

Diseño de una Interfaz Gráfica para Procesamiento de Imágenes Médicas

Ejemplificación de remarcado de bordes y segmentación básica.

Ruiz, Pablo.
IMD
ITESM
Ciudad de México
A01335986@itesm.mx

Abstracto—En la siguiente práctica se procesaron 29 imágenes provenientes de un estudio de resonancia magnética en donde se puede visualizar la actividad cardiaca. El objetivo fue separar la actividad del corazón y poder diferenciar los bordes tanto del epicardio como del pericardio para poder dar las bases para un futuro análisis como el estimado de volúmenes o áreas que puedan revelar cardiopatías o confirmar la correcta función del corazón como bomba. Se realizó una interfaz gráfica en MATLAB GUI en donde se puede visualizar el filtrado básico de las imágenes, la segmentación de la actividad cardiaca y el remarcado de bordes de los diferentes tejidos.

Palabras clave—MATLAB, Procesamiento de imágenes medicas, corazón como bomba, epicardio, endocardio, filtrado básico, segmentación.

I. INTRODUCCIÓN.

El corazón es el principal órgano dentro del sistema circulatorio. Es un músculo hueco y piramidal situado en la cavidad torácica y cuyo tamaño es un poco mayor que el puño de un sujeto.

En su estructura existen zonas llamadas *pericardio* (que es una membrana de doble capa fibrosa que envuelve al corazón y se proyecta hacia él revestida de una membrana serosa) y *endocardio* (que es la membrana más próxima al corazón y lo recubre). El estado fisiológico de este órgano es una variable crítica para la salud del paciente y por tal motivo la evaluación de sus características y funcionamiento es de amplio interés en el ámbito médico.

Una de estas características es la función que desempeña como bomba hidráulica que recibe sangre de la circulación sistémica y envía sangre a circulación pulmonar. Para evaluar la condición del corazón y su desempeño es fundamental saber el estado del epicardio y pericardio para de esta forma realizar mediciones de volumen o áreas que puedan revelar la actividad actual.

Para realizar esta tarea de análisis es fundamental una buena visualización del tejido y una buena técnica de segmentación y remarcado de bordes de dichas estructuras.

La técnica de resonancia magnética (MR) es una de las tendencias actuales que se utilizan en la Imagenología moderna. En términos muy generales: mediante la inducción

de campos magnéticos se le da un giro en específico a las moléculas de hidrógeno en el organismo y mediante la emisión de una onda de FM se puede captar en una antena el movimiento del único protón de la molécula de H⁺ al momento de retirar el campo magnético. Mediante el uso de estas técnicas se puede visualizar tejidos en el organismo mediante la obtención de imágenes en secuencia en un intervalo de tiempo; lo cual permite tener una imagen con buena resolución espacial y temporal que pueda ser utilizada para diagnóstico médico, mediciones antropomórficas, investigación biomédica, entre muchas otras.

El procesamiento de este tipo de imágenes médicas es fundamental para el estudio de esta ciencia; en él se utilizan técnicas matemáticas (principalmente estadísticas) que permiten modificar la imagen para obtener las características deseadas de la misma, mejorar la visualización, eliminar el ruido inmerso en el archivo, etc.

En este documento se describe el diseño de una Interfaz Gráfica utilizando el software MATLAB – GUI en donde se ejemplifican, mediante botones interactivos, las modificaciones realizadas a 29 imágenes de RM en donde se puede visualizar la actividad del corazón y se pueden distinguir las diferentes zonas; a las imágenes se les considera en esta práctica como 29 matrices de 759 x 759 en formato de 8 bits.

El objetivo es realizar una interfaz de fácil uso para el usuario para visualizar las imágenes en forma de cortometraje con diferentes características de filtrado básico: visualización de las imágenes originales, en blanco y negro, con filtro ‘prewit’, segmentación básica mostrando nada más el corazón; características de segmentación de bordes: visualización de mapa de bordes en imagen completa, mapa de bordes en tejido cardiaco aislado, realce de bordes en imagen original y el realce de bordes sobre tejido cardiaco segmentado.

II. MARCO TEÓRICO

A. Funciones Utilizadas en MATLAB.

Una de las funciones más básica e importantes para el procesamiento de imágenes es la transformación de RGB (Red,

Green and Blue) a escala de grises; esta función se vuelve necesaria para la aplicación de otro tipo de transformaciones posteriores (logarítmicas, exponenciales o gamma) y se puede implementar mediante la siguiente instrucción:

```
>> I = imread('Imagen Ejemplo.jpg');  
>> Igrises = rgb2gray(I);
```

De igual manera, se puede utilizar la siguiente función para convertir la imagen a blanco y negro:

```
>> Ibw = im2bw(I, .2) %Donde .2 es el umbral establecido.
```

Cuando la imagen es convertida a escala de grises, se guardan valores para los píxeles entre 0 (siendo el negro) y 255 (siendo el blanco). Esto es relevante pues se puede analizar el histograma de la imagen y colocar umbrales para creación de máscaras y filtros para la imagen.

Para la realización de máscaras, que serán imágenes del mismo tamaño que las originales pero con ciertas zonas con información establecida (por ejemplo, un cuadro en el centro blanco y los demás negro), es necesario tener las componentes frecuenciales de la imagen. Para ello, se utiliza la transformada de Fourier Rápida en la imagen y se obtienen dichas componentes:

```
>> Imagen_fft = fftshift(fft2(I));
```

En MATLAB existen funciones predeterminadas para el filtrado de las imágenes mediante la utilización de distintos tipos de filtros:

Filtro Prewit:

```
>> h = fspecial('prewit');  
>> ImagenfiltroP = imfilter(I,h)
```

Así como el filtro Prewit, existen otros tipos de filtrado y se utilizan para diferentes objetivos; cada uno de estos filtros ocupa funciones por las cuales se va a multiplicar la imagen (llamadas funciones Kernel y denotadas con la letra h) para generar una salida con diferentes características, como en un sistema de control.

El filtrado utilizando diferentes Kernel se puede realizar de una forma manual mediante la declaración de los Kernel (h); los cuales por definición son gradientes (matrices) con una organización de datos en específico que permite detectar bordes horizontales, verticales o diagonales. Este método se implementa con las siguientes instrucciones:

Filtro Sobel:

```
>> Hx = [-1 0 1 ; -3 0 3 ; -1 0 1]; %Gradiente en x.  
>> Hy = [-1 -3 -1 ; 0 0 0 ; 1 3 1]; %Gradiente en y.  
  
>> ImagenGx = imfilter(I,Hx);
```

```
>> ImagenGy = imfilter(I,Hy);
```

```
>> ImagenSumada = ImagenGy + ImagenGx; %Imagen  
sumada con los dos Kernel: Filtro de tipo Sobel.
```

Es importante una buena detección de bordes para poder una segmentación óptima. Para las técnicas de segmentación se utilizan herramientas de delineado de bordes, para ese objetivo se puede utilizar la siguiente función:

```
>> ImagenFiltrada = edge(I,'Nombre'); %Donde  
'Nombre' es el nombre del filtro a utilizar.
```

Posterior a esta detección de bordes se pueden aplicar otras funciones especiales como el dilatado de la imagen, rellenado de puntos, la eliminación de los bordes y erosionar la imagen para regresarla a su estado original; estas funciones nos pueden ayudar a las técnicas de segmentación, a continuación se muestran las funciones para realizarlo:

```
>> BWIdil = imdilate(Ibw); %Dilatado de imagen en  
blanco y negro.
```

```
>> BWIfill = imfill(BWIdil, 'holes'); %Llenado de puntos  
que quedaron de contorno en imagen dilatada.
```

```
>> BWIsinbordes = imclearborder(BWIfill, 4); %Imagen  
sin bordes (solo con la estructura interna).
```

```
>> BWIfinal = imerode(BWIsinbordes, umbral); %Imagen  
erosionada y regresada a sus estado original con bordes  
marcados.
```

Por último, la función utilizada para obtener los cortometrajes fue la siguiente:

Se guarda en una variable los 'frames' del set de imágenes

```
>> Imov = getframe; %29 en total  
>> movie(Imov); %Función para desplegar las imágenes  
en secuencia.
```

III. DISEÑO Y RUTINAS DE CONTROL

B. GUI (Interfaz gráfica).

A continuación se muestra un resumen con las características de la interfaz de la GUI.

Se implementaron 10 botones en total y una pantalla en donde se despliegan los corto metrajes de las imágenes.

El botón de **Cargar Imagen**, lee el archivo y carga las imágenes para ser modificadas y desplegadas; El botón de **Imágenes Originales** despliega el cortometrajes de las imágenes obtenidas de la MR; **Blanco y Negro y Filtro Prewit** muestran el set de imágenes pasadas a blanco y negro y con una aplicación del filtro prewit respectivamente; el de **Mapa de Bordes** despliega las imágenes resaltando únicamente los bordes y el botón de **Marca de Bordes en Imagen** despliega los bordes resaltados en la imagen original.

En el caso de los botones **Imágenes: Solo Corazón, Mapa de Bordes: Solo Corazón, Marca de Bordes: Solo Corazón**, se muestran las imágenes con el procesamiento mencionado anteriormente unido a una segmentación que muestra nada mas el corazón.

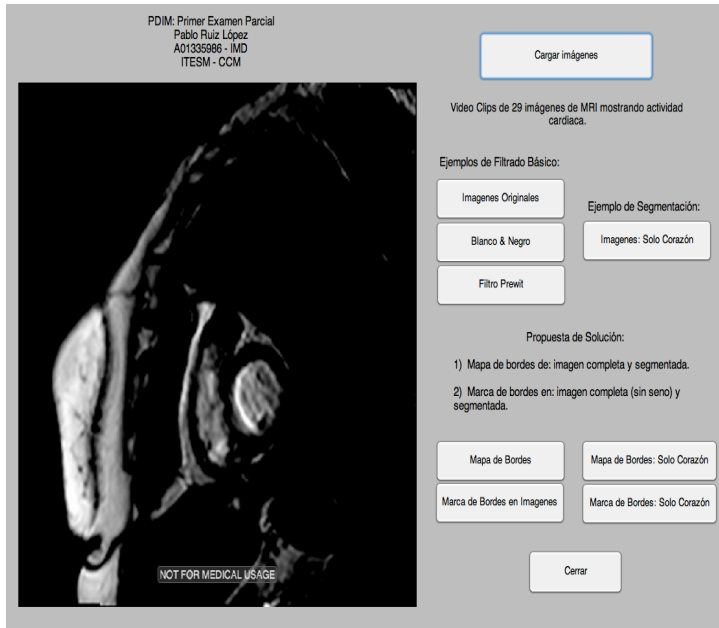


Fig. 1. Diseño de Interfaz.

C. GUI (Interfaz gráfica).

A continuación se indica el procedimiento a seguir en la rutinas establecidas para accionar el comando en los botones:

1.- Rutina para Cargar Imágenes:

En esta sección de código se carga el programa 'ExamenParcial1PDIM_PabloRuizLopez.mat' el cual contiene la matriz de I (donde se encuentran las 29 imágenes en escala de grises, tamaño $759 \times 759 \times 29$) y la variable d que será la estructura que guardara dichas imágenes (tamaño, 29×1).

También se puede encontrar la declaración de la variable universal *mascara* que será a que se utilizará para segmentar la imagen cuando sea necesario (figure 2D de tamaño: 759×759 y forma: negra en su totalidad excepto un cuadro ubicado en la zona donde se encuentra el corazón en las 29 imágenes).

2.- Rutina para Desplegar Imágenes Originales:

Se lee las imágenes y mediante el uso de la función *movie* y la variable *Imov* se despliega el cortometraje de las imágenes sin procesamiento alguno. Las imágenes se guardan en la variable *Imagenfdatos1* (tamaño: $759 \times 759 \times 29$).

3.- Rutina para Desplegar Imágenes Originales: Solo Corazón:

Se leen los datos adquiridos en la rutina para desplegar las imágenes originales (variable *Imagenfdatos1*), se da el ordenamiento de las frecuencias mediante la obtención de la transformada de Fourier de las imágenes obtenidas: con

ordenamiento se refiere a la centralización de todas las componentes de DC (o bajas frecuencias) y al aislamiento hacia los bordes de las altas frecuencias. Con este procedimiento se pueden remover las altas frecuencias de la imagen y posteriormente multiplicar esa imagen por la máscara establecida en la primer rutina para obtener una segmentación adecuada. Este procedimiento anteriormente descrito será llamado: **Procedimiento Estándar en Frecuencia**. La visualización se hace mediante la función *movie*.

4.- Rutina para Desplegar Imágenes en Binario

Mediante la transformación de las imágenes en grises a blanco y negro, se genera una matriz con la información de las imágenes pero en datos lógicos (1 y 0). Mediante la selección del umbral de acuerdo al histograma de la imagen se mandan algunos datos de la escala de grises a 1 y otros a 0. La visualización se hace mediante la función *movie*.

5.- Rutina para Desplegar Imágenes con Filtro Prewit

Para esta rutina se obtienen las imágenes originales y se les realiza un filtro de tipo 'Prewit' a cada una de ellas para efecto de visualización. La visualización se hace mediante la función *movie*.

6.- Rutina para Desplegar Mapa de Bordes de Imágenes

Se establecen los Kernel para realizar el filtrado de bordes (gradiente en x y gradiente en y). Los numero a utilizar en las matrices para las h (H_x , H_y) se establecieron mediante la inspección visual. Posteriormente se establece otro Kernel que será el que se utilizara en el método de la segunda derivada nombrado *Hsd*.

Se da el filtrado de las imágenes con los la variable *Hsd*; se hace la multiplicación de la imagen resultante para remarcar los bordes. Por otro lado, se filtra la imagen original con los gradientes en x y en y con las variables H_x y H_y .

Se suman las dos imágenes obtenidas con los dos filtrado y se hace una reconstrucción del mapa de bordes.

Las imágenes se guardan en la variable *Imagenfdatos9* (tamaño: $759 \times 759 \times 29$).

La visualización se hace mediante la función *movie*.

7.- Rutina para Desplegar Mapa de Bordes: Solo Corazón

Se lee la variable *Imagenfdatos9* y se le realiza el **Procedimiento Estándar en Frecuencia**. La visualización se hace mediante la función *movie*.

8.- Rutina para Desplegar Marca de Bordes sobre Imágenes

Se adquieren las imágenes originales, se les hace un filtrado tipo 'Prewit' para una mejor visualización y este filtro se le suma a la imagen original para evitar la pérdida de información.

Se puede visualizar que las componentes en frecuencia del epicardio difieren en gran medida al fondo negro de la

imagen; los cambios en el contraste se pueden utilizar mediante los operadores descritos en el Marco Teórico.

El primer paso para esta rutina es la aplicación de un filtro ‘Sobel’ y una afinación del umbral utilizado en este filtro para la visualización de los bordes [3].

Para mejorar la definición de los bordes en la imagen (puesto que se ven “punteados”) se utilizan elementos de estructuración tanto horizontales como verticales[3] que realiza la función *strel*.

Se dilata la imagen utilizando esas componentes para unir los bordes y darle una estructura mas homogénea y menos punteada.

Los bordes ahora se encuentran bien delineados pero la estructura presenta ciertos ‘huecos’ que revelan todavía presencia en del fondo, para eliminar estos componentes se utiliza la función *imfill* para rellenar el área.

Para remover las estructuras próximas (tejido no cardiaco) de la estructura a segmentar (corazón), se utiliza la función de *imclearborder* para eliminar esas conexiones.

Por último, se erosiona la imagen y se le suma a la imagen original para así desplegar todas las estructuras presentes en las imágenes originales pero con los bordes marcados de las estructuras deseadas.

Las imágenes resultantes se guardan en la variable *Imagenfdatos10* y la visualización se hace mediante la función *movie*.

9.- Rutina para *Desplegar Marca de Bordes sobre Imágenes: Solo Corazón:*

Se lee la variable *Imagenfdatos10* y se le realiza el **Procedimiento Estándar en Frecuencia**. La visualización se hace mediante la función *movie*.

9.- Rutina para *Cerrar:*

Se utiliza el comando *close all* para cerrar todas las ventanas y figuras que se estén utilizando.

IV. RESULTADOS

Todas las rutinas anteriormente mencionadas resultan funcionales, a continuación se presentan algunos de los resultados para cada una de ellas:

Se pueden visualizar de forma correcta las imágenes originales:



Fig. 2. Imágenes Originales.

Al convertir las imágenes a blanco y negro, es clara la binarización que presentan las imágenes:



Fig. 3. Imágenes en Blanco y Negro (Binarización).

Cuando a las imágenes se les aplica el filtro “Prewit” se nota una clara afinación de la imagen en cuanto a sus tonalidades y definición de ellas:



Fig. 4. Imágenes Filtradas con Prewit.

A continuación se muestran los mapas de bordes que revelan toda la imagen junto con las segmentadas presentando solo el corazón:



Fig. 5. Mapa de Bordes.

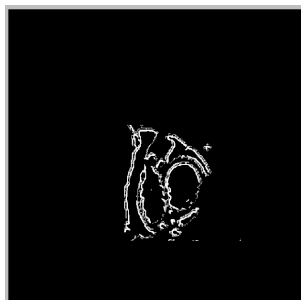


Fig. 6. Mapa de Bordes: Solo Corazón.

Por último, se presenta la Marca de Bordes remarcado sobre imágenes originales filtradas con “Prewit”, tanto en imágenes completas como en segmentadas:



Fig. 7. Marca de Bordes en Imagen

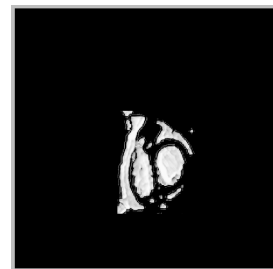


Fig. 8. Marca de Bordes en Imagen Segmentada

V. ANÁLISIS

Como puede apreciarse en la Figura 7 y 8, se pueden visualizar los bordes de las imágenes; en este caso el área de los ventrículos y tanto del epicardio como del pericardio puede delimitarse de forma correcta, por lo que la aplicación de esta técnica puede utilizarse para medición de volúmenes eyección sanguínea. Se puede ver que solo las estructuras pertenecientes al corazón y tejidos muy próximos son las que están remarcadas su bordes, las otras (como el seno y el esternón) se ven sin remarcar puesto que en este caso en particular no son de interés.

A pesar de las técnicas utilizadas para obtener el mapa de bordes, este todavía presenta algunos huecos al momento de delimitar el perímetro, pero en términos generales si se alcanzan a visualizar y diferenciar las estructuras.

VI. CONCLUSIONES.

- Se logró el objetivo de filtrar y procesar cada una de las imágenes de forma correcta y poderlas desplegar en un corto metraje para la visualización no solo anatómica sino funcional.
- La segmentación se realizó únicamente del tejido cardíaco pues segmentar estructuras más específicas requiere de filtros morfológicos; con las técnicas actuales en el curso se puede hacer este tipo de segmentación mas general pero igualmente efectiva para el análisis.

- Es de suma importancia el buen uso de las funciones y mantener el tipo de dato adecuado para cada una de ellas, es decir: ver si la función requiere que la imagen este en escala de grises, blanco y negro o en tipo de datos double o uint8.
- El uso de la interfaz gráfica en MATLAB se hizo de forma adecuada teniendo todos los botones funcionando y siendo muy intuitiva para el usuario final, cabe mencionar que esta interfaz solo funciona para las 29 imágenes de MR en específico; si se deseara utilizar otro tipo de imágenes sería necesario adecuar algunos parámetros.

REFERENCIAS

- [1] Barman, S., Barret, K., Boitano, S., Brooks, H. (2010). *Ganong. Fisiología médica*. McGraw Hill: Distrito Federal.
- [2] MATLAB GUI, Guide
- [3] MathWorks Web Page