

Una técnica para la localización del disco óptico en retinografías

A technique for optical disk detection on retinal images

Jorge Rudas C., Ricardo Toscano C., Germán Sánchez Torres, M. Sc.
Universidad del Magdalena, Santa Marta - Colombia
sanchez.gt@gmail.com

Recibido para revisión 24 de junio de 2011, aceptado 18 de octubre de 2011, versión final 10 de octubre de 2011

Resumen — Con el desarrollo continuo de técnicas no invasivas y el procesamiento de datos, las imágenes biomédicas han surgido como una herramienta de gran utilidad para revelar el funcionamiento de órganos internos sanos y el estado de patologías. Estas tecnologías han tenido amplios beneficios en las investigaciones básicas de las ciencias médicas, ayudando al diagnóstico clínico y a la orientación de intervenciones médicas. Las imágenes de fondo de ojo o retinografías, como toda imagen biomédica, se han convertido en una herramienta imprescindible para el diagnóstico médico actual. La detección de enfermedades como la retinopatía diabética y el glaucoma, necesariamente involucran este tipo de imágenes.

El disco óptico (DO) es el reflejo sobre las retinografías, de la cabeza del nervio óptico, éste es el referente más importante en este tipo de imágenes, por lo cual, su ubicación puede ser una tarea de relevancia imprescindible para ciertos trabajos. En este trabajo se utiliza la versatilidad de la transformada de Hough para detectar patrones que tengan representación a través de modelos matemáticos, aprovechando la estructura morfológica circular que muestra el DO sobre las retinografías.

Palabras Claves — Algoritmo de Canny, detección de bordes, disco óptico, retinografías, transformada circular de Hough.

Abstract — With the continuous development of noninvasive techniques and approach to data processing, biomedical imaging has emerged as a major tool useful to reveal the healthy functioning of internal organs and state conditions. These technologies have great benefits in basic research in medical science, helping clinical diagnosis and guidance of medical interventions. The background images for diabetic retinopathy, as entire biomedical imaging, are becoming an indispensable tool for the diagnosis current medical. The detection of disease as diabetic retinopathy and glaucoma, necessarily involve such images. The optical disc (OD) is a reflection on the retinal of the optic nerve head; this is the structure most important in this images' type, thus, its location can be a essential step for certain task. This work uses the Hough transform

versatility to detect patterns that have representation through mathematical models, exploiting the morphological structure of the DO sample circular on the retinal.

Keywords — Canny algorithm, edge detection, optic disc, retina, circular Hough transform.

I. INTRODUCCIÓN

Las retinografías son una de las técnicas médicas no invasivas más utilizadas en el análisis del sistema visual humano. Los procedimientos clínicos que utilizan estas imágenes suelen ser realizados por especialistas altamente calificados, entrenados para el análisis, cribado y diagnóstico de estas fotografías. El análisis automático de estas imágenes a través de ordenadores potencialmente permitiría la reducción de los tiempos necesarios para realizar los procedimientos médicos. Adicionalmente, proveería de mecanismos modernos para evaluaciones periódicas de la retina y podría convertirse en un método de evaluación de la retina para determinar el instante óptimo de los tratamientos [1-2].

La información que se puede obtener acerca del disco óptico puede ser utilizada para examinar la severidad de ciertas enfermedades como el glaucoma o la retinopatía diabética en etapas avanzadas. Las variaciones en la tonalidad o estructuras como los vasos sanguíneos en el DO, pueden indicar la presencia, estado y progresión de ciertas enfermedades.

El DO es una de las características más importantes de estas imágenes, su diámetro es usualmente utilizado como métrica para cuantificar distancias y tamaños en las retinografías. Además, su localización permite aproximar la ubicación de la fovea, que es el centro de la visión humana, propiciando la

detección de patologías relacionadas con la zona macular [3], la imagen de la Figura 1, muestran una retinografía típica, y las estructuras principales dentro de ésta. Las zonas más brillantes de esta imagen suelen pertenecer a DO.

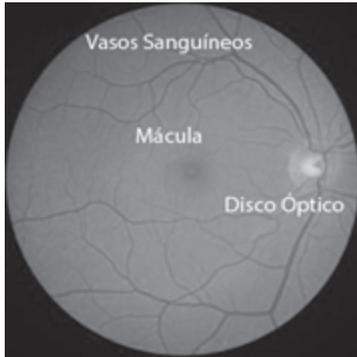


Figura 1. Retinografía y las estructuras principales

II. ESTADO DEL ARTE

Existen diferentes procedimientos para analizar imágenes de la retina. La naturaleza de estos cubre un amplio espectro de técnicas y métodos. Históricamente, uno de los primeros métodos propuestos para detectar y extraer las estructuras principales a partir de una retinografía fue propuesto por Akita [9], basado en la confluencia de los vasos sanguíneos en el disco óptico, éste logra detectar la región del disco óptico. Métodos estadísticos como el análisis de componentes principales (PCA) fue utilizado por Li *et. al.*, en [4] para segmentar el DO. Ellos consiguieron un conjunto de entrenamiento usando los píxeles brillantes de la imagen que fueron en principio agrupados como posibles candidatos a ser regiones pertenecientes al DO. El análisis de los componentes principales fue aplicado como una proyección a una nueva imagen del “espacio del disco”. Luego, el centro de éste es localizado calculando la distancia mínima entre la imagen original y la imagen en proyección.

Sinthanayothin *et al.*, [[HYPERLINK \1 “CSi99” 5](#)], identificaron correctamente la localización del DO empleando la variación de la intensidad existente entre él y los vasos sanguíneos adyacentes, en 111 imágenes de 112, reportando una sensibilidad y una especificidad del 99.1%. Este algoritmo presenta fallas en imágenes con grandes volúmenes de zonas brillantes o fuentes fuertemente visibles de vasos sanguíneos.

Walter y Klein en [6], describen una aproximación a la localización y segmentación del DO, utilizando una transformación del espacio de colores y una técnica de filtrado morfológico. El disco óptico fue localizado utilizando el canal de luminancia en el espacio HSL mediante umbralización. El contorno del disco fue determinado usando el canal rojo de la imagen en el espacio de colores RGB mediante la transformada

de *Watershed*. Ellos reportaron una localización del DO en 29 de 30 y el contorno de éste en 27 de 29 imágenes retinales.

Lalonde *et al.*, en [7], propusieron una técnica de descomposición piramidal en combinación con *Hausdorff-based template matching*. Primero localizaron las potenciales regiones contenidas en el disco óptico mediante una descomposición piramidal del canal verde de las imágenes en un espacio de colores RGB, usando la transformada discreta de Wavelet Harr. Seguido, localizaron el DO comparando la distancia de Hausdorff entre las regiones candidatas como plantillas circulares, con las aproximaciones dimensionales del DO, sabiendo que la distancia de Hausdorff provee una medida del grado de similitud entre dos conjuntos de puntos, donde una distancia igual a cero es el estado ideal. Ellos reportaron la localización del DO correctamente en 40 de 40 imágenes [7].

Reciente mente, es común encontrar que trabajos específicamente orientados a esta detección son poco frecuentes. Una característica de trabajos recientes es que incluyen la detección de las estructuras principales basados en los trabajos reportados y se centran en el diagnóstico de algún tipo de padecimiento. Ejemplos de estos trabajos se encuentran en [10-12].

III. TRANSFORMADA CIRCULAR DE HOUGH

La transformada de Hough es una herramienta que permite detectar curvas representadas a través de modelos matemáticos, no necesariamente analíticos. Es una técnica muy robusta frente al ruido y a la existencia de huecos en la frontera del objeto.

La idea básica de esta técnica, es encontrar curvas a través del análisis de la imagen en un espacio de parámetros construido específicamente para detectar ciertas formas. Aunque la transformada se puede utilizar para dimensiones mayores, normalmente, se usa en 2-D.

La transformada circular de Hough es similar a la transformada de Hough lineal o estándar, solo varían los parámetros del espacio, que en este caso corresponde a los del modelo analítico de una circunferencia:

$$(x - h)^2 + (y - k)^2 = r^2 \quad (1)$$

donde (h, k) son las coordenadas del centro de la circunferencia de radio r , que pasa por (x, y) , sobre un sistema de coordenadas cartesianas.

Es común utilizar la representación paramétrica de una circunferencia, para implementar la transformada circular de Hough, como se muestra en las ecuaciones 2 y 3.

$$x = a + r \cos(\theta) \quad (2)$$

$$y = b + r \sin(\theta) \quad (3)$$

Cualquiera de las dos representaciones para la transformación de Hough circular terminan estando en un espacio tridimensional, sobre el cual, cada punto de la imagen de entrada se encuentra representado en el espacio tridimensional de Hough circular por un cono circular.

IV. METODOLOGÍA

A. Detección de bordes

Se utilizó el algoritmo de Canny [8] para detectar bordes sobre las imágenes. Se configuró el algoritmo de la siguiente forma: un umbral alto de sensibilidad $\alpha = 0.25$, un umbral bajo de sensibilidad $\beta = 0.1$ y la especificidad $\sigma = 1$.

Los resultados de esta etapa se muestran en la Figura 2. La configuración expuesta anteriormente fue la que mejores resultado arrojó durante las pruebas. Una configuración que arrojara bordes más sutiles realzaba la forma del DO, sin embargo, agregaba información redundante que terminaba convirtiéndose en incoherencias en los resultados arrojados por el algoritmo. Una configuración para la detección de bordes bruscos, podía hacer desaparecer los límites del área de estudio.

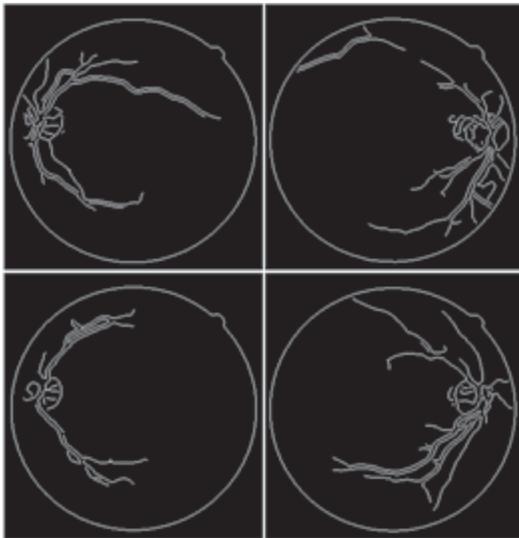


Figura 2. Detección de bordes con el Algoritmo de Canny.

B. Detección de círculos de radio igual al del DO

A cada píxeles que represente bordes en las imágenes luego de aplicar el algoritmo de Canny, se le aplica la transformación correspondiente de Hough para círculos. La incidencia de cada transformación es acumulada en una estructura que

esencialmente es del mismo tamaño que el espacio de Hough. Los máximos dentro de este acumulador corresponden a las representaciones de las formas buscadas, la Figura 3 detalla el procedimiento.

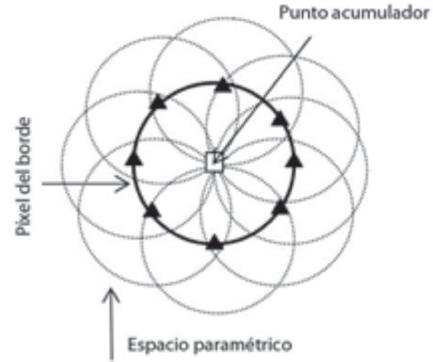


Figura 3. Contribución de los puntos del borde al espacio acumulador.

Los puntos negros indican el conjunto de puntos bordes de la imagen. Cada punto construye un círculo de radio fijo en el espacio acumulador, representado por los círculos en gris. En el espacio acumulador estos círculos se solapan en el centro del círculo a detectar, incrementando ese valor dentro del espacio acumulador.

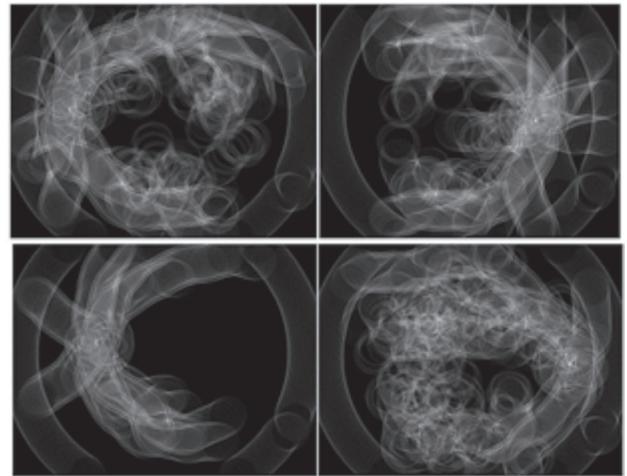


Figura 4. Ejemplos de espacios acumuladores obtenidos en diversas retinografías.

Para el caso particular del trabajo, el valor máximo dentro de las imágenes de la Figura 4, corresponde al círculo que más se aproxima al DO en tamaño y ubicación. Nosotros buscamos circunferencias de radio igual a 22 píxeles para un grupo de imágenes y radio igual a 85 píxeles en otro grupo de imágenes de mayor resolución que el anterior conjunto, puesto que son el valor promedio del radio del DO para cada uno de los

grupos, según pruebas realizadas en paralelo al desarrollo de este trabajo.

V. RESULTADOS

La implementación del algoritmo se realizó bajo la plataforma de Matlab R2009. Las pruebas se realizaron sobre el repositorio de retinografías *DRIVE database* que cuenta con 40 imágenes, la gran mayoría de pacientes sanos. Las imágenes tienen un tamaño de 565x584 píxeles a 24 bits en formato tif. También se probó el algoritmo sobre el repositorio *diaretDB0v11* que cuenta con 89 imágenes de tamaño 1500x1152 píxeles a 24 bits en formato png.

Sobre el repositorio *DRIVE* (<http://www.driver-repository.eu/>) se detectaron correctamente 33 imágenes de las 40, para una efectividad del 82.5%. Sobre el repositorio *diaretDB0v11* (<http://www2.it.lut.fi/project/imageret/diaretdb0/>) se detectaron 65 imágenes correctamente de 89 retinografías, para una efectividad del 73%. La Figura 5 muestra algunas de las imágenes de salida del algoritmo. Es de destacar que la totalidad de imágenes del repositorio de *diaretDB0_v_1_1* son de pacientes diabéticos, lo que implica necesariamente que sobre estas imágenes se presentan patrones que entorpecen la experimentación con el algoritmo, patrones que se derivan de afecciones patológicas relacionadas con el padecimiento de la diabetes, tales como los exudados y hemorragias intraretinales. Lo anterior mencionado, justifica que las pruebas sobre el segundo repositorio sean menos eficientes que con respecto al primer repositorio. En el estado del arte es posible encontrar reportes cercanos al 99% como en [3, 4, 6], aunque en repositorios diferentes. Sin embargo estos porcentajes disminuyen sustancialmente, cerca del 80%, cuando reportan resultados con bases de datos de pacientes enfermos. En el método propuesto la presencia de zonas brillantes como las producidas por lesiones, causan que el algoritmo de Canny produzca una salida de contorno poco definida, futuros trabajos deberán estar direccionados a realizar una generación de bordes más robusta.

VI. CONCLUSIONES

La utilización de la transformada circular de Hough sobre retinografías, puede producir resultados significativos en la localización del DO. Es favorable a la idea, el hecho de que el radio de la cabeza del nervio óptico sea aproximadamente constante en un grupo de imágenes de determinada resolución. Los resultados del algoritmo se encuentran relacionados con los resultados arrojados por el algoritmo de detección de bordes, por lo cual la tarea anteriormente mencionada afecta significativamente los resultados arrojados por el algoritmo.

El algoritmo, como toda implementación de la transformada de Hough, depende sustancialmente de la resolución de la imagen. Adicionalmente, la efectividad del algoritmo se ve afectada en retinografías de pacientes con diabetes o con enfermedades que produzcan alteraciones morfológicas sobre la estructura de la retina.

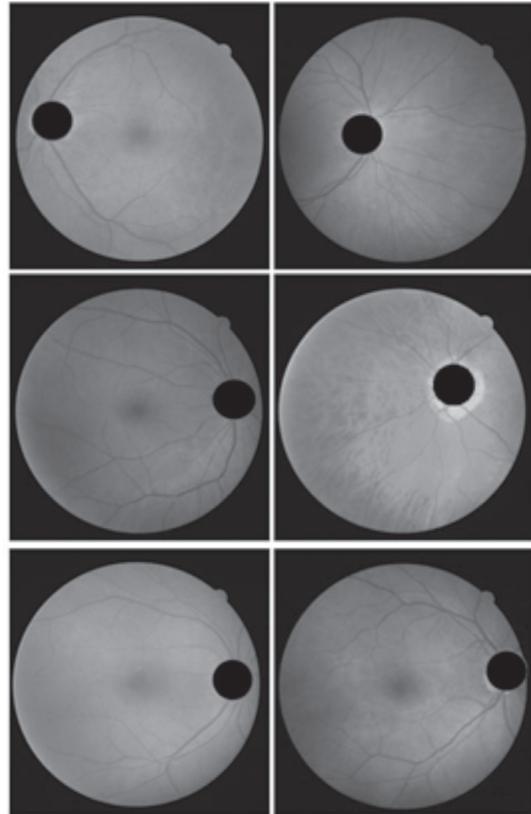


Figura 5. Algunos resultados generados por el algoritmo. En negro solido la ubicación generada por el algoritmo.

REFERENCIAS

- [1] Hongzhi Zhang; Wangmeng Zuo; Kuanquan Wang; Yan Chen, Biomedical Image Processing: A Cross-Discipline Course for Undergraduate Computer Science and Technology Major, in Computer Science and Software Engineering, 2008 International Conference, 12-14 Dec. 2008, pp. Vol. 2, pp.858-861.
- [2] Sharp PF, Olson J, Strachan F, Hipwell J, Ludbrook A, O'Donnell M, Wallace S, Goatman K, Grant A, Waugh N, McHardy K, Forrester JV., The value of digital imaging in diabetic retinopathy, University of Aberdeen, UK. Health Technol Assess : Department of Medical Physics, 2003.
- [3] Sinthanayothin C, Boyce JF, Cook HL, Williamson TH. Automated localisation of the optic disc, fovea, and retinal blood vessels from digital colour fundus images. Br. J. Ophthalmol. 1999; no. 83, pp. 902-910.
- [4] H. Li and O. Chutatape, Automated feature extraction in color retinal images by a model based approach, IEEE Trans Biomed Eng, vol. 51, no. 12, 2004, pp. 246-254.
- [5] Sinthanayothin C, Boyce JF, Williamson TH, Cook HL, Mensah

- E, Lal S, Usher D. Automated detection of diabetic retinopathy on digital fundus images, *Diabet Med.* 2002 Feb 19, vol. 2, pp. 105-12.
- [6] Walter T, Klein J-C., Segmentation of color fundus images of the human retina: detection of the optic disc and the vascular tree using morphological techniques, *Second International Symposium on Medical Data Analysis ISMDA, Lecture Notes in Computer Science*, 2001, pp. 282-287.
- [7] Lalonde M, Beaulieu M, Gagnon L., Fast and robust optic disc detection using pyramidal decomposition and Hausdorff-based template matching, no. 20, 2001.
- [8] Canny, A, *Computational Approach to Edge Detection*, vol. 8, no. 6, pp. 679-698. 1986.
- [9] K. Akita, H. Kuga, Pattern recognition of blood vessel networks in ocular fundus images, *IEEE* 1982, pp 436-441.
- [10] R. Acharya., Dua S., Xian Du., Vinitha Sree., Chua Kuang Chua., Automated Diagnosis of Glaucoma Using Texture and Higher Order Spectra Features, *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on* , vol.15, no.3, pp.449-455, May 2011.
- [11] Ravindraiah, R.; Giri Prasad, M.N.; Shaik, F.; Sreenivasulu, E.; Qualitative and quantitative analysis of segmentation of human retinal images, *Computer, Communication and Electrical Technology (ICCCET), 2011 International Conference on* , vol., no., pp.75-79, 18-19 March 2011.
- [12] Selvathi, D; Lalitha Vaishnavi, P; , Gabor wavelet based blood vessel segmentation in retinal images using kernel classifiers, *Signal Processing, Communication, Computing and Networking Technologies (ICSCCN), 2011 International Conference on* , vol., no., pp.830-835, 21-22 July 2011

125 AÑOS
1887 - 2012
Ingeniería con Trabajo y Rectitud



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

SEDE MEDELLÍN
FACULTAD DE MINAS