

# HERRAMIENTA PARA CARACTERIZACIÓN DE RENDIMIENTO DE ALGORITMOS DE SEGMENTACIÓN EN IMÁGENES MICROSCÓPICAS

Christopher Crespo León<sup>1</sup>, Daniel Ochoa Donoso<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero en Computación 2007

<sup>2</sup>Director de Tesis. Ingeniero en Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2000

## RESUMEN

El presente trabajo estudia la influencia que tiene la segmentación basada en color en el análisis de imágenes microscópicas. Para el efecto se ha creado una herramienta que permita caracterizar el comportamiento de los algoritmos de segmentación [1] enfocándose en la componente de color como parámetro de evaluación. Estos resultados son valorados analíticamente por medio de un método estadístico basado en el análisis de curvas ROC. La herramienta implementada cuenta con tres módulos principales que son: Módulo de generación semi-automática de plantillas, módulo implementación de algoritmos de segmentación y módulo de evaluación.

Para el diseño e implementación de esta herramienta, varios meses de investigación en áreas como Visión por Computador, Estadística y Medicina fueron requeridos, lo cual nos permite comprender la importancia que tiene la evaluación cuantitativa de algoritmos de segmentación antes de que formen parte de una solución en visión por computador. Los experimentos realizados con la herramienta fueron realizados con imágenes de células cervico uterinas (muestras provistas por APROFE) y digitalizadas con los equipos facilitados por el Centro de Visión y Robótica: También se implementaron dos algoritmos de segmentación ampliamente usados en el análisis de imágenes microscópicas watershed y meanshift, cuyos resultados fueron evaluados.

## ABSTRACT

The present work studies the influence that has the segmentation based on color in the analysis of microscopic images. For the effect there has been created a tool that allows to characterize the behavior of segmentation algorithms [1] the color component being focused in as parameter of evaluation. These results are valued analytically by means of a statistical method based at the analysis of ROC curves. The implementation is composed by three principal modules that are: semiautomatic generation of binary template module, segmentation algorithms implementation module and evaluation module.

For the design and implementation of this tool, several months of investigation in areas as wide as Vision for Computer, Statistics and Medicine were needed, which allows to understand the importance that has the quantitative evaluation segmentation algorithms before they form a part of a solution. The experiments realized with the tool were made with cervical uterine cell images (samples provided by APROFE) and digitized with the

equipments facilitated by the Computer Vision and Robotics Center. Also there were implemented two segmentation algorithms widely used in the analysis of microscopic images: Watershed and Meanshift, whose results were evaluated.

## 1. INTRODUCCIÓN

La segmentación es el proceso que divide una imagen en regiones u objetos cuyos píxeles poseen atributos similares (por ejemplo, niveles de grises, textura, etc.) cada región segmentada suele tener un significado físico dentro de la imagen. A pesar del continuo avance en el desarrollo de nuevas técnicas de segmentación su incorporación en aplicaciones tecnológicas se ve limitado por la falta de una evaluación cuantitativa de su rendimiento sobre la base de imágenes de interés [2]. La subjetividad constituye actualmente uno de los mayores problemas para el desarrollo del análisis de imágenes [3].

Dada la naturaleza variable de una imagen y las características de diseño de las técnicas de segmentación, es imprescindible la evaluación objetiva de algoritmos antes de la implementación de cualquier solución de software basada en procesamiento de imágenes o la publicación de resultados de investigación de alguna nueva técnica [4]. Un ejemplo claro de esta problemática lo constituyen las imágenes microscópicas [5]. En la Figura 1 podemos ver los diversos resultados que pueden ser obtenidos al aplicar un algoritmo de segmentación de imágenes.

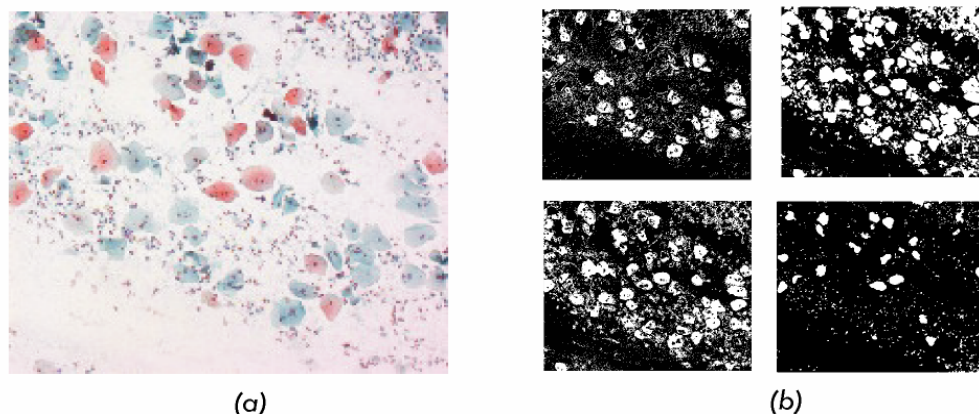


Figura. 1. (a) Imagen cérvico uterina (b) Resultados obtenidos de la segmentación aplicando diferentes algoritmos.

Una vez expuestas las normas y lineamientos sobre las cuales se propone el desarrollo del proyecto, este artículo resume la solución propuesta para lograr los objetivos de la tesis, asimismo, describe las pruebas realizadas con la herramienta, para lo cual define una metodología y se analizan los resultados obtenidos. Finalmente se presentan los beneficios y conclusiones que se obtienen de la herramienta implementada.

## 2. CONTENIDO

### 2.1 Objetivos

El objetivo de este trabajo fue la creación de una herramienta que permita caracterizar el rendimiento de algoritmos de segmentación sobre imágenes microscópicas. Esta herramienta fue diseñada de forma que dado un conjunto de imágenes; diferentes algoritmos y metodologías de evaluación puedan ser integrados y aplicados y cuyo resultado permita al investigador escoger el mejor algoritmo de segmentación. Además posee un componente de generación semi-automática de plantillas para la comparación de los resultados de la segmentación y el criterio de un experto humano. En la Figura.2 se muestran las interfaces gráficas de la herramienta desarrollada, las cual fue usada para cumplir con este propósito.



Figura. 2. Herramientas creadas

### 2.2 Pruebas con la Herramienta

Para la fase de pruebas de la herramienta se realizó un experimento, en donde se estudio la influencia que tiene el color al momento de la segmentación [6]. Para esto se siguió la siguiente metodología.

#### 2.2.1 Metodología y materiales usados.

Se escogieron dos tipos de algoritmos de segmentación de uso generalizado en la comunidad de análisis de bio-imágenes (Figura. 2). El primero Watershed [7], que se basa en los principios de morfología matemática para el crecimiento de regiones y MeanShift [8] que es un algoritmo de agrupamiento de píxeles basado en la búsqueda de modas en histogramas generados a partir de la descomposición de valores singulares de imágenes.

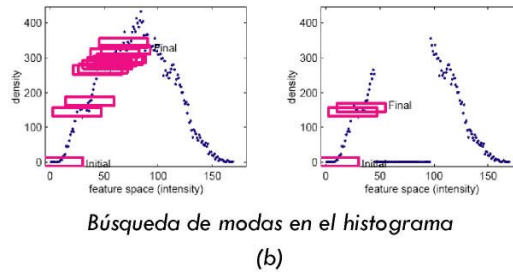
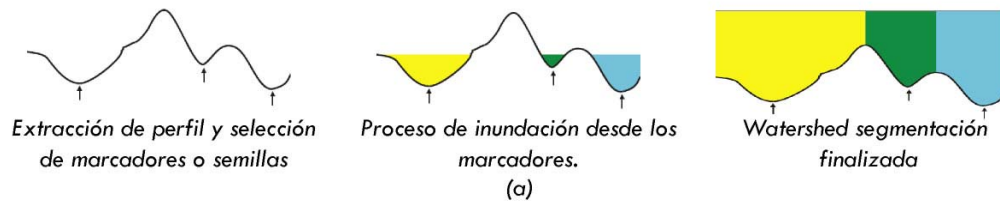


Figura. 2. Proceso de segmentación (a) Watershed, (b) MeanShift

La metodología utilizada fue el análisis de curvas ROC (Receiving Operating Curves) que miden términos de sensibilidad y especificidad el rendimiento de los algoritmos utilizados. Estas métricas son definidas como la proporción de píxeles que pertenecen al objeto de interés detectados correctamente y la proporción de píxeles que no pertenecen al objeto de interés y no forman parte de el resultado de la segmentación; resultados que deben coincidir con los píxeles clasificados manualmente por un especialista encapsulados en una plantilla.

Cada punto graficado en la curva ROC corresponde al par ordenado (FFP, FVP). El primer valor representan el porcentaje de píxeles mal clasificados conocidos también como falsas alarmas (Fracción de Falsos Positivos) graficado en el eje de las abscisas y el segundo representa el porcentaje de píxeles correctamente clasificados relacionados con el término de sensibilidad (Fracción de verdaderos Positivos) graficado en el eje de las ordenadas. Estos valores pueden ser obtenidos mediante la aplicación de la Ec. 1 y la Ec. 2.

$$FFP = \frac{\text{Negativos\_incorrectamente\_clasificados}}{\text{Total\_Negativos}} \quad \text{Ec. 1}$$

$$FVP = \frac{\text{Positivos\_correctamente\_clasificados}}{\text{Total\_Positivos}} \quad \text{Ec. 2}$$

El criterio escogido para la evaluación fue la distancia ROC calculada usando la Ec.3, este valor es la distancia obtenida desde cada par ordenado al punto (0,1), que es el punto donde se consigue el mejor resultado de la prueba.

$$d_{roc} = \sqrt{(1 - FVP)^2 + FFP^2} \quad \text{Ec. 3}$$

El parámetro de evaluación que se escogió para las pruebas del sistema fue la componente de color (Figura. 3), es decir sobre cual plano de una imagen de color la segmentación tiene un mejor rendimiento. Se probaron 12 tipos diferentes de componentes de color para la representación de los píxeles de la imagen. Estos componentes se derivan de espacios de color, cada uno diseñado para realzar algún aspecto (cromaticidad, intensidad, saturación) de la imagen. Las imágenes para las pruebas del sistema corresponden a muestras de células cérvico uterinas (provistas por APROFE), las cuales fueron capturadas en el microscopio Axioskop2 plus equipado con una cámara digital de alta definición AxioCAM Mrc5. Se usó Matlab 7.0 con toolbox de procesamiento de imágenes y estadístico para el desarrollo de la herramienta.

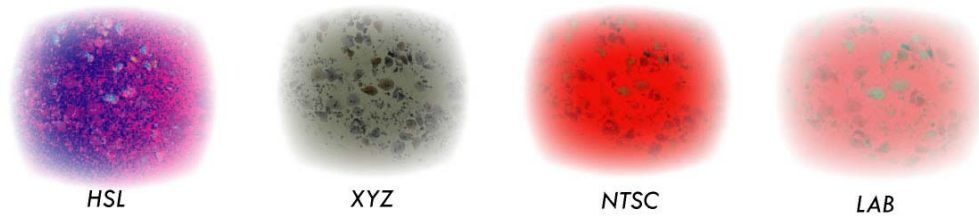


Figura. 3. Ejemplos de diferentes espacios de color.

## 2.2.2 Resultados

Un grupo de imágenes fueron evaluadas, utilizando 12 espacios de color diferentes. Cada espacio de color se analizó usando sus componentes de forma individual o combinada. En la Figura. 3 se muestran las curvas ROC obtenidas como resultado de la evaluación, tanto para el algoritmo de Watershed como para el de Meanshift con sus respectivas tablas de resultados ubicadas debajo de cada gráfico. De los resultados se puede anotar que MeanShift obtiene de manera general una mejor segmentación que Watershed. Además, El MeanShift reporta buenos resultados para un número mayor de espacios de color que Watershed, en particular aquellos derivados del espacio XYZ donde la cromaticidad esta mejor representada. Es notable, que espacios de color RGB/HSL ampliamente usados en investigaciones biológicas no son los mejores para segmentación de células.

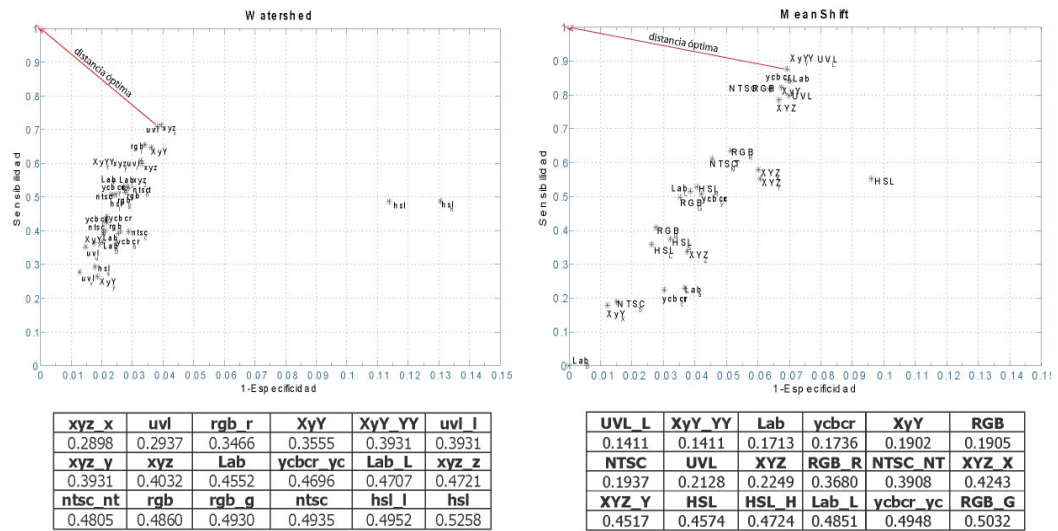


Figura. 4. Resultados de la evaluación. arriba curvas ROC , abajo distancia al punto óptimo

### 3. CONCLUSIONES

Es posible implementar los algoritmos usados para la segmentación de escala de grises sobre diferentes espacios de color ya sea en componentes individuales o combinados a fin de resaltar criterios como similitud, discontinuidad y conectividad.

Antes de implementar una solución en visión por computador o publicar resultados de una técnica de segmentación, es importante que los resultados obtenidos estén respaldados por pruebas que midan el rendimiento de estas técnicas. Idealmente estas pruebas deberían incluir: la creación de bancos de prueba de imágenes segmentadas, la estandarización de los mecanismos de evaluación y la codificación de los algoritmos de segmentación de interés.

La evaluación basada en curvas ROC nos permite discriminar el comportamiento de cualquier técnica de segmentación de distinta naturaleza, ya que este estudia principalmente el porcentaje de aciertos y fallos que se obtienen respecto a su estado real.

El análisis de muestras usando técnicas de visión por computador, disminuyen la subjetividad de la prueba y aumenta el número de muestras que pueden ser evaluadas.

Es importante capturar la experiencia del experto en una plantilla, ya que se puede extraer información cuantitativa de los objetos segmentados y nos permite describir características comunes de estos.

Consideramos que el trabajo realizado puede ser utilizado como base para desarrollo o prueba de técnicas de segmentación ya existentes.

Dada la arquitectura del software desarrollado es posible medir en el futuro parámetros intrínsecos a los algoritmos de segmentación y lograr combinaciones que permitan obtener resultados óptimos.

#### 4. REFERENCIAS

1. C. Crespo, D. Ochoa “Herramienta para Caracterización de Rendimiento de Algoritmos de Segmentación en Imágenes Microscópicas” (Tesis, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2007).
2. R.M. Haralick. “Propagating covariance in computer vision”, International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, Vol. 10, No. 5 (1996) pp. 561-572.
3. M. Heath and S. Sarkar and T. Sanoki and K. Bowyer, (1996) “Comparision of Edge Detectors. A Methodology and Initial Study”, Computer Vision and Image Understanding, Vol. 69, No 1, (January.1998), pp.38-54.
4. Kyujin Cho, Peter Meer, Javier Cabrera, “Performance Assessment through Bootstrap,” Proc. IEEE, Vol. 19, No. 11, (November 1997) pp. 1185-1198.
5. P. van Osta, J.M. Geusebroek, K. Ver Donck, L. Bols, J. Geysen, and B. M. ter Haar Romeny, “The principles of scale space applied to structure and colour in light microscopy.” Proc. R. Microsc. Soc., Vol. 37 No. 3 (2002) pp.161-166.
6. .H.D. Cheng. , “Color image segmentation: advances and prospects”, Pattern Recognition, Vol. 34, (December 2001) pp. 2259-2281.
7. S. Beucher, "The Watershed Transformation Applied to Image Segmentation", Scanning Microscopy International, Vol. 6, (1992), pp.299-314.
8. Information Technology Applications in Biomedicine ITAB.( 16-17 May 1998), “Extraction and characterization of regions of interest in biomedical images” by Keselman, Y., Micheli-Tzanakou, E., (Rutgers Univ, USA), pp. 87-90.