

Segmentación y procesamiento de imágenes médicas

Medical images segmentation and processing

Artículo de revisión

“

Palabras clave:
Imágenes médicas,
Técnicas de segmentación,
Procesamiento de imágenes médicas.

Keywords:
Medical imaging,
Segmentation techniques,
Medical image processing.



Aura Elena Suárez Alfonso

Docente Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ciencias
asuarez02@uan.edu.co

Resumen

A partir de una breve definición y descripción de la segmentación y del procesamiento de imágenes médicas, obtenidas por medio de diferentes métodos de diagnóstico, se establece la importancia de estos procesos con el fin de contribuir en la medicina y sus diferentes especialidades y en la calidad de vida de los pacientes. Para finalizar, se mencionan algunas aplicaciones en diferentes tipos de patologías y se enfatiza en la necesidad de la creación de algoritmos automáticos para apoyar los procesos médicos desde la Ingeniería y la aplicación de las ciencias exactas.

Abstract

From a brief definition and description of the segmentation and processing of medical images obtained by different diagnostic methods, the importance of these processes is established in order to contribute to medicine and its different specialties and to the quality of life of patients. Finally, some applications in different types of pathologies are mentioned and the need for the creation of automatic algorithms to support medical processes from Engineering and the application of exact sciences is emphasized.

Introducción

Se define una imagen médica como una sección escaneada del cuerpo, obtenida a partir de diferentes métodos de diagnóstico como, por ejemplo, resonancia magnética o tomografía computarizada u otros métodos que se utilizan actualmente. La información que brinda un paquete de diagnóstico de un paciente es de gran importancia e interés, dado que permite descubrir características no perceptibles a simple vista. Por esta razón se han implementado técnicas y procesos de segmentación y procesamiento de las imágenes médicas, con el fin de enriquecer y ayudar al diagnóstico y tratamiento de patologías como el cáncer, enfermedades neurodegenerativas, a nivel del sistema óseo, entre otras.

El objetivo de los diferentes métodos y modelos propuestos a lo largo del tiempo, es el de estructurar algoritmos automáticos que permitan, con la mínima intervención del usuario, reconocer diferentes características asociadas a una patología.

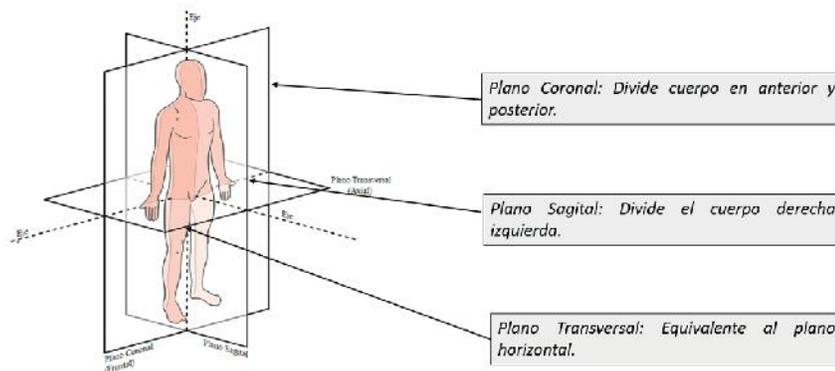
A continuación, en primer lugar, se define qué es una imagen médica y su procesamiento, posteriormente se realiza una corta

descripción a algunos métodos relevantes aplicados a la segmentación y procesamiento de imágenes médicas. Para finalizar, se mencionan algunas patologías en las que múltiples autores han realizado aportes desde los algoritmos de segmentación para apoyar el diagnóstico y/o tratamiento de las mismas. Se concluye con algunas ideas fundamentales que permiten al lector entender la importancia de los procesos descritos, desde la medicina, la ingeniería y la aplicación de las ciencias exactas.

Imágenes médicas y procesamiento

Una imagen médica es una sección escaneada del cuerpo obtenida por medio de “cortes” relacionados a planos anatómicos que permiten dividir el cuerpo desde tres puntos de vista: sagital, coronal y transversal, como se puede ver en la Figura 1. El plano coronal divide el cuerpo en anterior y posterior, el sagital en derecha e izquierda y el transversal divide el cuerpo en arriba y abajo. Las imágenes médicas se obtienen a partir de diferentes técnicas no invasivas que se utilizan para realizar un diagnóstico, tales

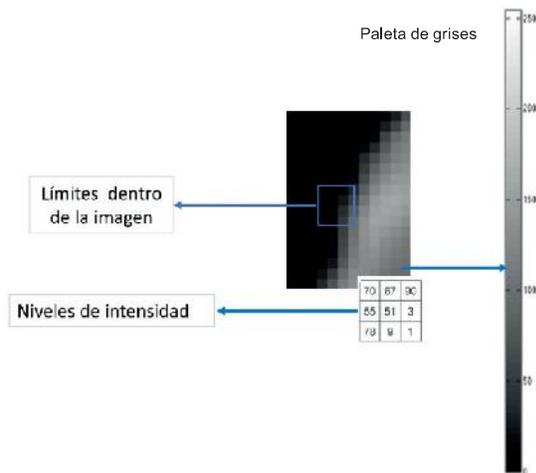
Figura 1. Planos anatómicos.



Fuente: Imagen adaptada de De Azevedo Guaura (s.f.).

como rayos X (RX), ultrasonido, Tomografía Axial Computarizada (TAC), ecografía y Resonancia Magnética (RM). Están compuestas por elementos básicos denominados píxeles distribuidos en dirección: horizontal y vertical. Por esta razón, una imagen puede ser representada por medio de una matriz bidimensional donde cada elemento de la matriz almacena información de los niveles de intensidad de gris de la imagen, como se observa en la Figura 2.

Figura 2. Niveles de intensidad de una imagen y representación en una matriz bidimensional.



Fuente: Elaboración propia.

El formato estándar de imágenes médicas es el formato DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine), este formato permite encontrar en una imagen, algunos datos demográficos, mediciones de los estudios realizados en el paciente en un lenguaje común e información relevante para el diagnóstico. Sin embargo, no siempre es sencillo realizar un diagnóstico desde una imagen inicial, por esta razón, la segmentación tiene un papel importante en la imagenología médica, porque su aplicación facilita la detección de contornos y lesiones que simplifican el diagnóstico y el posterior tratamiento médico (Dolgis, 2015; Lee et al., 2010).

La segmentación de imágenes médicas se define como la división de un conjunto de datos en regiones contiguas, cuyos elementos (píxeles) comparten propiedades comunes (Gavidia, 2009). Es un método de procesamiento que recibe como entrada una imagen digital en tonos grises, que representa una determinada región del cuerpo (Dolgis, 2015) y cuya salida está constituida por una serie de regiones de interés de la estructura anatómica (ver Figura 3). También se puede definir, como un proceso que permite dividir una imagen en varias partes o grupos de píxeles, y establecer o encontrar límites dentro de la imagen.

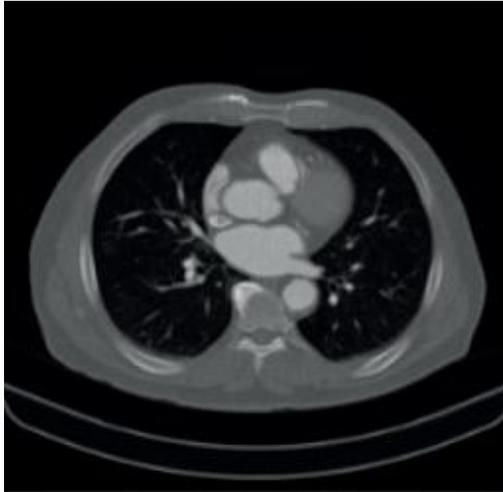
Las imágenes médicas poseen en muchos casos un alto valor de ruido, es decir, una variación aleatoria del brillo o del color. Por tal razón, es necesario el uso de filtros en la etapa de pre procesamiento de la imagen. Los filtros son procedimientos que operan directamente en los píxeles, cambiando en nivel de intensidad de un pixel en función de sus vecinos. Las operaciones de filtrado permiten encontrar el valor de un nuevo pixel a partir de un conjunto de píxeles, provenientes de la imagen original, sin afectar la geometría del pixel resultante.

Métodos de segmentación

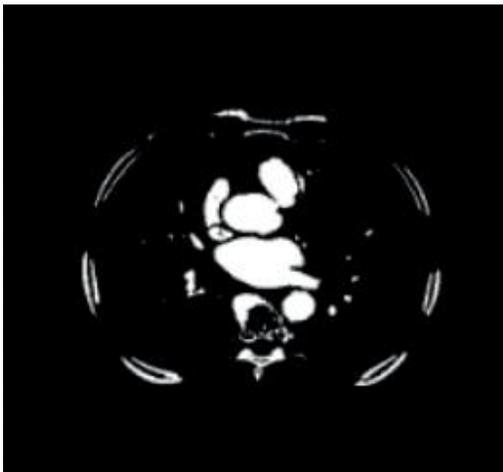
Los métodos para llevar a cabo la segmentación, varían ampliamente según el caso de estudio. No es posible seguir los mismos patrones de segmentación en diferentes partes del cuerpo, debido a la composición y niveles de intensidad asociados a la imagen. Por tal razón, es complejo asumir un solo proceso si se requiere trabajar segmentación en imágenes del tejido del cerebro, del corazón o problemas óseos, entre otros (Gavidia, 2009, Yoshinobu, 1998, Ng et al., 2006). De esta manera, se recomienda seguir un proceso de segmentación específico

Figura 3. Segmentación de una imagen médica.

a. Imagen de entrada digital.



b. Segmentación regiones de interés.



Fuente: Elaboración propia.

según el tipo de imagen a segmentar o la ubicación anatómica de la región de interés, según la necesidad del usuario.

Existen en la actualidad innumerables algoritmos de segmentación, algunos de ellos altamente especializados. A continuación se realizará una breve descripción de algunas técnicas para llevar a cabo el proceso.

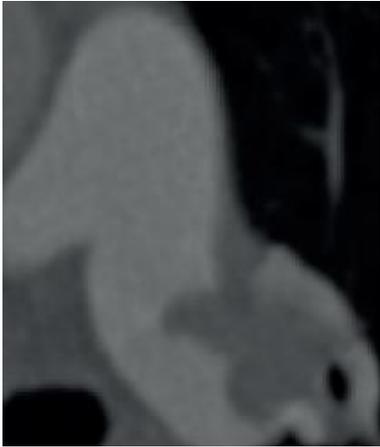
Un método básico es la **segmentación manual**, en este caso es el usuario quien delimita la

región de interés, es claro que como depende de un operador, los resultados pueden variar, es decir, cada usuario puede segmentar la misma imagen, pero obtener diferentes resultados. Requiere de un conocimiento y experticia en la región anatómica a segmentar, para lograr un alto valor de exactitud. Otra técnica convencional es la denominada **umbralización (Thresholding)**, esta técnica permite convertir una imagen en escala de grises a una imagen con solo dos niveles de intensidad, separando los objetos de interés de la imagen de fondo, lo que se denomina también segmentación binaria. Opera sobre cada pixel que compone la imagen clasificándolo según un umbral establecido, los pixeles mayores o iguales al umbral se resaltarán en la imagen, los que no pertenezcan a este grupo irán al fondo, de esta manera se obtiene el resultado que se muestra en la Figura 4. Por otra parte, existen métodos basados en el **histograma de una imagen**, en el histograma se identifican los niveles de intensidad y la frecuencia de los mismos, como se puede ver en la Figura 5. Utilizar el histograma es un método eficiente, puesto que permite localizar el umbral en un punto determinado, claro está si las imágenes a segmentar tienen el mismo comportamiento, de lo contrario no es recomendada su aplicación.

Otro método automático, es el **método de Otsu**, permite calcular un valor del umbral sin necesidad de un conocimiento previo de la imagen o sus niveles de intensidad. Es un procedimiento no paramétrico, estadístico. Divide la muestra de pixeles en una o más grupos denominados clases (pixeles que tienen un nivel de intensidad similar o igual, los clasifica por grupos), maximiza la varianza entre clases y minimiza la varianza en la misma clase, entendiendo la varianza como una medida de la dispersión que representa la variabilidad de los datos respecto a su media. El proceso en el algoritmo se detiene cuando la varianza entre clases es máxima y la varianza intra clase es

Figura 4. Segmentación por medio de umbralización.

a. Imagen de segmento arteria pulmonar.



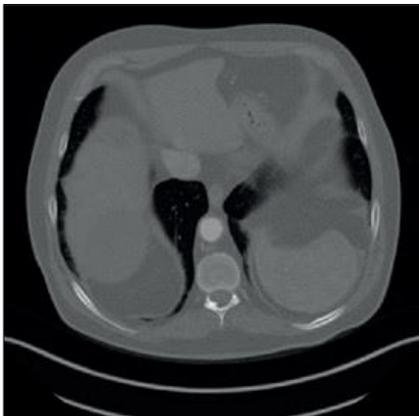
b. Segmentación obtenida.



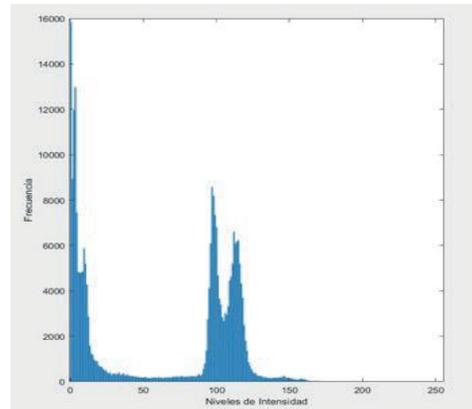
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Representación de los niveles de intensidad de una imagen por medio del histograma.

a. Imagen tomografía axial computarizada.



b. Histograma relacionado a la imagen.



Fuente: Elaboración propia.

mínima. Una desventaja de este método es que, a medida que aumentan las clases, precisa de más tiempo para ser aplicado (Medina y Bellera, 2014).

Aplicando el criterio de similitud, se encuentra el **método Simple Linear Iterative Clustering SLIC**, está basado en el tratamiento de regiones con características similares (distancia e intensidad), emplea un criterio de similitud (Dolgis,

2015, Petitjean y Dacher, 2011; Bacharelado *et al.*, 2014) El funcionamiento del algoritmo consiste en escoger un centro determinado al azar y encontrar los gradientes o cambios bruscos en el comportamiento de los pixeles vecinos al centro. Es un proceso reiterativo, con el cual de nuevo ubicará un centro, encontrando un criterio de gradiente, para cada nuevo centro. El algoritmo compara la distancia desde todos los centros con los pixeles que lo rodean y

la similitud entre niveles de intensidad. De esta manera generará una malla en la cual se establecerán criterios de similitud, como se puede apreciar en la Figura 6. El método anteriormente descrito se emplea a menudo en la delineación de simples y pequeñas estructuras, puede ser aplicado a tumores o lesiones. La desventaja de este método es que necesita que el usuario especifique inicialmente parámetros para realizar el número de divisiones sobre la imagen, se podría decir que es un método semiautomático.

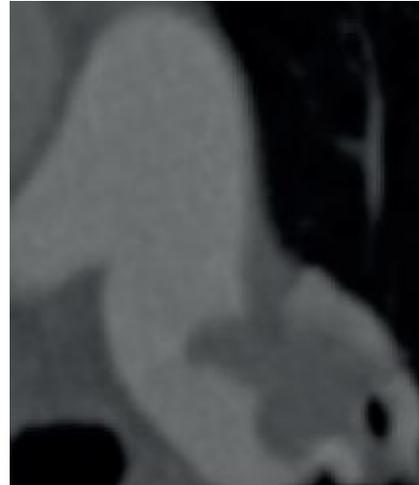
Los métodos basados en **modelos deformables**, consisten en una curva elástica que evoluciona alrededor del objeto de interés en la imagen. La forma y posición final depende inicialmente de un contorno propuesto previamente por el usuario, es un método iterativo que hace que una curva elástica y cerrada se adapte para delimitar una región de interés, sin embargo, en algunos casos no es tan efectivo cuando la figura a segmentar es irregular. Este método es usado comúnmente para patologías a nivel vascular, como por ejemplo los **aneurismas aórticos abdominales (AAA)**, debido a su capacidad de adaptación a los límites de la imagen. Del método anterior existen diversas adaptaciones y variantes, como el modelo deformable probabilístico, modelos deformables basados en elementos finitos, del mismo método surge la técnica de modelo activo.

Los métodos guiados por plantillas **atlas guided methods** consisten en un modelo anatómico global, generalmente ajustado a datos para guiar la segmentación, es un método basado en la clasificación estadística, que permite crear mapas de distancias. Son de gran aplicabilidad en imágenes médicas cerebrales (Ortega y Iznaga, 2008).

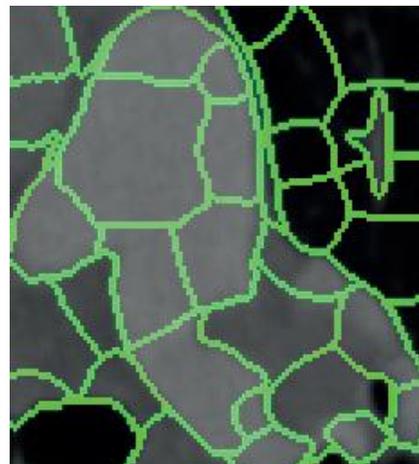
Para finalizar la breve descripción de los métodos se abordan las **redes neuronales**

Figura 6. Segmentación por medio de SLIC.

a. Imagen de segmento arteria pulmonar.



b. Segmentación obtenida.



Fuente: Elaboración propia.

artificiales (artificial neural network ANN), el aprendizaje se logra a través de la adaptación de pesos asignados a conexiones entre nodos. También están basadas en pequeñas áreas de una imagen utilizando una red neuronal o un conjunto de redes neuronales. Luego de este proceso se construyen categorías que serán marcadas en la imagen por la red neuronal. Una desventaja de este proceso es que se necesita de bastante información para generar un entrenamiento adecuado, la ventaja es su alto nivel de exactitud respecto a la segmentación (Ortega y Iznaga, 2008).

Actualmente se encuentran las redes neuronales convolucionales, un tipo de red neuronal artificial en la segmentación y procesamiento de imágenes médicas que pueden ser aplicadas a cualquier patología.

Aplicación de la segmentación a imágenes médicas

El procesamiento y análisis de una imagen médica es un problema que requiere de un conocimiento especializado. Su importancia radica en la utilidad de este tipo de herramientas a nivel médico, por ejemplo, el empleo de imágenes diagnósticas para realizar un modelo que permita identificar las principales estructuras existentes en un procedimiento preoperatorio. Por otra parte, el apoyo en imágenes médicas permite extraer información útil para el seguimiento de una patología y tratamiento.

Algunas enfermedades abordadas por medio de la segmentación de imágenes médicas actualmente son el cáncer, que se origina cuando las células crecen sin control y sobrepasan el número de células normales. Existen diferentes tipos de cáncer, como el de hígado, páncreas, mama, colon o sangre, entre otros. En este caso, se trata de evitar hasta donde sea posible el uso de técnicas invasivas para el paciente en su diagnóstico y posible tratamiento, como una biopsia quirúrgica, por ejemplo.

Entre las enfermedades que atacan al sistema óseo, se destaca la osteoporosis, reconocida como una enfermedad degenerativa de los huesos que causa una pérdida de densidad y masa ósea, provocando posibles fracturas a quien la padece. A partir de un paquete de diagnóstico obtenido por TAC, es posible evaluar si un paciente tiene la enfermedad o empieza experimentarla, debido a que los

Las imágenes médicas poseen en muchos casos un alto valor de ruido, es decir, una variación aleatoria del brillo o del color. Por tal razón, es necesario el uso de filtros en la etapa de pre procesamiento de la imagen.

“niveles de radio densidad” con la que se percibe el hueso, comparada con los huesos sanos cambia, esta característica está relacionada al número de Hounsfield, que se puede determinar a partir del TAC o TC. Por lo tanto, la información que puede brindar un algoritmo de segmentación y procesamiento y el posterior análisis permite diagnosticar y seguir el tratamiento en este caso.

Las enfermedades a nivel cardiovascular, como las lesiones en vasos sanguíneos han sido abordadas también desde la segmentación y procesamiento de imágenes médicas. Los diagnósticos provenientes de RM y TAC, facilitan la segmentación y reconocimiento de la lesión, los casos más frecuentes abordados son los aneurismas aórticos abdominales. A partir de la segmentación se ha realizado modelamiento y simulación del comportamiento del flujo sanguíneo.

Otra aplicación fundamental de la segmentación en imágenes médicas está enfocada en el cerebro, puesto que se puede obtener información útil para el diagnóstico y manejo clínico de pacientes con demencia u otras enfermedades neurodegenerativas.

Generalmente son imágenes de RM las que permiten identificar cambios estructurales del cerebro. El problema con las imágenes de RM en el cerebro es que los bordes no se encuentran bien definidos en algunas estructuras y esto imposibilita un diagnóstico asertivo en algunos pacientes. Por tal razón, al revisar en la literatura, aparecen diversos algoritmos para abordar el procesamiento de una imagen médica en esta zona.

Los avances descritos actualmente han permitido identificar y trabajar la patología en los pacientes de una manera más eficaz sin comprometer al paciente con procedimientos invasivos.

Conclusiones

Inicialmente se exponen algunas técnicas y métodos de segmentación de imágenes médicas, se hace la aclaración que faltan técnicas de segmentación en la breve descripción realizada y se escogieron algunos de las más relevantes.

Respecto al procesamiento de las imágenes médicas es necesario establecer previamente un proceso que permita filtrar la imagen, para obtener un mejor desempeño de los métodos de segmentación aplicados.

Surge la necesidad de crear algoritmos computacionales eficientes y con la mínima interacción con el usuario para apoyar problemas a nivel médico, y que a su vez permitan encontrar información oculta en las imágenes de diagnóstico.

La información que se puede obtener a partir de las imágenes médicas o paquetes de diagnóstico, puede evitar procedimientos invasivos. Ayuda al especialista a tomar decisiones durante el diagnóstico, el tratamiento o posible evolución de la patología.

Referencias bibliográficas

- De Azevedo Guaura, R. (s.f.). Planos anatómicos y ejes del cuerpo humano. Lifeder. Recuperado de: [<https://www.lifeder.com/planos-anatomicos-ejes/>].
- Dolgis, I., Ortega, R., Miguel, A. y Benítez, I. (2015). *Técnicas de Segmentación de Imágenes Médicas*. Sevilla. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/275951781_Tecnicas_de_Segmentacion_de_Imagenes_Medicas].
- Lee, K., Johnson, R. K., Yin, Y., Wahle, A., Olszewski, M. E., Scholz, T. D. y Sonka, M. (2010). Three-dimensional thrombus segmentation in abdominal aortic aneurysms using graph search based on a triangular mesh. *Computers in Biology and Medicine*, vol. 40, no. 3, pp. 271-278. Recuperado de: [<http://dx.doi.org/10.1016/j.compbiomed.2009.12.002>].
- Gavidia, G. (2009). Desarrollo de una Herramienta de Procesamiento de Imágenes Médicas en MATLAB y su Integración en Medical GiD. Barcelona: Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE), Área de Biomedicina, Instituto Nacional de Bioingeniería (INABIO), Universidad Central de Venezuela. Recuperado de: [<http://hdl.handle.net/2117/99073>].
- Yoshinobu Sato, S. N. (1998). 3D Multi-Scale Line Filter for Segmentation and Visualization of Curvilinear Structures in Medical Images. *CiteSeer*, vol. 2, no. 2, pp. 143-168. Recuperado de: [<http://citeseer.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.55.3374>].
- Ng, H., Ong, S., Foong, K., Goh, P. y Nowinski, W. (2006). Medical Image Segmentation Using K-Means Clustering and Improved

- Watershed Algorithm. 2006 IEEE Southwest Symposium on Image Analysis and Interpretation, pp. 61-65. Recuperado de: [<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=1633722>].
- Medina, R y Bellera, J. (2014). Bases del Procesamiento de imágenes médicas. 34. Mérida: Universidad de los Andes, pp. 1-34.
- Petitjean, C. y J. N. Dacher, J.N. (2011). A review of segmentation methods in short axis cardiac MR images. *Medical Image Analysis*, vol. 15, no. 2, pp. 169-184. Recuperado de: [<http://dx.doi.org/10.1016/j.media.2010.12.004>].
- Bacharelado, C.D., Sant, D. y Sarath, A. (2014). *Aprendizagem Supervisionada*. Universidade Católica Dom Bosco, pp. 1-78.
- Ortega, D. y Iznaga, A. (2008). "Técnicas de segmentación de imágenes médicas". Convención científica de Ingeniería y Arquitectura, p. 4. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/profile/Dolgis-Ortega/publication/275951781_Tecnicas_de_Segmentacion_de_Imagenes_Medicas/links/554a60730cf21ed21358e423/Tecnicas-de-Segmentacion-de-Imagenes-Medicas.pdf].