

# SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES COLOR MEDIANTE GRAFOS DE VECINOS MÁS CERCANOS

*Ignacio Molina Conde, Fabián Arrebola Pérez,  
Francisco Sandoval Hernández*

Departamento de Tecnología Electrónica  
Universidad de Málaga  
[aimc@dte.uma.es](mailto:aimc@dte.uma.es)

## ABSTRACT

In this paper, a graph theoretical approach to color image segmentation is presented, which is based on hierarchically processing the image data bottom-up. The image is represented by means of weighted nearest neighbour graphs, which reflects relationships between regions measured in terms of a distance function. The graphs are successively processed so as to obtain a tree representation of the image partitions. This tree structure describes a hierarchy of partitions on the image plane. Results are presented which demonstrate performance of the algorithm with different color spaces and distance functions.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las pirámides regulares, ampliamente utilizadas en segmentación de imagen, presentan algunos inconvenientes que pueden ser compensados si es la propia estructura la que se adapta a los datos [1]. Así, se han propuesto distintos algoritmos para procesar imágenes de escala de grises basados en particiones irregulares de la imagen: en [2], se lleva a cabo una clasificación jerárquica basada en la fusión, en un nivel dado de la estructura de datos, de sólo aquellos pares de regiones vecinas mutuamente más cercanas con respecto a un criterio de distancia, lo que causa un número excesivo de niveles de jerarquía. En [1], se aplica un proceso iterativo de reenlazado a la estructura jerárquica. Ésta se genera en [3] mediante un diezmado estocástico que hace que la segmentación no sea única. Un algoritmo que opera de forma análoga al propuesto en [2] pero sobre imágenes color es el propuesto en [4]. Éste se aplica sobre imágenes en tres diferentes espacios: R'G'B', CIELAB e Y'U'V'.

El algoritmo propuesto en [5] para segmentar imágenes de escala de grises, evita los inconvenientes de las implementaciones anteriores. Para ello, se procesan *grafos de vecinos más cercanos* (grafos-VMC) en cada nivel de la estructura jerárquica irregular, que se construye bottom-up. Se consideran todos los enlaces establecidos entre regiones vecinas más cercanas en cada nivel de jerarquía para llevar a cabo fusiones sucesivas de regiones vecinas con respecto a una distancia umbral. En este trabajo, se describe y aplica el algoritmo desarrollado en [5] de cara a analizar los resultados que se obtienen cuando se segmentan imágenes color con diferentes espacios y con distintas métricas de distancia.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL ALGORITMO

### 2.1. Representación de la imagen mediante grafos

En el algoritmo propuesto, se procesan en cada sucesivo nivel de jerarquía  $l$ , dos grafos de adyacencia obtenidos a partir de la imagen  $I$ , que evolucionan a lo largo de dichos niveles, para construir la descripción de la imagen bottom-up. Para obtener el primero de ellos, se parte de las distancias entre cada pixel de la imagen original y sus adyacentes (se considera una vecindad de 8 pixels), y se establece el mapeo:

$$f : I \rightarrow G_l^I(V_l^I, E_l^I)_{l=0} \quad (1)$$

Donde  $G_0^I(V_0^I, E_0^I)$  es el grafo, obtenido a partir de  $I$ , dado por el conjunto de nodos  $V^I$ , que representan los pixels, y el de arcos  $E^I$ , entre pixels adyacentes.

El peso de cada nodo  $V_l^I(i)$  está dado por un par de conjuntos:

$$V_l^I(i) = (C_l^I(i), T_l^I(i))_{l=0} \quad (2)$$

$C_0^I(i)$  es la componente asociada al pixel representado por el nodo. Dado que en los niveles sucesivos ( $l > 0$ ) los nodos representan regiones conectadas formadas por conjuntos de pixels, es necesario disponer de un descriptor topológico  $T_l^I(i)$  que indica el número de pixels de la región representada por el nodo.

El peso de cada arco es un escalar que representa la distancia normalizada,  $0 \leq d(V_l^I(i), V_l^I(j)) \leq 1$  (el valor 0 indica máxima similitud) entre dos vértices conectados, que dependerá del espacio de color empleado.

A partir de cada grafo  $G_l^I$  se obtiene el grafo-VMC asociado como sigue: a) cada nodo elige como máximo a un vecino, el más cercano en términos de distancia. Por tanto, el grafo-VMC es un grafo orientado. Si la distancia al vecino más cercano supera cierto umbral  $\delta$ , el nodo queda sin conectar. b) Se fusionan los grupos de nodos adyacentes entre los que la Distancia sea Cero, con lo que se obtienen nodos DC. Así pues, en el grafo-VMC, sus vértices  $V_l^{VMC}$  son los mismos los de  $G_l^I$ , y sus arcos son un subconjunto de los de  $G_l^I : T_l^{VMC} \subset T_l^I$ .

## 2.2. Procesamiento del grafo-VMC

En cada nivel  $l$ , el grafo-VMC se procesa mediante fusiones sucesivas de nodos adyacentes, comenzando por los pares de nodos Mutuamente más Cercanos (MC) y los nodos DC, hacia las hojas de los árboles cuyas raíces se unen a ellos, siempre que la distancia al nodo previamente fusionado no supere  $\delta$ . Con la fusión de varios nodos se actualizan los pesos de los vértices. Si dos nodos se fusionan, la nueva componente es:

$$C_l^{VMC}(n) = \frac{\|T_l^{VMC}(i)\| \cdot C_l^{VMC}(i) + \|T_l^{VMC}(j)\| \cdot C_l^{VMC}(j)}{\|T_l^{VMC}(i)\| + \|T_l^{VMC}(j)\|} \quad (3)$$

donde  $\|\cdot\|$  es el cardinal del conjunto.

El algoritmo finaliza cuando en un nivel dado, el grafo-VMC está formado exclusivamente por nodos aislados.

## 3. RESULTADOS

En la figura 1, se muestran los resultados obtenidos al aplicar el algoritmo propuesto sobre una imagen de test de la figura 1.a, de 256x256 pixel. Ésta ha sido obtenida con una cámara SONY DXC-930. Los datos de calibración de esta cámara (salidas RGB del negro y referencia del blanco, así como espectro del iluminante) se han empleado para la conversión entre los diferentes espacios de color no lineales utilizados. Éstos han sido los siguientes: R'G'B' (RGB con precompensación gamma de 0.45), Y'U'V' (a partir del R'G'B'), y los espacios estandarizados como uniformes CIELAB y CIELUV.

En la figura 1 también se muestran los diferentes umbrales de distancia,  $\delta$ , aplicados, que no son idénticos dado que cada distancia y espacio se comportan de manera distinta. Por tanto, los umbrales se han ajustado para poder tener un conjunto de resultados lo más similar posible para su análisis. En el espacio R'G'B' con distancia euclídea las regiones obtenidas en la figura 1.b no aparecen delimitadas de forma demasiado precisa. En la figura 1.c, se observa cómo la distancia angular hace la segmentación invariante en gran medida a cambios de luminosidad. En las figuras 1.d y 1.f, no se observan diferencias sustanciales entre los resultados con los espacios Y'U'V' y CIELUV, mientras que en CIELAB, la segmentación es sensiblemente más precisa.

## 4. CONCLUSIONES

Se ha presentado un algoritmo de segmentación de imágenes color basado en la representación de las particiones de la imagen mediante grafos. Los grafos se procesan realizando fusiones sucesivas de nodos adyacentes según un criterio de distancia. Los resultados obtenidos con distintos espacios de color son consistentes con los datos originales, sobre todo con los espacios Y'U'V', CIELAB y CIELUV, que ofrecen resultados similares.

**Agradecimientos:** este trabajo ha sido parcialmente financiado por la CICYT, Proyecto No. TIC098-0562.

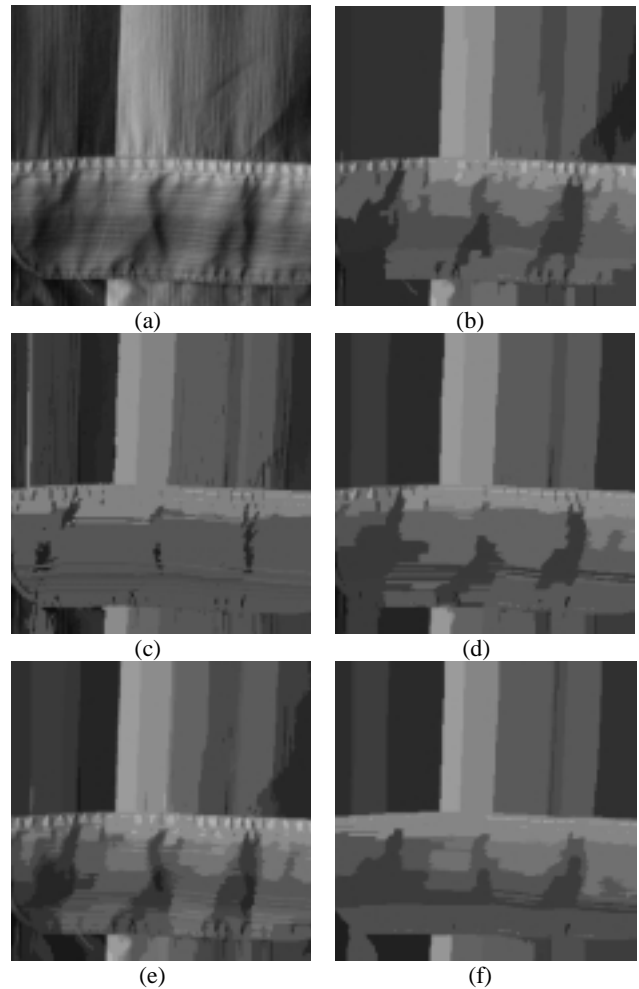


Figura 1. Resultados: a) Imagen de test. b) R'G'B', distancia euclídea,  $\delta=0.08$ . c) R'G'B', distancia angular,  $\delta=0.08$ . d) Y'U'V', distancia euclídea,  $\delta=0.03$ . e) CIELAB, distancia euclídea,  $\delta=0.04$ . f) CIELUV, distancia euclídea,  $\delta=0.04$ .

## 5. REFERENCIAS

- [1] Nacken, P., "Image segmentation by connectivity preserving relinking in hierarchical graph structures". *Pattern Recognition*, Vol. 28, No. 6, pp. 907-920, 1995.
- [2] Shen, X., Spann, M., Nacken, P., "Segmentation of 2D and 3D images through a hierarchical clustering based on region modelling". *Pattern Recognition*, Vol. 31, No. 9, pp. 1295-1309, 1998.
- [3] Montanvert, A., Meer, P., Rosenfeld, A., "Hierarchical image analysis using irregular tessellations". *IEEE Trans. Patt. Anal. Machine Intell.*, Vol. 13, No. 4, pp. 307-316, April, 1991.
- [4] Vlachos, T., Constantinides, A.G., "Graph-theoretical approach to colour picture segmentation and contour classification". *IEE Proceedings-I*, V. 140, No. 1, Feb. 1993.
- [5] Molina, I., Roa, L.J., Arrebola, F., Sandoval, F., "Hierarchical Image Segmentation Based on Nearest Neighbour Region Chains". *Electronics Letters*, Vol. 36, No. 13, 2000. pp. 1111-1113.