เป็นจุดศูนย์กลาง (Centroid) ของกลุ่มในการวัดค่าระยะห่างของข้อมูลในกลุ่มเดียวกัน ในขั้นแรกของการจัดกลุ่มโดยการหาค่าเฉลี่ยแบบเคต้องกำหนดจำนวนกลุ่ม (K) ที่ต้องการ และกำหนดจุดศูนย์กลางเริ่มต้นจำนวน K จุด สิ่งสำคัญในการกำหนดจุดศูนย์กลางเริ่มต้นของแต่ละกลุ่มนี้ ควรจะถูกกำหนดด้วยวิธีที่เหมาะสม เพราะตำแหน่งจุดศูนย์กลางเริ่มต้นที่แตกต่างกันทำให้ได้ผลลัพธ์สุดท้ายแตกต่างกัน ขั้นตอนต่อไปคือสร้างกลุ่มข้อมูลและความสัมพันธ์กับจุดศูนย์กลางที่ใกล้มากที่สุด โดยแต่ละจุดจะถูกกำหนดไปยังจุดศูนย์กลางที่ใกล้เคียงที่สุดจนครบหมดทุกจุด และคำนวณจุดศูนย์กลางใหม่ โดยการหาค่าเฉลี่ยทุกวัตถุที่อยู่ในกลุ่ม หากจุดศูนย์กลางในแต่ละกลุ่มถูกเปลี่ยนตำแหน่ง จะได้จุดมีความสัมพันธ์กับกลุ่มใหม่และใกล้กับจุดศูนย์กลางใหม่ ทำซ้ำแบบนี้ไปเรื่อย ๆ จะสังเกตเห็นว่าผลลัพธ์จากการทำซ้ำแบบนี้ทำให้จุดศูนย์กลางเปลี่ยนตำแหน่งถูกรอบ จนกระทั่งจุดศูนย์กลางจำนวน K จุด ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจึงจะสิ้นสุด

กระบวนการ การทำงานของ K-means นั้นจะมีประสิทธิภาพสูงเมื่อข้อมูลเกาะกลุ่มกันแน่นหนา และแต่ละกลุ่มนั้นแยกกันอย่างชัดเจน โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดกลุ่ม แสดงดังรูปที่ 2.6

อัลกอริทึมการจัดกลุ่มโดย K-means

1. กำหนดจำนวนกลุ่ม K กลุ่ม และกำหนดจุดศูนย์กลางเริ่มต้นจำนวน K จุดหากมีบริเวณตำแหน่งพื้นที่นั้นมีค่าที่มากกว่าบริเวณใกล้เคียง
2. นำวัตถุทั้งหมดจัดเข้ากลุ่มที่มีจุดศูนย์กลางที่อยู่ใกล้วัตถุนั้นมากที่สุด โดยคำนวณจากการวัดระยะห่างระหว่างจุดที่น้อยที่สุด
3. คำนวณจุดศูนย์กลาง K จุดใหม่ โดยหาจากค่าเฉลี่ยทุกวัตถุที่อยู่ในกลุ่ม
4. ทำซ้ำในข้อ 2. จนกระทั่งจุดศูนย์กลางไม่เปลี่ยนแปลง



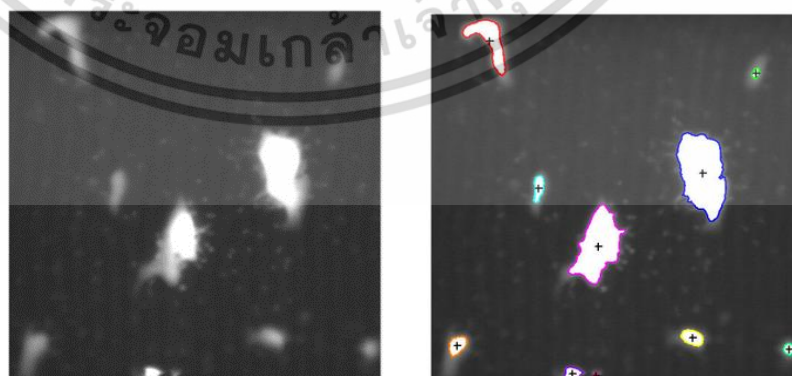
รูปที่ 2.6 การจัดกลุ่มข้อมูลภายในภาพรูป (ก) เป็นการจัดกลุ่มในขั้นตอนแรกโดยที่กำหนดจำนวนกลุ่ม 3 กลุ่ม และกำหนดจุดศูนย์กลางเริ่มต้น ซึ่งใช้สัญลักษณ์ + แทนจุดศูนย์กลางของแต่ละกลุ่มทั้ง 3 กลุ่ม จากนั้นวัตถุจะถูกกำหนดให้เข้ากลุ่มที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ใกล้วัตถุนั้นมากที่สุดแสดงได้ดังรูป (ข) จุดศูนย์กลางมีการเปลี่ยนแปลงและเกิดความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุกับจุดศูนย์กลางใหม่ และจัดวัตถุให้เข้ากลุ่มที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ใกล้กับวัตถุนั้นมากที่สุดดังรูป (ค) ทำซ้ำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งจุดศูนย์กลางไม่เปลี่ยนแปลงจึงจะได้ผลลัพธ์สุดท้ายดังรูป (ง)

## 2.6 Blob Detection

วิธีการ Blob Detection เป็นเทคนิคพื้นฐานในการวิเคราะห์ขอบเขตของภาพ ซึ่งเป็นวิธีการที่มุ่งเน้นในการตรวจหาบริเวณขอบเขตพื้นที่ของภาพที่มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันภายในภาพ เช่น ความสว่าง สี ขนาดวัตถุภายในภาพ หรือความเข้มของพิกเซลภายในภาพที่ต่างกัน การวิเคราะห์กลุ่มของ Pixel ที่เป็นสีขาวดำจะเป็นการแยกกลุ่มของ Pixel ที่แตกต่างกัน ด้วยการคำนวณค้นหาตำแหน่งและขนาดของวัตถุภายในภาพ แล้วทำการสร้าง Blob เพื่อตัดเฉพาะบริเวณที่สนใจ Blob คือ ข้อมูลเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งในภาพ ซึ่งสามารถสื่อได้ถึงบริเวณตำแหน่ง เช่น สี ความเข้มของพิกเซล หรือขอบของแต่ละวัตถุภายในภาพ วิธีการ Blob Detection จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่างๆ ที่เกี่ยวกับภาพได้หลากหลายรวมถึงภาพสีในโหมด RGB, Binary, HSV จะทำให้สามารถเจาะจงเฉพาะวัตถุที่จะทำการตรวจสอบหรือแยกวัตถุที่สนใจออกมาเพื่อทำการวิเคราะห์ได้ โดยองค์ประกอบของวิธีการ Blob Detection อาศัยการคำนวณโดยวิธีการ The Laplasian of Gaussian (LoG) ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการคำนวณที่ใช้กับวิธีการ Blob Detection ที่นำมาใช้ในการหาขอบเขตบริเวณของภาพ เมื่อนำมาใช้แล้วจะทำให้วิธีการของ Blob มีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่เนื่องจากว่าด้วยวิธีการ The Laplasian of Gaussian (LoG) ยังไม่เพียงพอ จึงได้นำวิธีการ Lindeberg's watershed-based grey-level blob detection algorithm เข้ามาช่วยสนับสนุนในการตรวจหาขอบเขตของ Blob ที่เป็นระดับสีเทา จากวิธีการ Watershed analogy ของ Lindeberg ได้พัฒนาอัลกอริทึมมาจากกรณีเรียงลำดับพิกเซล หรือบริเวณพื้นที่ที่มีค่าความเข้มของพิกเซลที่เท่ากันและเชื่อมต่อกัน จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าพิกเซลที่อยู่ใกล้เคียงกันหรือว่าบริเวณที่เชื่อมต่อกัน โดยจะสามารถอธิบายอัลกอริทึมได้ดังนี้

1. หากตำแหน่งใด ๆ บนภาพ ที่บริเวณใกล้เคียงกับตำแหน่งนั้นไม่มีค่าที่มากกว่า พื้นที่นั้นคือค่าสูงสุดที่จะเป็น Blob และกำหนดขอบเขตให้ Blob เริ่มต้นที่ตำแหน่งนั้น
2. หากมีบริเวณตำแหน่งพื้นที่นั้นมีค่าที่มากกว่าบริเวณใกล้เคียง ตำแหน่งนั้นจะเป็นพื้นหลังและไม่ได้เป็นขอบเขตของ Blob
3. หากมีบริเวณตำแหน่งพื้นที่นั้นมีค่าที่มากกว่าบริเวณใกล้เคียงหรือมีค่าไม่เหมือนกัน ตำแหน่งนั้นจะไม่ได้เป็นขอบเขตของ Blob และจะเป็นพื้นหลังของภาพ
4. ตำแหน่งมีค่าที่มากกว่าบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง ซึ่งเป็นส่วนของ Blob ถ้ายังการค้นหาตำแหน่งของ Blob อยู่ ควรจะรวมตำแหน่งนั้นเป็นส่วนของ Blob หรืออีกไม่อย่างนั้น ควรจะกำหนดเป็นพื้นหลังของภาพ



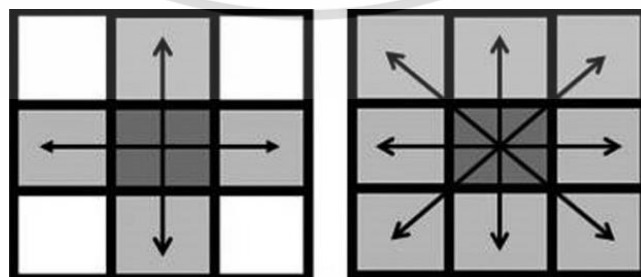
รูปที่ 2.7 ภาพก่อนและหลังการใช้วิธีการ Blob Detection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย Blob Detection เป็นวิธีการหนึ่งของการตรวจจับวัตถุ (Object Detection) ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อต้องการตรวจหาตำแหน่งของวัตถุที่สนใจ ซึ่งจะระบุตำแหน่งและขอบเขตของวัตถุที่สนใจนั้นอยู่ในตำแหน่งไหนภายในภาพ สามารถรับรู้ได้ว่าในรูปภาพที่แสดงอยู่ มีวัตถุอะไรที่สนใจ และบอกตำแหน่งของวัตถุต่าง ๆ เหล่านั้น ว่าบนตำแหน่งไหนของภาพ สามารถจำแนก และตรวจจับวัตถุที่อยู่ในรูป การตรวจจับ มาร์กจุด มาร์กพื้นที่ โดยหลักการ สามารถทำได้หลายวิธี การทำมาร์กพื้นที่ที่นิยมได้แก่ วาดกล่องรอบวัตถุ (Bounding Box) หรือ ถมสีให้ทุก Pixel ของวัตถุนั้น ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 2.7 ที่แสดงเนื้อเยื่อที่อยู่ในของเหลว โดยเนื้อเยื่อจะมีความสว่าง ของเหลวจะมีมืด (พื้นหลัง) และวัตถุเป็นพื้นที่ที่สนใจ ซึ่งทำให้สามารถตรวจจับวัตถุที่สนใจเพื่อแยกออกจากพื้นหลังได้ง่าย ในการประยุกต์ใช้งานสำหรับภาพที่มีดีและความคมชัดที่ไม่ค่อยดีมากนัก สามารถทำได้ด้วยการ Pre-process ภาพก่อนหรือวิธีการอื่น ๆ ที่ใช้ในการจัดกลุ่มพิกเซลของภาพก่อนจะทำการใช้วิธีการ Blob Detection

## 2.7 การกำหนดหมายเลขให้ส่วนที่เชื่อมกัน (Connected-Component Analysis)

การกำหนดหมายเลขให้ส่วนที่เชื่อมกัน (Connected-Component Analysis) เป็นกระบวนการทำงานในด้านการประมวลผลรูปภาพ โดยใช้ในการค้นหาพิกเซลที่เชื่อมต่อกันและใช้ในการวิเคราะห์ส่วนประกอบหรือบริเวณที่มีการเชื่อมติดกันและใช้ในการแยกบริเวณต่าง ๆ ออกจากกัน ซึ่งไม่เหมือนกับวิธีตัดแยกโดยวิธีการกำหนดหมายเลขให้ส่วนที่เชื่อมกัน เป็นวิธีที่ใช้ในคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer vision) ใช้เพื่อตรวจบริเวณที่เชื่อมกันของภาพ โดยที่จุดที่อยู่รอบ ๆ จุดที่อยู่ตำแหน่งตรงกลางคือ เพื่อนบ้านมีทั้งแบบจุด 4 จุด เชื่อมกัน และแบบจุด 8 จุด เชื่อมกันโดยเพื่อนบ้านที่เชื่อมกันคือขอบของพิกเซลนั้น การกำหนดหมายเลขนั้นมี 2 แบบคือ แบบจุด 4 จุด เชื่อมกันและแบบจุด 8 จุด เชื่อมกัน โดยข้อแตกต่าง คือ ในแบบจุด 4 จุด การเชื่อมกันจะเลือกจุดที่เชื่อมเฉพาะจุด บน ล่าง ซ้าย ขวา แต่ถ้าเป็นแบบจุด 8 จุด การเชื่อมกันจะรวมทุกจุดที่อยู่รอบ ๆ ตำแหน่งกลางรวมทั้งหมดแสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การกำหนดแบบจุด 4 จุด เชื่อมกันและแบบจุด 8 จุด เชื่อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.8 การหาเซตเปลือกนูน (Convex Hull)

การหาเซตเปลือกนูน (Convex hull) เป็นอัลกอริทึมที่ใช้ในการหาเปลือกนูนของวัตถุต่าง ๆ โดยวิธีการนี้มีความหลากหลายในเชิงเทคนิคทางคณิตศาสตร์และทางคอมพิวเตอร์ ในกระบวนการคำนวณอัลกอริทึม สำหรับการหาค่าเปลือกนูน จำนวนของชุดข้อมูลหรือจุดเปลือกนูนที่ต้องการนั้นจะถูกประเมินในรูปของ  $n$  ( $n$  คือจำนวนอินพุต) และบางครั้งคำนวณจากชุดข้อมูลที่ถูกนำเข้าโดยพิจารณาจากการนำข้อมูลเข้าสู่อัลกอริทึม ชุดของข้อมูลจะมีการเรียงลำดับที่ไม่แน่นอนบนระนาบของคาร์ทีเซียน ซึ่งกระบวนการจะทำการเรียงลำดับของชุดข้อมูลให้มีความกระจายตัวมากที่สุดเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณในการหาจุดข้อมูลที่แยกออกจากกัน โดยผลลัพธ์จากวิธีการหาเซตเปลือกนูน แสดงดังรูป 2.9



รูปที่ 2.9 ผลลัพธ์จากวิธีการหาเซตเปลือกนูน

## 2.9 ชนิดของภาพดิจิทัล (Types of Digital Images)

### 2.9.1 ภาพขาวดำ หรือภาพลักษณะฐานสอง (Binary Images)

แต่ละจุดภาพของภาพขาวดำจะมีสีเป็นสีขาวหรือสีดำเท่านั้น และจากการที่มีสีเพียงสองสี ทำให้การแทนค่าสีของภาพขาวดำใช้พื้นที่แค่เพียงหนึ่งบิตจุดภาพ ซึ่งทำให้ภาพขาวดำใช้พื้นที่ในการบันทึกภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ ภาพที่เหมาะสมกับการเก็บบันทึกเป็นภาพขาวดำได้แก่ภาพข้อความ (ตัวพิมพ์และลายมือ) ภาพลายนิ้วมือ ภาพแปลนสถาปัตยกรรม ตัวอย่างของการบันทึกภาพขาวดำแสดงดังรูปที่ 2.10 ในภาพนี้แสดงให้เห็นภาพขาวดำที่มีขอบเป็นสีขาวส่วนพื้นหลังเป็นสีดำ



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างภาพขาวดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.9.2 ภาพระดับสีเทา (Grayscale Images)

แต่ละจุดภาพจะมีสีเป็นระดับสีเทา ถ้าเป็นภาพ 8-บิต ค่าของสีจะเริ่มจาก 0 (สีดำ) ถึง 255 (สีขาว) ซึ่งหมายความว่าแต่ละจุดภาพจะถูกแทนด้วยค่าที่มีขนาด 8 บิตหรือ 1 ไบต์ ซึ่งเป็นขนาดที่ใช้กันอยู่ทั่วไปสำหรับภาพสเกลสีเทาที่สามารถแทนระดับสีเทาได้ทั้งหมด 256 ระดับ แสดงดังรูปที่ 2.11 แต่จะใช้ขนาดที่มากหรือน้อยกว่านี้ก็ได้อีก โดยปกติจะมีขนาดเป็นเลขยกกำลังของ 2 อย่าง เช่น ภาพทางการแพทย์ หรือภาพพิมพ์ ในบางครั้งค่าของระดับสีเทาอาจถูกทำให้เป็นบรรทัดฐานที่มีช่วงอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ก็ได้เช่นเดียวกัน



รูปที่ 2.11 ตัวอย่างภาพระดับสีเทา

### 2.10 โปรแกรมแมตแล็บ (MATLAB)

แมตแล็บ (อังกฤษ: MATLAB: Matrix Laboratory) เป็นซอฟต์แวร์ในการคำนวณและการเขียนโปรแกรม โปรแกรมหนึ่ง ที่มีความสามารถครอบคลุมตั้งแต่ การพัฒนาอัลกอริทึม การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และทำการจำลองของระบบ การสร้างระบบควบคุม และโดยเฉพาะเรื่อง Image Processing และการสร้างเมตริกซ์ แมตแล็บสามารถทำงานได้ทั้งในลักษณะของการติดต่อโดยตรง คือการเขียนคำสั่งเข้าไปที่ละคำสั่ง เพื่อให้แมตแล็บประมวลผลไปเรื่อย ๆ หรือสามารถที่จะรวบรวม ชุดคำสั่งเหล่านั้นเป็นโปรแกรมก็ได้ ข้อสำคัญอย่างหนึ่งของแมตแล็บก็คือข้อมูลทุกตัวจะถูกเก็บใน ลักษณะของแถวลำดับ คือในแต่ละตัวแปรจะได้รับการแบ่งเป็นส่วนย่อยเล็ก ๆ ขึ้น ซึ่งการใช้ตัวแปรเป็นแถวลำดับ โปรแกรมแมตแล็บนั้นไม่จำเป็นที่จะต้องจองมิติเหมือนกับ การเขียนโปรแกรมในภาษาขั้นต่ำทั่วไป ซึ่งทำให้เราสามารถที่จะแก้ปัญหาของตัวแปรที่อยู่ในลักษณะ ของเมตริกซ์และเวกเตอร์ได้โดยง่าย ซึ่งทำให้เราลดเวลาการทำงานลงได้อย่างมากเมื่อเทียบกับการเขียน โปรแกรมโดยภาษาซีหรือภาษาฟอร์แทรน

## 2.11 เครื่องมือในการวัดประสิทธิภาพ

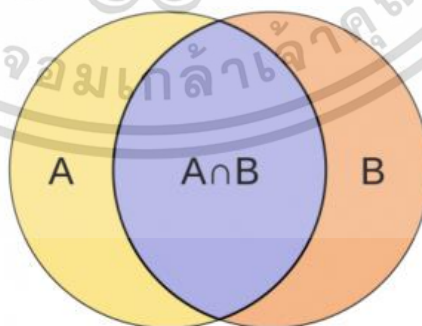
ในขั้นตอนการวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของการจำแนกส่วนภาพ IVUS ที่ได้มานั้น ได้แบ่งวิธีการวัดออกเป็น 2 กลุ่ม คือการวัดขอบเขตความคล้ายคลึงกันระหว่างผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนการวิจัย คือบริเวณขอบทางเดินเลือดและขอบผนังหลอดเลือดเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ความถูกต้องของผู้เชี่ยวชาญที่ได้ทำการจำแนกพื้นที่ไว้บนถ่าย โดยในการเปรียบเทียบนี้นั้นประกอบไปด้วย 3 วิธีการ คือ 1. Jaccard Index 2. Hausdorff Distance 3. Percentage Area Distance จากผลลัพธ์การดำเนินการของงานวิจัย

### 2.11.1 Jaccard Index

Jaccard Index เป็นการวัดสัมประสิทธิ์ความเหมือนหรือความคล้ายคลึงระหว่างวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง วิธีการนี้จะใช้หลักการตรวจสอบความคล้ายคลึงกันของพื้นที่วัตถุ โดยคำนวณได้จากอินเตอร์เซกชันของเซต A กับเซต Bหารด้วยยูเนียนของเซต A กับ เซต B ซึ่งก็คือผลลัพธ์จากงานวิจัยกับผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญการหาค่าความคล้ายคลึงกันนั้น ซึ่งก็คือหากค่า A อินเตอร์เซก B มีค่ามากนั้นก็หมายความว่ามีความคล้ายคลึงกันมากและค่าสูงสุดของ Jaccard ก็คือ 1 ซึ่งจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ A อินเตอร์เซก B มีค่าเท่ากับ A ยูเนียน B แสดงดังรูปที่ 2.12 โดยระยะทางของความแตกต่างที่มีค่าเป็น 0 หมายถึงวัตถุทั้งสองนั้นไม่มีความเหมือนหรือความคล้ายคลึงกันเลยและค่าที่เข้าใกล้ 1 มากที่สุด หมายถึงวัตถุทั้งสองนั้นมีความคล้ายคลึงกันมาก ดังสมการ 2.3

$$JI (A_{auto} , A_{GT}) = \frac{|A_{auto} \cap A_{GT}|}{|A_{auto} \cup A_{GT}|} \quad (2.3)$$

โดย  $A_{auto}$  คือผลลัพธ์จากการดำเนินงานวิจัย,  $A_{GT}$  คือผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญ



รูปที่ 2.12 ภาพการอินเตอร์เซก

### 2.11.2 Hausdorff Distance

การเปรียบเทียบภาพด้วยแฮชทรอปดิสเทนซ์ เป็นการเปรียบเทียบวัตถุ 2 วัตถุ ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเท่าใด ด้วยวิธีการคำนวณระยะทางจากตำแหน่งใด ๆ บนภาพทุก ๆ จุดตำแหน่งขึ้นใหม่ โดยค่าของจุดเหล่านั้นจะบอกถึงระยะห่างของจุดภาพแต่ละจุด โดยนำพื้นที่ภาพผลลัพธ์มาทำการวัดความแตกต่างกับผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญแล้วเลือกระยะทางของความแตกต่างที่มีค่าน้อยที่สุดระหว่างทั้ง 2 วัตถุ โดยผลลัพธ์ที่เข้าค่าใกล้ 0 จะมีความแตกต่างกันน้อยที่สุดหรืออีกความหมายก็คือมีความใกล้เคียงกันมาก ดังสมการ 2.4

$$HD(A_{auto}, A_{GT}) = \max_{a \in A_{auto}} \left\{ \max_{b \in A_{GT}} [d(a, b)] \right\} \quad (2.4)$$

โดย  $A_{auto}$  คือผลลัพธ์จากการดำเนินงานวิจัย,  $A_{GT}$  คือผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญ,  $d$  คือระยะความห่างของวัตถุทั้ง 2

### 2.11.3 Percentage Area Distance

การวัดค่าที่แสดงถึงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างค่าของวัตถุสองวัตถุ ซึ่งเครื่องมือวัดแต่ละชิ้นจะถูกระบุค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่แตกต่างกัน อีกทั้งค่าดังกล่าวนี้ยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์สำหรับการคำนวณหาความถูกต้องของเครื่องมือวัดได้อีกด้วย โดยขั้นตอนการวัดนี้ใช้ค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ระหว่าง 2 วัตถุ เป็นตัวเปรียบเทียบการประมาณของวัตถุที่มีขนาดต่างกัน ซึ่งค่าที่มีความใกล้เคียงกับ 0 จะมีผลลัพธ์ที่มีความแตกต่างกับผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญน้อย หรือมีผลลัพธ์ที่มีความคล้ายคลึงหรือใกล้เคียงกับผู้เชี่ยวชาญ ดังสมการที่ 2.5

$$PAD = \left| \frac{A_{auto} - A_{GT}}{A_{GT}} \right| \times 100 \quad (2.5)$$

โดย  $A_{auto}$  คือผลลัพธ์จากการดำเนินงานวิจัย,  $A_{GT}$  คือผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญ

## 2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Mr. Simone Balocco และคณะ ได้ทำการศึกษาวิธีการในการแยกส่วนภาพถ่ายอัลตราซาวนด์ภายในหลอดเลือดที่บริเวณขอบผนังทางเดินเลือด (Lumen Boundary) และบริเวณขอบผนังหลอดเลือด (Media-Adventitia) แบบอัตโนมัติในงานวิจัยที่ชื่อว่า “Combining Growcut and Temporal Correlation for IVUS Lumen Segmentation” วิธีการที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้คือการลดค่าความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการได้มาของภาพถ่ายอัลตราซาวนด์ภายในหลอดเลือด (Intravascular Ultrasound Image) ในงานวิจัยนี้ได้แก้ปัญหาความคลาดที่มีในภาพโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ค่าระหว่างเฟรมที่เรียกว่าวิธีการ ECG Gating โดยวิธีการนี้จะทำการเลือกภาพในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงเวลาเดียวกันของรอบการทำงานของหัวใจ เพื่อใช้แก้ปัญหาที่เกิดจากหัวใจเต้นไม่เป็นจังหวะส่งผลทำให้ภาพมีความคลาดเคลื่อน ซึ่งจะสามารถลดความคลาดเคลื่อนได้และเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผลภาพอีกด้วย โดยในงานวิจัยนี้ได้แบ่งขั้นตอนออกเป็น 3 ขั้นตอนในการดำเนินงาน ในขั้นตอนแรกจะเป็นกระบวนการวิเคราะห์ค่าระหว่างเฟรมของภาพ IVUS โดยทำการหาค่าจากการที่หัวใจเต้นอย่างคงที่และจะต้องลดค่าความคลาดเคลื่อนในการประมวลผลจากขั้นตอนนี้ ซึ่งในกระบวนการดำเนินงานในขั้นตอนแรกนี้ จะสามารถแบ่งออกได้อีกเป็น 2 ขั้นตอนย่อย ๆ แบ่งออกเป็น 1. การวิเคราะห์ค่า Model-Based Temporal Correlation Analysis 2. การระบุตำแหน่งเพื่อทำการประเมินผลกับภาพ IVUS ส่วนในขั้นตอนที่สอง ภาพที่ได้ผ่านกระบวนการในขั้นตอนแรกมาแล้ว จะเข้านำมาแยกส่วนพื้นที่เพื่อระบุบริเวณขอบผนังทางเดินเลือด (Lumen Boundary) ด้วยวิธีการแยกส่วน Growcut วิธีการนี้จะทำการแบ่งแยกส่วนของภาพโดยใช้ข้อมูลความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และความค่าความเข้มของพิกเซลในภาพ ขั้นตอนที่สามหรือขั้นตอนสุดท้าย ได้ทำสรุปผลการดำเนินงานวิจัยโดยใช้ตัวอย่างของภาพ IVUS ด้วยภาพหลอดเลือดที่แตกต่างกัน 3 แบบ ได้แก่ 1. หลอดเลือดในแบบปกติ 2. หลอดเลือดที่ปรากฏคราบไขมัน 3. หลอดเลือดที่มีการใส่ขดลวด โดยสามารถคำนวณความถูกต้องได้โดยนำภาพผลลัพธ์ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับภาพของแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ 2 คน ในงานวิจัยขั้นนี้สรุปได้ว่าวิธีที่นำเสนอข้างต้นสามารถแยกส่วนผนังหลอดเลือดและทางเดินเลือดได้มีประสิทธิภาพในกรณีที่เป็นหลอดเลือดที่ปรากฏคราบไขมัน

ในงานวิจัยของ Hannah Sofian และคณะ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาระบบสำหรับการแยกส่วนภาพ IVUS บริเวณผนังหลอดเลือด “Segmentation and Detection of Media Adventitia Coronary Artery Boundary in Medical Imaging Intravascular Ultrasound Using Otsu Thresholding” ปัญหาที่พบจากการศึกษาในงานวิจัยนี้คือ คราบไขมันนั้นจะสะสมที่บริเวณขอบของทางเดินหลอดเลือด ซึ่งจะทำให้การแยกส่วนหรือระบุบริเวณพื้นที่ภายในหลอดเลือดเป็นไปได้ยาก โดยในงานวิจัยนี้ได้้นำวิธีการต่าง ๆ มาระบุบริเวณขอบภายในพื้นที่ของภาพถ่ายอัลตราซาวนด์ภายในหลอดเลือด ซึ่งมีขั้นตอนวิธีการดำเนินงานได้ดังต่อไปนี้ ในขั้นตอนแรกได้ใช้วิธีการ Otsu Thresholding ในการทำ Binary image, วิธีการกำหนดพารามิเตอร์ในการทำ Binary image, Empirical Thresholding และ Binary-Morphological Operation ซึ่งภาพที่นำมาใช้ดำเนินงานวิจัยนี้ได้ทำการเลือกมา 10 ตัวอย่าง จากข้อมูล Dataset ชุด B ของ Mr. Simone Balocco ซึ่งวิธีการที่ได้กล่าวมาข้างต้นจะแสดงผลลัพธ์บริเวณของขอบผนังหลอดเลือด และส่วนต่าง ๆ ภายในหลอดเลือด โดยนำภาพที่ได้มานั้นผ่านขั้นตอน Otsu เป็นวิธีการหาค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่มข้อมูลภายในภาพ โดยใช้ค่า  $k$  เป็นค่าที่ใช้ในการแบ่งกลุ่ม โดยเริ่มจาก  $k=0$  จนถึง 255 ซึ่งวิธีการเลือกค่าของวิธีการ Otsu นั้นจะต้องเป็นค่าที่สามารถทำให้ฮิสโตแกรมทั้งสองกลุ่มมีการกระจายตัวน้อยที่สุด และในขั้นตอนต่อมาการหาสัญญาณของวัตถุภายในภาพนั้นเป็นการรวบรวมกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับรูปทรงหรือ สัญฐานวิทยาของวัตถุที่อยู่ในภาพ โดยจะวิเคราะห์วัตถุตามลักษณะรูปทรง ซึ่งจะถูกเข้ารหัสให้อยู่ในรูปของส่วนประกอบที่เป็นโครงสร้างสี่เหลี่ยม และทำการกำหนด

ค่าพารามิเตอร์ให้มีค่าเป็น 3 ในขั้นตอนต่อมา คือ Empirical Thresholding เป็นการหาค่า Threshold ในระดับ Binary โดยทำการสร้างภาพแบบ Binary จากภาพระดับเทา (Grayscale) โดยจะต้องทำการเปลี่ยนค่าในทุก ๆ พิกเซลที่ต่ำกว่าค่า Threshold ให้มีค่าเท่ากับ 0 ทั้งหมด และเปลี่ยนค่าในทุกพิกเซล ที่ค่าสูงกว่า Threshold ให้มีค่าเป็น 1 ทั้งหมด ส่วนขั้นตอนวิธีการเปรียบเทียบผล จะใช้วิธีการเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากการวิจัยนี้กับผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้เครื่องมือการเปรียบเทียบผลระหว่างงานวิจัย คือ Jaccard Index (JI), Hausdoff Distance (HD), Area Error (AE) และ Percentage Area Different (PAD)

Janya Onpans และคณะ งานวิจัยนี้ได้นำเสนอ ระบบในการแยกส่วนผนังหลอดเลือด “Automated Media Segmentation in Intravascular Ultrasound Image using Geometric Principal Component Analysis” จากวิธีการที่ศึกษาปัญหาที่พบคือคราบพลัคที่อยู่ระหว่าง Lumen และ Media adventitia ซึ่งเป็นสาเหตุในการเป็นโรคหลอดเลือดแข็งตัว จากงานวิจัยนี้ได้ นำเสนอวิธีการในการระบุตำแหน่งของคราบพลัค บนภาพ Intravascular Ultrasound (IVUS) โดยทำการแยกส่วนบริเวณ Media-Adventita วิธีการในงานวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนหลัก คือ 1. ขั้นตอนการเตรียมภาพ 2. ขั้นตอนการระบุพื้นที่ที่สนใจที่บริเวณ Media ในขั้นตอนที่ 1 จะแบ่ง ออกเป็น 3 ขั้นตอนวิธีของ morphological โดยใช้แยกพิกเซลที่สนใจ Region of Interest โดยใช้ XOR, Morphological Processing ใช้ Dilate และ Erosion ขั้นตอนถัดไปคือการระบุพื้นที่บริเวณ media โดยการใช้การวิเคราะห์ PCA การประเมินผลใช้การเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากการวิจัยนี้ กับขอบเขตที่ถูกกำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญ (Ground Truth) โดยใช้ค่าการเปรียบเทียบ Jaccard Index(JI), Hausdoff Distance (HD), Area Error (AE) และ Percentage Area Different (PAD)

Matheus Cardoso Moraes และคณะ ได้นำวิธีการปรับปรุงภาพถ่ายในการประมวลการ แบ่งส่วนผลภาพ Intravascular Ultrasound (IVUS) ซึ่งได้ทำการนำเสนอวิธีการในการปรับปรุงภาพ คุณสมบัติภายในภาพถ่ายภายในหลอดเลือดโดยวิธีการ 3D Reconstruction โดยการนำภาพมาทำการสร้างใหม่โดยอาศัยองประกอบเดิมของภาพถ่ายนั้น ๆ ซึ่งอาศัยการวัดเส้นรอบวงของเส้นขอบ พื้นที่ และรัศมี ภายในเพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติภาพ องค์ประกอบและโครงสร้างทางกายวิภาคของหลอดเลือด ที่แพทย์ใช้ในการวินิจฉัย วิเคราะห์และสรุปเกี่ยวกับแผนการรักษา การประเมินปัญหาของโรค จุดประสงค์ในงานวิจัยนี้นั้นคือเพื่อแบ่งส่วน ผนังหลอดเลือด (Media-Adventitia) ออกจากภาพ IVUS โดยในขั้นตอนแรกใช้เทคนิค: Speckle Reducing Anisotropic Diffusion (SRAD) , Wavelet เพื่อลดสิ่งรบกวนภายในภาพ เพื่อให้เกิดความแม่นยำในการดำเนินงานในวิธีถัดไปมากยิ่งขึ้นและใช้การแปลงเวฟเล็ตในการกำหนดเกณฑ์ที่เหมาะสมที่สุดในการตัดสินใจสำหรับลดสิ่งรบกวนในบริเวณต่าง ๆ ในขั้นตอนถัดมานำผลที่ได้ไปทำการสร้างภาพเวอร์ชัน Binary ด้วยวิธีการ Otsu Threshold จากนั้นทำการหาสัญญาณโครงสร้างของส่วนผนังหลอดเลือดภายในด้วยวิธีการทาง

คณิตศาสตร์ Mathematical Morphology และทำการนำผลของส่วนที่ได้มาไปเปรียบเทียบกับผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญ

Pavel Sinha และคณะได้นำเสนอวิธีการในการแยกส่วนทางเดินเลือดและบริเวณผนังหลอดเลือดจากภาพถ่ายอัลตราซาวด์ภายในหลอดเลือด (IVUS Image) ของผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดแดงแข็งตีบตัน โดยได้อาศัยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้หลักการโครงข่ายประสาทเทียม Convolutional Neural Network (CNN) เป็นอีกแนวทางหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ Artificial Intelligence (AI) เป็นแนวคิดที่นำข้อมูลภาพถ่ายระดับสีเทา IVUS Image มาทำการออกแบบร่วมกับระบบโครงข่ายคอมพิวเตอร์ ให้เลียนแบบการทำงานในการคิดวิเคราะห์ของสมองมนุษย์ในการแยกส่วนองค์ประกอบภาพดังกล่าว โดยในงานวิจัยนี้นั้นได้ประยุกต์หลักการดังกล่าวร่วมกับวิธีการแปลงแบบเวฟเล็ต (Wavelet Transformation) เป็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบายโครงสร้างของระบบสัญญาณ ที่ประกอบด้วยสัญญาณเฉพาะหลาย ๆ สัญญาณมารวมกัน ซึ่งจากวิธีการนี้นั้นได้ทำการประยุกต์แปลงชุดข้อมูลองค์ประกอบของระดับค่าพิกเซลภายในภาพถ่าย โดยข้อมูลทั้งหมดจะถูกแปลงโดยใช้การแปลงแบบเวฟเล็ต เพื่อให้ได้ค่าข้อมูลสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตต่าง ๆ ที่ระดับความคมชัดที่ต้องการ อีกทั้งวิธีการดังกล่าวยังช่วยให้ค่าข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์นั้นมีความซับซ้อนน้อยลง จากนั้นทำการจำแนกข้อมูลที่ได้มาในแต่ละส่วนเพื่อทำการกำหนดบริเวณพื้นที่ ๆ สนใจ และทำการกำหนดจุดหักเหในส่วนบริเวณของภาพที่เป็นไปได้ เช่นวงกลมหรือวงรี โดยอาศัยเส้นขอบของผนังหลอดเลือดและขอบผนังหลอดเลือด โดยแต่ละวงกลมหรือวงรีจะทำการถูกเข้ารหัสโดยห้าตัวแปรสำคัญดังต่อไปนี้ รัศมีแกน  $X=2$  รัศมีแกน  $Y=3$  ทิศทางหรือความเอียงของวงรีเป็นเรเดียน ศูนย์กลางของแกน  $X=5$  ศูนย์กลางของแกน  $Y$  และนำชุดข้อมูลที่ได้ไปทำการสอนรู้ในระบบให้แก่ระบบโครงข่ายประสาทเทียม จากนั้นนำผลที่ได้มาไปเปรียบเทียบกับผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญ โดยงานวิจัยนี้นั้นได้ใช้ชุดข้อมูลและผลการวัดประสิทธิภาพจากชุดข้อมูล IVUS-Challenge-2011

Anusorn Wong-od และคณะได้ทำการศึกษาถึงแนวทางและวิธีการในการแยกส่วนภายในภาพถ่ายอัลตราซาวด์ภายในหลอดเลือด (IVUS image) ของผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดแดงแข็งตีบตันที่เกิดจากคราบพลัคเกิดการสะสมอยู่บริเวณผนังหลอดเลือด โดยจุดประสงค์ในงานวิจัยนี้นั้นจะทำการแยกส่วนขอบผนังหลอดเลือดและส่วนขอบทางเดินเลือดออกจากภาพ เนื่องจากในบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ ๆ แพทย์หรือผู้เชี่ยวชาญใช้ในการระบุและวิเคราะห์ปัญหาของโรค โดยในขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งขั้นตอนออกเป็น 5 ขั้นตอน โดยในขั้นตอนแรกทำการปรับคุณสมบัติความสว่างขององค์ประกอบภายในภาพด้วยวิธีการ Image Enhancement ในขั้นตอนที่ 2 นำภาพที่ได้มาทำการวิเคราะห์และจัดกลุ่มข้อมูล Pixel ภายในภาพ ในขั้นตอนที่ 3 นำผลข้อมูลภาพที่ได้มาจากในขั้น 2 ทำการปรับคุณสมบัติองค์ประกอบของสัญญาณภายในภาพด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ (Morphological Mathematic) เพื่อปรับแก้โครงสร้างภายในและทำการนำภาพผลลัพธ์ที่ได้มาทำการ XOR กับภาพที่ได้ทำการ Filling Hole หรือการเติมเต็มพิกเซลให้เต็มทั้งภาพ โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการดังกล่าวจะทำซ้ำ 2 ครั้ง ทำให้ได้มาซึ่งบริเวณที่ต้องการของทั้ง 2 พื้นที่ออกมาคร่าว ๆ จากนั้นในขั้นตอนถัดมาในขั้น 4 ทำการหาตำแหน่งของพิกเซลที่ใหญ่ที่สุดบนภาพและทำการปรับคุณสมบัติเพื่อหาสัญญาณภาพอีกครั้ง ในขั้นตอนสุดท้ายทำการหาโครงร่างของวัตถุที่ได้มาด้วยวิธีการ Convex Hull จากนั้นนำผลที่ได้ทำการแยกส่วนทั้ง 2 ออกมาแล้วก็นำไปเปรียบเทียบกับผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญ

### ตารางที่ 2.1 วิธีการที่นำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

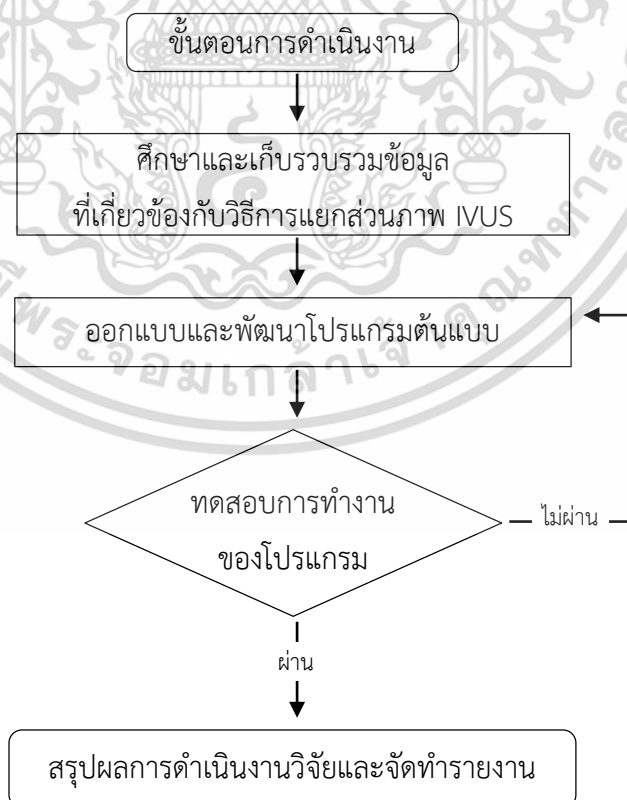
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	วิธีการที่นำมาประยุกต์ใช้
Mr. Simone Balocco และคณะ	วิธีการเปรียบเทียบผลและ Dataset
Hannah Sofian และคณะ	Morphological Operation
Anusorn Wong-od และคณะ	Image Enhance, Clustering Image

จากตารางที่ 2.1 ได้นำวิธีการต่าง ๆ จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มาประยุกต์ใช้โดยได้นำวิธีการเปรียบเทียบผลด้วยวิธี Jaccard index, Hausdorff Distance, Percentage Area Distance และชุดข้อมูลภาพ IVUS มาจากงานวิจัยของ Mr. Simone Balocco และคณะ อีกทั้งยังได้นำวิธีการ Morphological Operation เพื่อใช้ในการดำเนินการทางสัญญาณวิทยาใช้เพื่อปรับคุณสมบัติของภาพและนำวิธีการ (Image Enhance) เพื่อทำการปรับปรุงคุณสมบัติภายในภาพให้คมชัดและหลังจากนั้นจะทำการจัดกลุ่มข้อมูลภายในภาพ (Clustering Image) เพื่อเตรียมแยกส่วนองค์ประกอบภายในภาพ โดยในการดำเนินการวิจัยนี้ได้นำผลลัพธ์จากงานวิจัย มาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของ Hannah Sofian และ Anusorn Wong-od

### บทที่ 3

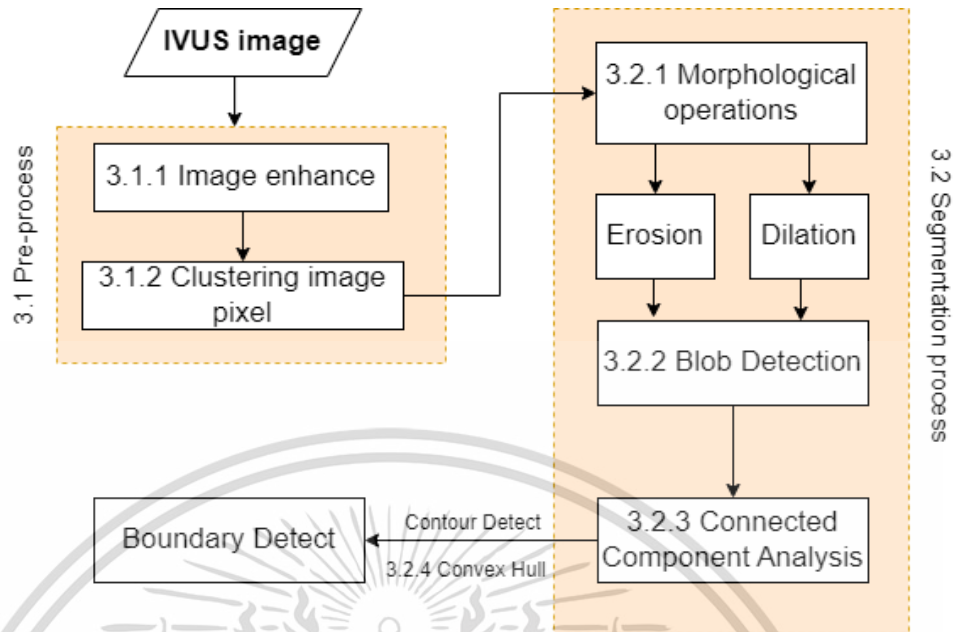
## วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและการพัฒนาระบบต้นแบบสำหรับการแยกส่วนภาพ IVUS บริเวณทางเดินเลือดโดยวิธีอัตโนมัติ โดยมีลำดับขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัยที่ศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูล ในขั้นตอนถัดมาได้ทำการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม เมื่อทำการพัฒนาโปรแกรมแล้วจึงทำการทดสอบโปรแกรมต้นแบบ หากการทดสอบโปรแกรมผ่านแล้วในขั้นตอนสุดท้ายจึงทำการสรุปผลและจัดทำรายงาน โดยขั้นตอนวิธีดำเนินงานวิจัยแสดงดังรูปที่ 3.1 และในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย การศึกษาและทดลองนำเอาเทคนิคด้านการประมวลผลภาพ เข้ามาเพื่อช่วยวิเคราะห์ในการจำแนกองค์ประกอบภาพถ่ายอัลตราซาวด์ภายในหลอดเลือดของผู้ป่วยในส่วนผนังหลอดเลือด ซึ่งการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก และในทุกขั้นตอนมีการทำงานอย่างอัตโนมัติ โดยในขั้นตอนที่ 1 คือกระบวนการปรับปรุงภาพถ่าย (Pre-Process) ประกอบไปด้วยกระบวนการ Image Enhance, Clustering Image และขั้นตอนที่ 2 แยกส่วนองค์ประกอบเพื่อหาพื้นที่ที่สนใจภายในภาพ (Segmentation process) ที่ประกอบไปด้วยกระบวนการ Morphological Operation, Blob Detection, Connected Component Analysis, Convex Hull แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 ลำดับขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย

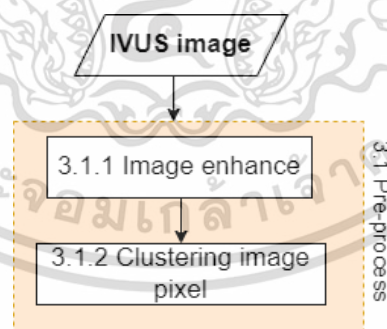
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงขั้นตอนการจำแนกส่วนภาพถ่ายอัลตราซาวนด์

### 3.1 ขั้นตอนการเตรียมภาพก่อนการประมวลผลแยกองค์ประกอบภายในภาพ

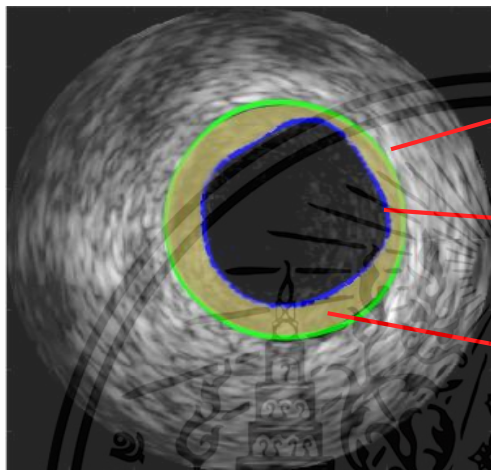
เป็นขั้นตอนการปรับแก้ภาพมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับแก้ความคลาดเคลื่อน ความคมชัดของภาพ ลดสัญญาณที่รบกวน (Noise) และความบิดเบี้ยวเชิงเรขาคณิตที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการถ่ายภาพ โดยมีกระบวนการปรับแก้ 2 กระบวนการที่ต้องกระทำคือ Image Enhance และ Clustering Image Pixel ที่อยู่ในขั้นตอน Pre-Process ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมภาพก่อนการแยกองค์ประกอบภายในภาพ

จากงานวิจัยด้านการประมวลผลภาพอัลตราซาวนด์หลอดเลือดที่ผ่านมา รวมถึงงานวิจัยนี้ ได้ให้ความสนใจในการสกัดเพื่อจำแนกส่วนบริเวณพื้นที่ ๆ สนใจในการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 คือ ส่วนบริเวณหลอดเลือดทางเดินเลือดภายนอก (Media-Adventitia) ส่วนที่ 2 บริเวณหลอดเลือดทางเดินเลือดภายใน (Lumen) แสดงดังรูปที่ 3.4 โดยในงานวิจัยนี้นั้นได้มุ่งเน้นในการแยกส่วนองค์ประกอบภาพบริเวณผนังหลอดเลือดที่พบเจอ และการจำแนกส่วนบริเวณทั้งสองที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ ซึ่งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดได้เห็นใบเซปรีเยชันนี้ การศึกษาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนในการเตรียมภาพก่อนการประมวลผลในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยกัน 2 ขั้นตอน ในวิธีการที่ 1 ทำการปรับปรุงสิ่งรบกวนต่าง ๆ ที่ส่งผลให้เกิดความมืดภายในภาพโดยใช้วิธีการ Image Enhance เพื่อให้ได้มาซึ่งรายละเอียดขององค์ประกอบของจุดภาพให้มีความชัดเจนมากขึ้น ขั้นตอนที่ 2 ทำการจัดกลุ่มองค์ประกอบภาพระดับเทา ซึ่งพิจารณาได้จากระดับค่าความเข้มระดับสีเทาของจุดภาพด้วยวิธี Clustering โดยการทำงานจะทำการจัดกลุ่มค่าองค์ประกอบของค่าสีจุดภาพในระดับต่าง ๆ ตั้งแต่ค่าระดับสีดำ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0 ไปจนค่าสูงสุดระดับสีเทาคือ 255



เส้นสีเขียว คือ ส่วนที่ 1 ส่วนบริเวณขอบผนังหลอดเลือดทางเดินเลือดภายนอก (Media-Adventitia)

เส้นสีน้ำเงิน คือ ส่วนที่ 2 บริเวณขอบผนังหลอดเลือดทางเดินเลือดภายใน (Lumen)

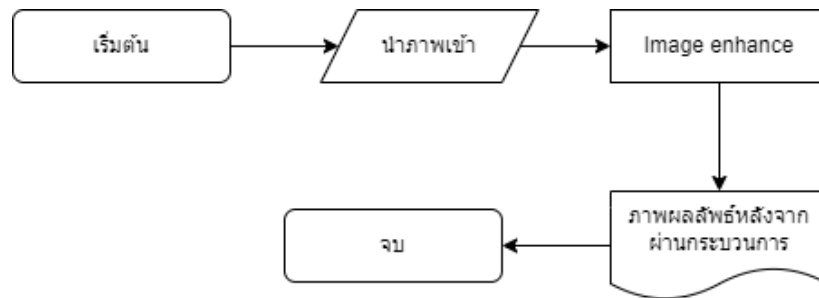
บริเวณพื้นที่สีเหลือง คือ บริเวณที่แพทย์หรือผู้เชี่ยวชาญให้ความสนใจในการ

รูปที่ 3.4 บริเวณพื้นที่ที่สนใจภายในภาพ IVUS ของหลอดเลือด

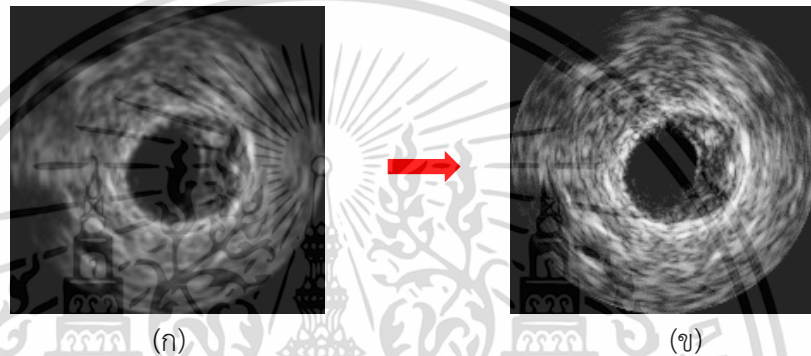
### 3.1.1 ขั้นตอนการปรับปรุงภาพอัลตราซาวด์ภายในหลอดเลือด (Image Enhance)

การปรับปรุงภาพ (Image Enhancement) เป็นกระบวนการในการปรับปรุงภาพให้มีความคมชัดทำให้ภาพชัดเจนขึ้น ลดสิ่งรบกวนต่าง ๆ โดยภาพ IVUS ก่อนที่จะผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณสมบัติภายในภาพ จะมีความคมชัดที่ค่อนข้างต่ำและมีมืด ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพในการแยกส่วนพื้นที่ที่สนใจนั้น มีประสิทธิภาพลดลงทำให้นำไปประมวลผลเพื่อแยกส่วนพื้นที่ที่สนใจได้ยาก จึงได้นำกระบวนการในการปรับปรุงภาพ (Image Enhancement) มาปรับปรุงภาพภาพอัลตราซาวด์ภายในหลอดเลือด โดยอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลจากฮิสโตแกรมจากเดิมที่เกาะกลุ่มกันอยู่ในช่วงค่าที่อยู่ระดับสีเทาแคบ ๆ มายืดขยายให้กระจายออกกว้างขึ้น ทำภาพให้มีความคมชัดและความละเอียดมากขึ้นหลังจากที่ผ่านกระบวนการมาปรับปรุงภาพแล้ว ก่อนที่จะนำไปเข้าสู่กระบวนการต่อไป โดยกระบวนการนี้ทำให้ภาพ IVUS ที่ได้มานั้นสามารถจำแนกแยกแยะวัตถุหรือโครงสร้างได้ดีขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้ในการประมวลผลเพื่อแยกส่วนของพื้นที่ที่สนใจภายในได้ง่าย สามารถอธิบายได้จากแผนภาพขั้นตอนวิธีการปรับปรุงภาพ โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 3.5 และผลลัพธ์จากการผ่านกระบวนการปรับปรุงภาพอัลตราซาวด์ภายในหลอดเลือด โดยภาพก่อนทำการปรับปรุงจะมืดและมีความคมชัดที่ต่ำ ซึ่งหลังจากได้ทำการปรับปรุงภาพแล้ว ภาพจะมีความสว่างและคมชัดมากขึ้น แสดงดังรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินงานขั้นตอนวิธีการปรับปรุงภาพ

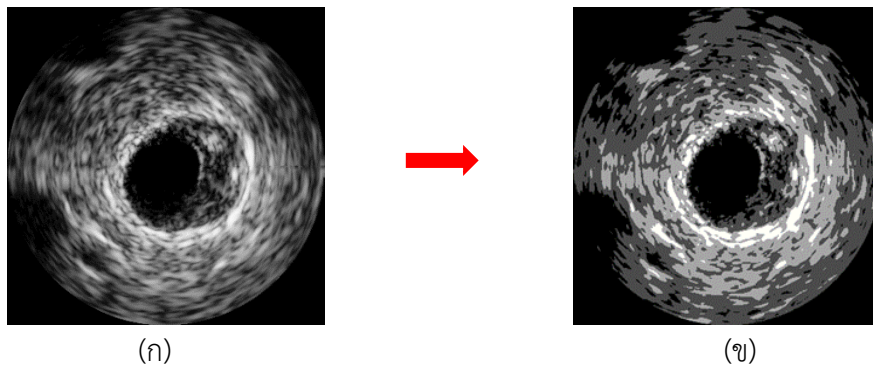


รูปที่ 3.6 ภาพก่อนและหลังการปรับปรุงภาพภายในหลอดเลือด (ก) ภาพก่อนการปรับปรุงภาพอัลตราซาวด์ภายในหลอดเลือด (Image Enhance) (ข) ภาพหลังจากการปรับปรุงภาพอัลตราซาวด์ภายในหลอดเลือด (Image Enhance)

### 3.1.2 ขั้นตอนการจัดกลุ่มข้อมูลในภาพ (Clustering)

การจัดกลุ่มข้อมูลในภาพอัลตราซาวด์ภายในหลอดเลือด (IVUS Image) เป็นขั้นตอนการจัดกลุ่มเพื่อหาค่าประกอบของค่าพิกเซลต่าง ๆ ภายในภาพ เช่น ส่วนบริเวณทางเดินเลือด บริเวณที่เกิดคราบพลัค บริเวณผนังหลอดเลือด และบริเวณที่เกิดเงาที่บดบังจากวัตถุ ซึ่งภายหลังจากขั้นตอนการนำภาพอัลตราซาวด์ภายในหลอดเลือดมาทำการปรับปรุงคุณสมบัติของจุดภาพภายใน จึงนำภาพผลลัพธ์ดังกล่าวที่ได้มาทำการจัดกลุ่มข้อมูลของจุดภาพ โดยในขั้นตอนการดำเนินงานนั้นในแต่ละส่วนภายในภาพอัลตราซาวด์ภายในหลอดเลือดมีค่าความเข้มของจุดภาพค่อนข้างหลากหลาย จึงได้นำวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลมาทำการจำแนกกลุ่มข้อมูลในภาพ ซึ่งจากวิธีในการจัดกลุ่มส่งผลทำให้ขั้นตอนในการจำแนกแยกส่วนแม่นยำมากขึ้น ขั้นตอนวิธีสามารถอธิบายได้ตามลำดับ โดยขั้นตอนแรกเริ่มจากการแบ่งกลุ่มข้อมูลภายในภาพออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มแรกกำหนดช่วงข้อมูลเป็น 0 ให้เป็นกลุ่มที่ 1  $k_1$  กลุ่มต่อมากำหนดที่ช่วง 1-30 ให้เป็นกลุ่มที่ 2  $k_2$  ช่วงที่ 31-100 ให้เป็นกลุ่มที่ 3  $k_3$  ช่วงที่ 100 ขึ้นไปให้เป็นกลุ่มที่ 4  $k_4$  โดยผลลัพธ์จากวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลในภาพ แสดงดังรูปที่ 3.7

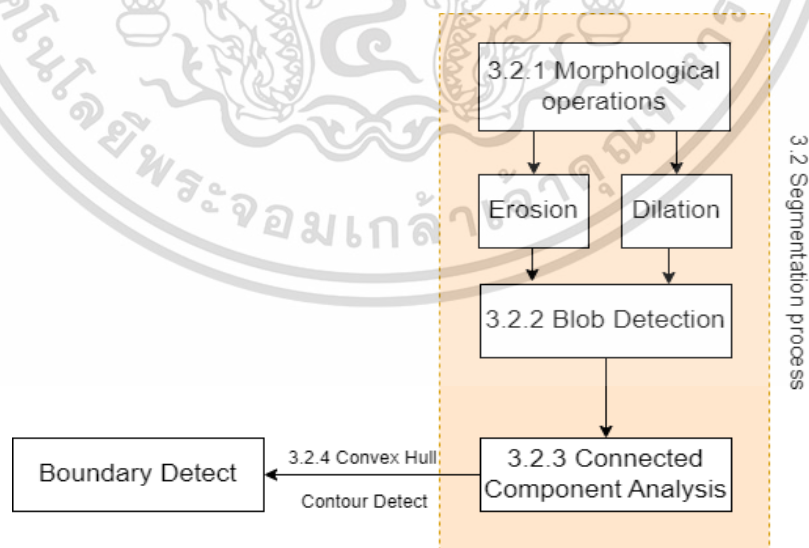
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 ภาพก่อนและหลังของการจัดกลุ่มข้อมูลในภาพ (ก) ภาพก่อนเข้าสู่ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลในภาพ (ข) ภาพผลลัพธ์หลังจากผ่านการจัดกลุ่มข้อมูลในภาพ

### 3.2 การแยกส่วนขอบทางเดินเลือดและขอบผนังหลอดเลือดจากภาพอัลตราซาวนด์ภายในหลอดเลือด (Segmentation)

ในขั้นตอนการแยกส่วนขอบทางเดินเลือดและขอบผนังหลอดเลือดจากภาพอัลตราซาวนด์ภายในหลอดเลือด เป็นกระบวนการแยกส่วนภาพของบริเวณพื้นที่ที่สนใจออกมา โดยในขั้นตอนการดำเนินงานจะทำการนำภาพขาวดำ (Binary Image) ที่ผ่านการปรับคุณสมบัติความคมชัดภายในแล้วนั้น ในขั้นตอนการดำเนินการขั้นตอนถัดมา คือทำการแยกส่วนเพื่อสกัดเอาพื้นที่ ๆ สนใจ ซึ่งในขั้นตอนการแยกส่วนจะใช้วิธีการหาจุดเส้นคอนทัวร์เพื่อหาโครงสร้างของขอบผนังหลอดเลือดและขอบทางเดินเลือด โดยขั้นตอนในการแยกส่วนนั้นจะประกอบไปด้วย 4 วิธีการ คือ Morphological Operations, Blob Detection, Connected Component Analysis, Convex Hull ดังรูปที่ 3.8

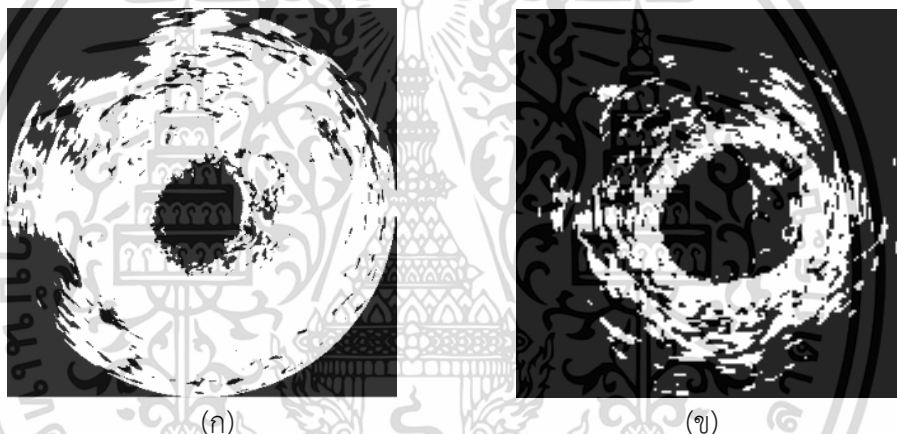


รูปที่ 3.8 แผนภาพแสดงขั้นตอนการแยกองค์ประกอบภายในภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.1 การปรับปรุงภาพอาศัยวิธีการพื้นฐานในการหาเส้นฐานหรือโครงร่างของวัตถุ (Morphological Operation)

วิธีการปรับปรุงภาพในการหาเส้นฐานหรือโครงร่างของวัตถุได้เข้ามาช่วยในการปรับแต่งองค์ประกอบส่วนภาพ โดยในขั้นตอนการแยกส่วนขอบทางเดินเลือดจะทำการนำพื้นที่ ๆ ได้ทำการกำหนดขอบเขตไว้เข้าสู่กระบวนการขยายภาพ (Dilation) เพื่อขยายองค์ประกอบภายในของภาพเพื่อเตรียมภาพเพื่อให้ได้บริเวณของขอบผนังหลอดเลือด (Media-Adventitia Boundary) และในขั้นตอนก่อนการแยกส่วนจะนำภาพเดิมเข้าสู่ขั้นตอนการกร่อนภาพ (Erosion) เพื่อทำการกร่อนองค์ประกอบภายในบางส่วนออกไปเพื่อเตรียมภาพเพื่อให้ได้บริเวณของขอบผนังทางเดินเลือด (Lumen Boundary) ซึ่งหลังจากที่ได้นำภาพผ่านกระบวนการดำเนินงานทั้งกระบวนการขยายภาพและกระบวนการกร่อนภาพ จะทำให้ได้มาซึ่งภาพผลลัพธ์ออกมา 2 ภาพ แสดงดังรูปที่ 3.9 จากนั้นจึงทำการนำภาพดังกล่าวทั้ง 2 เข้าสู่ขั้นตอนการแยกส่วนหาขอบหรือโครงร่าง



รูปที่ 3.9 ภาพผลลัพธ์จากวิธีการ Morphological Operation (ก) ผลลัพธ์ของบริเวณขอบผนังทางเดินเลือด หลังจากผ่านวิธีการปรับปรุงภาพอาศัยวิธีการพื้นฐานในการหาเส้นฐานหรือโครงร่างของวัตถุ (ข) ผลลัพธ์ของบริเวณขอบผนังหลอดเลือด หลังจากผ่านวิธีการปรับปรุงภาพอาศัยวิธีการพื้นฐานในการหาเส้นฐานหรือโครงร่างของวัตถุ

### 3.2.2 ขั้นตอน Blob Detection

หลังจากปรับปรุงความคมชัดภายในภาพและจัดกลุ่มภาพระดับสีเทาแล้วนั้น ในการดำเนินงานขั้นตอนถัดไป ทำการนำภาพที่ได้จากกระบวนการจัดกลุ่มโดยแปลงผลลัพธ์ของรูปภาพให้อยู่ในรูปแบบของภาพไบนารี โดยนำรูปภาพดังกล่าวไปทำการวิเคราะห์ห่องค์ประกอบภายในภาพ เพื่อหาพื้นที่ขอบเขตของบริเวณขอบผนังหลอดเลือด (MA : Media-Adventitia Boundary) และขอบเขตบริเวณขอบผนังทางเดินเลือด (LM : Lumen Boundary) โดยจะทำให้ได้มาซึ่งบริเวณทั้ง 2 ส่วนดังกล่าวซึ่งเป็นบริเวณที่สนใจ วิธีการนี้จะทำการแปลงภาพจากรูปแบบภาพระดับสีเทา ให้เป็นภาพที่มีค่าเป็น 0 และ 1 หรือเรียกว่าการทำภาพให้อยู่ในรูปแบบขาวดำ โดยในขั้นตอนนี้ให้นำภาพเข้าสู่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการ Blob Detection ซึ่งจะทำการหาขอบเขตของพื้นที่ที่สนใจเพื่อที่จะแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการในการหาขอบเขตแล้ว จะทำการหาคุณสมบัติภายในภาพ แสดงดังรูปที่ 3.10 (ข), 3.10 (ค) และ 3.10 (ง) จะเห็นได้ว่าในพื้นที่สีดำตรงกลางภาพ ค่าพิกเซลเป็น 0 เมื่อใช้การวิเคราะห์ Blob เพื่อค้นหาตำแหน่งพิกเซลสีดำ โดยในขั้นตอนการดำเนินงานจะทำการวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบของค่าพิกเซลสีดำ โดยทำการค้นหาพิกเซลสีดำจากซ้ายไปขวา จากบนลงล่างของบริเวณทั้งหมดภายในภาพ โดยผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการนี้นั้น จะทำให้ได้มาซึ่งบริเวณพื้นที่ที่สนใจภายในภาพซึ่ง เมื่อพบค่าพิกเซลสีดำบริเวณพื้นที่ที่สนใจ จะทำการระบุตำแหน่งของค่าพิกเซลสีดำนั้นไว้และใส่ค่าที่ตำแหน่งนั้นเป็น 1 ในทางกลับกันเมื่อพบค่าพิกเซลสีขาวบริเวณพื้นที่ที่สนใจ จะทำการระบุค่าที่ตำแหน่งนั้นเป็น 0

$$f(x,y) = \begin{cases} [x_i, y_j] \Rightarrow x_i, y_j > 0, = 1 \\ 0 \text{ otherwise} \end{cases} \quad (3.1)$$

$$\mu_x^x = \frac{1}{N} [\sum_{i=1}^n x_i], \mu_y^y = \frac{1}{N} [\sum_{j=1}^n y_j] \quad (3.2)$$

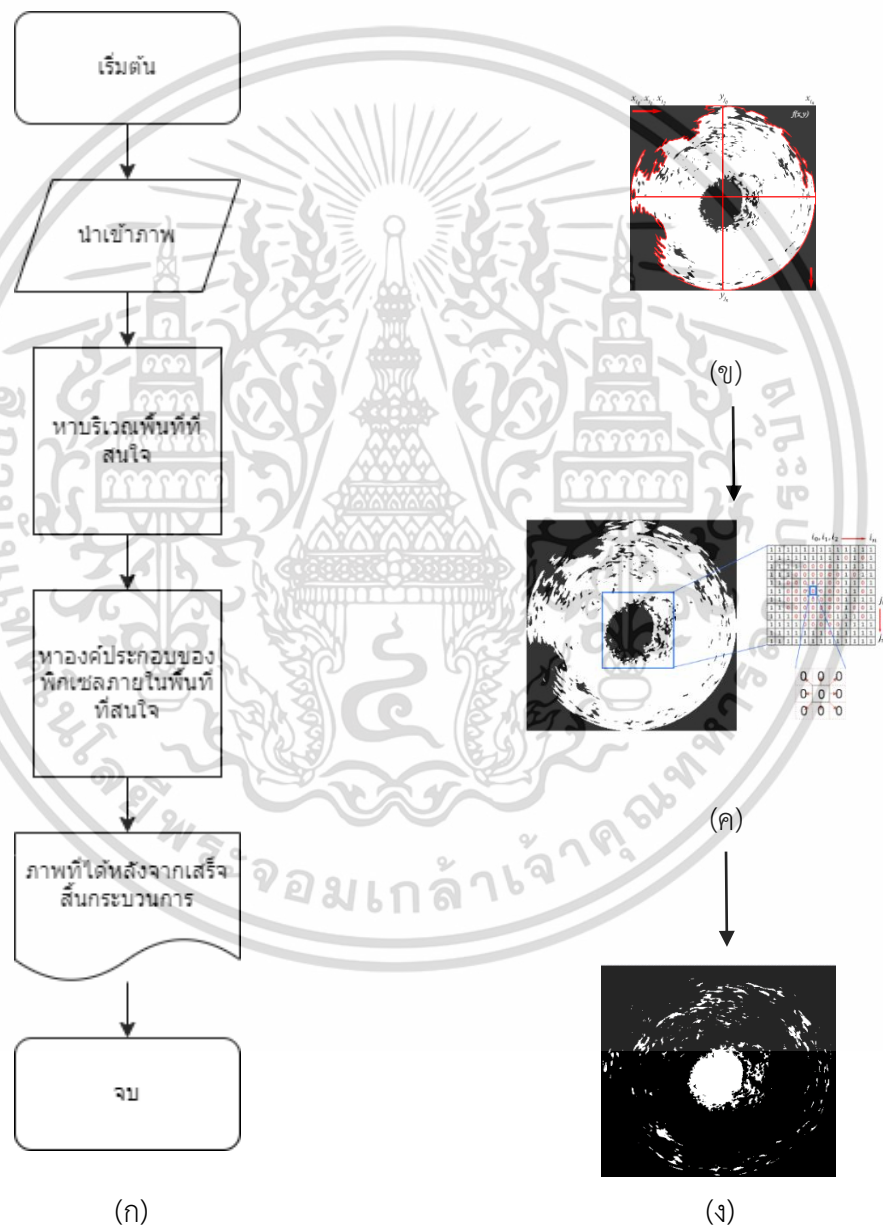
จากสมการที่ 3.1 และ 3.2 ให้  $N$  เป็นจำนวนของพิกเซลทั้งหมดที่อยู่ภายในภาพ และให้  $x_i, y_j$  เป็นตำแหน่งภายในของพิกเซล  $N$  นั้น ๆ  $\mu_x^x, \mu_y^y$  เป็นตัวเก็บตำแหน่งพิกเซล โดยสมการดังกล่าวอธิบายได้ด้วยอัลกอริทึมด้านล่างดังต่อไปนี้

### ตารางที่ 3.1 อัลกอริทึมโปรแกรม Blob Detect

อัลกอริทึมโปรแกรม Blob Detect	
Input	ใส่ภาพไบนารีหลังจากจัดกลุ่มค่าพิกเซลแล้ว $f(x,y)$
Compute	หาพิกเซลสีขาวเพื่อที่จะระบุขอบเขตบริเวณที่สนใจ $\Sigma = [x_i, y_j]$
Looping $x_i, y_j$	<p>แถว <math>x_i = 0</math> จนถึงความยาวของภาพ <math>\mu_x^x = \frac{1}{N} [\sum_{i=1}^n x_i]</math></p> <p>คอลัมน์ <math>y_j = 0</math> จนถึงความสูงของภาพ <math>\mu_y^y = \frac{1}{N} [\sum_{j=1}^n y_j]</math></p> <p>If (ค่าพิกเซล == 1) ให้ระบุตำแหน่งที่ <math>x_i, y_j</math> และใส่ค่าเป็น 0</p> <p>Else ระบุตำแหน่ง <math>x_i, y_j</math> และใส่ค่าเป็น 1</p>
Return	ผลลัพธ์จากการแยกส่วนภาพภาพโดยใช้ Blob Detect $f(x,y)$

จากตารางที่ 3.1 ในขั้นตอนแรกจะนำภาพเข้าสู่กระบวนการของ Blob Detect  $f(x,y)$  หลังจากนั้นทำการหาพิกเซลสีขาวทั้งหมด เพื่อที่จะระบุขอบเขตของพื้นที่ที่สนใจซึ่งจะทำการแยกเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบให้บริษัทที่ปรึกษาในพม่า การแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออยู่ภายใต้เงื่อนไขด้านการศึกษาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุออกจากพื้นหลัง  $\Sigma = [x_i, y_j]$  ขั้นตอนถัดไปทำการสแกนหาค่าพิกเซลทั้งหมดในพื้นที่ที่สนใจ โดยเริ่มจากแถว  $x_i$  ที่ 0 ไปจนถึงความยาวของภาพ และคอลัมน์  $y_j$  ที่ 0 ไปจนถึงความสูงของภาพ ถ้าค่าพิกเซลที่สแกนหามีค่าเป็น 1 ให้ทำการระบุตำแหน่งไว้  $x_i, y_j$  และใส่ค่าเป็น 0 ในทางกลับกัน หากสแกนพบค่าพิกเซลมีค่าเป็น 0 ให้ใส่ค่าเป็น 1 สุดท้ายแล้วจะได้ผลลัพธ์ในการแยกส่วนภาพจากวิธีการ Blob Detect ออกมา  $f(x,y)$  โดยขั้นตอนจะเริ่มต้นจากการนำภาพเข้าสู่กระบวนการ หลังจากนั้นทำการหาบริเวณพื้นที่ที่สนใจโดยการดึงวัตถุภายในภาพออกจากพื้นหลังโดยทำการหาองค์ประกอบของพิกเซลภายในพื้นที่ที่สนใจ ซึ่งจะได้วัตถุที่สนใจออกมา แสดงดังรูปที่ 3.10 (ก)



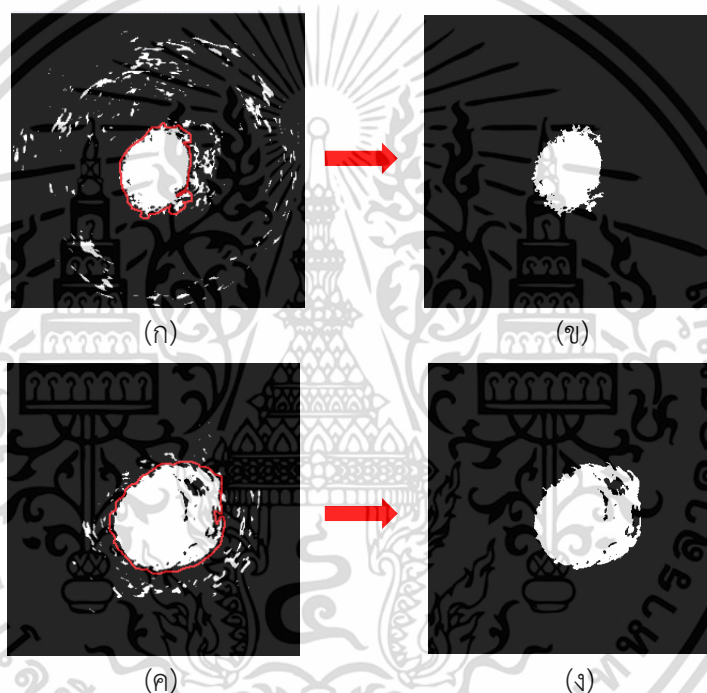
รูปที่ 3.10 ขั้นตอนและวิธีการของ Blob Detection (ก) แผนภาพแสดงการทำงานวิธีการของ Blob Detection (ข) ภาพแสดงวิธีการหาขอบเขตบริเวณพื้นที่ที่สนใจ (ค) ภาพแสดงการหาองค์ประกอบของพิกเซลภายในพื้นที่ที่สนใจ (ง) ภาพผลลัพธ์ที่ได้หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการ Blob Detection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.3 ขั้นตอนการหาจุดที่เชื่อมต่อกันมากที่สุด (Connected Component Analysis)

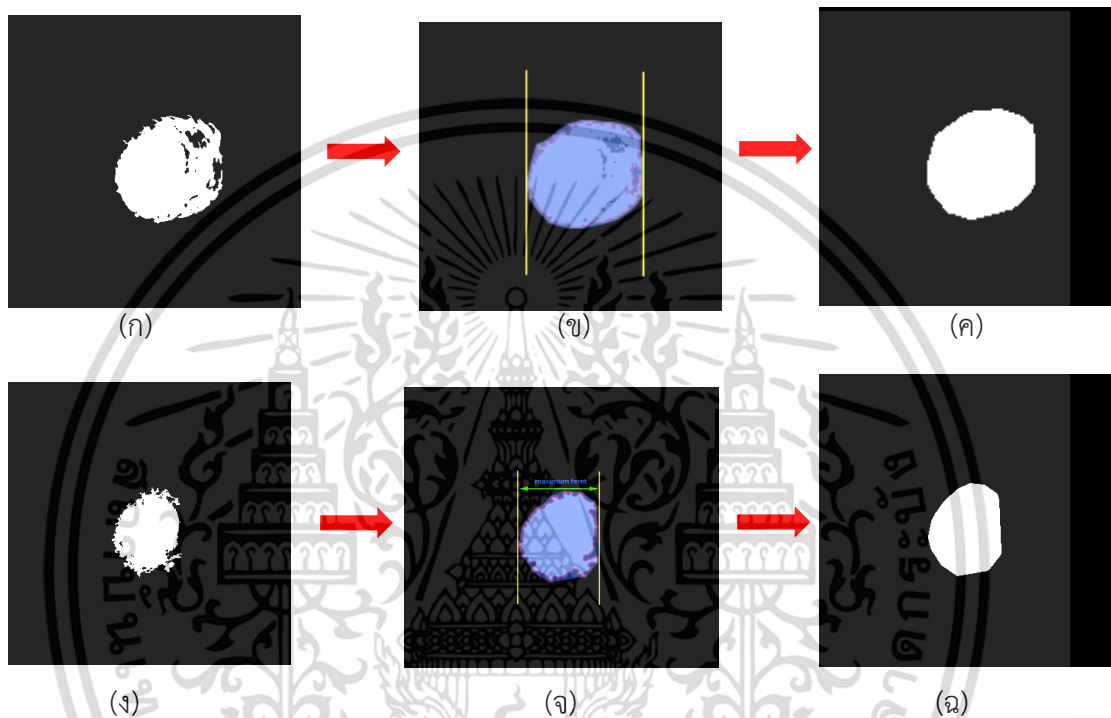
ในขั้นตอนกระบวนการดำเนินงานนี้ หลังจากทำการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ Blob Detection จะทำให้ได้มาซึ่งบริเวณพื้นที่ที่สนใจที่ตัดออกจากพื้นหลัง อย่างไรก็ตามผลลัพธ์จากวิธีก่อนหน้านี้ที่ผลลัพธ์ที่ได้มานั้นยังไม่สมบูรณ์ เนื่องจากยังมีวัตถุบางส่วนภายในภาพที่ไม่ต้องการอยู่ จึงได้นำเทคนิค Connected Component Analysis มาใช้เพื่อทำการวิเคราะห์ในการค้นหาบริเวณกลุ่มของพิกเซลที่ซึ่งมีการเชื่อมต่อกันมากที่สุด ทำให้ได้มาซึ่งขอบเขตของบริเวณขอบผนังหลอดเลือด (MA : Media-Adventitia Boundary) และขอบเขตบริเวณขอบผนังทางเดินเลือด (LM : Lumen Boundary) แสดงดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ภาพที่แสดงวัตถุที่มีพิกเซลเชื่อมต่อกันมากที่สุด (ก) ขั้นตอนวิธีการของ Connected Component Analysis ที่ใช้ในการค้นหาบริเวณกลุ่มของพิกเซลที่เชื่อมต่อกันมากที่สุดในส่วนขอบเขตบริเวณขอบผนังทางเดินเลือด (Lumen Boundary) คือส่วนที่เส้นสีแดงล้อมรอบ (ข) ผลลัพธ์ของบริเวณขอบผนังทางเดินเลือดที่ได้จากวิธีการ Connected Component Analysis (ค) ขั้นตอนวิธีการของ Connected Component Analysis ที่ใช้ในการค้นหาบริเวณกลุ่มของพิกเซลที่เชื่อมต่อกันมากที่สุดในส่วนขอบเขตบริเวณขอบผนังหลอดเลือด (Media-Adventitia Boundary) คือส่วนที่เส้นสีแดงล้อมรอบ (ง) ผลลัพธ์ของบริเวณขอบผนังหลอดเลือดที่ได้จากวิธีการ Connected Component Analysis

### 3.2.4 ขั้นตอนการหาเซตเปลือกนูน (Convex Hull)

ในขั้นตอนการดำเนินงานนี้นั้นซึ่งหลังจากในขั้นตอนการหาจุดที่เชื่อมต่อกันมากที่สุดแล้วนั้น จะได้มาซึ่งบริเวณที่สนใจทั้ง 2 ส่วน คือบริเวณขอบผนังหลอดเลือดและบริเวณขอบทางเดินหลอดเลือด จะเห็นได้ว่าบริเวณดังกล่าวยังเป็นรูปทรงที่ไม่เรียบเนียน จึงใช้การหาเซตเปลือกนูน (Convex Hull) ในขั้นตอนนี้และได้ผลลัพธ์ แสดงดังรูป 3.12



รูปที่ 3.12 ขั้นตอนและวิธีการหาเซตเปลือกนูน (ก) ภาพของผลลัพธ์ของขอบเขตบริเวณขอบผนังหลอดเลือด (Media-Adventitia Boundary) (ข) ภาพวิธีการหาเซตเปลือกนูน (Convex Hull) ของขอบเขตบริเวณขอบผนังหลอดเลือด (Media-Adventitia Boundary) (ค) ภาพผลลัพธ์หลังจากขั้นตอนการหาเซตเปลือกนูน (Convex Hull) ของขอบเขตบริเวณขอบผนังหลอดเลือด (Media-Adventitia Boundary) (ง) ภาพของผลลัพธ์ของขอบเขตบริเวณขอบผนังทางเดินเลือด (Lumen Boundary) (จ) ภาพวิธีการหาเซตเปลือกนูน (Convex Hull) ของขอบผนังทางเดินเลือด (Lumen Boundary) (ฉ) ภาพผลลัพธ์หลังจากขั้นตอนการหาเซตเปลือกนูน (Convex Hull) ของขอบผนังทางเดินเลือด (Lumen Boundary)

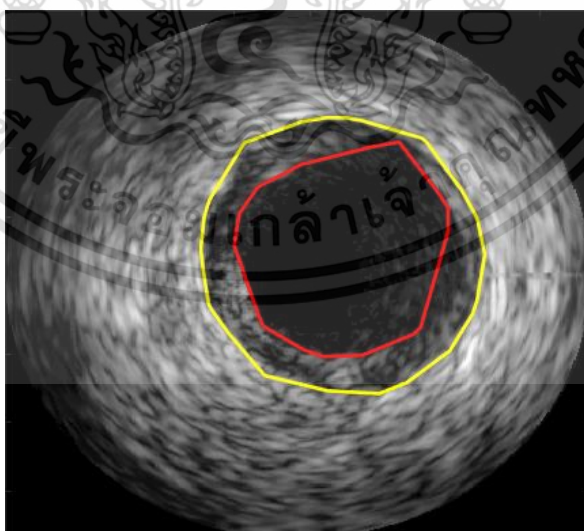
## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาระบบต้นแบบสำหรับการแยกส่วนภาพ IVUS บริเวณทางเดินเลือดโดยวิธีอัตโนมัติ ซึ่งจากผลการทดลองในการจำแนกแยกส่วนส่วนภาพถ่ายอัลตราซาวนด์ภายในหลอดเลือด ได้ผ่านขั้นตอนการเตรียมภาพและขั้นตอนการแยกส่วนบริเวณภายในภาพที่แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือบริเวณขอบทางเดินเลือด (Lumen Boundary) และขอบผนังหลอดเลือด (Media-Adventitia Boundary) โดยมีผลการวิจัยและการอภิปรายผลดังนี้

#### 4.1 ผลลัพธ์ในการดำเนินงานวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัยโดยวิธีการที่ได้ดำเนินการที่กล่าวมาเพื่อการแยกส่วนภาพถ่ายอัลตราซาวนด์ภายในหลอดเลือด ทำให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ของบริเวณพื้นที่ ๆ ต้องการโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ขอบเขตของบริเวณขอบผนังหลอดเลือด (Media-Adventitia Boundary) และขอบเขตบริเวณขอบผนังทางเดินเลือด (Lumen Boundary) ซึ่งเมื่อได้ผลลัพธ์ทั้ง 2 ส่วนแล้วจึงได้ทำการนำผลการแยกส่วนที่ได้มา ไปทำการระบุบริเวณพื้นที่ลงบนภาพ โดยเส้นวงสีแดงคือบริเวณขอบทางเดินเลือด และวงเส้นสีเหลืองคือบริเวณขอบของผนังหลอดเลือด ซึ่งผลลัพธ์ทั้ง 2 ส่วนนี้นั้น คือพื้นที่ ๆ แพทย์หรือผู้เชี่ยวชาญใช้ในการวินิจฉัยปัญหาของโรค แสดงดังรูปที่ 4.1 และผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยในขั้นตอนต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.1



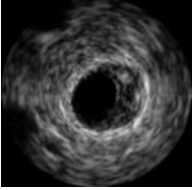
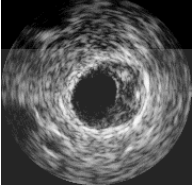
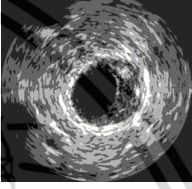

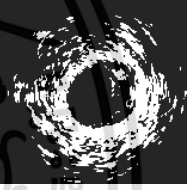
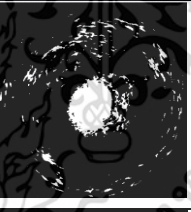
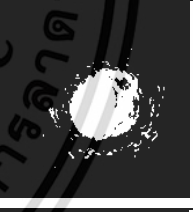
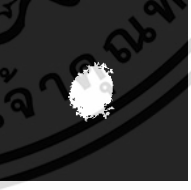
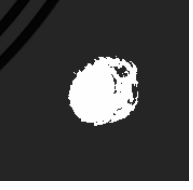
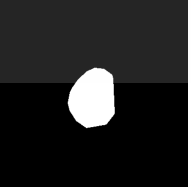

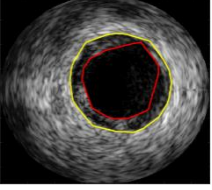
**รูปที่ 4.1** ภาพผลลัพธ์จากการดำเนินงานวิจัย โดยเส้นสีแดงคือขอบเขตบริเวณขอบผนังทางเดินเลือด เส้นสีเหลืองคือบริเวณขอบผนังหลอดเลือด ซึ่งระหว่างเส้นสีแดงและเส้นสีเหลืองเป็นบริเวณพื้นที่ที่

สนใจที่ผู้เชี่ยวชาญใช้ในการวินิจฉัยโรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

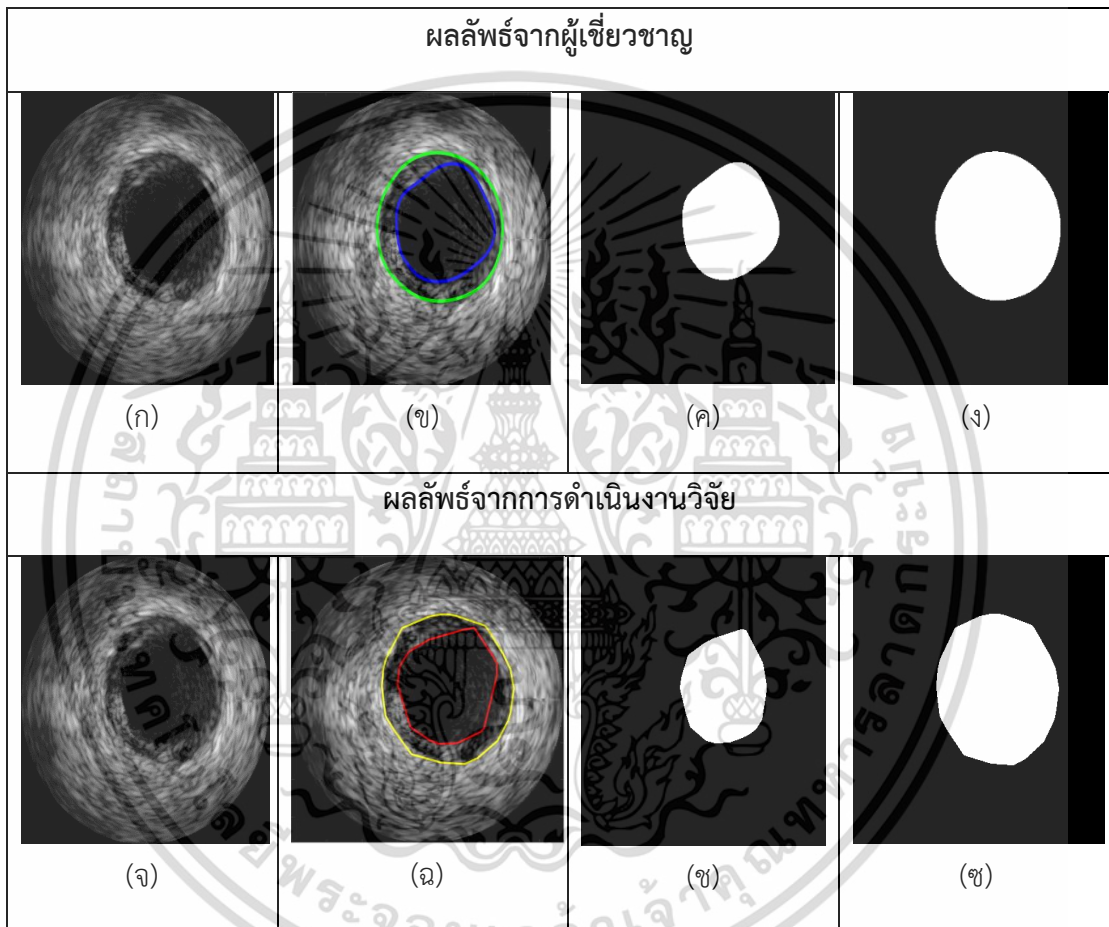
ตารางที่ 4.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนในงานวิจัย

ขั้นตอนในงานวิจัย	ผลลัพธ์
นำเข้ารูป	
ขั้นตอนการปรับปรุงความคมชัดของภาพ (Image Enhance)	
ขั้นตอนการจัดกลุ่มค่าในรูป (Clustering Image)	
ขั้นตอนการหาสัณฐานภายในภาพ (Morphological Operation)	  Dilation      Erosion
ขั้นตอน Blob Detect	 
ขั้นตอนการหาจุดที่เชื่อมต่อกันมากที่สุด (Connected Component Analysis)	 
ขั้นตอนการหาเซตเปลือกนูน (Convex Hull)	 
ผลลัพธ์บริเวณพื้นที่ที่สนใจ (Boundary Detect)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ผลการแยกส่วนภาพ IVUS บริเวณทางเดินเลือดด้วยวิธีอัตโนมัติ

โดยจากภาพถ่ายอัลตราซาวนด์ภายในหลอดเลือดนั้น แพทย์หรือผู้เชี่ยวชาญได้ทำการกำหนดพื้นที่ที่สนใจในการวินิจฉัยบริเวณภายในหลอดเลือดแดงที่มีการหนาตัวหรือการสะสมของไขมันนั้น จากภาพดังกล่าวจะทำการจำแนกออกเป็น 2 ส่วน โดยจากรูปที่ 4.2 อธิบายได้ว่าพื้นที่บริเวณของขอบผนังทางเดินเลือด (Lumen Boundary) (ค) เส้นสีน้ำเงินดังรูป (ข) และขอบผนังหลอดเลือด (Media-Adventitia Boundary) ดังรูป (ง) เส้นสีเขียวดังรูป (ข)



รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญและผลลัพธ์จากการดำเนินงานวิจัย

โดยพื้นที่ที่สนใจจะอยู่ที่บริเวณระหว่างเส้นสีน้ำเงินและเส้นสีเขียว ทางผู้วิจัยได้นำบริเวณที่แพทย์หรือผู้เชี่ยวชาญที่ได้ทำการระบุขอบเขตไว้ มาทำการวาดขอบเขตลงบนภาพ และทำการแยกส่วนบริเวณทั้ง 2 ออกมาเพื่อที่จะทำการทดสอบประสิทธิภาพความแม่นยำของงานวิจัยนี้กับผลลัพธ์ของผู้เชี่ยวชาญ จากตารางที่ 4.1 จะเห็นผลลัพธ์จากการดำเนินงานวิจัยนี้และผลลัพธ์ของผู้เชี่ยวชาญ

ภาพถ่ายอัลตราซาวนด์ภายในหลอดเลือดที่ได้นำมาทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ทั้งหมด 24 ภาพ เป็นภาพในชุดข้อมูล B ของ Mr. Simone Balocco ซึ่งเป็นข้อมูลภาพที่ได้ทำการรวบรวมจากศูนย์วิจัยดังกล่าวเพื่อทำการศึกษา และได้รับการยินยอมในการเผยแพร่ โดยสามารถเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมาวิเคราะห์ความแม่นยำในการหาบริเวณของทางเดินเลือดด้านใน (LM : Lumen Boundary) และบริเวณขอบทางเดินเลือดด้านนอก (MA : Media-Adventitia Boundary) ได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการแยกส่วนของ Media-Adventitia และ Lumen

IVUS IMAGE	Method (Media-Adventitia, Lumen)		
	JI	HD	PAD
02_0001_001	0.9667 (MA)	0.6477 (MA)	0.0325 (MA)
	0.9652 (LM)	0.5152 (LM)	0.0352 (LM)
02_0001_002	0.9542 (MA)	0.5745 (MA)	0.0371 (MA)
	0.9637 (LM)	0.5226 (LM)	0.0335 (LM)
02_0001_003	0.9781 (MA)	0.6795 (MA)	0.0311 (MA)
	0.9493 (LM)	0.4827 (LM)	0.0304 (LM)
02_0001_004	0.9672 (MA)	0.5882 (MA)	0.0337(MA)
	0.9621 (LM)	0.5325 (LM)	0.0443 (LM)
02_0001_005	0.9833 (MA)	0.6242 (MA)	0.0212 (MA)
	0.9587 (LM)	0.4899 (LM)	0.0371 (LM)
02_0002_004	0.9591 (MA)	0.5987 (MA)	0.0324 (MA)
	0.9565 (LM)	0.5422 (LM)	0.0359 (LM)
02_0002_005	0.9503 (MA)	0.5966 (MA)	0.0811 (MA)
	0.8797 (LM)	0.3889 (LM)	0.0486 (LM)
02_0003_001	0.9643 (MA)	0.5291 (MA)	0.0233 (MA)
	0.8848 (LM)	0.4873 (LM)	0.0592 (LM)
02_0003_002	0.9795 (MA)	0.6674 (MA)	0.0132 (MA)
	0.9392 (LM)	0.5629 (LM)	0.0454 (LM)
04_0048_003	0.9698 (MA)	0.5768 (MA)	0.0457 (MA)
	0.9564 (LM)	0.5882 (LM)	0.0415 (LM)
04_0048_005	0.9424 (MA)	0.5488 (MA)	0.0342 (MA)
	0.9673 (LM)	0.4988 (LM)	0.0537 (LM)
04_0050_003	0.9711 (MA)	0.6365 (MA)	0.0116 (MA)
	0.9681 (LM)	0.4595 (LM)	0.0546 (LM)
04_0050_004	0.9472 (MA)	0.5656 (MA)	0.0332 (MA)
	0.9437 (LM)	0.4658 (LM)	0.0622 (LM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

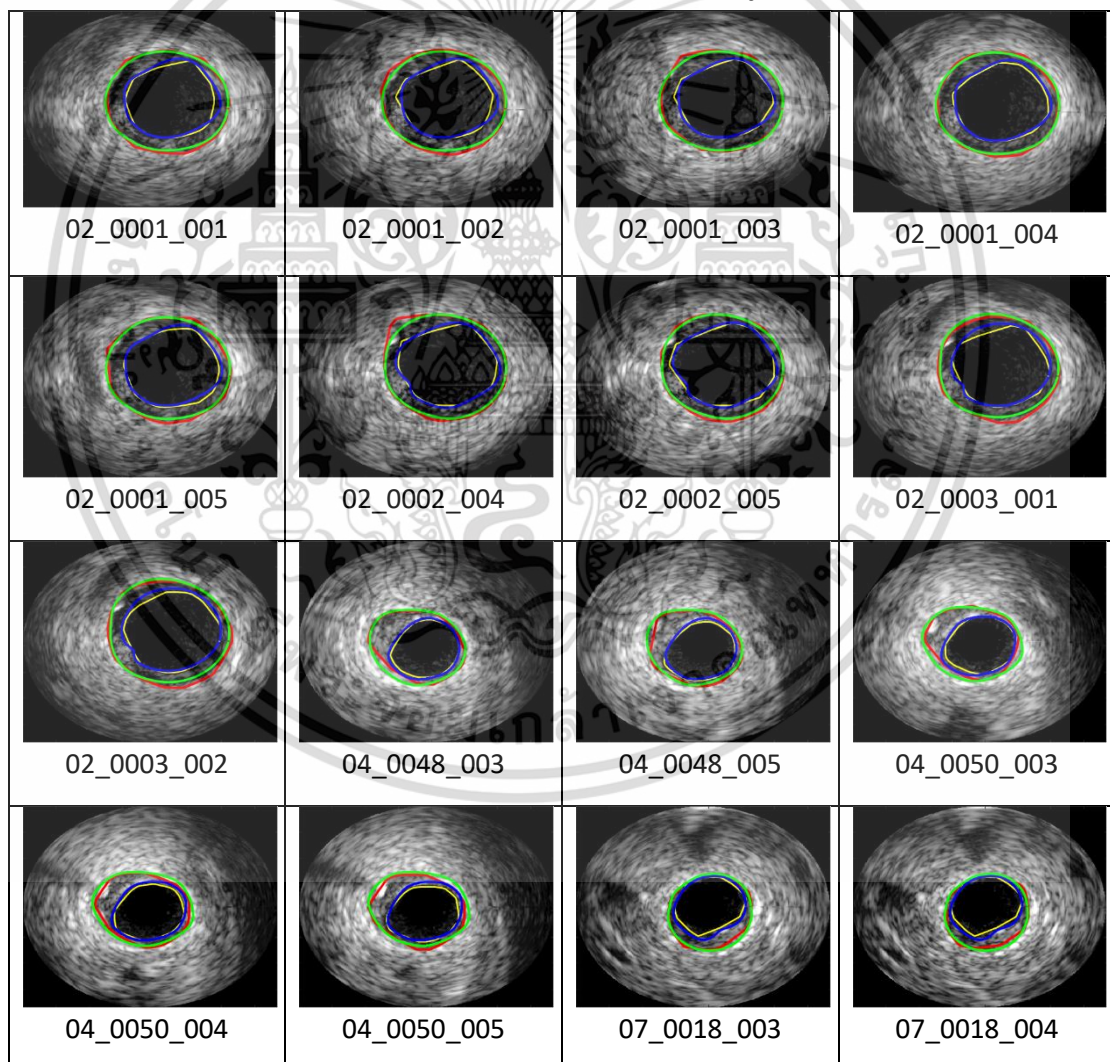
IVUS IMAGE	Method (Media-Adventitia, Lumen)		
	JI	HD	PAD
04_0050_005	0.9658 (MA)	0.6383 (MA)	0.0431 (MA)
	0.9486 (LM)	0.4998 (LM)	0.0524 (LM)
07_0018_003	0.9759 (MA)	0.6441 (MA)	0.0367 (MA)
	0.9563 (LM)	0.5589 (LM)	0.0467 (LM)
07_0018_004	0.9633 (MA)	0.5960 (MA)	0.0382 (MA)
	0.9739 (LM)	0.5796 (LM)	0.0374 (LM)
07_0018_005	0.9712 (MA)	0.6587 (MA)	0.0384 (MA)
	0.9576 (LM)	0.5844 (LM)	0.0226 (LM)
07_0019_001	0.9592 (MA)	0.5987 (MA)	0.0471 (MA)
	0.9476 (LM)	0.5498 (LM)	0.0355 (LM)
07_0019_002	0.9753 (MA)	0.6433 (MA)	0.0362 (MA)
	0.9598 (LM)	0.5884 (LM)	0.0319 (LM)
07_0019_003	0.9765 (MA)	0.6479 (MA)	0.0367 (MA)
	0.9587 (LM)	0.4874 (LM)	0.0275 (LM)
07_0019_004	0.9597 (MA)	0.5905 (MA)	0.0244 (MA)
	0.9351 (LM)	0.5996 (LM)	0.0412 (LM)
07_0019_005	0.9724 (MA)	0.6423 (MA)	0.0133 (MA)
	0.9586 (LM)	0.5895 (LM)	0.0368 (LM)
07_0020_005	0.9686 (MA)	0.6554 (MA)	0.0121 (MA)
	0.9694 (LM)	0.4757 (LM)	0.0391 (LM)
07_0021_003	0.9644 (MA)	0.6447 (MA)	0.0412 (MA)
	0.9503 (LM)	0.5291 (LM)	0.0322 (LM)
SD of media boundary	0.010388531	0.39975791	0.014656378
SD of lumen boundary	0.023046964	0.52674492	0.010143827

จากตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์จากงานวิจัยนี้ได้นำไปเปรียบเทียบความคล้ายคลึง โดยการวัดประสิทธิภาพความเหมือนด้วย 3 วิธีการ คือ 1. Jaccard Index เป็นการวัดประสิทธิภาพความเหมือนด้วยการตรวจสอบความคล้ายกันของวัตถุภายในภาพระหว่างผลลัพธ์ของผู้เชี่ยวชาญกับผลลัพธ์ในงานวิจัยนี้ โดยเลือกระยะของความต่างที่มีค่ามากที่สุด เมื่อนำผลลัพธ์จากงานวิจัยมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญจะได้ค่า Standard deviation (SD) ของขอบเขตของบริเวณ

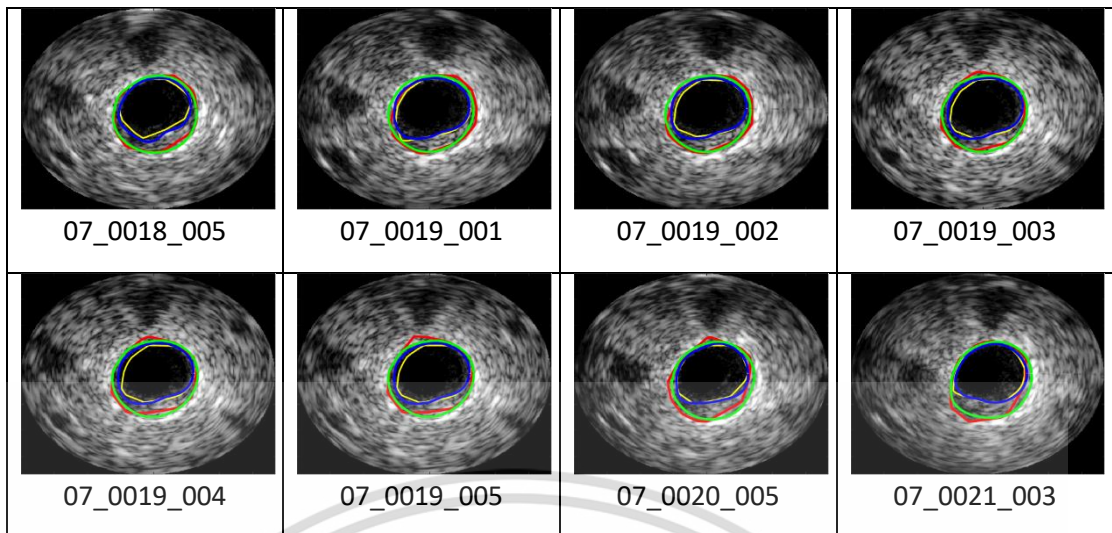
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอบผนังหลอดเลือด (MA : Media-Adventitia Boundary) ด้วยวิธีการนี้จะได้ค่า  $SD = 0.0103$  และ ค่า  $SD = 0.0230$  ที่ขอบเขตบริเวณขอบผนังทางเดินเลือด (LM : Lumen) 2. Hausdorff Distance เป็นการนำภาพมาวัดความคล้ายคลึงกับผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญโดยเลือกระยะความแตกต่างที่น้อยที่สุด จะได้ค่า  $SD = 0.3997$  ที่ขอบเขตของบริเวณขอบผนังหลอดเลือด (MA : Media-Adventitia Boundary) และ ค่า  $SD = 0.5267$  ที่ขอบเขตบริเวณขอบผนังทางเดินเลือด (LM : Lumen) 3. Percentage Area Distance เป็นตัวเปรียบเทียบการประมาณของค่าที่มีความแตกต่างกันน้อยที่สุดระหว่างผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญและผลลัพธ์ด้วยวิธีการในงานวิจัยนี้ จะได้ค่า  $SD = 0.0146$  ที่ขอบเขตของบริเวณขอบผนังหลอดเลือด (MA : Media-Adventitia Boundary) และ ค่า  $SD = 0.0101$  ที่ขอบเขตบริเวณขอบผนังทางเดินเลือด (LM : Lumen Boundary)

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบผลลัพธ์ทั้งหมดในงานวิจัยกับผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จากตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์โดยเส้นสีแดงและเหลืองเป็นผลลัพธ์จากการดำเนินงานวิจัย และเส้นสีน้ำเงินและเขียวเป็นผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้ได้นำวิธีการต่าง ๆ ด้านการประมวลผลภาพมาประยุกต์ใช้ในการแยกส่วนองค์ประกอบภายในภาพเพื่อให้ได้มาซึ่งบริเวณพื้นที่ที่สนใจของภาพถ่ายอัลตราซาวด์ภายในหลอดเลือดในส่วนของขอบเขตของบริเวณขอบผนังหลอดเลือด (MA : Media-Adventitia Boundary) และขอบเขตบริเวณขอบผนังทางเดินเลือด (LM : Lumen) โดยวิธีการในการดำเนินงานวิจัยมีขั้นตอนคือ ขั้นตอนการปรับปรุงภาพอัลตราซาวด์ภายในหลอดเลือดเพื่อให้ภาพมีความคมชัดขึ้นโดยวิธีการ Image Enhance หลังจากนั้นจึงนำภาพที่ได้ทำการปรับปรุงความคมชัดแล้วไปจัดกลุ่มของค่าข้อมูลภายในภาพโดยใช้วิธีการ Cluster เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการจัดกลุ่มแล้วได้วิธีการทางคณิตศาสตร์ในการปรับพื้นฐานของภาพ หลังจากนั้นจึงทำการระบุขอบเขตบริเวณพื้นที่ที่สนใจโดยการแยกวัตถุออกจากพื้นหลังด้วยวิธีการ Blob Detection แล้วทำการวิเคราะห์ในการค้นหาบริเวณกลุ่มของพิกเซลซึ่งมีการเชื่อมต่อกันมากที่สุดด้วยวิธีการ Connected Component Analysis จึงได้ผลลัพธ์ทั้ง 2 ส่วนออกมา

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

1) จากวิธีการดำเนินงานวิจัยในการแยกส่วนขอบเขตบริเวณขอบผนังทางเดินเลือด และขอบเขตของบริเวณของผนังหลอดเลือดนั้นมีความถูกต้องและแม่นยำที่ใกล้เคียงกับผลของผู้เชี่ยวชาญแล้ว แต่ผู้วิจัยหวังว่าจะสามารถพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นไปอีกได้ ในด้านการแยกส่วนองค์ประกอบภายในภาพให้มีความแม่นยำและประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

2) การพัฒนาโปรแกรมให้สามารถใช้งานได้สะดวก และหลากหลายทางด้านแพลตฟอร์มเพื่อตอบสนองต่อการใช้งานของผู้ใช้งานมากยิ่งขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

### ภาษาไทย

ชลธิศา เวทโอสถ และนิคม สุวรรณวร. 2556. การพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อตรวจนับปริมาณรถบนถนนด้วยการประมวลผลภาพจากกล้องวิดีโอ. วารสารวิชาการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, นราธิวาส

ปฎิญา ตันทวีวัฒน์, ไตรรัตน์ สบายใจ, ตัซกรณ์ ตันเจริญ, ณัฐชัย วัชรานิชัย และศศิตา รุจิเกียรติ กาจกร. 2564. การวิเคราะห์ภาพคนและสัมภาระสำหรับการตรวจจับวัตถุที่ปราศจากเจ้าของ. วารสารวิชาการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์, นนทบุรี

ปรเมศวร์ ห่อแก้ว. 2565. การประมวลผลเพื่อเตรียมภาพ (Image Preprocessing) Part IV, สืบค้นเมื่อ 17 สิงหาคม 2565 จาก. <https://paramate.medium.com/การประมวลผลเพื่อเตรียมภาพ-image-preprocessing-part-iv-7b306068605a>

ภคภูมิ สารพัฒน์. 2563. อีกขั้นของ k-means algorithm ที่สามารถแบ่งกลุ่มข้อมูลได้ทุกประเภท, สืบค้นเมื่อ 17 สิงหาคม 2565 จาก. <https://bigdata.go.th/big-data-101/k-means-algorithm-for-clustering-large-data-sets-with-categorical-values/>

วณิชชา แผลงรักษา และนิเวศ จิระวิชิตชัย. 2562. การแบ่งกลุ่มลูกค้าโดยใช้เทคนิคการทำคลัสเตอร์แบบเคมีน สำหรับการบริหารลูกค้าสัมพันธ์. วารสารวิชาการ, หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม, กรุงเทพฯ

## ภาษาอังกฤษ

- Balocco S. and Gatta C. 2013. **Standardized evaluation methodology and reference data-base for evaluating IVUS image segmentation.** Computerized Medical Imaging and Graphics 38(2), 70–90
- Matheus Cardoso Moraes and Sergio Shiguemi Furuie. 2010. **An automatic media-adventitia border segmentation approach for IVUS images.** 2010 Computing in Cardiology, pp. 389-392
- Noknaka K., Sankoh H., Wanabe R., Sabirin H. and Naito S. 2018. **Efficient Parallel Connected Component Labeling With a Coarse-to-Fine Strategy.** IEEE Access 6, pp. 55731–55740
- Onpans J., Yookwan W. and Srikamdee S. 2021. **Automated media segmentation in intravascular ultrasound images using geometric principal component analysis.** 18th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, pp. 853–856
- Pavel S., Yimeng W., Ioannis P. and Zeljko Z. 2020. **Lumen & Media Segmentation of IVUS Images via Ellipse Fitting Using a Wavelet-Decomposed Subband CNN.** 2020 IEEE 30th International Workshop on Machine Learning for Signal Processing
- Sofian H., Ng A., Than J., Mohamad S. and Noor N. M. 2017. **Calcification boundary detection in coronary artery using intravascular ultrasound images.** The 2017 IEEE Region 10 Conference (TENCON), pp. 2835–2839
- Wang J. and Su X. 2011. **An improved K-Means clustering algorithm.** 3rd International Conference on Communication Software and Networks, pp.44–46
- Wong-Od A., Rodtook A., Rasmequan S. and Chinnasarn K. 2017. **Automated segmentation of media-adventitia and lumen from intravascular ultrasound images using non-parametric thresholding.** 9th International Conference on Knowledge and Smart Technology. pp. 220–225



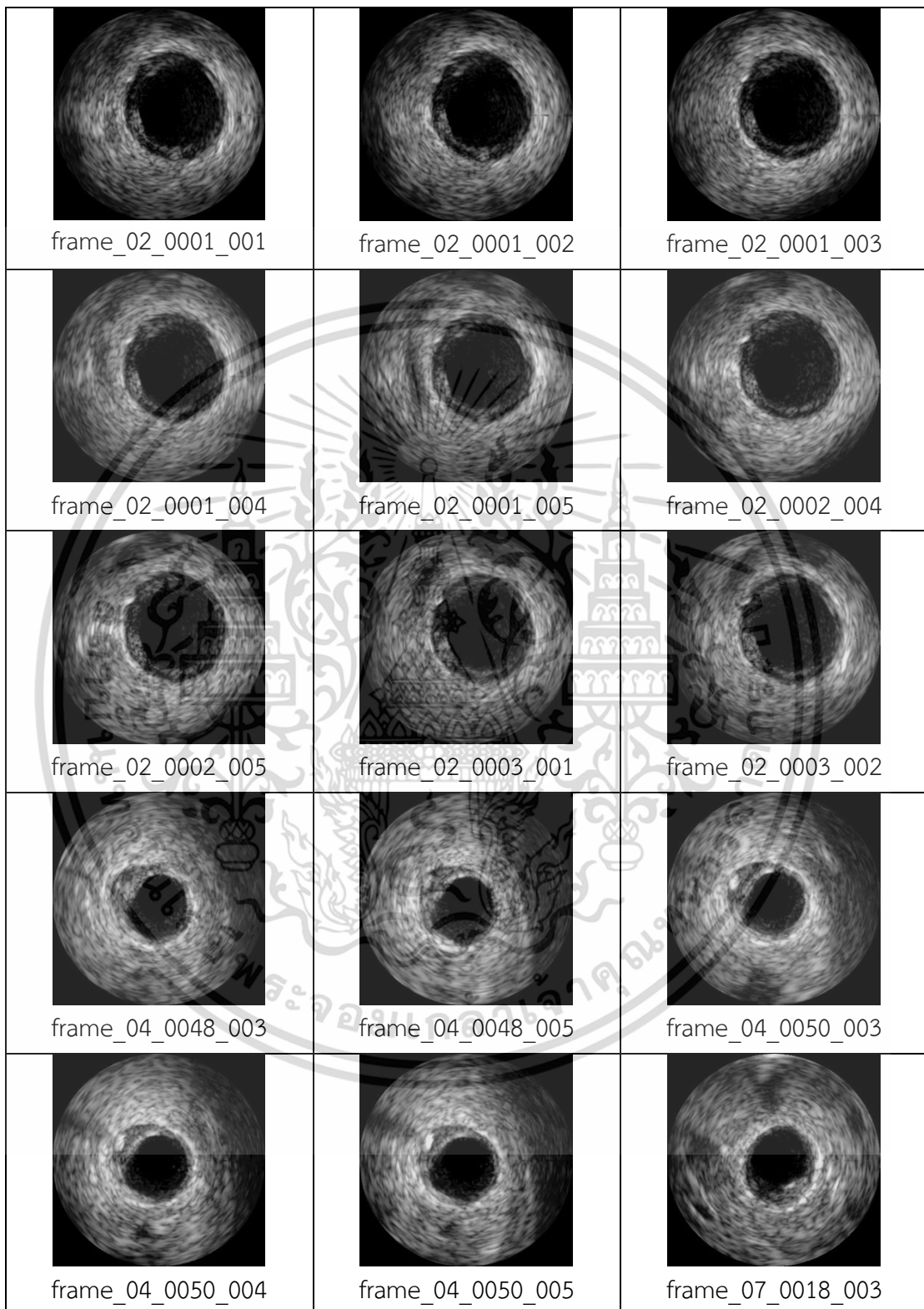
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



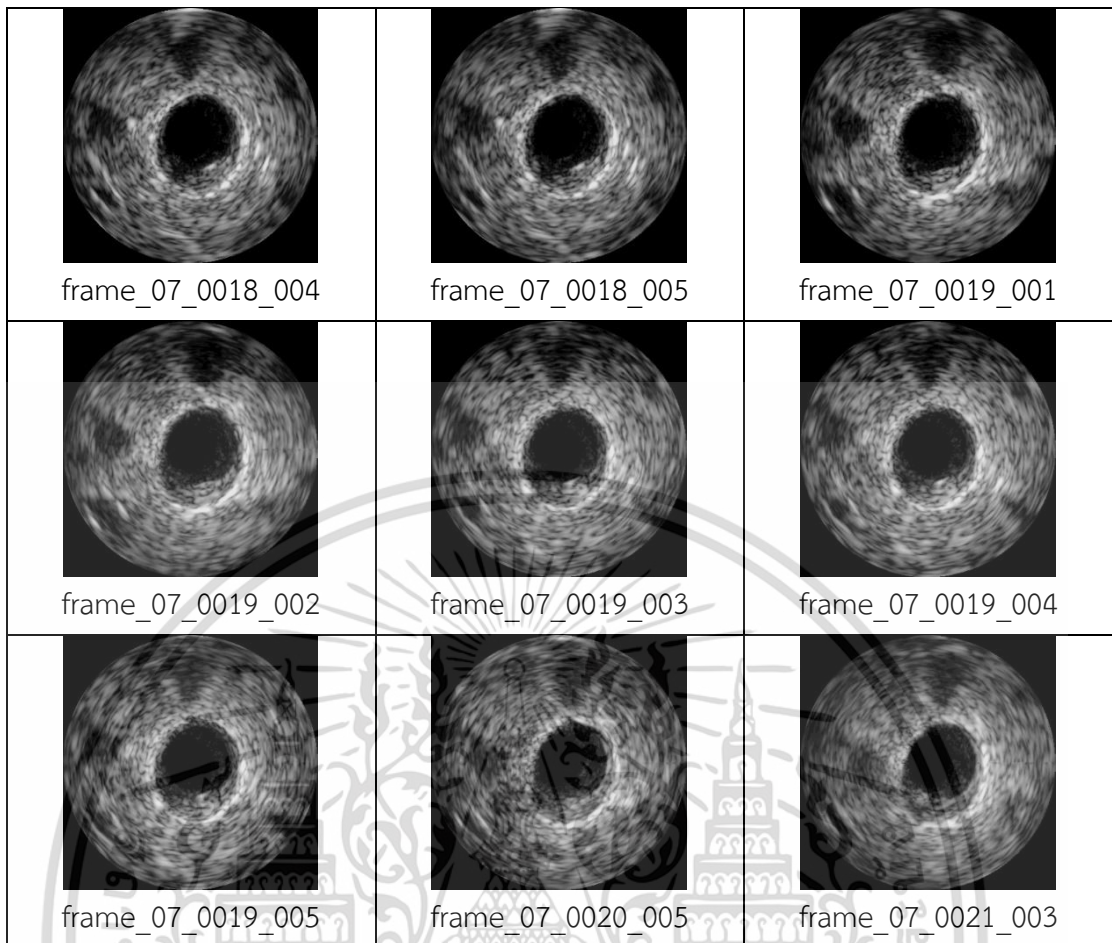
ภาคผนวก ก  
ภาพผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดตีบตันในหลอดเลือดแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1 ภาพถ่ายอัลตราซาวด์ภายในหลอดเลือดจากชุดข้อมูล B ที่เกิดการรบกวนจากเงาส่งผลให้ภาพเกิดความไม่สมบูรณ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข  
การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข.1 การเปรียบเทียบผลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัย	วิธีการเปรียบเทียบผล		
	Jl	HD	PAD
Anusorn w.	0.9453	0.5683	0.0167
H. Sofian	0.8541	0.7921	0.4360
วิธีจากงานวิจัย	0.9570	0.5291	0.0382

จากตาราง ข.1 ผลลัพธ์จากการทดลองทั้งหมด 24 รูป ได้นำผลลัพธ์จากวิธีการในงานวิจัยนี้ไปเปรียบเทียบกับผลลัพธ์จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยได้เปรียบเทียบผลลัพธ์ในส่วนขอบบริเวณขอบเขตทางเดินเลือด เนื่องจากวิธีการในงานวิจัยของ Hannah Sofian และคณะ แบ่งแยกวัตถุในภาพอัลตราซาวด์ภายในหลอดเลือดได้เพียง 1 ผลลัพธ์ คือในส่วนขอบบริเวณขอบเขตทางเดินเลือด (Lumen Boundary) ดังนั้นจึงสามารถเปรียบเทียบผลได้หนึ่งส่วน และนำชุดข้อมูลภาพถ่ายอัลตราซาวด์ภายในหลอดเลือดหลอดเลือดเดียวกัน 24 รูป นำมาทำการเปรียบเทียบผล จะเห็นได้ว่าผลลัพธ์จากวิธีการในงานวิจัยนี้ การเปรียบเทียบผลลัพธ์ความคล้ายคลึงหรือว่าความเหมือนด้วยวิธีการ Jaccard Index (Jl) มีค่าที่ 0.9570 ซึ่งมีค่าใกล้เคียง 1 มากกว่าวิธีการในงานวิจัยของ Anusorn w. และคณะ กับวิธีการในงานวิจัยของ H. Sofian และคณะ ที่มีค่าอยู่ที่ 0.9453 และ 0.8541 ตามลำดับ ในส่วนของการเปรียบเทียบด้วยวิธีการ Hausdorff Distance (HD) ที่วัดประสิทธิภาพความแตกต่างกันของผลลัพธ์ของผู้เชี่ยวชาญกับผลลัพธ์ระหว่างงานวิจัยนั้น มีค่าอยู่ที่ 0.5291 ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกับ 0 มากกว่าวิธีการในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งค่าอยู่ที่ 0.5683 และ 0.7921 ส่วนวิธีการสุดท้ายที่ใช้ในการเปรียบเทียบคือ Percentage Area Distance (PAD) ที่ใช้ในการวัดหาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญและผลลัพธ์จากงานวิจัย โดยในงานวิจัยนี้มีค่าอยู่ที่ 0.0382 มีค่าความแตกต่างที่เกือบจะเป็น 0 ซึ่งมีค่าที่ดีกว่าวิธีการในงานวิจัยของ H. Sofian และคณะที่มีค่าอยู่ที่ 0.4360 แต่ว่าวิธีการของ Anusorn w. และคณะนั้นมีค่าอยู่ที่ 0.0167 ซึ่งมีค่าที่ดีกว่าในงานวิจัยนี้ เนื่องจากการวัดประสิทธิภาพของวิธีการ Jl เป็นการเปรียบเทียบหาความเหมือนหรือความคล้ายคลึงของวัตถุสองอย่างโดยใช้หลักการของเซต ส่วนวิธีการ PAD เป็นการเปรียบเทียบผลลัพธ์ด้วยการหาความแตกต่างของวัตถุทั้งสองโดยใช้หลักการหาเป็นเปอร์เซ็นต์ ทำให้วิธีการทั้งสองมีผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน



ภาคผนวก ค  
งานวิจัยที่เผยแพร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2022  
IC<sup>2</sup>IT

## The 18<sup>th</sup> International Conference on Computing and Information Technology (IC<sup>2</sup>IT2022)

May 19<sup>th</sup> – 20<sup>th</sup>, 2022  
Kanchanaburi, Thailand



### Overview

The 18<sup>th</sup> International Conference on Computing and Information Technology takes place at a time of rapid and unprecedented change that have long since rendered trusty benchmarks like Moore's law irrelevant. To quote best-selling author and engineer Christopher Steiner, "algorithms have already written symphonies as moving as Beethoven, picker through legalese with the deftness of a senior lawyer and written news articles with the smooth hand of seasoned reporter". Indeed, it may not be long before an algorithm joins the Board of a venture capital firm (outperforming its humanoid peers, naturally). Key many of these achievements stem from research in the areas of artificial intelligence, machine learning, natural language processing, speech recognition and image processing among others that have already delivered solutions to complex user and societal problems: helping architects design environmentally sustainable, structurally challenging and aesthetically interesting buildings; allowing scientists to split atoms and categorize human genomes; and enabling engineers to 3D print autonomous cars to name but a few. Such advances mirror changing economies, increasingly dominated by globalization and competition where constant high speed innovation is now the only strategy that matters.

### Conference General Chair

Sodsee, S., KMUTNB, Thailand

### Conference Secretary

Tangwannawit, S., KMUTNB, Thailand

### Public Relations Chair

Jitsakul, W., KMUTNB, Thailand

### Program Committee Members

Agarwal, A., UoHyd, India  
Aeillo, M., Groningen, the Netherlands  
Bernard, T., Université de Reims, France  
Brodic, D., BOR, Serbia  
Brown, J., ECU, Australia  
Caspar, M., Braunschweig, Germany  
Chan, J. H., KMUTT, Thailand  
Cuong, N. H. H., QNAMUNI, Vietnam  
Delen, D., OSU, USA  
Djemame, K., LEEDS, UK  
Eggendorfer, T., HS Weingarten, Germany  
Fung, L., MURDOCH, Australia  
Ha, H. C., HNUC, Vietnam  
Hagan, M., OSU, USA  
Hardt, W., Chemnitz, Germany  
Hashimoto, K., PSU, Thailand  
Kacprzyk, J., Polish Acad. Of Sci., Poland  
Keawman, S., MSU, Thailand  
Kovintavewat, P., NPRU, Thailand  
Kropf, P., Neuchatel, Switzerland  
Kubek, M., FernUni, Germany  
Kyamakya K., Klagenfurt, Austria  
Lechner, U., UniBw, Germany  
Li, Z., FernUni, Germany  
Loc, N. T., HNUC, Vietnam  
Lu, J., UTS, Australia  
Luenam, P., NIDA, Thailand  
Mikler, A., GSU, USA  
Pasupa, K., KMUTL, Thailand  
Pukahuta, C., UBU, Thailand  
Quan, T., HCMUT, Vietnam  
Sarawong, T., RMUTK, Thailand  
Solanki, V. K., CMRIT, India  
Shen, J., UOW, Australia  
Sukchovna, P., KRU, Thailand  
Sunar, M. S., UTM, Malaysia  
Tachaphetpiboon, S., PBRU, Thailand  
Tang, W., CityU, Hongkong  
Tran, D. H., HNUC, Vietnam  
Tuanpusa, P., RMUTT, Thailand  
Tutsch, D., Wuppertal, Germany  
Weiser, M., OSU, USA  
Woodward, A., ECU, Australia  
Woraratpanya, K., KMUTL, Thailand

### Scope

Conference topics include (but not limited to):

#### Architecture and Application

Business Intelligence	Decision Support	Evolutionary Computation
Hybrid Systems	Knowledge Discovery	Knowledge Management
Knowledge Transfer	Ontology and Semantic	Web Optimization
Swarm Intelligence	Particle Swarm Optimization	Recommender Systems

#### Data Science and Machine Learning

Affective Computing	Artificial Neural Network	Behavior Analytics
Big Data Analysis	Community Analysis	Computational Intelligence
Data Mining	Deep Learning	Feature Selection
Fuzzy Systems	Geographic/Spatial Data Mining	User Behavior Prediction

#### Image and Video Processing

Biometric Quality	Computer Vision	Image and Video Forensic
Image Enhancement	Image Compression	Image Processing
Image Recognition/Classification	Human-Computer Interface	Multiple Object Tracking
Virtual Reality		

#### Natural Language Processing and Text Mining

Computational Linguistics	Information Retrieval	Natural Language Processing
Natural Language Understanding	Question Answering	Semantic Mining
Social Network Mining	Text Mining	Topic Segmentation & Recognition
Web Mining		

#### Network and Security

Network and Security	Ad Hoc Networks	Content Delivery
Cloud and Grid Computing	P2P Networks and Protocols	Real Time Streaming Networks
Security and Forensic	Self-Organization and Emergence in Computer Networks	
Sensor Networks	Wired and Wireless Networks	

### Important Dates for Paper Submission

Paper Submission Deadline	:	December 31 <sup>st</sup> , 2021	January 21 <sup>st</sup> , 2022
Paper Review Deadline	:	January 14 <sup>th</sup> , 2022	January 28 <sup>th</sup> , 2022
Decision Notification	:	January 26 <sup>th</sup> , 2022	January 31 <sup>st</sup> , 2022
Camera Ready Version	:	February 4 <sup>th</sup> , 2022	February 6 <sup>th</sup> , 2022
Advanced Registration	:	February 4 <sup>th</sup> , 2022	February 6 <sup>th</sup> , 2022

### Paper Submission



All accepted papers will be published by Springer in Lecture Notes in Networks and Systems which is indexed in SCOPUS, INSPEC, WTI Frankfurt eG, zbMATH, SCImago.

### Contact Information

All questions about submission should contact:  
Sakchai Tangwannawit, IC<sup>2</sup>IT2022 Secretary  
Faculty of Information Technology and Digital Innovation  
King Mongkut's University of Technology North Bangkok (KMUTNB)  
Pracharat 1 Rd. Wongsawang, Bangsue Bangkok 10800.  
Phone: +662 555 2726  
Website: <https://ic2it.org>



<https://ic2it.org>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# Automatical IVUS Image Segmentation and Detection Using BLOB Analysis

Nippitch Onhirun and Pattama Charoenporn<sup>(✉)</sup>

Department of Computer Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,  
Bangkok, Thailand

{61605040, Pattama.ch}@kmitl.ac.th

**Abstract.** In this research, experiments were conducted on the problem of image analysis in atherosclerotic disease. The study was conducted from intravascular ultrasound images that have been taken inside the blood vessels from patients with arterial wall hardening or stenosis. These images are used by experts or specialists to analyze the problem of the disease. There may be some interference from shadows or elements that occurred while taking the image that may cause the incomplete image. We propose an applied method by using computer techniques that help to analyze the components within the image to find the area of interest by enhancement image. Then, the pixel levels are analyzed and classified to divide the background from the image. Next, the morphological operation is used to readjust image properties, and blob analysis is used to identify the region of interesting pixel values. In the final process, Connected Component Analysis (CCA) was used to detect media-adventitia and lumen boundary area. The efficacy of segment results was measured by comparing with the expert to measure performance as (media-adventitia, lumen) the Jaccard Index = (0.9570, 0.96695), Hausdorff Distance = (0.5259, 0.6304), Percentage Area Distance = (0.0382, 0.03395) IVUS dataset was used from Simone Balocco, Dept. Matemàtica Aplicada i Anàlisi, Universitat de Barcelona, Barcelona, Spain.

**Keywords:** Blob analysis · Segmentation · Atherosclerotic disease · IVUS image

## 1 Introduction

Atherosclerosis is a vascular disease [1] characterized by the thickening of the walls of blood vessels. Plaque is formed by an accumulation of fat and fibrous tissues, and this leads to the narrowing of the blood vessels. This plaque may lead to less blood supply to the peripheral organs and eventually necrosis of them. Atherosclerosis is a chronic disease that is common in the elderly, and it is the leading cause of death in countries around the world after cancer and accidents. Heart disease is caused by the presence of plaque clinging to the walls of blood vessels, blocking the flow of blood, especially when clogged coronary arteries that supply the blood flow to a heart are reduced. When examining the plaque, that it is full of cholesterol fats mixed with cells, cell debris, fibrous proteins, and calcium. The plaque may gradually accumulate and increase in

© The Author(s), under exclusive license to Springer Nature Switzerland AG 2022

P. Meesad et al. (Eds.): IC2IT 2022, LNNS 453, pp. 1–10, 2022.

[https://doi.org/10.1007/978-3-030-99948-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-99948-3_1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์โดย King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 N. Onhirun and P. Charoenporn

size, causing the artery to narrow, blocking the flow of blood, or it may rupture until it clogs the blood vessels at that time. This hardening leads to narrowing of the blood vessels resulting in less blood supply to the peripheral organs and eventually the death of the peripheral organs. This causes the need to cut off the said organ or may cause the patient's death. If an expert can early diagnose and treat this morbidity, it will reduce the mortality rate.

The method for distinguishing atherosclerosis is an image-processing study that identifies different regions of the visual element, e.g., lumen, media, adventitia. These regions on the artery wall are regions of interest because they are where the plaque was built up or they can be used to indicate the abnormalities. This research focuses on separate things that were mentioned above apart to identify the areas that make the diagnosis more convenient. However, the previous study found that there are interferences for image analysis on IVUS which have been caused by several factors such as the shadows that occur during taking images of the arterial junction at the imaging site. These reduce the accuracy of the results.

In the previous research for detecting the calcification boundary area, Hanah Sofian et al. [2] proposed the Otsu threshold, morphological operation and empirical threshold value to segmented media-adventitia boundary. Janya O. et al. [3] used ellipse analysis to estimate areas and apply the Principal Component Analysis (PCA) method to locate the media adventitia regions. Anusorn W. et al. [4] proposed method to segment Media-Adventitia and lumen boundary. IVUS image was used to adjust the intensity with contrast stretching, then classifying intensity with adaptive clustering and preprocessing intensity into a binary image. Then, the image was segmented the area and detected contour by convex hull.

## 2 Background Knowledge

### 2.1 Image Description

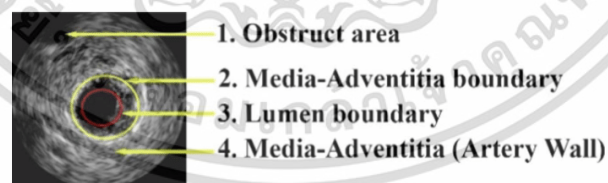


Fig. 1. IVUS image.

According to Fig. 1. Plaque commonly forms in the intima layer where located between the lumen boundary and media adventitia boundary. This plaque caused it more difficult to identify layers of blood vessels. This figure is divided into four areas: The image area where shadows or noise results in an incomplete image, the outer vascular wall. Part of the inner vascular wall, part of the artery wall.

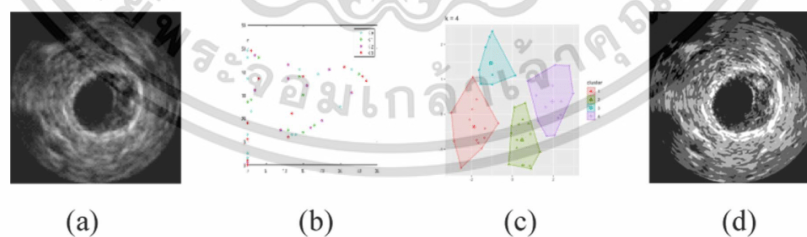
The region of interest is the area between the boundary of the artery wall and the lumen of the artery. In this research, the focus is on the identification of the blood flowing area of the image with imperfections from shadows and other elements.

## 2.2 Enhancement Methodology

Image enhancement [5] is a process of improving values pixel in the grayscale image to perform the data quality. It is one of the steps to optimize a data value in the image via improving the quality of the image to a better level of detail and clearly before being analyzed. These result in more quality images. The grayscale image was improved by using the histogram analysis process. The frequency of the image data in the histogram image represents the density characteristics of intensity values due to the darkness within the image. It is an adjustment in the sharpness of the image data by image stretching from the original intensity value in a grayscale range is separated until the maximum gray level that the computer can display (256 levels), resulting in more sharp images. Image stretching from the original intensity value in a grayscale range. This method expands the frequency range of the data within the histogram using linear mapping, which takes the highest mean from the histogram and adjusts the range of dense data in the dark to spread out. Linear contrast mapping is a simple method to adjust the grayscale level or the brightness value. By expanding the range of the gray level of the original data to be more valuable until the full range 0–255 by using a linear lookup table such as techniques standard deviation linear contrast stretch, minimum-maximum contrast stretch or data scaling.

## 2.3 Clustering Method

The clustering method [6] is a data grouping by divide data from their similarity. In addition, this method is used to classification data in groups depending on their intensity. The data with an intensity value of 0, 1–30, 31–100, more than 100 will be consecutively classified as groups 1, 2, 3, and 4. After clustering data, data that belong to groups 2, 3, and 4 will be used to set a threshold for converting images into binary images to identify the lumen area. Then data that belong to groups 3 and 4 will be used to set a threshold for converting another binary image to identify media-adventitia area (Fig. 2).



**Fig. 2.** Classification process. (a) original image (b) scatter diagram that demonstrate the distribution intensity value (c) scatter diagram that demonstrate value of each group (d) result of clustered image divide intensity to 4 groups.

## 2.4 Morphological Method

The morphological method is the process of integrate the processes of non-linear ordinary differential equations which are related to the contour of the characteristics structure in

4 N. Onhirun and P. Charoenporn

the image. Morphological operations are an image processing tool for erode or enhance the edges or structure of an image. By using the set theory, the set in morphology represents the shape of the object in the image such as a cluster of black and white within the binary image be used to remove noise and obstruct, dilate the area of the object to be larger.

### 3 Methodology

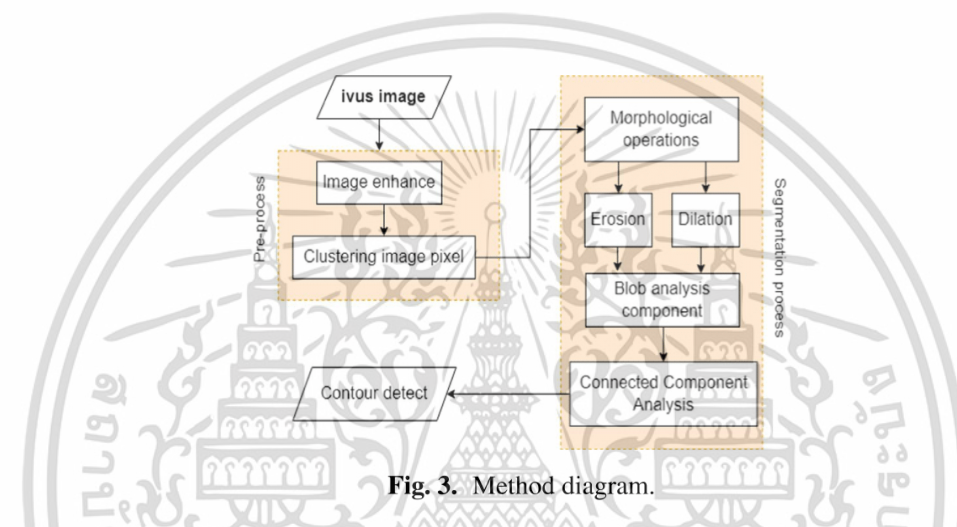


Fig. 3. Method diagram.

Figure 3 shows a diagram of all the processes to segment the IVUS image. In the Pre-process step, consist of are two processes are used. The first process is an image enhance to stretch the light within the image using an image stretching. Next process, the image was clustered pixel groups to define the component in the image and classify the pixel in 4 groups from the image. Then, converting the image data obtained from the cluster into a binary image before the Segmentation step. The Segmentation step is segmenting the area of interest that is the lumen and media-adventitia. There are three processes, the Morphological operation is used to readjust image properties. After that, Blob analysis [7] used to segment the image pixel that has already been extracted from the background. By the black pixel was identified position. In the final step, the image was segmentation with the most connected white pixels using the Connected Component Analysis method. The contour is obtained. Describing in Fig. 6.

There are 2 processes in this method; Pre-process step and Segmentation process. Pre-process step, to improve the image properties to adjust the component within the image. In the preprocess step, the image is extracted into two parts: lumen and media adventitia, dilation method was used to identify lumen. Erosion method was used to identify media-adventitia. Segmentation process, we bring the image obtained by adjusting the component within the image from Pre-process step after classified the group of pixel value convert to binary image.

### 3.1 Morphological Operations

- Dilation operation

The Dilation method [8] describing the pixel value from the structuring element each value of the pixel is defined by checking the pixel of the position on the image. After checking the pixel, the pixel value of 0 is changed to 1 in the area around the object.

$$D(x, y) = Dilate f(x, y) \oplus ST_1 \quad (1)$$

$D(x, y)$  is a result of dilation process and  $ST_1$  is a disk of the structure element.

- Erosion operation

On the other hand, the Erosion method is the opposite method of Dilate operation. Erosion method was used to identify media-adventitia area, by dilating image and then erode after. Equation as follows;

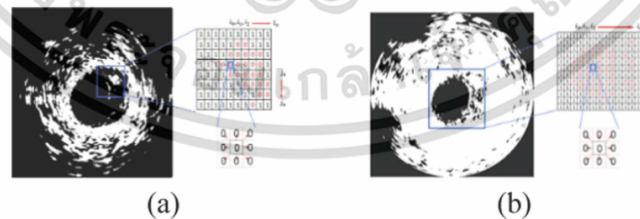
$$E(x, y) = Erode f(x, y) \ominus ST_2 \quad (2)$$

$E(x, y)$  is a result of dilation process  $ST_1$  is a square of the structure element.

### 3.2 Blob Detection

After image enhancement and clustering grayscale image. The next step, taking the image obtained from the classification process by converting the result of the image into a binary image and getting the image into the analysis of the components within the image. Media-adventitia and lumen boundaries are obtained from this process. Therefore, the region be specified for the segmentation process.

Figure 4. It can be seen that in the black area in the middle of the image, the pixel value 0 when using blob analysis to find the black pixel position. Continue to find black pixel from left to the right, top to bottom. When it finds a black pixel, these around the connect area until the whole image is completed process.



**Fig. 4.** (a) Blob detecting of media-adventitia. (b) Blob detecting of lumen.

$$f(x,y) = \begin{cases} [x_i, y_i] \Rightarrow x_i, y_i > 0, = 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_i^x = \frac{1}{N} \left[ \sum_{i=1}^n x_i \right], \mu_j^y = \frac{1}{N} \left[ \sum_{j=1}^n y_j \right] \quad (4)$$

Where  $N$  is the number of pixels in the blob and  $x_i, y_j$  are the  $x$  and  $y$  coordinates of the  $N$  pixels, respectively. In situations where the blob contains. And scan on first to  $N$  pixel. Find the area and perimeter of the following shapes a blob is the length of the contour in the blob. This can be found by scanning along the boundary coronary artery (region of interest) and the whole of image an object and result in the number of pixels encountered.

Input

IVUS binary after classify from cluster pixel  $f_{(x,y)}$

Compute

To find all white pixel for scope area to analysis with blob

To find pixel values all over image  $\Sigma = [x_i, y_j]$

Looping

Row  $x_i = 0$  to width of image  $\mu_i^x = \frac{1}{N} [\sum_{i=1}^n x_i]$

Column  $y_j = 0$  to height of image  $\mu_j^y = \frac{1}{N} [\sum_{j=1}^n y_j]$

If (pixel == 1) then 1 label at  $x_i, y_j$  to value = 0

Else return intensity = 0 then label at  $x_i, y_j$  to value = 1

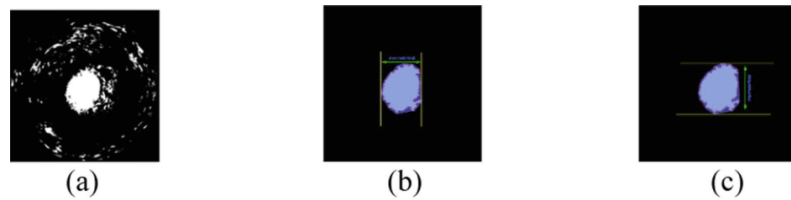
Return

Result pixel values from segment with blob  $f_{(x,y)}$

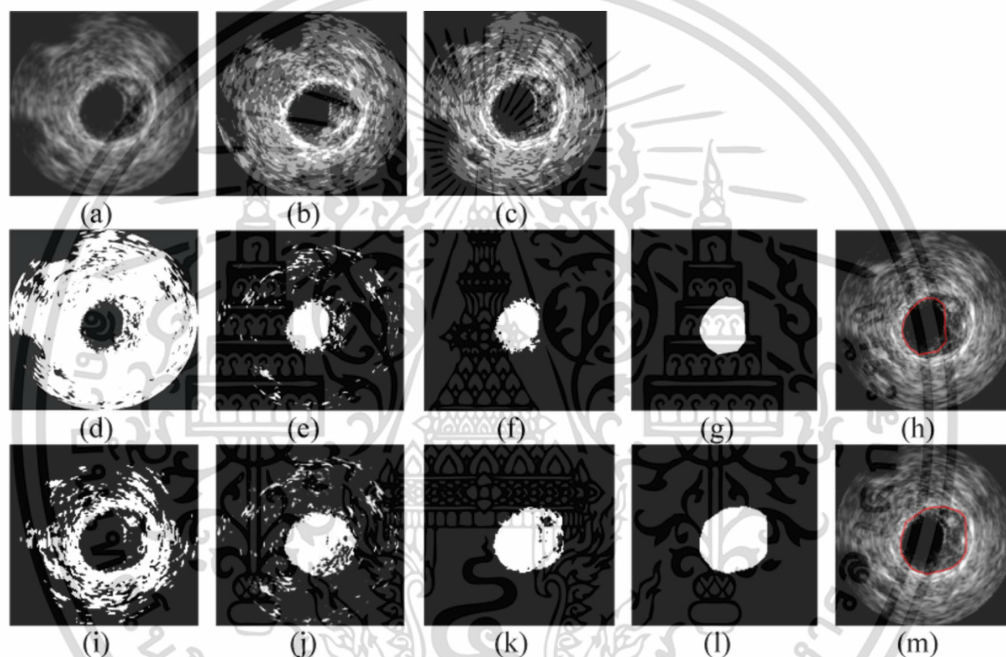
According to program code. The first step obtains the values from binary  $f_{(x,y)}$ , then finds all white pixels for all the area scope to analyze with blob. Next, to determine pixel value all over the image by looping  $x_i$  row equal to zero until a width of an image, looping  $y_j$  column is equal to zero and until the height of an image. If a pixel value is equal to 1 and to do position identify at  $x_i, y_j$  value equal to zero and then label this position. But the pixel is zero to do the value is 1. Lastly, obtain the result pixel values from the segment with  $\text{Blob}f_{(x,y)}$ .

### 3.3 Connected Component Analysis

In the next step, after extracting the image using the blob analysis method, these result are obtained image all pixel values of interest in the binary image. However, the result from the before method can identify component areas of interest. And this process was given result is incomplete. Therefore, the technique of Connected Component Analysis [9] has been applied to find connected regions which are most interconnected. The result in the acquisition of media-adventitia and lumen show from Fig. 5.



**Fig. 5.** The results segmented with blob and CCA. (a) The image after the blob analysis process. In the figure (b) and (c) an image with the line that calculates the maximum width and height that emerges around the object.



**Fig. 6.** (a) original image, (b) enhancement image, (c) clustered image, (d) result of binary image (value of clustered groups 2,3,4), (e, j) lumen and media-adventitia area obtained by Blob analysis, (f, g, k, l) lumen and media-adventitia area obtained by CCA (convex hull), (i) result of Binary image process by cluster value (value of clustered groups cluster group 3,4), (h, m) result of lumen and media-adventitia boundary from segment.

## 4 Results and Discussion

### 4.1 Performance Measurement Tools

In the performance measurement process the results of the image segmentation were obtained. Compare the boundaries between the results obtained from the proposed method and the results of the expert who segment the area on IVUS image. In this comparison, there were methods: 1. Jaccard Index 2. Hausdorff. Distance 3. Percentage Area Distance.

8 N. Onhirun and P. Charoenporn

1. *Jaccard Index*

Jaccard Index (JI) is a principal verification similar for the object area that compares the result of the proposed method with the result of ground truth. Selected the maximum difference value is close to one, which  $M_{seg}$  is a result of the proposed method,  $M_{man}$  is a result of ground truth.

$$JI(M_{seg}, M_{man}) = 1 - \frac{|M_{seg} \cap M_{man}|}{|M_{seg} \cup M_{man}|} \quad (5)$$

2. *Hausdorff Distance*

Comparison with the Hausdorff Distance (HD) has obtained the result area to measurement similar with the result of ground truth. selected a minimum distance value has a between 2 results. Which  $M_{seg}$  is a result of the proposed method,  $M_{man}$  is a result of ground-truth,  $d$  is a sum of the scale with a comparison of 2 objects. Hausdorff distance is a measure performance result of segmentation by propose method were compared with manual segmentation of ground truth the result of Hausdorff Distance close zero is better.

$$HD(M_{seg}, M_{man}) = \left\{ \max_{a \in M_{seg}} [d(a, b)], \max_{b \in M_{man}} [d(a, b)] \right\} \quad (6)$$

3. *Percentage Area Distance*

Percentage Area Distance (PAD) is a measurement of the relative error object area. In this step, a comparison of the relative error between 2 objects and an estimate of the minimum difference value is close to zero. At a  $M_{seg}$  is a result of the proposed method,  $M_{man}$  is a result of the ground truth.

$$PAD = \left| \frac{M_{seg} - M_{man}}{M_{man}} \right| \times 100 \quad (7)$$

In this research experiment, the image algorithm was used to adjust the properties to obtain clear internal elements. Then, the result was taken to group with segmentation process. Next, the result from the segmentation process was pre-processed again with the morphological operation. Then, analyzing the properties of the area of interest, such as lumen and media-adventitia were performed by Blob analysis to extract both areas. The properties of acquired images were adjusted by CCA analysis, and the results were compared with the previous research, as shown in Table 1. The results of the fractionation efficiency by taking all the results obtained to find the standard deviation were determined as shown in Table 2.

However, from the experimental results with 24 images, in the proposed method got results value as compared with manual segment boundary by the expert from lumen boundary were obtain 0.9570 on Jaccard Index (JI) (Eq. (5)), 0.5291 on Hausdorff Distance (HD) Eq. (6) and 0.0382 at Percentage Area Distance (PAD) Eq. (7) JI when compared with the results, the method of this research approach is closer to 1, which is more accurate than the other methods, whereas HD approaches 0, therefore more accurate than the other methods. IVUS dataset [10] was used from Simone Balocco.

**Table 1.** Show the comparison between propose method and other.

Method	JI	HD	PAD
Anusorn w.	0.9453	0.5683	0.0167
H. Sofian	0.8541	0.7921	0.4360
<b>Propose</b>	0.9570	0.5291	0.0382

**Table 2.** STD (standard deviation), comparison media-adventitia and lumen boundary with results by expert.

IVUS IMAGE	Method (media-adventitia, lumen)		
	JI	HD	PAD
frame_02_0001_001	0.9667,0.9652	6.4772, 5.1524	0.0325, 0.0352
frame_02_0001_002	0.9542, 0.9637	5.7456, 5.2267	0.0371, 0.0335
frame_02_0001_003	0.9781, 0.9493	6.7958, 4.8276	0.0311, 0.0304
frame_02_0001_004	0.9672, 0.9621	5.8827, 5.3254	0.0337, 0.0443
frame_02_0001_005	0.9833, 0.9587	6.2426, 4.8998	0.0212, 0.0371
frame_02_0002_004	0.9591, 0.9565	5.9878, 5.4225	0.0324, 0.0359
frame_02_0002_005	0.9503, 0.8797	5.9667, 3.8899	0.0811, 0.0486
frame_02_0003_001	0.9643, 0.8848	5.2915, 4.8733	0.0233, 0.0592
frame_02_0003_002	0.9795, 0.9392	6.6744, 5.6293	0.0132, 0.0454
frame_04_0048_003	0.9698, 0.9564	5.7689, 5.8827	0.0457, 0.0415
frame_04_0048_005	0.9424, 0.9673	5.4882, 4.9884	0.0342, 0.0537
frame_04_0050_003	0.9711, 0.9681	6.3654, 4.5953	0.0116, 0.0546
frame_04_0050_004	0.9472, 0.9437	5.6569, 4.6585	0.0332, 0.0622
frame_04_0050_005	0.9658, 0.9486	6.3838, 4.9983	0.0431, 0.0524
frame_07_0018_003	0.9759, 0.9563	6.4417, 5.5896	0.0367, 0.0467
frame_07_0018_004	0.9633, 0.9739	5.9604, 5.7965	0.0382, 0.0374
frame_07_0018_005	0.9712, 0.9576	6.5872, 5.8447	0.0384, 0.0226
frame_07_0019_001	0.9592, 0.9476	5.9878, 5.4981	0.0471, 0.0355
frame_07_0019_002	0.9753, 0.9598	6.4332, 5.8843	0.0362, 0.0319
frame_07_0019_003	0.9765, 0.9587	6.4793, 4.8748	0.0367, 0.0275
frame_07_0019_004	0.9597, 0.9351	5.9057, 5.9962	0.0244, 0.0412
frame_07_0019_005	0.9724, 0.9586	6.4238, 5.8957	0.0133, 0.0368
frame_07_0020_005	0.9686, 0.9694	6.5543, 4.7574	0.0121, 0.0391
frame_07_0021_003	0.9644, 0.9503	6.4472, 5.2916	0.0412, 0.0322
STD of media boundary	0.010388531	0.39975791	0.014656378
STD of lumen boundary	0.023046964	0.52674492	0.010143827

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5 Conclusion

In the conclusion, this research is applied methods are used to segmentation region of interest in IVUS images. Consist of the following methods are image enhancement to adjust properties within the image, image cluster pixels to classify the data of grayscale image, the image properties were then adjusted using morphology. Then, blob analysis to segment the lumen and media-adventitia boundary from the image. In the final step, the extracted images are taken and analysis to detecting contour with the CCA. That may contribute to supporting the expert or physician to decision in the diagnosis. In the future, we will improve the segmentation methods and results to be more efficient and more accurate.

## References

1. Elangovan, V.R., Rajeswari, A.J., Akila, D., Hema Shankari, K., Suseendran, G.: Heart atherosclerosis detection using FCM+kMeans Algorithm. In: 2nd International Conference on Computation, Automation and Knowledge Management (ICCAKM), IEEE, Dubai (2021)
2. Sofian, H., Ng, A., Than, J., Mohamad, S., Noor, N.M.: Calcification boundary detection in coronary artery using intravascular ultrasound images. In: The 2017 IEEE Region 10 Conference (TENCON), pp. 2835–2839. IEEE, Penang (2017)
3. Onpans, J., Yookwan, W., Srikamdee, S.: Automated media segmentation in intravascular ultrasound images using geometric principal component analysis. In: 18th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, pp. 853–856. IEEE, Chiang Mai (2021)
4. Wong-Od, A., Rodtook, A., Rasmequan, S., Chinnasarn, K.: Automated segmentation of media-adventitia and lumen from intravascular ultrasound images using non-parametric thresholding. In: 9th International Conference on Knowledge and Smart Technology, pp. 220–225. IEEE, Chonburi (2017)
5. Yelmanov, S., Romanyshyn, Y.: Image enhancement technique for use in real-time mobile applications. In: 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), pp. 553–558. IEEE, Kyiv (2019)
6. Wang, J., Su, X.: An improved K-Means clustering algorithm. In: 3rd International Conference on Communication Software and Networks, pp.44–46. IEEE, Xi'an (2011)
7. Bedruz, R.A., Sybingco, E., Bandala, A., Quiros, A.R., Uy, A.C., Dadios, E.: Real-time vehicle detection and tracking using a mean-shift based blob analysis and tracking approach. In: 9th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM), pp. 1–5. IEEE, Manila (2017)
8. De Natale Francesco, G.B., Boato, G.: Detecting morphological filtering of binary images. *IEEE Trans. Inf. Forens. Secur.* **12**(5), 1207–1217 (2017)
9. Noknaka, K., Sankoh, H., Wanabe, R., Sabirin, H., Naito, S.: Efficient parallel connected component labeling with a coarse-to-fine strategy. *IEEE Access* **6**, 55731–55740 (2018)
10. Balocco, S., et al.: Standardized evaluation methodology and reference database for evaluating IVUS image segmentation. *Comput. Med. Imaging Graph.* **38**(2), 70–90 (2013)

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายนิพิชฌน์ อ่อนหิรัญ
วัน เดือน ปีเกิด	17 สิงหาคม 2536
ที่อยู่ปัจจุบัน	เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	(2558) วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานทางวิชาการ	Onhirun, Nippitch, et al. “Automatical IVUS Image Segmentation and Detection Using Blob Analysis”. Proceedings of the 18th International Conference on Computing and Information Technology (IC2IT 2022).



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
แบบฟอร์มการตรวจสอบการคัดลอกผลงานทางวิชาการ

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว) นีพิชฌน์ อ่อนหิรัญ รหัสนักศึกษา..... 61605040  
ระดับ (ปริญญาตรี/ปริญญาโท/ปริญญาเอก) สาขาวิชา..... วิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชา..... วิทยาการคอมพิวเตอร์  
คณะ..... วิทยาศาสตร์

ได้เสนอ

- |   |               |                     |
|---|---------------|---------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> วิทยานิพนธ์ | โครงการพิเศษ  | สหกิจศึกษา          |
| การค้นคว้าอิสระ                                 | ปัญหาพิเศษ    | เทียบเท่า ระบุ..... |
| ปริญญานิพนธ์                                    | การศึกษาอิสระ |                     |

หัวข้อเรื่อง

(ไทย)..... การพัฒนาระบบต้นแบบสำหรับการแยกส่วนภาพการตรวจคลื่นเสียงสะท้อนหลอดเลือดหัวใจบริเวณทางเดินเลือด  
(อังกฤษ)..... THE DEVELOPMENT OF INTRAVASCULAR ULTRASOUND IMAGE SEGMENTATION PROTOTYPY SYSTEM

ได้ตรวจเช็คผลงานวิชาการข้างต้นแล้ว ในภาคเรียนที่..... 1/65 วันที่..... 8 เดือน..... ธันวาคม ปี..... 2565

โดยใช้โปรแกรม

- อักษรวิสุทธิ์  TURNITIN

ทั้งนี้ ตรวจสอบพบความเหมือนของเนื้อหา..... 3.70 % โดยอาจารย์ที่ปรึกษายอมรับได้ว่าไม่ได้  
คัดลอกข้อความที่มีสาระสำคัญจากผลงานของผู้อื่น

ลายมือชื่อนักศึกษา..... นีพิชฌน์  
( นายนีพิชฌน์ อ่อนหิรัญ )  
วันที่..... 8 ธันวาคม 2565

ได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... ปัทมา เจริญพร  
( ผศ.ดร.ปัทมา เจริญพร )  
วันที่..... 8 ธันวาคม 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้