

SLD195 DIAGNÓSTICO DEL MELANOMA MALIGNO DESDE TELÉFONOS INTELIGENTES Y TABLETAS

SLD195 DIAGNOSIS OF MALIGNANT MELANOMA FROM SMART PHONES AND TABLETS

Teresa Margarita Puebla Iglesias¹, Alejandro Vladimir Bergues Balart², Romina Robert Pérez³, Dionis López Ramos⁴

1 Centro de estudio de Neurociencias Procesamiento de Imágenes y Señales. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Instituto Superior Politécnico Julio Antonio Mella. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba .Cuba, tiglesias@fie.uo.edu.cu, 90300

2 Departamento de Informática. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Instituto Superior Politécnico Julio Antonio Mella. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba .Cuba, abergues@fie.uo.edu.cu

3 Departamento de Biomédica. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Instituto Superior Politécnico Julio Antonio Mella. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba .Cuba, romirobert8507@gmail.com

4 DATYS, Santiago de Cuba .Cuba, dionis.lopez@datys.cu

RESUMEN: *El cáncer de piel es una patología cuya incidencia aumenta significativamente en la actualidad, supone el 50% de todos los casos de cáncer. La forma más agresiva de cáncer de piel es el melanoma maligno, aunque representa la forma menos común de la enfermedad es la más violenta. Para salvar la vida del paciente es indispensable detectarla en una fase temprana de su desarrollo, esto se debe a que tiene un alto poder de metástasis. La tasa de clasificación por un especialista experimentado a nivel mundial ronda solamente el 65% de certeza. Dada la importancia del diagnóstico de este tipo de cáncer de piel y la incertidumbre existente en su detección, en el presente trabajo se desarrolló un sistema de detección de la enfermedad basado en técnicas de procesamiento digital de imágenes y reconocimiento de patrones, para ser ejecutado sobre la plataforma de un teléfono inteligente o tableta. Proponiendo la utilización de estos dispositivos pues se convierten en un vehículo atractivo para los servicios de diagnóstico de enfermedades por su alto nivel de difusión, la fácil captura de imágenes, la capacidad de realizar operaciones complejas, de memoria y uso intensivo del procesador. El sistema permite a los pacientes mediante la toma de imágenes de posibles lesiones de piel, la realización de autoexploraciones periódicas, a fin de detectar cuanto antes una posible lesión maligna.*

Palabras Clave: Teléfonos inteligentes, diagnóstico de melanoma maligno, diagnóstico de cáncer de piel, procesamiento digital de imágenes.

ABSTRACT: *Skin cancer is a disease whose incidence increases significantly, accounts for 50% of all cancer cases. The most aggressive form of skin cancer is malignant melanoma; also is the least common form of the disease, is the most violent. To save the patient's life is necessary to detect it on an early stage of their development; this is because it has a high metastasis power. The classification rate, by global experience, round only 65 percent of certainty. Given the importance of the diagnosis of this type of skin cancer, and the uncertainty in its detection, in this work, we developed a system of disease detection techniques, based on digital image processing and pattern recognition, to be executed on the platform of a smartphone or tablet. Proposing the use of these devices, because they become an attractive vehicle for disease diagnostic services, for its high level of diffusion, easy image capture and the ability to perform complex operations. The system allows patients by taking pictures of possible skin lesions, conducting regular self-examination in order to detect the earliest possible malignancy.*

Keywords: Smartphone, digital imageprocessing, skincancer diagnosis, melanoma diagnosis.

1. INTRODUCCIÓN

Existen varios tipos de cáncer de piel, pero el más invasivo y con riesgo de muerte para los pacientes es el melanoma maligno. La enfermedad está producida por el desarrollo de células cancerosas en las células que producen el color de la piel (melanocitos). También recibe el nombre de melanoma cutáneo o melanoma maligno y es la forma menos común del cáncer de piel, pero la más agresiva. Este tipo de cáncer presenta el mayor índice de mortalidad y es responsable del 75% de las muertes por cáncer de piel [1].

El tratamiento más efectivo es su extirpación inmediata, con mayor posibilidad de éxito cuanto más pronto se detecta su existencia. Si no se realiza a tiempo, debido al carácter metastásico del melanoma, el paciente tiene pocas posibilidades de sobrevivir [2]. Si bien existen tratamientos como radioterapia, quimioterapia o inmunoterapia, estas técnicas sólo alargan la vida del paciente a costa de la calidad de la misma.

Para su diagnóstico los dermatólogos emplean varias técnicas, que se han desarrollado en base a la experiencia; entre las que destacan: la obtención del índice dermatoscópico total basado en el mnemotécnico ABCDE [3] y la regla de los 7 puntos [4]. Estas técnicas permiten identificar los síntomas de una lesión maligna basándose en la observación de una serie de características, pero dada su gran similitud con lunares, es pobre la tasa de detección temprana, por lo que tiene un alto índice de mortalidad, de aquí la importancia de la autoexploración para una detección inmediata.

En la actualidad con la promoción del empleo de métodos no invasivos para el diagnóstico y el empleo de la telemedicina, han sido desarrollados una serie de trabajos en torno a la detección de enfermedades mediante el uso de teléfonos inteligentes, esta tendencia se conoce como Salud Móvil (MHealth: Mobile Health, términos en inglés), dedicándose al seguimiento continuo de parámetros relacionados con la salud, que son transferidos; almacenados o procesados en teléfonos inteligentes; para el análisis o diagnóstico de padecimientos [5].

Los teléfonos inteligentes no solo permiten hablar y enviar mensajes de texto, sino que tienen acceso a un conjunto de aplicaciones y funciones similares a las de una computadora [6], contando con un sistema operativo y permitiendo la instalación de programas de terceros.

El trabajo realizado se compone de dos partes fundamentales, las técnicas de visión computacional; para la detección y extracción de características de la lesión y el reconocimiento de patrones para dar un diagnóstico de la enfermedad.

El objetivo fundamental del trabajo es que cualquier usuario de la aplicación, pueda realizar auto exploraciones periódicas para detectar cuanto antes la enfermedad. Además nos proponemos trazar una metodología para el diagnóstico del melanoma maligno, mediante el empleo de técnicas de procesamiento y análisis de imágenes que puedan ser incorporadas en cualquier dispositivo de bajo rendimiento.

2. METODOLOGÍA

2.1 Pre-procesamiento y segmentación.

Las imágenes empleadas se dividen en dos grupos. El primer grupo está compuesto por imágenes tomadas a pacientes de la consulta de dermatología del hospital clínico quirúrgico Juan Bruno Zayas, de la provincia de Santiago de Cuba. La adquisición de estas imágenes se realizó a través de una cámara digital (Canon PowerShot A630), son tomadas a color, con resoluciones espaciales variables de 3264x2448 y 640x480 píxeles, y con una profundidad de 8 bits por canal de color. Durante la captura de las imágenes, la cámara se posicionó perpendicular a la lesión, y no fueron controladas las condiciones de iluminación. El segundo grupo lo integran imágenes provenientes de bases de datos consultadas en internet, estas presentan información respecto al paciente; como la edad, sexo y el estado en que se encuentran, pero no se establecen descripciones en cuanto al sistema de captura empleado en la obtención de la imagen.

Se utilizaron estas imágenes, pues no se cuenta con una base de datos, de imágenes de melanomas, tomadas por teléfonos inteligentes. Las fotos tomadas por estos dispositivos no poseen alta calidad (en sentido general), como una cámara digital convencional, suelen tener algunos problemas de enfoque y con la iluminación del flash (demasiado baja o muy fuerte).

Para solucionar estos problemas; la utilización del flash fue suprimida y los problemas relacionados con el enfoque fueron tratados con la aplicación de un filtro para dejar pasar las altas frecuencia (pasa alto), pues mientras más altas frecuencias, mejor enfoque posee la imagen. El kernel que se propone es una matriz de 5x5 basado en la transformada de Fourier [7], este lo podemos ver a continuación:

Tabla 1 Matriz basada en la transformada de Fourier.

-1	- 1	-1	-1	-1
-1	-1	+4	-1	-1
-1	+4	+4	+4	-1
-1	-1	+4	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1

Ya que no se conoce el tipo de ruido introducido por el dispositivo captador en ambos grupos y en base a las propiedades presentadas por el ruido, se aplica un filtro gaussiano para la atenuación del mismo [7]. Como las condiciones de iluminación durante la captura de las imágenes fueron variables, y en otras desconocidas, se realiza un ajuste del brillo y ecualización del histograma a fin de homogeneizar los parámetros de brillo y contraste. Se le añade también a la etapa de pre-procesamiento la conversión de la imagen original a escala de gris, este paso encaminado fundamentalmente a eliminar costo computacional, ya que los métodos propuestos para la segmentación no hacen uso de las propiedades del color.

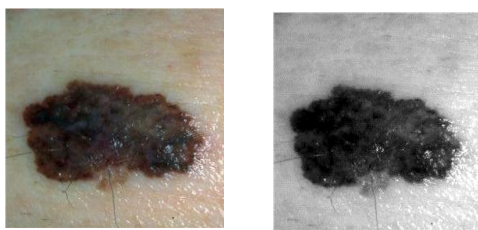


Figura. 1: Imagen original de lesión en la piel correspondiente a melanoma (izquierda). Resultado de aplicar a la imagen original un filtrado gaussiano, ajuste del brillo, ecualización del histograma y conversión a escala de grises.

El próximo paso consiste en segmentar la región correspondiente a la zona afectada del resto de la imagen. La segmentación propuesta se basa en la aplicación de un conjunto de operadores morfológicos [7]. Inicialmente se aplica el operador de erosión morfológica [7] con un elemento estructurante en forma de disco y de radio igual a 20 píxeles (con este se obtuvieron mejores resultados). Luego se aplica una operación de reconstrucción morfológica, esta operación persigue preservar la forma y tamaño de la región luego de aplicar la operación de erosión.

La idea conceptual que sigue la reconstrucción, es repetir dilataciones e intersecciones de una imagen que se denomina máscara, de la cual se conoce el contorno, en nuestro caso la imagen original, con otra imagen que actúa como elemento estructurante o marcador, en nuestro caso la imagen erosionada. Destacar que con esta operación se rellena o

reconstruye la máscara a partir del elemento marcador. En la siguiente figura se pueden observar los efectos de ambas operaciones,

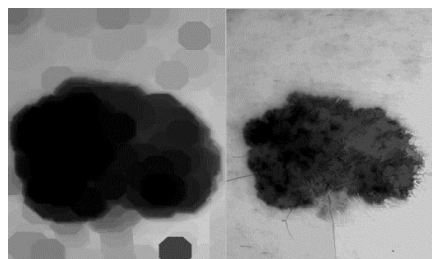


Figura 2. Resultado de aplicar a la imagen original en escala de grises un operador de erosión con elemento estructurante disco de 20 píxeles (izquierda). Resultado de aplicar una reconstrucción morfológica de la imagen a la izquierda a partir de la imagen original en escala de grises (derecha).

La aplicación del operador erosión hace desaparecer las estructuras de menor tamaño al elemento estructurante, es decir, elimina aquellas zonas que no se correspondan con la región de la zona afectada de la piel. Por otro lado, con la reconstrucción morfológica, se logra restaurar exactamente la forma de las regiones que permanecen luego de una erosión, note en la figura como se preserva la forma de la región correspondiente a la lesión.

El siguiente paso consiste en realizar una dilatación [7] de la imagen previamente erosionada y reconstruida, y luego volverla a reconstruir. Se emplea como elemento marcador la imagen dilatada y como máscara el resultado de la reconstrucción anterior.

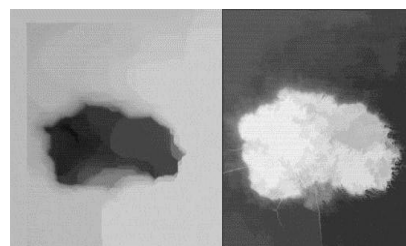


Figura. 3: Resultado de aplicar a la imagen de la figura 2 derecha un operador de dilatación con elemento estructurante disco de 20 píxeles (izquierda). Resultado de aplicar una reconstrucción morfológica de la imagen a la izquierda a partir de la imagen de la figura 2 a la derecha (derecha).

Denotar que con este paso, se ha logrado eliminar de la imagen una mayor cantidad de zonas de la piel que por su tamaño y forma, no están contenidas en la lesión. De igual manera se trata de no afectar la forma general de la región de la lesión mediante la reconstrucción.

A continuación se procede a realizar una umbralización de la imagen, la elección del umbral se realiza de manera adaptativa mediante el método Otsu [8]. Los resultados de la umbralización y de la segmentación final se muestran en la siguiente figura,

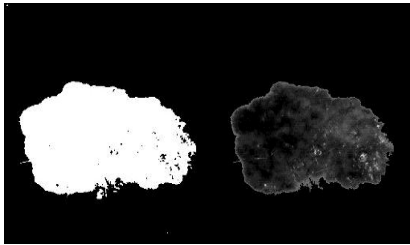
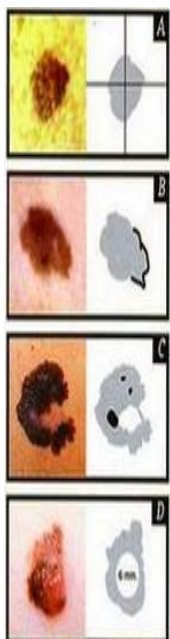


Figura. 4: Resultado de la umbralización mediante el método de Otsu aplicada a la imagen de la figura 3 a la derecha (izquierda). Resultado de superponer la región obtenida mediante la umbralización sobre imagen original (derecha).

2.2 Extracción de características

Luego de un estudio realizado sobre metodologías manuales de identificación de melanoma existentes, se destacaron como las más significativas, la técnica de la obtención del índice dermatoscópico total, basado en el mnemotécnico ABCD [3]; y la regla de los 7 puntos [4]. De éstas se selecciona, como método a emplear para la extracción de características de las imágenes de estudio, el método ABCD.



Asimetría: Normalmente las dos mitades de una región maligna no son semejantes, presentando lados desiguales y diferencias de color y textura.

Bordes: Estos suelen ser irregulares, presentando especies de mellas o picos.

Color: Variaciones del color entre las diferentes áreas de la lesión, desde color negro a combinaciones de rojo, azul, blanco y marrón.

Diámetro: Suele ser superior a los 6 mm, en caso de enfermedad.

Figura. 5: Conjunto de Indicadores en los cuales se basa el mnemotécnico ABCD

Esta selección está relacionada con el hecho de que según lo planteado en [9], desde el punto de vista médico proporciona una mayor fiabilidad, y además, su implementación es menos costosa computacionalmente. En la siguiente figura se muestran los indicadores en los cuales se basa dicho método,

Teniendo en cuenta la clasificación anterior, es posible cubrir estos indicadores mediante la extracción de características en las imágenes segmentadas en base a descriptores morfométricos, geométricos, de textura y de color.

Como descriptores morfométricos se determinan los siguientes,

- **Perímetro (P)**, definido como la suma de las distancias de los segmentos determinados por puntos subsecuentes.
- **Relación de aspecto (RA)**, definida como la relación entre las longitudes de las abscisas mayor (LMa) y menor (LMe),

$$RA = \frac{LMa}{LMe} \quad (1)$$

- **Área (A)**, correspondiente a la región interna de la lesión, calculada mediante la ecuación

$$A = 1/2 \sum_{i=1}^n x_{i-1}y_i - x_iy_{i-1} \quad (2)$$

- **Elongación.** La elongación (Elo) es otro parámetro basado en la excentricidad:

$$Elo = 1 - \frac{W}{L} \quad (3)$$

Donde W y L son los valores máximos de ancho y largo respectivamente. Es una medida que toma valores en el rango $[0,1]$. Una forma simétrica en todos sus ejes, como un círculo, tendrá un valor de elongación 0.

- **Radio de circularidad.** Representa en qué medida una forma es similar a un círculo. Es el cociente entre el área de una forma y el área del círculo que tiene el mismo perímetro:

$$C = \frac{As}{Ac} \quad (4)$$

- **Factor de forma (FF)**, relacionado con cuán redondo o estrellado es un objeto, calculado por la relación,

$$FF = \frac{P}{4\pi A} \quad (5)$$

- Redondez. Esta medida nos dice que tan circular es la lesión, su fórmula se muestra a continuación:

$$R = \frac{4A}{\pi d^2} \quad (6)$$

Donde A representa el área de interés; y d el diámetro.

- Simetría (*Sim*) respecto al eje principal y secundario de la expansión de la lesión. Se calcula como el número de pixels, en porcentaje, que hay común en las dos mitades del objeto,

$$Sim = 100 - \left(\frac{\text{pixelesDiferentes}}{A} \right) \quad (7)$$

En cuanto la información textural, esta se extrae mediante estadísticos de primer y segundo orden, es válido destacar que en ambos casos no se tiene en cuenta la información del nivel de gris 0, debido a que se contempla como fondo. Dentro de los descriptores de primer orden, se calculan la media y la varianza de los niveles de intensidad de la región segmentada. Se emplea el histograma de segundo orden o matriz de coocurrencia, para el cálculo de cinco de las medidas texturales propuestas por Haralick [10], estas fueron, la entropía, contraste, correlación, energía y homogeneidad. Finalmente, para el análisis del color, se determinan la media, varianza y desviación estándar en los espacios de color RGB, HSI y YCbCr.

3. CLASIFICACIÓN

Para dar un diagnóstico de la lesión, se utilizó como método de clasificación supervisado el algoritmo KNN, específicamente el de los 5 vecinos. La principal dificultad de este método consiste en determinar el valor de k, ya que si toma un valor grande se corre el riesgo de hacer la clasificación de acuerdo a la mayoría (y no al parecido), y si el valor es pequeño puede haber imprecisión en la clasificación a causa de los pocos datos seleccionados como instancias de comparación

No se encontraron librerías desarrolladas en Java con métodos de clasificación, por lo que el mismo fue implementado en su totalidad. Los resultados

obtenidos con este método de clasificación poseen un 80 por ciento de certeza para la utilización de los 5 vecinos.

Para la validación de la aplicación se utilizó el método de selección de datos Validación Cruzada (Cross validation), el funcionamiento del mismo consiste en: el conjunto de imágenes de ejemplo se divide aleatoriamente en p subconjuntos disjuntos S1, S2,..., Sp de aproximadamente el mismo tamaño. El entrenamiento y la prueba se ejecutan p veces. En cada iteración i se toma como conjunto de prueba Si y la unión de los Sj, i ≠ j, como conjunto de entrenamiento. La medida de evaluación de cada iteración se promedia. Para el entrenamiento se utilizó un corpus de 140 imágenes, entre las que se encuentran imágenes de melanoma maligno y otras lesiones de piel.

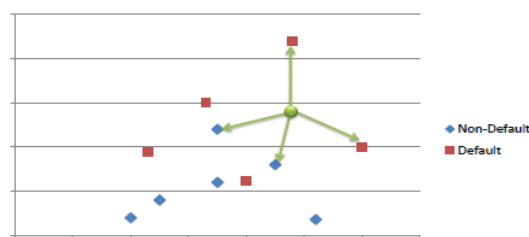


Figura.6: Los K vecinos más cercanos.

4. RESULTADOS

Se implementó una herramienta de software, utilizando NetBeans 7.0, con el lenguaje de programación Java, la cual permite al usuario capturar una imagen de la lesión que desea analizar.

Después de tomada esta, se realiza una pre-segmentación manual, para reducir el futuro costo computacional de la aplicación en el dispositivo. Al aceptar esta selección se puede obtener el resultado de la clasificación de esta imagen, la cual indicará al paciente el resultado de su examen.

El sistema le permitirá al usuario almacenar la imagen y el diagnóstico, con el objetivo de que tenga constancia del análisis de la lesiones en posteriores encuentros con su médico.



Figura.7: Imagen del sistema (izquierda). Foto de la lesión con la pre-segmentación (centro). Resultado del análisis de la lesión (derecha).

Se probó una tecnología para el procesamiento y análisis de imágenes orientadas a teléfonos inteligentes, estableciendo la integración entre la librería JavaVis y el entorno de desarrollo NetBeans 7.0 para J2ME.

Se diseñó e implementó el sistema AMMD para el diagnóstico del melanoma maligno desde teléfonos inteligentes aplicando la metodología de desarrollo de software XP con la técnica TDD, con interfaces de usuario agradables y sencillas, facilitando el uso del sistema.

Se implementó la metodología propuesta para el diagnóstico del melanoma maligno, mediante la librería JavaVis, reutilizando métodos como erosión, binarización, Otsu, entre otros.

Se desarrolló y entrenó un clasificador supervisado para determinar el dominio de la lesión a estudiar.

5. CONCLUSIONES

Se logró obtener una metodología candidata para la extracción de características de interés en el diagnóstico del melanoma maligno en imágenes que pueden ser utilizadas en teléfonos inteligentes y tabletas.

A partir de las evaluaciones realizadas, la metodología creada puede ser empleada no sólo en el sistema desarrollado, sino también en otros sistemas que necesiten extraer características pertenecientes a esta lesión de piel, con otros fines de investigación médica.

La metodología planteada se empleó en la realización del sistema: Aplicación para la Detección del Melanoma Maligno (AMMD).

Se propuso el uso de un clasificador supervisado para el diagnóstico de la enfermedad.

Se creó un corpus de imágenes médicas con muestras de cáncer en piel y lesiones no cáncer, que puede ser utilizado para otros estudios de esta enfermedad.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Joan Figueroa, A.Y. y Díaz Anaya, A.** "Algunos factores pronósticos de interés en el melanoma maligno cutáneo." Revista Cubana de Cirugía versión impresa ISSN 0034-7493 v.49 n.1. Ciudad de la Habana ene.-mar. 2010.
2. **Lee T.**, "Measuring border irregularity and shape of cutaneous melanocytic lesions", tesis doctoral, school of Computer Science Simon, enero 2001.
3. **Stolz W., Rieman A. y Cagnetta A.B.**, "ABCD rule of dermoscopy: a new practical method for early recognition of malignant melanoma", European Journal of Dermatology, 4, p. 521- 7, 1994.
4. **Argenziano G., Fabbrocini G., Carli P. De Giorgi, V., Sammarco E. y Delfino M.**, "Epiluminescence microscopy for the diagnosis of doubtful melanocytic skin lesions. Comparison of the ABCD rule of dermoscopy and a new 7-point checklist based on pattern analysis. Arch Dermatol", 134, p. 1563-70, 1998.
5. **Bardram, Jakob E., Mihailidis Alex, Dadong Wan, eds.** "Pervasive Computing in Healthcare" CRC: 2006. ISBN 978-0849336218.
6. <http://solucionesmagazine.com/%C2%BFque-es-un-telefono-inteligente/> Mayo 18, 2012.
7. **González C., Woods R.** "Digital Image Processing. New Jersey", Prentice Hall-2002. pp 626.
8. **Pajares G., De la Cruz J. M.** "Visión por Computador". México, Editorial AlfaOmega, 2002. pp. 291-294
9. **Caballos D., Hernandez J.**, "Diagnóstico diferencial entre nevus y melanoma en atención primaria", MEDIFAM, 12, p.140-143, 2002.
10. **Shapiro L., Stokman G.**, "Computer Vision", 2000.

7. SÍNTESIS CURRICULARES DE LOS AUTORES

Teresa Margarita Puebla Iglesias, Santiago de Cuba, Cuba, nacida en Santiago de Cuba, el 18 de diciembre de 1989. Ingeniera en Informática, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Oriente, graduada en Julio 2012. Desde el año 2012 soy profesora del Centro de Estudios de Neurociencias y Procesamiento de Imágenes y Señales (CENPIS) en la Universidad de Oriente. Actualmente trabajo en Investigación y desarrollo en el grupo de neurociencias. Desarrollé el presente trabajo como Trabajo de Diploma.

Alejandro Vladimir Bergues Balart, Santiago de Cuba, Cuba, nacido en Santiago de Cuba el 14 de Septiembre de 1988. Ingeniero en Informática, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Oriente, graduado en Julio 2012. Desde el año 2012 soy profesor del Departamento de Informática en la Universidad de Oriente. Actualmente trabajo en Investigación y desarrollo de aplicaciones orientadas a dispositivos móviles e imparto la asignatura de Reconocimiento de Patrones. Desarrollé el presente trabajo como Trabajo de Diploma.