

EVALUACIÓN DE FONDO UNIFORME EN IMÁGENES DE ROSTROS
EVALUACIÓN DE FONDO UNIFORME EN IMÁGENES DE ROSTROS
UNIFORM BACKGROUND EVALUATION OF FACE IMAGES

Annette Morales-González, Heydi Méndez-Vázquez

Centro de Aplicaciones de Tecnología de Avanzada, 7a #21812 e/ 218 y 222, Siboney, Playa, Habana, Cuba, CP12200.
(amorales, hmendez)@cenatav.co.cu

Resumen

Debido al creciente uso de sistemas biométricos, la Organización de la Aviación Civil Internacional (ICAO) ha emitido un conjunto de normas de calidad que las fotografías electrónicas de documentos de identidad deben respetar. Una de las normas de calidad que se exige es la uniformidad del fondo. Aunque varios sistemas implementan la evaluación de esta norma, muy pocos ofrecen información de cómo lo hacen y no se reportan resultados sobre esto. En este trabajo se propone un método de evaluación automática del fondo uniforme en las imágenes de rostros, basándose en la segmentación de la silueta de la persona y en el análisis de las propiedades de dicha silueta. Los resultados de la propuesta fueron comparados con el método que utiliza una plantilla para la evaluación, usando imágenes de rostros de dos bases de datos de referencia internacional (XM2VTS y Caltech 101) e imágenes en condiciones reales. Se muestra que la efectividad total aumenta con la nueva propuesta.

Palabras Clave: *Rostro, Fondo Uniforme, Calidad de Imagen*

Abstract

Due to the increasing use of biometric systems, the International Civil Aviation Organization (ICAO) has issued a set of rules for controlling the quality of identity document electronic photographs. One of the quality norms required is the background uniformity of the image. Although some systems implement the evaluation of this norm, few present information regarding how they do it and no results have been reported to the best of our knowledge. In this work we propose an automatic evaluation method of uniform background for face images, based on the segmentation of the person's silhouette and in the further analysis of the properties of this silhouette. The results of the proposed approach were compared against the template-based method, using face images from two relevant databases (XM2VTS and Caltech 101) and with images obtained in real conditions. We show that the overall effectiveness increases with the new approach.

KeyWords: *Face, Uniform Background, Image Quality*

1 Introducción

La Organización de la Aviación Civil Internacional (ICAO) es una autoridad internacional para el tráfico aéreo internacional y entre sus actividades se encuentra la definición de recomendaciones para documentos de viaje internacional.

Con el aumento de la necesidad de sistemas de seguridad biométrica y la introducción de pasaportes electrónicos se ha elevado el interés por la detección y el reconocimiento automáticos de rostros. ICAO es la encargada de estandarizar los documentos de viaje que son leídos por equipos digitales (ej. pasaportes) con el objetivo de garantizar, entre otras cosas, que las imágenes almacenadas electrónicamente tengan la suficiente calidad para que los sistemas de reconocimiento de rostros puedan trabajar correctamente.

Las especificaciones de ICAO (INCITS, 2006) definen un número de condiciones que debe cumplir cada fotografía en los documentos personales. Algunas condiciones están relacionadas con la imagen completa (ej. brillo, dimensiones), mientras que otras están relacionadas con partes u objetos en la imagen (ej. los ojos deben estar visibles).

Una de las especificaciones de ICAO es sobre la uniformidad del fondo, para lo cual establece que el fondo de la imagen debe ser uniforme o tener una transición suave en una dirección, aunque no proporciona un criterio exacto específico (INCITS, 2006).

El problema fundamental en la evaluación automática de la uniformidad del fondo es poder delimitar qué parte de la imagen es fondo, y qué parte no lo es. El objetivo del presente trabajo es desarrollar un método que permita determinar qué región de la imagen

es fondo y cuál no, y a partir de esta información poder determinar si la región de fondo es uniforme, incluso si la segmentación no es del todo correcta.

El resto del artículo está dividido de la forma siguiente. En la sección 2 se hace un recuento sobre los trabajos relacionados con este tema y los principales problemas que presentan. En la sección 3 se explican los métodos utilizados para segmentar pelo y piel, y el análisis de las propiedades de la silueta segmentada que pueden ser discriminantes en la evaluación. En la sección 4 se expone el método general para evaluar el fondo. Resultados experimentales se pueden ver en la sección 5 y la sección 6 concluye el trabajo.

2 Trabajos relacionados

Aunque existen varios sistemas que implementan la evaluación de fondo uniforme en imágenes de rostros, estos no describen el procedimiento que llevan a cabo para realizarlo. Muy pocos trabajos se han encontrado en la literatura que brinden información de cómo atacar este problema.

En (Subasic, y otros, 2005) se menciona el procedimiento utilizado para detectar fondo uniforme entre otros métodos para evaluar otros aspectos de calidad de ICAO. El método utilizado en dicho trabajo consiste en seleccionar píxeles de una pequeña región en ambas esquinas superiores de la imagen para modelar el color del fondo, y estos son chequeados en cuanto a uniformidad. Si en una de las esquinas se encuentra poca uniformidad, se obvia esta esquina durante la modelación del color de fondo. La evaluación de uniformidad se realiza a partir de la media y la desviación estándar de los tres canales HSV del conjunto de píxeles seleccionados, chequeando si se encuentran en un rango predefinido. Los problemas de este método son evidentes si la porción superior de la imagen contiene objetos de fondo que contribuyen a la no uniformidad. A lo largo de este artículo se verán imágenes de ejemplo donde se pone de manifiesto esta situación.

Un método sencillo para detectar fondo uniforme es utilizar una plantilla con una silueta predefinida donde ya está establecido qué parte de la imagen es fondo y qué parte de la imagen contiene a la persona. Esta plantilla se normaliza según las coordenadas de los ojos del rostro que ya han sido detectados con anterioridad y se calcula la media y desviación estándar de la región delimitada como fondo. Un problema

de este método es cuando se trata con imágenes donde el estilo del pelo hace sobresalir la silueta de la persona por fuera del área delimitada por la plantilla como no fondo. Lo mismo ocurre cuando hay problemas de pose y los hombros pasan a formar parte del fondo. En la Figura 1 se muestra un ejemplo de plantilla y como se superpone sobre las imágenes.

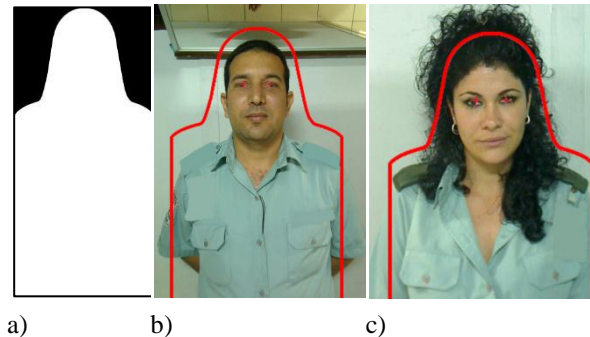


Figura 1: a) Plantilla utilizada para delimitar el fondo y el primer plano (el área fuera de la región blanca es considerada fondo), b) imagen donde la plantilla se ajusta correctamente a la silueta de la persona, c) imagen donde la plantilla no se ajusta a la silueta real.

Estos métodos que imponen rigidez en la definición de cuál región de la imagen es fondo y cuál no lo es, siempre tendrán el inconveniente de la gran diversidad de imágenes que se pueden encontrar, los distintos entornos donde se capturan las imágenes, los diferentes estilos de peinado que usan las personas y las diferentes poses que pueden adoptar. La propia premisa de generalización de estos métodos ya presupone un problema que solo es posible solucionar cambiando el enfoque.

En este trabajo se propone abordar el problema de la evaluación de fondo uniforme de una manera más flexible, teniendo en cuenta las características propias de la imagen y de las personas presentes en ellas. Es por esto que se propone utilizar un enfoque donde se segmente la silueta (pelo y rostro) de la persona que se encuentra en la imagen basándose en las características que se obtengan mediante el análisis de la misma. Nuestra premisa parte de que no se hacen asunciones sobre la localización de la región de fondo, sino que se debe determinar el área que ocupa la persona, y en función de esto, obtener el fondo.

Se han encontrado en la literatura varios trabajos que tratan sobre segmentación de pelo y piel. El enfo-

que propuesto por (Yacoob, y otros, 2006) construye un modelo de color el cual es utilizado para reconocer píxeles de pelo, sin embargo, la detección solo funciona bajo condiciones controladas de fondo y muy poca variación del color del pelo. En el trabajo de (Rousset, y otros, 2008) se propone un método de segmentación de pelo realizando un análisis frecuencial y de color de la imagen y luego aplicando un proceso de estimación de primer plano, de fondo y de alfa para cada pixel (más conocido por su término en inglés: *matting*) el cual resulta ser muy efectivo en la segmentación, pero muy costoso en tiempo. En (Lee, y otros, 2008) utilizan un enfoque de mezcla de modelos de color y ubicación aprendidos, con los cuales sugieren posibles regiones de pelo, rostro y fondo. Ellos construyen máscaras probabilísticas de las posibles ubicaciones del pelo y la piel, para lo cual deben realizar un proceso de entrenamiento previo. Luego de obtener las máscaras, estas son utilizadas por un algoritmo de segmentación para hallar las regiones correspondientes en la imagen. Para el caso de la modelación del pelo, parten de un agrupamiento de 6 tipos de estilos de peinado, para los cuales obtienen la máscara probabilística que los representa. Se debe tener en cuenta en este caso la gran variabilidad que pueden tener los estilos de peinado, lo cual será una limitante en este caso.

Una recopilación y comparación de distintos métodos utilizados para segmentar piel puede ser encontrado en (Vezhnevets, y otros, 2003). En (Singh, y otros, 2003) se hace un estudio experimental detallado sobre algoritmos de detección de rostros basados en modelos de color y se hace un análisis de los espacios de color RGB, YCbCr y HSI para este propósito.

En (Subasic, y otros, 2009) se propone utilizar un sistema experto basado en reglas para etiquetar regiones previamente segmentadas en las siguientes partes: piel, pelo, hombros, fondo y región de relleno. Esta segmentación de la imagen está enfocada a servir de punto de partida en las evaluaciones de calidad de las normas de ICAO. Los resultados generales de este método son buenos pero para el caso de imágenes con fondo no uniforme, los autores no proporcionan ejemplos de casos críticos (ej. que algún objeto de fondo es del mismo color del pelo y aparece adyacente al área de pelo). En los experimentos realizados en este trabajo se puede apreciar que los mayores porcentajes de falsos positivos para segmentación de piel y del pelo (32 % y 21 % respectivamente) fueron

obtenidos utilizando la base de datos que contiene imágenes con fondo no uniforme. Otro aspecto a señalar es el costo en tiempo de este método, ya que es dependiente de la cantidad de reglas que deban ejecutarse y de la cantidad de regiones que deben ser etiquetadas.

3 Segmentación y análisis de la silueta en imágenes de rostros

En esta sección se detallan los pasos seguidos para obtener la silueta de la persona mediante la segmentación del pelo y la piel, y el análisis de las propiedades de esta silueta que sirven para evaluar las características del fondo de la imagen.

3.1 Segmentación del pelo

Para la segmentación del pelo se utilizó un método basado en el propuesto por (Rousset, y otros, 2008). Primeramente se define un área alrededor del rostro detectado utilizando el algoritmo de Viola y Jones (Viola, y otros, 2001). Esta región definida es mayor que el rectángulo del rostro detectado, de forma tal que se pueda asegurar que al menos se obtuvo una parte del área del pelo de la persona.

Dado que el pelo posee una textura particular, el primer paso para obtener sus características es realizar un análisis frecuencial de la imagen. Se utilizó el filtro pasabanda gaussiano propuesto en (Rousset, et al., 2008) de la forma:

$$freq.filter(f_0, \sigma) = \int_{\theta=0}^{360} e^{-\frac{(f_{\theta}-f_0)^2}{2\sigma^2}} \quad Eq. 1$$

Donde f_0 es la frecuencia central y σ es el ancho de banda. Al mapa frecuencial obtenido utilizando este filtro se le aplica un umbral para obtener una máscara binaria del resultado, utilizando la media y la desviación estándar del mapa. La máscara obtenida dará como resultado una detección bastante acertada de la localización del pelo de la persona, pero desafortunadamente, también puede incluir regiones de fondo que no es pelo como se muestra en la Figura 2.

Para mejorar el resultado de la máscara frecuencial, se obtiene un modelo de color del pelo, para lo cual se tienen en cuenta 3 regiones: una región en la parte superior de la frente y dos regiones a los costados del rostro, a la altura de las orejas.

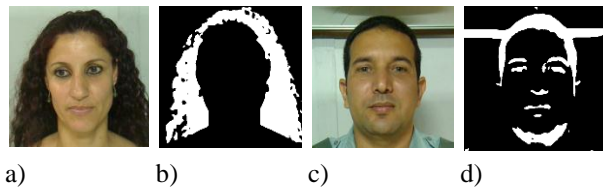


Figura 2: a)-b) Imagen original y buena máscara frecuencial que representa el pelo. c)-d) Imagen original y máscara frecuencial que no delimita bien el pelo

Se modela el color de la intersección de estas 3 regiones con la máscara frecuencial, para asegurar no incluir fragmentos de piel o fondo en el modelo de color y se construye una máscara de color del pelo, la cual luego es fusionada con la máscara frecuencial según se propone en (Rousset, y otros, 2008):

$$masc. fusion = masc. frec \cap masc. color \quad \text{Eq. 2}$$

El resultado de este proceso se puede observar en la Figura 3.

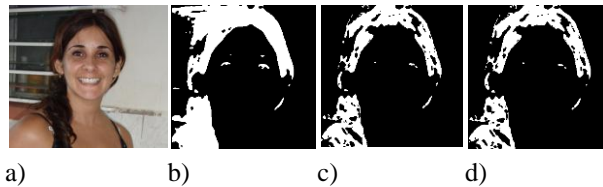


Figura 3: a) Imagen original, b) máscara frecuencial, c) máscara de color, d) máscara fusionada

La máscara fusionada contiene información bastante precisa sobre la localización del pelo en la imagen de rostro, pero no necesariamente cubre toda el área del pelo. Partiendo de la información obtenida en la máscara fusionada, en (Rousset, y otros, 2008) realizan un proceso de *matting* de la imagen, con lo cual obtienen una segmentación muy precisa de toda la región de pelo, pero este es un proceso bastante costoso en tiempo, para el cual ellos reportan alrededor de 20 segundos en imágenes de 200 X 300 píxeles, utilizando un microprocesador de 3 GHz.

Para la aplicación específica que se busca, 20 segundos es un tiempo excesivo, y más aún teniendo en cuenta que solo involucra la segmentación del pelo. Es por esta razón que se decidió utilizar como método para segmentar esta área, el crecimiento de regiones, el cual usará como semillas los píxeles con valor

1 de la máscara fusionada. Este método resulta más impreciso en el resultado de la segmentación que el proceso de *matting*, pero es mucho más rápido, y algunas de sus deficiencias pueden ser controladas para obtener los resultados que se desean.

3.2 Segmentación de la piel

Como el objetivo que se persigue es segmentar la silueta de la persona, es importante segmentar el área de piel también, pues para el caso de personas con pelo corto o calvos, utilizando la segmentación del pelo solamente no se obtendrá la silueta.

Para la segmentación del área de piel se definieron dos regiones rectangulares ubicadas justamente debajo de las coordenadas de los ojos detectados. El objetivo es obtener muestras de piel del área de las mejillas, ya que es la parte del rostro donde se encontrará piel con mayor seguridad.

Una vez obtenidas las muestras de piel, se calcula el modelo de color de la piel de la persona y se obtiene la media y desviación estándar de dicho modelo.

Se determina una región rectangular que abarca mayormente el área de la nariz, comenzando desde la altura de los ojos y terminando a la altura de la boca, y los puntos de esta región son utilizados como semilla para realizar el crecimiento de regiones en esta zona del rostro. Estos pasos se pueden observar en la Figura 4.

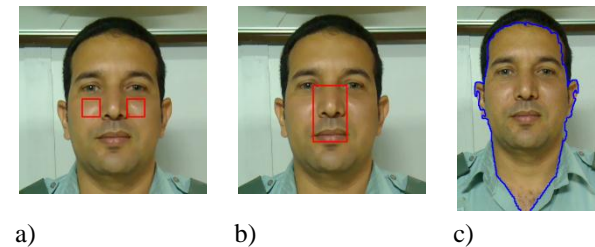


Figura 4: a) Regiones rectangulares en las mejillas para crear el modelo de color de la piel, b) Región que se toma de partida para realizar el crecimiento de regiones, c) resultado de la segmentación de la piel.

Se puede dar el caso de que la piel de la persona sea de un color muy parecido al fondo, y el crecimiento de regiones segmente el rostro y el fondo como piel. Para este caso se analiza si el área segmentada creció en exceso hacia los laterales del rostro inicialmente detectado. Si es así, entonces se reajustan automáticamente los parámetros del método de segmentación para que permita una diferencia de color

menor a la hora de hacer el crecimiento.

3.3 Propiedades de la silueta segmentada

Una vez segmentadas las regiones de pelo y piel de la imagen, se puede obtener una silueta general de la persona mediante la combinación de las máscaras de pelo y de piel de la siguiente forma:

$$masc. silueta = masc. piel \cup masc. pelo \quad \text{Eq. 3}$$

Los resultados de este proceso se pueden ver en la Figura 5, donde se muestran las siluetas segmentadas en casos donde el estilo del pelo varía grandemente. Las siluetas han sido cortadas deliberadamente a la altura de la barbilla para evitar problemas de pose, donde los hombros están muy arriba y pueden confundirse con el fondo.



Figura 5: Ejemplos de siluetas segmentadas de forma correcta.

Lamentablemente, todos los resultados no son tan alentadores, especialmente si en el fondo existen objetos que poseen un color y/o texturas muy similares al pelo o la piel. En la Figura 6 pueden verse casos donde esto ocurre.



Figura 6: Ejemplos de siluetas segmentadas de forma incorrecta debido a objetos del fondo.

Desde el punto de vista de la evaluación del fondo uniforme, una silueta bien segmentada no arroja dudas sobre cuál sería el área de fondo a evaluar, pero en el caso de las siluetas mal segmentadas, se ha mezclado el fondo con la persona, por lo que una parte del fondo no se tendrá en cuenta en la evaluación. No obstante, haciendo un análisis de las siluetas mal segmentadas, se puede llegar a la conclusión de que han sido mal segmentadas precisamente porque no poseen un fondo uniforme.

Siguiendo esta idea, se decidió analizar algunas propiedades de la silueta que pueden brindar indicios de que ha sido mal (o bien) segmentada.

Convexidad de la silueta

La primera propiedad que se tuvo en cuenta para el análisis fue la convexidad del contorno encontrado y más allá de saber si es convexo o no, se puede obtener una información valiosa acerca de los defectos de convexidad del mismo.

En un espacio vectorial real, se dice que un conjunto C es **convexo** si para cada par de puntos de él, el segmento que los une está totalmente incluido en C . Se denomina envoltura convexa de un conjunto C al menor conjunto convexo que contiene a C . Utilizando la envoltura convexa de un conjunto, se pueden obtener los defectos de convexidad de la misma, que no son más que las regiones de la envoltura convexa donde no hay puntos del conjunto. Estos defectos de convexidad se pueden caracterizar por la distancia máxima del contorno del conjunto a la envoltura convexa.

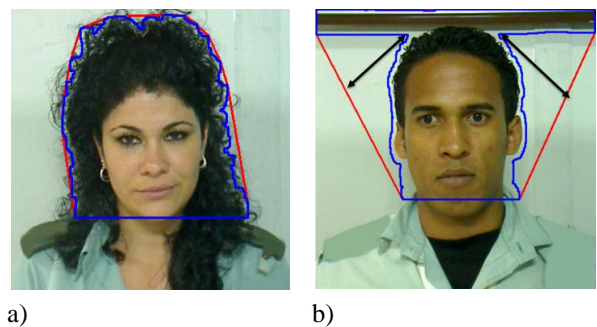


Figura 7: Ambas imágenes muestran en azul el contorno de la silueta segmentada y en rojo la envoltura convexa. En a) los defectos de convexidad son muy pequeños, en b) los defectos de convexidad (flechas negras) son grandes.

Al comparar las siluetas bien segmentadas con las mal segmentadas, se puede notar que los defectos de convexidad son mucho menores en el primer grupo (Ver Figura 7).

Por esta razón se decidió que el chequeo de la convexidad de la silueta sea relevante al evaluar el fondo. El tamaño de los defectos de convexidad es normalizado con respecto al ancho del rostro detectado. Si los defectos de convexidad arrojan valores altos, se puede asegurar que el fondo no es uniforme y que existen errores de segmentación debido a objetos de fondo.

Compacidad de la silueta

La segunda propiedad que se tuvo en cuenta fue la compacidad (o *compactness* en inglés) del área superior del rostro segmentado, que involucra ojos, frente y pelo.

La medida de compacidad de una forma es un factor numérico que representa el grado en el cual la forma es compacta. La medida más comúnmente utilizada es el cociente isoperimétrico, el cual es la relación proporcional entre el área de la forma y el área del círculo con igual perímetro, dado que el círculo es la forma más compacta.

Bajo la premisa de que la parte superior de la cabeza debe tener una forma mayormente redondeada, es decir, nunca cuadrada o rectangular, se decidió evaluar la compacidad de la misma como un indicador de buena o mala segmentación. En lugar de utilizar el área del círculo de igual perímetro, se decide utilizar el área del semicírculo correspondiente al círculo descrito, ya que el área superior de la cabeza se trunca a partir de la posición de los ojos.

En esta relación es evidente que valores cercanos a 1 corresponden a alta compacidad de la forma, o sea, que se asemeja más al círculo, mientras que valores cercanos a 0 es lo opuesto. Una silueta con bajo valor de compacidad se considerada mal segmentada y por consiguiente, se está en presencia de un fondo no uniforme.

4 Evaluación del fondo

Una vez obtenida la silueta segmentada y han sido comprobadas su convexidad y compacidad, la región de fondo se considera el exterior de dicha silueta. Para la región de fondo se calcula la media y desviación

estándar de cada canal de color y si la desviación estándar está por debajo de un umbral definido, se considera que el fondo es uniforme. De lo contrario se considera como no uniforme.

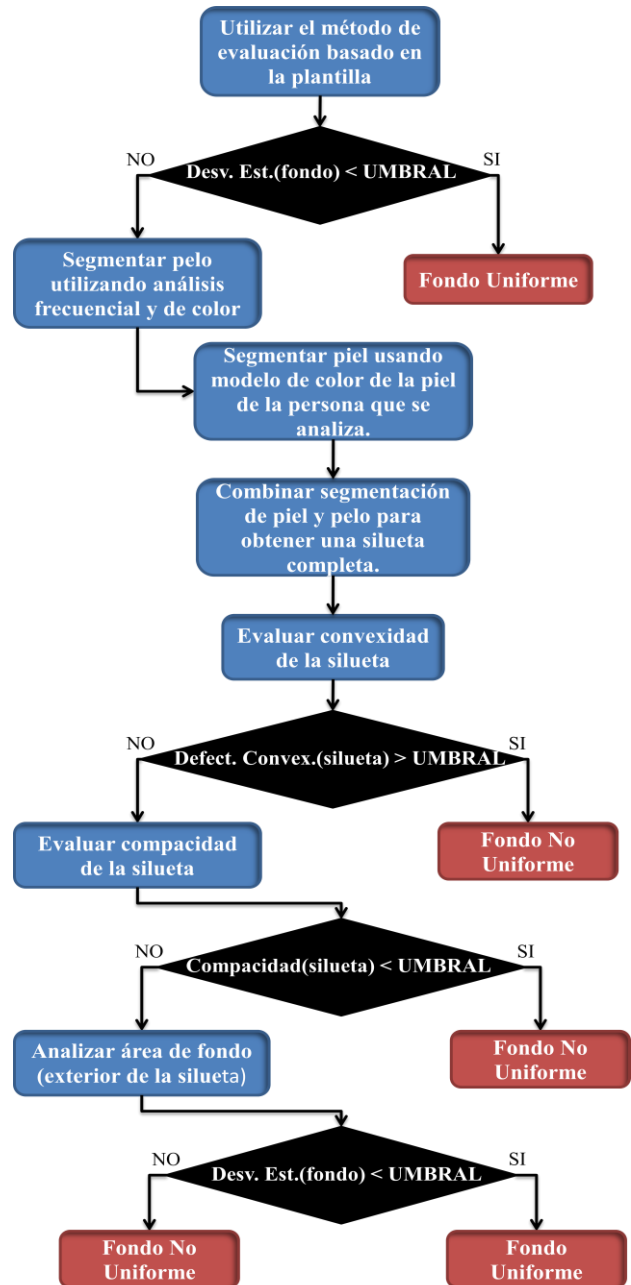


Figura 8: Proceso para la evaluación de fondo uniforme

Teniendo en cuenta que la evaluación de fondo uniforme se debe realizar junto con otras pruebas de calidad y que estos métodos se aplican en sistemas que deben dar respuesta en tiempo real, se decidió combinar el método que utiliza la plantilla estática con este método de segmentación de la silueta. La idea es utilizar primero la plantilla para evaluar el fondo, y si la respuesta es que el fondo es uniforme no se analiza más la imagen, ahorrándose un tiempo considerable. Para el caso en que el método de la plantilla evalúe un fondo como no uniforme, entonces existe la duda de si en realidad el fondo no es uniforme o es que la plantilla no enmarcó correctamente a la persona. Para este caso, se aplica el método de segmentación de la silueta que resulta más flexible a distintos estilos de peinado y poses.

Los pasos a seguir de manera general para realizar la evaluación del fondo se pueden ver en la Figura 8.

Para una imagen de 420x540 píxeles en la que haya que realizar todos los pasos, el proceso demora alrededor de 320 milisegundos utilizando un procesador Core 2 Duo a 2.66 GHz.

5 Experimentos

La falta de investigaciones similares publicadas hace difícil comparar los resultados obtenidos en este trabajo con otros métodos. Tampoco existen bases de imágenes especialmente diseñadas para la evaluación de fondo.



Figura 9: Fila superior: Imágenes de ejemplo de la base de imágenes XM2VTS. Fila inferior: imágenes de ejemplo de la base de imágenes Caltech 101.

Por esta razón, se decidió utilizar un conjunto de imágenes obtenidas de dos bases de datos estándares: XM2VTS (Messer, y otros, 1999) y Caltech 101 (Fei-Fei, y otros, 2004). De la primera base de datos se sacaron 316 vistas frontales de personas con *fondo uniforme* (FU) mientras que de la segunda base de datos se obtuvieron 316 vistas frontales de personas en *fondos no uniforme* (FNU). En la Figura 9 se pueden observar imágenes de ambas bases de datos. Estas dos divisiones sirvieron como muestras de referencia para evaluar el desempeño del método desarrollado.

Los resultados se comparan con los resultados del método que utiliza la plantilla solamente. Para la evaluación de los métodos se utilizó una matriz de confusión:

	Clasificados como FU	Clasificados como FNU	
FU real	VP	FN	S
FNU real	FP	VN	E
	VPP	VPN	ET

Donde VPP y VPN son los valores predictivos positivos y negativos respectivamente, S y E son la sensibilidad y especificidad respectivamente y ET es la efectividad total.

El VPP es el porcentaje de las imágenes evaluadas correctamente como FU, con respecto al total de imágenes evaluadas como FU. El VPN es el porcentaje de imágenes evaluadas correctamente como FNU. La sensibilidad mide el porcentaje de las imágenes que fueron evaluadas como FU con respecto al total de imágenes que realmente tienen FU. La especificidad es el porcentaje de imágenes evaluadas como FNU con respecto al total de imágenes con FNU.

Los resultados para el método de plantilla se pueden ver en la Tabla 1 y los resultados para el método propuesto se muestran en la Tabla 2.

Analizando estas tablas, se puede ver que la sensibilidad es muy baja para el método de plantilla, lo que significa que muchas imágenes que tienen fondo uniforme son clasificadas como no uniforme. También este método presenta un valor predictivo negativo bajo, lo que indica que de las imágenes que clasificó como fondo no uniforme, un número elevado tiene fondo uniforme.

	Clasificados como FU	Clasificados como FNU	
FU real	170	146	53.7%
FNU real	38	278	87.9%
	81.7%	65.5%	70.8%

Tabla 1: Matriz de confusión del método basado en la plantilla utilizando imágenes de XM2VTS y Caltech 101.

	Clasificados como FU	Clasificados como FNU	
FU real	290	26	91.7%
FNU real	63	253	80.0%
	82.1%	90.6%	85.9%

Tabla 2: Matriz de confusión del método propuesto utilizando imágenes de XM2VTS y Caltech 101.

Los resultados en cuanto a especificidad y valor predictivo positivo son bastante semejantes. No obstante, se puede ver que el método propuesto mejora la efectividad total en un 15 %.

Se realizó además otro experimento utilizando 5159 imágenes capturadas en condiciones reales, en las que la iluminación, la expresión y pose de los individuos son controladas, con el objetivo de ser utilizadas en la identificación de los sujetos.

	Clasificados como FU	Clasificados como FNU	
FU real	3524	501	87.5%
FNU real	88	1046	92.2%
	97.5%	67.6%	88.5%

Tabla 3: Matriz de confusión del método basado en la plantilla utilizando imágenes tomadas en condiciones reales.

	Clasificados como FU	Clasificados como FNU	
FU real	3830	195	95.1%
FNU real	138	996	87.8%
	96.5%	83.6%	93.5%

Tabla 4: Matriz de confusión del método propuesto utilizando imágenes tomadas en condiciones reales.

Estas son semejantes a las mostradas como ejemplos a lo largo de este artículo. De estas imágenes, se clasificaron manualmente 4025 con fondo uniforme y 1134 con fondo no uniforme.

Los resultados utilizando este conjunto de imágenes se pueden ver en la Tabla 3 y en la Tabla 4. Estos muestran que el método propuesto mejoró el valor de sensibilidad, aunque disminuyó en un pequeño porcentaje el valor de especificidad. El valor predictivo negativo mejoró notablemente con el método propuesto, lo que quiere decir que en las imágenes clasificadas como fondo no uniforme, se está cometiendo un menor error de clasificación. El método propuesto mejoró la efectividad total en un 5% en este experimento.

6 Conclusiones

En este trabajo se propuso un nuevo método para evaluar fondo uniforme en las imágenes de rostros, que se despega de los enfoques que asumen localizaciones preestablecidas del área que ocupa la persona y la región de fondo dentro de la imagen. La flexibilidad en este caso viene dada por la segmentación de la silueta del sujeto y el análisis de la misma. Los experimentos realizados demuestran que el método propuesto mejora la efectividad total de la evaluación del fondo uniforme, al ser comparado con el método que utiliza una plantilla fija para esta evaluación.

Referencias

Fei-Fei L., Fergus R. and Perona P. Learning generative visual models from few training examples: an incremental Bayesian approach tested on 101 object categories [Conference]. - [s.l.] : IEEE. CVPR 2004, Workshop on Generative-Model Based Vision, 2004.

INCITS Face Recognition Format Data Interchange, Version 2.0 [Book]. - [s.l.] : InterNational Committee for Information Technology Standards ({INCITS}) Secretariat. Information Technology Industry Council, 2006.

Lee Kuang-chih [et al.] Markov Random Field Models for Hair and Face Segmentation [Conference]. - [s.l.] : In Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FG 2008), 2008.

Messer K. [et al.] XM2VTSbd: The Extended

M2VTS Database [Conference]. - New York : Proceedings 2nd Conference on Audio and Video-base Biometric Personal Verification (AVBPA99), Springer Verlag, 1999.

Rousset Cevahir and Coulon Pierre Yves Frequential and color analysis for hair mask segmentation [Conference]. - [s.l.] : IEEE: Proceedings of the International Conference on Image Processing (ICIP 2008), 2008.

Singh Sanjay Kr. [et al.] A Robust Skin Color Based Face Detection Algorithm [Journal]. - [s.l.] : Tamkang Journal of Science and Engineering, 2003. - 4 : Vol. 6.

Subasic M. [et al.] Face Image Validation System [Conference]. - [s.l.] : In Proceedings of the 4th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis, 2005.

Subasic M., Loncaric S. and Birchbauer J.

Expert system segmentation of face images [Journal]. - [s.l.] : Journal of Expert Systems with Applications, 2009. - Vol. 36.

Vezhnevets Vladimir, Sazonov Vassili and Andreeva Alla A Survey on Pixel-Based Skin Color Detection Techniques [Journal]. - [s.l.] : Citeseer, 2003. - Vol. 85.

Viola P. and Jones M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features [Conference] // IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. - 2001.

Yacoob Y. and Davis. L. S. Detection and analysis of hair [Journal]. - [s.l.] : IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2006. - 7 : Vol. 28.