

Tarea 1-Procesamiento de Imágenes Biomédicas

1st Daniel Vallejo Aldana
Departamento de Matemáticas
Universidad de Guanajuato
daniel.vallejo@cimat.mx

Resumen—En el presente trabajo se describirá la influencia de los elementos estructurantes así como la influencia de tres métodos de umbralización automática, en la tarea de realzado arterial sobre el conjunto de datos de Angiogramas obtenido de [1]

Index Terms—Realzado Arterial, Elementos Estructurantes, Umbralización Automática, Segmentación

I. INTRODUCCIÓN

Las Enfermedades Cardio Vasculares (ECV) son unas de las principales causas de enfermedad y muerte en los Estados Unidos de América [4]. De acuerdo a [4], se estima que alrededor de 62 millones de personas en dicho país padecen alguna ECV y que alrededor de 50 millones padecen hipertensión arterial. La técnica de realzado arterial, descrita en [2] y [5], permite procesar Angiogramas Coronarios de imágenes de rayos X, lo cual puede ayudar para la detección y posterior tratamiento de alguna ECV. En el presente trabajo se presenta una implementación similar a lo descrito en [2], cambiando los métodos de umbralización y evaluado los resultados con diferentes métricas de evaluación presentadas en las siguientes secciones.

II. MÉTODO/ALGORITMO

El procedimiento de realzado arterial descrito en el presente trabajo se basa en el método propuesto por [2].

II-A. Elementos estructurantes

Se consideraron dos elementos estructurantes para esta tarea, el primero de ellos es un elemento estructurante de disco de tamaño 25×25 como se propone en el trabajo de [2]. Así mismo se consideró para esta primera etapa otro elemento estructurante de tipo diamante de tamaño igual al primer elemento estructurante para comparativa. Los elementos estructurantes considerados para esta tarea se muestran en la figura 1

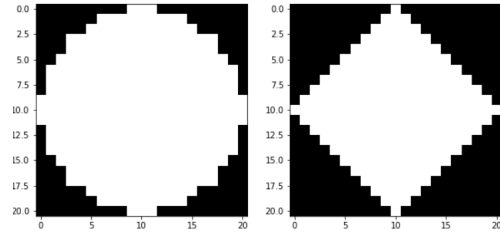


Figura 1. Elementos estructurantes considerados en el presente trabajo, en la izquierda es el elemento estructurante de diamante y en la derecha el elemento estructurante de tipo disco

II-B. Top-Hat

De igual forma a lo descrito en [2], sea f la imagen de entrada entonces consideramos la siguiente transformación sobre $f \in \mathbb{R}^2$ utilizando el elemento estructurante $SE \in \mathbb{R}^2$

$$TopHat(f, SE) = f - Dilate(Erode(f, SE), SE)$$

Donde *Dilate* y *Erode* son las transformaciones de dilatación y erosión descritas en [2] utilizando el elemento estructurante SE .

Notemos que en la presente tarea consideramos dos posibilidades, la primera toma en cuenta una versión iterada de TopHat con 100 iteraciones donde 100 fue un valor descubierto de forma empírica, así mismo se probó usando solamente la operación TopHat descrita en cv2, sin embargo debido a los resultados que arroja esta técnica no fue considerada para el presente reporte.

II-C. Umbralización automática

En el presente trabajo se consideraron dos métodos de umbralización automática, el primero considerando lo propuesto en [2] donde se considera un threshold usando la media de todos los pixeles de la imagen resultante de $TopHat(f)$.

El segundo método es el método de Otsu [3], el cual al igual que el método anterior intenta separar el fondo del área de interés y que se basa en una búsqueda exhaustiva para encontrar el threshold que minimiza la varianza intra clase.

El siguiente método de umbralización automática es el método de umbralización por media adaptativa, este método considera una vecindad de tamaño $n \times n$ y aplica un threshold de acuerdo a la media de dicha vecindad. Para este caso consideramos $n = 11$ el tamaño de nuestra vecindad.

II-D. Detección de componentes conexas

Para la detección de componentes conexas dentro de la imagen umbralizada usamos el algoritmo de componentes conexas implementado por la librería `cv2` de Python. De acuerdo a [2] para detectar el componente conexo que corresponde a la región de interés, es necesario dar de forma manual un punto que esté en la región que queremos obtener. En este caso, se selecciona un punto de forma aleatoria de la imagen real (Ground Truth) que es nuestro punto de selección asistida para hacer el filtrado por componentes conexas.

III. RESULTADOS

Consideraremos primero los resultados obtenidos siguiendo el proceso descrito en [2]. Posteriormente, se evaluará el tamaño óptimo de los diferentes elementos estructurantes de acuerdo al paper de [5] y finalmente se evaluarán estos resultados sobre el conjunto de prueba. Para estos experimentos consideramos como conjunto de entrenamiento una muestra aleatoria de $n = 100$ elementos de la base de datos descrita en [1] y como conjunto de prueba los $m = 34$ elementos restantes de dicho conjunto. Por simplicidad consideraremos *TRAIN* el conjunto de entrenamiento y *TEST* el conjunto de prueba.

III-A. Consideración de un tamaño de elemento estructural fijo

A continuación se presentan los resultados de la evaluación sobre el conjunto de entrenamiento *TRAIN* usando un elemento estructural de tamaño 25×25 evaluado con las métricas, Accuracy, Precision, Specificity, Jaccard Score y el area de la curva ROC.

III-A1. Elemento estructural de disco y Global threshold: A continuación mostramos los resultados de evaluación con Threshold global y con un elemento estructural de tipo disco

Acc	Prec	Specificity	Jaccard	ROC
0.604	0.627	0.969	0.117	0.563

Cuadro I

EVALUACIÓN CON ELEMENTO ESTRUCTURAL DE DISCO Y GLOBAL THRESHOLD

III-A2. Elemento estructural de diamante y Global threshold: A continuación mostramos los resultados de evaluación con Threshold global y con un elemento estructural de tipo diamante

Acc	Prec	Specificity	Jaccard	ROC
0.596	0.647	0.970	0.121	0.556

Cuadro II

EVALUACIÓN CON ELEMENTO ESTRUCTURAL DE DIAMANTE Y GLOBAL THRESHOLD

III-A3. Elemento estructural de disco y Otsu threshold: A continuación mostramos los resultados de evaluación con Threshold de Otsu y con un elemento estructural de tipo disco

Acc	Prec	Specificity	Jaccard	ROC
0.6418	0.5793	0.9678	0.1239	0.5626

Cuadro III

EVALUACIÓN CON ELEMENTO ESTRUCTURAL DE DISCO Y OTSU THRESHOLD

III-A4. Elemento estructural de diamante y Otsu threshold: A continuación mostramos los resultados de evaluación con Threshold de Otsu y con un elemento estructural de tipo diamante

Acc	Prec	Specificity	Jaccard	ROC
0.6434	0.5902	0.9687	0.1285	0.5691

Cuadro IV

EVALUACIÓN CON ELEMENTO ESTRUCTURAL DE DIAMANTE Y OTSU THRESHOLD

III-A5. Elemento estructural de disco y Mean Adaptive Threshold: A continuación mostramos los resultados de evaluación con Mean Adaptive Threshold y un elemento estructural de tipo disco

Acc	Prec	Specificity	Jaccard	ROC
0.915	0.758	0.985	0.377	0.726

Cuadro V

EVALUACIÓN CON ELEMENTO ESTRUCTURAL DE DISCO Y MEAN ADAPTATIVE THRESHOLD

Finalmente, tenemos las métricas de evaluación usando un elemento estructural de tipo diamante con un Mean Adaptive Threshold.

III-A6. Elemento estructural de diamante y Mean Adaptive Threshold: A continuación mostramos los resultados de evaluación con Mean Adaptive Threshold y un elemento estructural de tipo diamante

Acc	Prec	Specificity	Jaccard	ROC
0.903	0.786	0.986	0.373	0.714

Cuadro VI

EVALUACIÓN CON ELEMENTO ESTRUCTURAL DE DIAMANTE Y MEAN ADAPTATIVE THRESHOLD

De las tablas anteriores podemos ver que el método de umbralización Mean Adaptive Threshold supera por mucho al método clásico de umbralización de Global Threshold y al método de Otsu, así mismo se puede

observar que la forma del elemento estructurante no es un factor determinante en el realzado arterial.

En la figura 2 podemos encontrar un ejemplo de realzado arterial usando tal cual el método propuesto en [2], de la imagen del centro la cual corresponde a la predicción después de aplicado el procedimiento podemos ver que no concuerda en su mayoría con la imagen esperada.

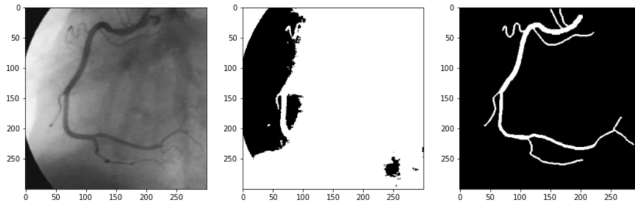


Figura 2. Ejemplo de realzado arterial con Global Threshold

Por otro lado, de la figura 3 podemos notar que la imagen que corresponde a la segmentación es muy similar a la que se espera descrita en la última figura a la derecha de la Figura 3. Al calcular el accuracy de la predicción obtenemos un 92 % lo cual nos indica que el método es una buena aproximación a la solución del problema.

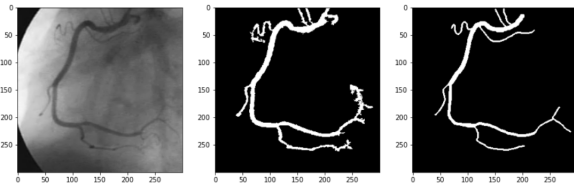


Figura 3. Ejemplo de segmentación con Mean Adaptive Threshold

III-B. Encontrar el tamaño óptimo del elemento estructurante

Para encontrar el tamaño ideal de los elementos estructurantes se propusieron diferentes tamaños posibles y se tomó como medida el accuracy para determinar que elemento estructurante daba mejores resultados, en la tabla

SE	Umbral	Dimensión ideal
Disco	Global	3
Diamante	Global	3
Disco	Otsu	9
Diamante	Otsu	21
Disco	MAT	9
Diamante	MAT	13

Cuadro VII

TAMAÑOS IDEALES DE ELEMENTOS ESTRUCTURANTES

Donde MAT es el Mean Adaptive Threshold. Así mismo de los experimentos realizados en el conjunto de entrenamiento, podemos ver que el tamaño del elemento

estructurante varía dependiendo de la muestra que se considere como conjunto de entrenamiento.

III-C. Evaluación de resultados obtenidos en el entrenamiento sobre el conjunto de prueba

III-C1. Global Threshold y elemento estructurante de disco: En la Tabla VIII se tienen los resultados de las métricas utilizadas en el presente trabajo sobre el conjunto *TEST* con un elemento estructurante de tipo disco con dimensión 3×3

Acc	Prec	Specificity	Jaccard	ROC
0.6036	0.7707	0.978	0.1415	0.5684

Cuadro VIII

EVALUACIÓN CON ELEMENTO ESTRUCTURANTE DE DISCO Y GLOBAL THRESHOLD

III-C2. Global Threshold y elemento estructurante de diamante: En la Tabla IX se presentan los resultados de las métricas utilizadas en el presente trabajo sobre el conjunto *TEST* con un elemento estructurante de tipo diamante con dimensión 3×3

Acc	Prec	Specificity	Jaccard	ROC
0.4629	0.8139	0.9774	0.0764	0.5275

Cuadro IX

EVALUACIÓN CON ELEMENTO ESTRUCTURANTE DE DIAMANTE Y GLOBAL THRESHOLD

III-C3. Otsu Threshold y elemento estructurante de disco: En la Tabla X se presentan los resultados de las métricas utilizadas en el presente trabajo sobre el conjunto *TEST* con un elemento estructurante de tipo disco con dimensión 9×9

Acc	Prec	Specificity	Jaccard	ROC
0.5772	0.6926	0.9758	0.0984	0.5528

Cuadro X

EVALUACIÓN CON ELEMENTO ESTRUCTURANTE DE DISCO Y OTSU THRESHOLD

III-C4. Otsu Threshold y elemento estructurante de diamante: En la Tabla XI se presentan los resultados de las métricas utilizadas en el presente trabajo sobre el conjunto *TEST* con un elemento estructurante de tipo disco con dimensión 21×21

Acc	Prec	Specificity	Jaccard	ROC
0.5603	0.7113	0.9757	0.1004	0.5462

Cuadro XI

EVALUACIÓN CON ELEMENTO ESTRUCTURANTE DE DIAMANTE Y OTSU THRESHOLD

III-C5. Mean Adaptive Threshold y elemento estructurante de disco: En la Tabla XII se muestran los resultados de las métricas utilizadas en el presente trabajo sobre el conjunto *TEST* con un elemento estructurante

de tipo disco con dimensión 9×9 y umbralizado con MAT.

Acc	Prec	Specificity	Jaccard	ROC
0.920	0.782	0.987	0.400	0.7321

Cuadro XII

EVALUACIÓN CON ELEMENTO ESTRUCTURANTE DE DISCO Y MAT

III-C6. Mean Adaptive Threshold y elemento estructurante de diamante: En la Tabla XIII se muestran los resultados de las métricas utilizadas en el presente trabajo sobre el conjunto *TEST* con un elemento estructurante de tipo diamante con dimensión 13×13 y umbralizado con MAT.

Acc	Prec	Specificity	Jaccard	ROC
0.937	0.781	0.986	0.432	0.750

Cuadro XIII

EVALUACIÓN CON ELEMENTO ESTRUCTURANTE DE DIAMANTE Y MAT

De las tablas VIII, IX, XII,X,XI XIII podemos notar que el tamaño del elemento estructurante mejoró los resultados en el accuracy sobre el conjunto de prueba en comparación a los resultados obtenidos usando un tamaño de 19×19 sobre el conjunto de entrenamiento. Sin embargo, no se encuentra mejora significativa sobre aquellas imágenes en cuyo procesamiento se usó un método de umbralización del tipo MTA.

IV. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye que un factor determinante para la mejora en el rendimiento de la tarea de realzado arterial es el método de umbralización que se utilice para la imagen después de ser procesada con la operación *TopHat*. Así mismo el tamaño del elemento estructurante puede ayudar en la mejora del rendimiento de la tarea anteriormente descrita como se muestra en la última sección de resultados. De acuerdo a los resultados encontrados también es posible concluir que la forma del elemento estructurante no representa una mejora significativa para el realzado arterial, sin embargo, al solo haberse probado dos formas del elemento estructurante, son necesarias más pruebas para sustentar esta hipótesis.

REFERENCIAS

- [1] Fernando Cervantes-Sanchez, Ivan Cruz-Aceves, Arturo Hernandez-Aguirre, Martha Alicia Hernandez-Gonzalez, and Sergio Eduardo Solorio-Meza. Automatic segmentation of coronary arteries in x-ray angiograms using multiscale analysis and artificial neural networks. *Applied Sciences*, 9(24):5507, 2019.
- [2] Sigeru Eiho and Ying Qian. Detection of coronary artery tree using morphological operator. In *Computers in Cardiology 1997*, pages 525–528. IEEE, 1997.
- [3] Dongju Liu and Jian Yu. Otsu method and k-means. In *2009 Ninth International Conference on Hybrid Intelligent Systems*, volume 1, pages 344–349. IEEE, 2009.

- [4] Elizabeth G Nabel. Cardiovascular disease. *New England Journal of Medicine*, 349(1):60–72, 2003.
- [5] Y Qian, S Eiho, N Sugimoto, and M Fujita. Automatic extraction of coronary artery tree on coronary angiograms by morphological operators. In *Computers in Cardiology 1998. Vol. 25 (Cat. No. 98CH36292)*, pages 765–768. IEEE, 1998.