วิธีการหาขอบและแยกส่วนสำหรับภาพสองมิติจากเครื่องตรวจหัวใจด้วยคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูง

*มรกตกฤษณ์ ชุมศรี **รังสฤษฎ์ กาญจนะวณิชย์ *เอกรัฐ บุญเชียง
* ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
** ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

ABSTRACT - This paper presents the method to detect and segment an image from Two-Dimensional Short-Axis Echocardiogram (2D Echo). This method used to develop software that helps a doctor to analyze a heart disease. The analysis can be done by looking at an abnormal of region wall motion from echocardiogram. We perform a Synthetic M-Mode. It has a scanline that can measure a length of endocardium. Animation of 2D Echo has many frames. It takes more time to identify manual scanline but this method can identify endocardium border and generate scanline in every frames by semi-automatic process. The result is a distance between two endocardiums on a scanline. Therefore, the relationship between the frame number and the distance between two endocardiums is showed on the two-dimensional graph. This method applies Image Processing and Computer Graphic Algorithms. The method was divided into 3 steps. The fist step, we used Image Improvement Algorithm by using Brightness Adjustment, Histogram Stretch and Threshold. Then, Edge Detection Algorithm used to show edge on endocardium border. The last step, Segmentation and some computer graphic algorithms, filling algorithm, used to identify and generate contour line of the endocardium border. If we used a perfect original echocardiogram, we can conclude that this method has a high accuracy. The problems come from the color value of endocardium that closes to any noise region areas in the cavity and image background.

KEY WORDS - Edge Detection, Segmentation Algorithm, Contour Detection

บทคัดย่อ -- บทความนี้นำเสนอวิธีการในการหาขอบและแยกส่วนภาพสองมิติจาก Short-Axis Echocardiogram เพื่อทำให้สามารถระบุได้ว่าส่วนไหนในภาพเป็นผนังด้านในของกล้ามเนื้อหัวใจด้านใน (Endocardium) วิธีนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาซอฟท์แวร์ที่ช่วยในการวิเคราะห์โรคหัวใจอย่างเช่นโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ กล้ามเนื้อหัวใจตาย โดยแพทย์สามารถ ดูลักษณะการเคลื่อนไหวของผนังกล้ามเนื้อหัวใจว่ามีความผิดปกติหรือไม่ ซึ่งซอฟท์แวร์จะเลียนแบบวิธีการของเอ็มโหมดในเอ็คโคคาร์ดิโอแกรมคือจะมีการใช้สแกนไลน์วัดระยะทางของผนังหัวใจด้านในจากปลายด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งซึ่งจะทำให้ทราบระยะบีบและหดตัวของกล้ามเนื้อ หัวใจด้านใน ในแต่ละเฟรมของภาพภาพสองมิติของเอคโคคาร์ดิโอแกรมนั้นมีจำนวนเฟรมมาก ถ้าจะทำการกำหนดระยะทางของเส้นสแกนไลน์จากขอบด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งเองทุกๆเฟรมอาจเป็นการยาก แต่หากนำวิธีการข้างต้นมาใช้จะทำให้สามารถทราบระยะขอบด้านในของทุกๆ เฟรมได้อย่างอัตโนมัติและง่ายขึ้น รวมทั้งสามารถ คำนวณหาระยะทางจากสแกนไลน์ในแต่ละเฟรมได้จากตัวซอฟท์แวร์พร้อมทั้งสามารถนำผลที่ได้ไป แสดงในรูปของสถิติเพื่อทำการวิเคราะห์ได้ดีขึ้น อย่างเช่นระยะการบีบและหดตัวของผนังกล้ามเนื้อหัวใจด้านใน ของคนคนเดียวกันในสภาวะปกติ กับสภาวะที่มีอาการผิดปกติทางหัวใจในตำแหน่งต่างๆ จะมีความแตกต่างกันเป็นต้น วิธีการนี้ใช้กระบวนการภาพและคอมพิวเตอร์กราฟิกอัลกอริทึมมาประยุกต์โดยมีขั้นตอนคือ ขั้นแรกจะทำการปรับภาพให้ชัดเจนเพื่อที่จะให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถหาขอบได้แม่นยำที่สุด หรือเรียกว่า Image Improvement

โดยใช้วิธีการ การปรับระดับความสว่างของภาพ การขยายฮิสโทแกรม และเธรชโฮล์ด เข้ามาช่วยจากนั้นจึงนำภาพจากขั้นตอนนี้มาผ่านกระบวนการหาขอบเพื่อหาส่วนที่เป็นขอบทั้งหมดของภาพ สุดท้ายจะทำการแยกส่วนจากขอบที่ได้ว่าส่วนไหนเป็นส่วนของขอบด้านในของกล้ามเนื้อหัวใจที่เราต้องการโดยประยุกต์ใช้ คอมพิวเตอร์กราฟิกอัลกอริทึมและอัลกอริทึมในการแยกส่วนภาพมาใช้พร้อมทั้งแสดงส่วนที่เป็นขอบเขตของผนังกล้ามเนื้อหัวใจด้านใน ในรูปของเส้นโครงร่าง ผลของการทดลองนั้นสรุปได้ว่าความแม่นยำหรือถูกต้องของการหาขอบขึ้นอยู่กับภาพต้นฉบับที่เก็บมาทำการทดลองถ้าหากภาพต้นฉบับมีระดับความเข้มของแสงและความชัดเจนสูงรวมทั้งบริเวณเอ็นโดคาร์เดียมของภาพมีความชัดเจนในทุกๆ ทิศทางในทุกเฟรมภาพแล้ว สามารถที่จะหาขอบได้ถูกต้องมากที่สุด แต่มักจะมีปัญหาที่เกิดจากสีของภาพที่เป็นขอบด้านในมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับส่วนที่เป็นพื้นหลังหรือหลอดหัวใจทำให้ยากที่จะระบุสีของขอบในส่วนนั้น

คำสำคัญ - วิธีการการหาขอบภาพ, อัลกอรึทึมในการแยกส่วนภาพ, การหาเส้นโครงร่างภาพ

1. บทนำ

ในปัจจุบันโรคหัวใจเป็นโรคที่มี อัตราการเสี่ยงในการเสียชีวิตสูงมากและเอคโคคาร์ดิโอแกรมเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการประเมินและวินิจฉัยโรคหัวใจ ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยวิธีหนึ่งที่ช่วยแพทย์ทำการวินิจฉัยคือการดู การเคลื่อนไหวของผนังกล้ามเนื้อหัวใจ (Region Wall Motion) จากเอคโคคาร์ดิโอแกรมซึ่งทำให้สามารถประเมินโรคหัวใจบางอย่างได้อย่างเช่น โรคหลอดเลือดหัวใจตีบ ในการวิเคราะห์หรือวินิจฉัย โรคหัวใจจากเอคโคคาร์ดิโอแกรมจะมีการใช้งานโหมดต่างๆ หนึ่งในนั้นคือเอ็มโหมด (M-Mode) หรือ โมชันโหมด (Motion Mode) โดยที่โหมดนี้สามารถใช้วัดความหนา วัดค่าต่างๆ และดูการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อหัวใจที่มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ได้อย่างแม่นยำโดยการใช้ สแกนไลน์ (Scanline) ในการวัดระยะหรือขนาดของหัวใจจากเอคโคคาร์ดิโอแกรม [10][11]

ปัจจุบันมีผู้พัฒนาซอฟท์แวร์เพื่อใช้ในการดูภาพจากเอคโคคาร์ดิโอแกรมเพื่อให้ใช้งานได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทั่วไปได้[1] และมีการสร้างเอ็มโหมดจำลอง (Synthetic M-Mode) ขึ้นมาเพื่อให้แพทย์มีความสะดวกในการวินิจฉัยจากซอฟท์แวร์มากขึ้น แทนที่จะทำ เอ็มโหมดได้เฉพาะบนเครื่องเอคโคคาร์ดิโอแกรม โดยตรงเท่านั้นโดยที่เอ็มโหมดจำลองนั้นจะมีการใช้สแกนไลน์วัดระยะทางของขอบหัวใจจากปลายด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งซึ่งจะทำให้ทราบได้ว่า ผนังกล้ามเนื้อหัวใจตรงตำแหน่งที่มีการสร้างสแกนไลน์นั้น มีอัตราการหดและขยายตัวเป็นอย่างไรบ้างในแต่ละเฟรมภาพ ซึ่งตรงตำแหน่งนั้นๆ อาจมีความผิดปกติสำหรับผู้ป่วยโรคหัวใจ [3][8] แต่ว่าการที่จะสามารถกำหนดตำแหน่งและทิศทางของสแกนไลน์ให้เหมือนกันในทุกๆ เฟรมนั้นเป็นสิ่งที่ยากลำบากในการทำงานด้วยมือ ดังนั้นนักวิจัยหลายท่านจึงได้คิดวิธีการในการค้นหาขอบของหัวใจและวิธีการแยกขอบ หรือระบุส่วนที่เป็นขอบขึ้นมาเพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ในงานที่เกี่ยวกับเอคโคคาร์ดิโอแกรม อย่างเช่น เอ็มโหมดจำลองซึ่งจะต้องมีการสร้างสแกนไลน์ ให้พอดีกับตำแหน่งของขอบ

สำหรับเทคนิคในการหาขอบและ แยกส่วนภาพจากเอคโคคาร์ดิโอแกรมนั้นมีผู้นำเสนอมากมายล้วนแต่ใช้เทคนิคหลากหลายอย่างเช่นการใช้ฟัซซีลอจิก[2] การใช้ Morphological Analysis [5] และการใช้เทคนิค Threshold [9] เป็นต้น แต่ละวิธีล้วนแต่มีความซับซ้อน และความยากง่ายในการทำงานแตกต่างกัน และให้ประสิทธิภาพกับภาพ ในแบบที่อาจไม่เหมือนกัน ดังนั้นบทความนี้จึงได้นำเสนอ วิธีการหาขอบและแยกส่วนสำหรับภาพ Short-Axis Echocardiogram ซึ่งเป็นภาพแบบขาวดำ (Gray Scale) เพื่อช่วยในการระบุส่วนของขอบหัวใจด้านใน (Endocardium) โดยจะนำเสนอวิธีการที่ไม่ซับซ้อนแต่มีประสิทธิภาพ และสะดวกในการนำไปใช้งาน

2. วิธีการ

สำหรับวิธีการนี้จะประยุกต์ใช้ วิธีการทาง กระบวนการภาพ (Image Processing) และคอมพิวเตอร์กราฟิกอัลกอริทึม (Computer Graphics Algorithm) โดยที่จะแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอนหลักคือขั้นแรก จะทำการกรองภาพเพื่อกำจัดส่วนของ จุดสีส่วนเกิน (Noise) ในภาพและส่วนของวัตถุในภาพที่ไม่ใช่ส่วนของขอบ และจะมีการปรับภาพให้ชัดเจนขึ้นเพื่อให้ภาพอยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมในการระบุส่วนที่เป็นขอบมากที่สุด โดย เรียกขั้นตอนนี้ว่า Image Improvement หลังจากขั้นตอนนี้จะได้ภาพในรูปแบบที่สามารถแยก ส่วนที่เป็นขอบออกมาจากส่วนที่เป็นสิ่งรบกวนของภาพซึ่งโดยปกติภาพต้นฉบับ มักจะมีระดับความชัดเจนและความสว่างไม่เท่ากันและ อาจมีระดับของจุดสีส่วนเกินต่างกัน ขั้นตอนนี้จึงถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดเพราะถ้าสามารถจะลดจุดสีส่วนเกินของภาพให้ได้มากที่สุดแล้วจะส่งผลให้ขั้นตอนการแยกส่วน มีความสมบูรณ์มากที่สุด จากนั้นภาพที่ได้จากขั้นตอนนี้จะผ่านอัลกอริทึมในการหาขอบซึ่งในที่นี้จะใช้

โซเบลคอมพาสโอเปอเรเตอร์ (Sobel Compass Operator) และใช้เธรชโฮล์ดเพื่อกรองภาพให้เหลือแค่สีของพื้นหลังกับ สีขาวที่เป็นขอบ ซึ่งจากขั้นตอนนี้จะได้ภาพโครงร่างซึ่งจะมีเฉพาะสีขาวของวัตถุและสีดำของพื้นหลัง ขั้นตอนสุดท้ายนั้นจะประยุกต์ใช้วิธีการของการสร้างวงกลม (Circle Algorithm) โดยใช้สมการวงกลมมาประยุกต์ใช้กับ อัลกอริทึมการค้นหา(Search Algorithm) โดยขั้นตอนนี้จะเป็นแบบกึ่งอัตโนมัติเพราะจะต้องมีการรับค่า ส่วนที่เป็นจุดศูนย์กลางของบริเวณที่เป็นเอ็นโดคาร์เดียมแล้วจึงใช้วิธีการค้นหาจากจุดศูนย์กลางซึ่งจะเหมือนกับการระบายสีภาพในพื้นที่ปิด(Filling Algorithm) เพื่อค้นหาจุดสีที่เป็นขอบซึ่งจะมีสีตรงกันข้ามกับสีพื้นซึ่งจุดต่างๆจะถูกเก็บไว้ แต่ว่าแต่ละจุดอาจมีช่องว่างห่างระหว่างจุดมากเนื่องจากภาพต้นฉบับจะมีบริเวณของขอบที่มีสีกลืนกับสีพื้น ทำให้ถูกกรองออกไปด้วยจากขั้นตอนแรกดังนั้นจึงมีการใช้ Polyline Algorithm เพื่อสร้างเส้นเชื่อมต่อระหว่างจุดต่างๆซึ่งจะทำให้ได้ พื้นที่ปิดและเส้นที่เชื่อมจุดทั้งหมด จะเป็นเส้นโครงร่างของขอบหัวใจด้านในหรือเอ็นโดคาร์เดียม (Endocardium)

2.1 Image Improvement

2.1.1 Noise Supression

ขั้นตอนแรกของวิธีการนี้จะเป็นการกำจัดส่วนที่เป็นสิ่งรบกวนของภาพ (Noise Suppression) คือบริเวณที่เป็นช่องภายในขอบด้านในอาจมีส่วนที่เป็นพังผืด เพิ่มเข้ามาซึ่งความยากง่ายของการกำจัดส่วนนี้ออกไปคือ ขนาดของส่วนเกินตรงนี้ว่ามีการกระจายตัวกว้างขนาดไหน ขั้นตอนนี้จะใช้ข้อมูลจากภาพเฟรมถัดจากเฟรมปัจจุบันมาช่วยในการกรองซึ่งจะใช้วิธีการของ Mean Filter มาใช้ ดังต่อไปนี้

$$f_k^{(m)}(i,j)=\frac{1}{2}\left\{f_{k+1}^{(m-1)}(i,j)+f_k^{(m-1)}(i,j)\right\} \qquad (1)$$

โดยที่ k เป็นหมายเลขเฟรมของภาพ และ m เป็นจำนวนของการทำซ้ำ $f_k^{(0)}(i,j)$ เป็นค่าของสี ณ.ตำแหน่ง (i,j) ของภาพ และ $F_k=\left\{f_k(i,j)\right\}$ โดยที่ F_k เป็นค่าสี หลังจากที่ได้ผ่านการใช้ Mean Filter จำนวน m รอบ ในการใช้งานภาพแต่ละแบบจะใช้จำนวนรอบไม่เท่ากัน แล้วแต่ขนาดของสิ่งรบกวนในภาพดังนั้นขนาดของ m จึงแปรเปลี่ยนไปตามคุณภาพของภาพ [6] [9]

2.1.2 Threshod and Histogram

ขั้นตอนนี้จะใช้วิธีการของการทำเธรชโฮล์ด (Threshold) มาทำการกรองสีภาพที่ไม่ใช่สีพื้นแต่มีระดับใกล้เคียงกับสีพื้นเพื่อปรับสีส่วนนี้ให้เป็นสีพื้นหลัง ของภาพโดยที่จะมีการหาฮิสโทแกรมของภาพ และหาสีที่มีค่าต่ำสุดในภาพ แต่ไม่ใช่สีพื้นหลังของภาพดังนี้

MinColor=FindMin(Hist,level) เมื่อ Hist คือ Histogram ของภาพทั้งหมด level เป็นค่าสีเริ่มต้นที่จะค้นหาค่าสีต่ำสุดและFindMin เป็นฟังก์ชั่นในการหาค่าสีต่ำสุดที่ไม่ใช่สีพื้นหลังของภาพซึ่งก็คือ MinColor จากนั้นจึงเอาไปใช้ในเธรชโฮล์ดดังนี้

$$F(i,j)=\begin{cases}0 & (F(i,j)<(MinColor+Disance))\\ F(i,j) & (F(i,j)\geq(MinColor+Disance))\end{cases} \qquad (2)$$

เมื่อ $Disance=\{1,2,\ldots,(255\text{-MinColor})\}$

$F(I,J)$ คือค่าจุดสี ณ.ตำแหน่งแถวและคอลัมน์ของภาพ

2.1.3 HighPass Median Filtering

ขั้นตอนนี้จะทำกรองค่าสีโดยใช้ค่าสีรอบข้างของ แต่ละจุดมาประมาณค่าสีใหม่ของค่าสี ณ. ตำแหน่งนั้นๆ โดยใช้เมตริกซ์ขนาด 7x7 มาใช้ คือนำจุดรอบข้าง 3 แถวและ 3คอลัมน์ของแต่ละจุดในภาพมาคิดโดยจะนำทั้งหมดมาเรียงลำดับข้อมูลแล้วเอาค่าตัวกลางไปใช้ดังอัลกอริทึมต่อไปนี้

```
for(column=3;column<maxwidth-3;column++)Begin
  for(row=3;row<maxheight-3;row++) Begin
    for(m=0,k=column-3;k<column+4;k++)Begin
      for(l=row-3;l<row+4;l++,m++)Begin
        array[m]=F(k,l)
      End
    End
    Sort(array,49)
    F(column,row)=array[25]
  End
End
```

2.1.4 Brightness Adjustment

หลังจากการใช้ HigthPass Mean Filter แล้วจะทำการปรับความสว่างของภาพ และทำการกระจายฮิสโท-แกรมของภาพโดยใช้วิธีการ Histogram Stretch [7] หรือ Histogram Equalize [4] ซึ่งจะทำให้ส่วนที่เป็นขอบภาพ มีความสว่างขึ้นและทำให้มีระยะห่างระหว่างค่าของจุดสีที่เป็นจุดสีส่วนเกิน

กับจุดที่เป็นขอบมากกว่าเดิมเพราะว่าเกิดการกระจายของฮิสโทแกรมและหลังจากทำการปรับระดับความสว่างของขอบแล้วจึงใช้ วิธีการเธรชโฮล์ดจากขั้นตอน 2.1.2 อีกครั้งเพื่อกรองภาพให้เหลือแต่ส่วนขอบและกำจัดส่วนเกินในช่องระหว่างเอ็นโดคาร์เดียมให้ลดลง จากนั้นจึงใช้ Median Filtering โดยใช้ 2 แถวและ 2 คอลัมน์รอบจุดต่างๆในภาพเพื่อกำจัดจุดสีส่วนเกินในช่องระหว่างส่วนของเอนโดคาร์เดียมอีกครั้ง

2.2 การหาขอบ (Edge Detection)

ในขั้นตอนนี้ ภาพจากขั้นตอนแรกคือ Image Improvement จะถูกผ่านเข้าไปที่ อัลกอริทึมในการหาขอบโดยใช้ โซเบลคอมพาส โอเปอเรเตอร์ (Sobel Compass Operator) ทั้ง 8 ทิศทาง ดังต่อไปนี้

$$W_0=\begin{bmatrix}1&2&1\\0&0&0\\-1&-2&-1\end{bmatrix}\quad W_1=\begin{bmatrix}2&1&0\\1&0&-1\\0&-1&-2\end{bmatrix}\quad W_2=\begin{bmatrix}1&0&-1\\2&0&-2\\1&0&-1\end{bmatrix}$$

$$W_3=\begin{bmatrix}0&-1&-2\\1&0&-1\\2&1&0\end{bmatrix}\quad W_4=\begin{bmatrix}-1&-2&-1\\0&0&0\\1&2&1\end{bmatrix}\quad W_5=\begin{bmatrix}-2&-1&0\\-1&0&1\\0&1&2\end{bmatrix}$$

$$W_6=\begin{bmatrix}-1&0&1\\-2&0&2\\-1&0&1\end{bmatrix}\quad W_7=\begin{bmatrix}0&1&2\\-1&0&1\\-2&-1&0\end{bmatrix}$$

หลังจากนั้นจึงใช้ Threshold กรองค่าสีโดยที่จะทำให้ค่าสีเหลือแค่ค่าสีที่เท่ากับ 0 ซึ่งจะเป็นค่าสีพื้น และค่าสีที่เท่ากับ 255 คือค่าสีของวัตถุในภาพ

$$F(i,j)=\begin{cases}0 & (F(i,j)<T)\\ 255 & (F(i,j)\geq T)\end{cases} \qquad (3)$$

เมื่อ T คือค่า Threshold

2.3 Endocardium Segmentation

ในขั้นตอนนี้เป็นการแยกส่วนขอบด้านในของหัวใจจะใช้วิธีการค้นหาจากจุดศูนย์กลางโดยการใช้สมการ วงกลมเข้ามาช่วยในการค้นหาโดยที่จะต้องมีการกำหนดค่าจุดศูนย์กลางและ ค่าขอบเขตสูงสุดของการค้นหาจะทำในลักษณะที่คล้ายกับการใช้อัลกอริทึมในการระบายสี (Filling Algorithm) ซึ่งเมื่อได้จุดที่เป็นขอบทั้งหมดแล้ว จะมีบางจุดที่ไม่ต่อเนื่องและเกิดช่องว่าง ดังนั้น จะมีการใช้ Polyline Algorithm ในการลากเส้นต่อเนื่องจากแต่ละจุดจนได้พื้นที่ปิดซึ่งจะเป็นเส้นโครงร่างของส่วนเอนโดคาร์เดียม

2.3.1 Edge Pixel Searching

การค้นหาจุดที่เป็นขอบนั้นจะ ใช้หลักการสร้างวงกลมมาประยุกต์ใช้ซึ่งมีหลักการคือ จุดที่ประกอบเป็นวงกลมทั้งหมดนั้นจะเกิดจากการคำนวณค่าจากจุดศูนย์กลางและค่ารัศมีจากสมการคือ

$$Xnew=Xc+(Radius\times\cos(angle))$$

$$Ynew=Yc+(Radius\times\sin(angle))$$

ค่า Xnew และ Ynew นั้นจะถูกพล็อตลงไปซึ่งเมื่อเลื่อนมุม (ค่า angle) จาก 0 จนถึง 360 จะทำให้ได้จุดวงกลมรอบๆ จุดศูนย์กลาง Xc และ Yc ที่มีค่ารัศมีเท่ากับค่า Radius ซึ่งตรงจุดนี้ถ้าหากเพิ่มค่า Radius จาก 1 ไปจนถึงค่าสูงสุดค่าหนึ่งแล้ว ก็สามารถที่จะตรวจสอบได้ว่าระหว่างจุด Xnew ,Ynew นั้นๆ มีจุดที่เป็นส่วนของขอบหรือไม่และเมื่อได้จุดที่เป็นจุดของขอบก็ทำการเก็บรายการ(List) ของจุดที่เป็นขอบไว้ จากนั้นจึงใช้วิธีการของ Polyline Algorithm เพื่อลากเส้นเชื่อมต่อระหว่างจุดที่เป็นจุดขอบใน List ก็จะได้เส้นโครงร่างของขอบหัวใจด้านใน อัลกอริทึมสำหรับค้นหาขอบและ Polyline แสดงได้ดังต่อไปนี้

Edge Searching Algorithm

```
Begin
Num_Edge=1
For angle =0 to 360 do
Begin
   Radius=1
    Found=FALSE
    While(Found < > TRUE and Radius < MaxDistance)
    Begin
        Xnew=Xc+(Radius*Cos(angle))
        Ynew=Yc+(Radius*Sin(angle))
        IF Xnew < 0 or  Xnew > ImageWidth or  Ynew
        < 0  or Ynew > ImageHeight Then
        Begin
            Found=TRUE
        End
        Else
            Begin
             Color=F(Xnew,Ynew)
```

```
            IF Color ==255 and Found==FALSE
            Then
                Begin
                 Xedge[Num_Edge]=Xnew
                 Yedge[Num_Edge]=Ynew
                 Num_Edge=Num_Edge+1
                 Found=TRUE
                 End
               End
    Radius=Radius+1
    End
End
PolyLine(Xedge,Yedge,Num_Edge)
End
```

ค่า MaxDistance นั้นเป็นค่าวินโดว์สูงสุดจากจุดศูนย์กลางที่จะทำการค้นหา ในกรณีที่ไม่เจอขอบ เนื่องจากขอบทั้งหมดไม่ใช่พื้นที่ปิด ซึ่งอาจเกิดขึ้นจาก ขอบบางส่วนมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับค่าสีของจุดสีส่วนเกินมาก ทำให้ถูกกำจัดออกไปด้วยจากขั้นตอนแรก สำหรับ Polyline Algorithm สามารถแสดงได้ดังนี้

PolyLine Algorithm

```
Begin
  For index=1 to Num_Edge-1
  Begin
     DrawLine(Xedge[index],Yedge[index],
     Xedge[index+1],Yedge[index+1],ContourColor)
  End
  DrawLine(Xedge[Num_Edge],
  Yedge[Num_Edge],Xedge[1],Yedge[1])
End
```

ContourColor เป็นสีของเส้นโครงร่างที่เราต้องการแสดงบนภาพขาวดำของเอคโคคาร์ดิโอแกรม

2.3.2 Contour Pixel Searching

หลังจากที่มีการใช้ Polyline Algorithm เพื่อลากเส้นที่เป็นส่วนของเส้นโครงร่างเสร็จแล้วจะมีการเก็บ พิกัดของเส้นโครงร่างทั้งหมดไว้ โดยพิจารณาจากจุดที่มีค่าสีเท่ากับ ค่า ContourColor จากขั้นตอนก่อนหน้านี้ซึ่งมีอัลกอริทึมสำหรับค้นหาจุดที่เป็นเส้นโครงร่างทั้งหมดดังต่อไปนี้

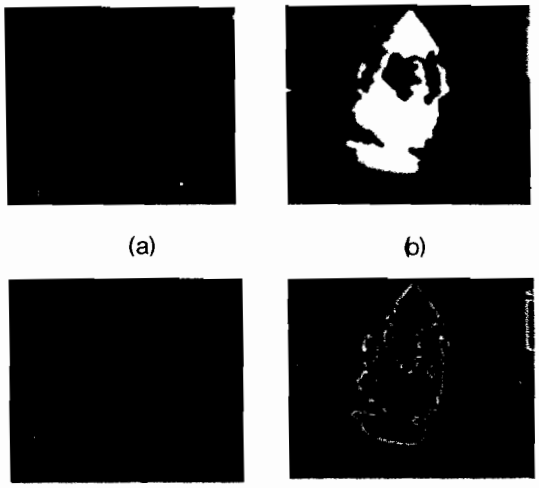
Contour Searching Algorithm

```
NumContour=1
Begin
    For column=1 to ImageWidth
      For row=1 to ImageHeight
        Begin
          If F(column,row)==ContourColor) Then
          Begin
              ContourX[NumContour]=column
              ContourY[NumContour]=row
             NumContour=NumContour+1
          End
        End
End
```

3. ผลการทดลอง

จากวิธีการที่ได้กล่าวมาข้างต้น ได้ทำการทดลองกับข้อมูลภาพจาก Short-Axis Echocardiogram จากเครื่อง Sonos 5500 ของศูนย์โรคหัวใจภาคเหนือ โรงพยาบาลมหาราช นครเชียงใหม่ จำนวน 3 ชุดโดยแต่ละชุดประกอบด้วยเฟรมภาพจำนวน 15 เฟรม แต่ละภาพมีขนาด 480x512 pixel ข้อมูลภาพที่ทำการทดลองเป็นเฟรมภาพที่มีลักษณะคล้ายกัน แต่ต่างกันตรงความเข้มของแสงในแต่ละภาพจะไม่เท่ากัน ภาพชุดที่ 1 จะมีระดับความเข้มของแสงมากที่สุด ค่าสีของจุดสีส่วนเกินจะมีค่ามากกว่าค่าสีพื้นหลังมาก ข้อมูลชุดที่ 2 จะมีระดับความเข้มปานกลาง ระดับค่าสีของ จุดสีส่วนเกินจะมีค่ากลางๆ ไม่ไกล้เคียงกับสีพื้นมากนัก แต่จะใกล้เคียงกับขอบบางส่วน ข้อมูลชุดที่ 3 บริเวณจุดสีส่วนเกินนั้นมีค่าใกล้เคียงกับพื้นหลังมาก หลังจากนั้นจึงนำมาทำการทดลองโดยที่ใช้ค่า Threshold ที่เหมาะสมกับแต่ละภาพ ใช้ค่า m ในกระบวนการ Noise Suppress เท่ากับ 6 ใช้ขนาดของวินโดว์เท่ากับ 100 ในกระบวนการแยกส่วนภาพแล้วดูอัตราความถูกต้องของจำนวนภาพในแต่ละชุดว่า มีความถูกต้องกี่เปอเซ็นต์โดยการประมาณความถูกต้องด้วย

สายตา จากนั้นจึงนำมาหาเปอร์เซ็นต์ ความถูกต้องของภาพในแต่ชุดว่ามีความแตกต่างกันมากขนาดไหน และได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

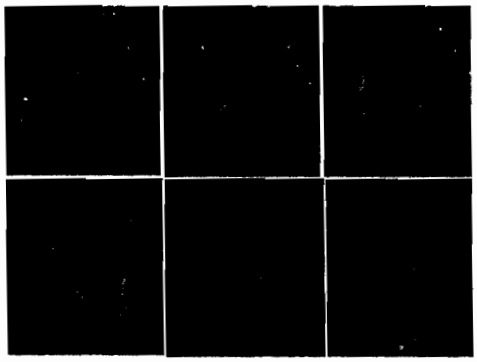


รูปที่ 1. แสดงรูปที่ผ่านขั้นตอนต่างๆ (a) รูปต้นฉบับ (b) รูปที่ผ่านกระบวนการ Image Improvement (c) รูปที่ผ่านกระบวนการ Segmentation และแสดง Contour Line และ (d) รูปที่ผ่านกระบวนการ Edge Detection

ตารางที่ 1. แสดงเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการแยกส่วนภาพและค่าเฉลี่ยความถูกต้อง

หมายเลขเฟรม	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของภาพในแต่ละเฟรม		
	ภาพชุดที่ 1 (%)	ภาพชุดที่2 (%)	ภาพชุดที่ 3 (%)
1	70	80	90
2	90	90	90
3	90	80	100
4	90	80	90
5	90	80	100
6	100	80	100
7	80	80	100
8	80	80	80
9	80	90	80
10	80	80	90
11	80	90	90
12	80	80	100
13	90	100	90
14	90	90	80
15	90	90	100
ค่าเฉลี่ย	85.33 %	84.67%	92.00%

จากตารางที่ 1 การประเมินอัตราความถูกต้องของภาพแต่ละภาพนั้นจะ มีการจำแนกชนิดของกลุ่มภาพ และระดับความสมบูรณ์ของภาพ แต่ละแบบไว้ภาพที่มีความสมบูรณ์ใกล้เคียงกันจะถูกให้ ค่าความสมบูรณ์ของการแยกส่วนที่เท่ากัน ดังตัวอย่างรูปต่อไปนี้



รูปที่ 2. แสดงตัวอย่างภาพที่อยู่ในกลุ่มความสมบูรณ์ของการแยกส่วน 80 เปอร์เซ็นต์

รูปที่ 3. แสดงตัวอย่างภาพที่อยู่ในกลุ่มความสมบูรณ์ของการแยกส่วน 90 เปอร์เซ็นต์

รูปที่ 4. แสดงตัวอย่างภาพที่อยู่ในกลุ่มความสมบูรณ์ของการแยกส่วน 100 เปอร์เซ็นต์

4. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าโดยรวมแล้วประสิทธิภาพของวิธีการหาขอบและแยกส่วนภาพที่ได้นำเสนอไปนั้น มีประสิทธิภาพเฉลี่ยอยู่ในช่วง 80-90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าให้ผลลัพธ์ที่ดีพอใช้แต่วิธีการที่ได้นำเสนอไปมีความเหมาะสมมากที่สุดกับรูปที่มีพื้นที่ปิดชัดเจนและไม่ซับซ้อนมาก ดังรูปที่ 5 เป็นตัวอย่างภาพที่ทำให้เกิดการรั่วของพื้นที่คือทำให้รูปไม่อยู่ในพื้นที่ปิด เพราะมีบางมุมของภาพที่ควรจะเป็นขอบ แต่มีสีใกล้เคียงกับสีพื้นมากจนทำให้ขอบบางส่วนอาจถูกกำจัดทิ้งไปพร้อมกับ กระบวนการกำจัดจุดสีส่วนเกิน

รูปที่ 5. แสดงตัวอย่างรูป ที่เกิดปัญหาจากขอบบางส่วนของเอ็นโดคาเดียม มีค่าสีใกล้เคียงกับสีพื้นมาก

จากตัวอย่างส่วนของขอบทางด้านมุมบนซ้ายที่มีสีใกล้เคียงกับสีพื้นมากจะทำให้ผลของการแยกส่วนภาพ มีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากไม่สามารถประเมินได้ว่าส่วนไหนที่เป็นบริเวณขอบซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ความแม่นยำหรือถูกต้องของการหาขอบขึ้นอยู่กับภาพต้นฉบับที่เก็บ มาทำการทดลองถ้าหากภาพต้นฉบับมีระดับ ความเข้มของแสงและความชัดเจนสูง รวมทั้งบริเวณเอ็นโดคาร์เดียม ของภาพมีความชัดเจนในทุกๆ ทิศทางในทุกเฟรมภาพแล้ว สามารถที่จะหาขอบได้ถูกต้องมากที่สุด แต่มักจะมีปัญหาที่เกิดจากสีของภาพที่เป็นขอบด้านใน มีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับส่วนที่เป็นพื้นหลัง หลอดหัวใจหรือส่วนพังผืดซึ่งทำให้ยากที่จะระบุค่าสีของขอบในส่วนนั้นแต่ว่า วิธีการนี้สามารถนำไปใช้งานได้ง่าย และมีประสิทธิภาพดีพอใช้ และวิธีการนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการ หาขอบของพื้นที่ปิดกับภาพชนิดอื่นได้อีก

เอกสารอ้างอิง

[1] E Boonchieng, JS Soble, K Dean, R Lang, J Roberge. "Three-Dimensional Reconstruction of Blood Flow within the Left Ventricle: Comparison of Normal, Dilated Cardiomyopathy and Reduced Ejection Fraction", Proceeding of Computers in Cardiology, IEEE, 2001.pp 605-608

[2] Lalande A, Legrand L, Walker PM, Brunotte F. "Use Of Fuzzy Techniques for the Automatic Identification of Left Ventricle Contours from Multi-Slice Short-Axis MR Imaging", Proceeding of Computers in Cardiology, IEEE, 1997

[3] Lee SH, Saltzberg MT, Soble JS, Neumann A, Roberge J, "Temporal Analysis of Regional Synthetic M-mode to Identify Abnormal Stress Echocardiographic Studies", Proceeding of Computers in Cardiology, IEEE, 1998

[4] Maher A, Sid-Ahmed, *Image Processing Theory, Algorithms, and Architectures*. New York:McGraw-Hill Book Co. ,1995, pp 67-71

[5] Marian M, Choy and Jesse S.Jin, "Morphological image analysis of leftventricular endocardial borders in 2d echocardiograms ", In Medical Imaging 1996. 1996, vol. 2710 of Proceedings of SPIE, SPIE

[6] Marian M, Choy and Jesse S.Jin, "Improving Border Identification in Two-Dimensional Echocaridograms Using Temporal Information", "http://citeseer.nj.nec. com/ 22142.html"

[7] Roni B, Yuval N, "Boundary Detection in Ultrasound images using Non Linear Laplace Filtering", "http://visl.technion.ac.il/projects/1999x32/ "

[8] Song I, Roberge J, Nuemann A, Marcus RH, Soble JS, "Tracking Regional Left Ventricular Wall Movement Using 2-D Echocardiographic Cineloops in Concert with Synthetic M-mode Images", Proceeding of Computers in Cardiology, IEEE, 1996

[9] W.Ohyama, T.Wakabayashi, F.Kimura, S.Tsuruoka, and K.Sekioka. "Automatic Left Ventricular Endocardium Detection in Echocardiograms Based onTernary Thresholding Method", Proc. 15th International Conference on Pattern Recognition, Sep. 3-8, 2000 Barcelona, Spain: Vol.4, pp.339-344

[10] ยงยุทธ สหัสกุล. "Measurement by M-mode and 2D", ที่ประชุมวิชาการสมาคมแพทย์โรคหัวใจแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมป์, 2544

[11] รังสฤษฎ์ กาญจนะวณิชย์, "Left Ventricular Wall Motion Analysis", ที่ประชุมวิชาการสมาคมแพทย์โรคหัวใจแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2544

มรกตกฤษณ์ ชุมศรี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีสาขา วิทยาการคอมพิวเตอร์ จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปี พ.ศ.2544 ปัจจุบัน เป็นนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีความสนใจในงานวิจัยทางด้าน2D and 3D Computer Graphics, Image Processing, Computer Network and Security, Cryptography และ Artificial Intelligence

รังสฤษฎ์ กาญจนะวณิชย์ จบแพทยศาสตร์บัณฑิต (เกียรตินิยม) จากมหาวิทยาลัยมหิดล (รามาธิบดี) วว.อายุรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (รามาธิบดี) และ Diploma in Cardiology จาก Imperial College School of Medicine จาก University of London (UK) ผู้เชี่ยวชาญและสนใจเรื่อง Echocardiography

เอกรัฐ บุญเชียง จบปริญญาตรีทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น ปริญญาโททางด้าน Computer Science จาก University of New Haven ประเทศสหรัฐอเมริกา และปริญญาเอกทางด้าน Computer Science จาก Illinois Institute of Technology ประเทศสหรัฐอเมริกา งานวิจัยหลัก คือ Computer Graphics และ Image Processing โดยเฉพาะ Medical Imaging และ BioMedical Engineering ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และตำแหน่งผู้จัดการโครงการเทคโนโลยีสารสนเทศ ประจำคณะวิทยาศาสตร์