

ANTROPOMETRÍA DIGITAL 2D EN ORBITAS OCULARES HUMANAS

Romero-Hernández Reimer^a, Renero-Carrillo Francisco-Javier^b

^a Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica. paco@inaoep.mx

^b Departamento de Física. Facyt - Universidad de Carabobo - Venezuela.
romeroreimer@inaoep.mx, romero1@uc.edu.ve

RESUMEN

Presentamos un algoritmo para la medición digital de parámetros antropométricos faciales (AIMeDiFa). En particular medimos la largo de la fisura parpebral, ancho intercantal externo, ancho intercantal interno, y distancia entre pupilas. El algoritmo, implementa la búsqueda de partes del rostro con el algoritmo Viola-Jones. Realiza un preprocesado de la imagen del ojo para determinar el centro del iris y su radio por el método de Hough. Implementamos filtros de tipo LoG y Sobel, con máscaras que se adaptan a la geometría del ojo, para así revelar los bordes del mismo y de éste modo obtener una curva que se ajusta a un polinomio con los que obtenemos las comisuras internas y externas. El AIMeDiFa fue probado con doce (12) individuos: 6 mujeres y 6 hombres. En este estudio preliminar los resultados muestran que las medidas digitales guardan una diferencia porcentual promedio, respecto a la manual, de menos de 10% en distancias intercantales, y por debajo del 25% en el resto de las medidas en más del 80% de la muestra estudiada. Se evaluó también el efecto de la forma de una máscara circular truncada que toma en cuenta la oclusión de los párpados.

Introducción

La necesidad de un diagnóstico cuantitativo sobre patologías caracterizadas por asimetrías faciales, así como la determinación per se de la simetría como certificado de salud del individuo, son campo abierto para la antropometría facial, la cual, se ocupa de las mediciones comparativas de la cara humana, sus diferentes partes y sus proporciones. Algunos trabajos hacen uso del procesado de imágenes para detectar puntos y realizar mediciones, en tal sentido, Ghoddousi (2007) y Loveday (2012) realizan comparaciones entre las medidas hechas manualmente y sus software. La búsqueda del funcionamiento de esos software conduce rápidamente a trabajos en los que se desarrollan algoritmos para la detección automática de puntos característicos ya definidos por Farkas (1981), es así como González y Prieto (2012), Camargo et al. (2011), Erdogmus (2012), Majumder et al. (2011) y otros buscan resolver el problema a partir de imágenes 2D y el correspondiente preprocesado de las mismas. Albiol et al. (2008) y Cristinacce-Cootes (2008) aplican algoritmos que requieren de un entrenamiento previo para clasificar y detectar los puntos característicos del rostro humano. En este trabajo mostramos los avances preliminares de un algoritmo para la medición digital de parámetros antropométricos faciales (AIMeDiFa), el cual, en su primera versión, hace la detección de los puntos característicos y las medidas antropométricas en la órbita ocular del rostro humano de forma automática. El AIMeDiFa no requiere de un entrenamiento previo para realizar la detección, en cambio sólo requiere del preprocesado de la imagen del rostro para llevar a cabo su trabajo.

Teoría

La evaluación antropométrica comienza con la identificación de puntos característicos (landmark) definidos en términos de características palpables o visibles (piel o hueso) sobre el sujeto. Farkas (1981) describió una serie de medidas para describir la cara humana; entre los puntos antropométricos faciales definidos en su trabajo se destacan: comisura interna (in), comisura externa (ex), pupila (pu), con estos puntos o landmark se realizan las medidas: largo de fisura parpebral (lfp), anchura intercantal externa (aie), anchura interocular interna (aui), y distancia interpupilas (dip).

La antropometría se ha valido de los avances en la tecnología y en especial al software dedicado al procesamiento de imágenes, así como de los equipos fotográficos que adquieren tales imágenes y que cada día brindan mejor calidad de ellas. Los algoritmos que realizan la labor antropométrica llevan a cabo operaciones-matemáticas sobre imágenes. Una imagen es representada como una función $I(x,y)$, donde I es la amplitud de la señal (por ejemplo el brillo) en un punto coordenado (x,y) . Las operaciones que pueden llevarse a cabo sobre $I(x,y)$ pueden ser puntuales, locales o globales, según la necesidades que se consideren, resultado así en otra imagen $I_o(x,y)$. (Acharya & Ray, 2005)

Unos de los procedimientos más usado en la antropometría digital es la detección de borde, la cual, implícitamente involucra buscar en la imagen cambios significativos en las intensidades, para ello la imagen es filtrada con un operador gradiente diferencial, a los que la literatura de refiere como filtros diferenciales (Solomon & Breckon, 2011), entre ellos están: Canny, Laplaciana of Gauss (LoG), Sobel, Prewitt, etc. En particular la suavidad que ofrece Sobel es implementada en los trabajos de Erdogmus (2010) y Batista (2007), ambos para resaltar los bordes presentes en el área ocular.

Metodología:

El AIMeDiFa, realiza cuatro etapas de preprocesado: *Primera*: comienza por implementar el algoritmo de Viola-Jones (Viola & Jones, 2001), éste es ampliamente usado para identificar objetos en una figura, basado en un entrenamiento previo, fue inicialmente usado para la identificación de caras; sin embargo en este trabajo lo usamos sólo para identificar los ojos: derecho e izquierdo. *Segunda*: Transformación en escala de gris de la imagen y ecualización de la imagen; tal ecualización mejora el contraste de una imagen en escala de grises transformando los valores bajo una ecualización del histograma limitada a pequeñas regiones, de allí el término “contraste limitado” y las siglas CLAHE (Zuiderveld, 1994). *Tercera*: Identificación de pupila, ajuste geométrico de máscaras y filtrado (o resaltado) de bordes. El punto crítico en esta etapa es la búsqueda de la pupila, se hace primero un promediado de la imagen y luego se calcula el centro de masa. Seguidamente se aplica la transformada de Hough para capturar los círculos cuyos centros se encuentre cerca del centro de masa. *Cuarta*: Ajuste de bordes, calculo de puntos y medidas. A continuación se resumen las etapas del AIMeDiFa:

Etapas 1: Se detecta ojos con algoritmo Viola-Jones y se extraen, figura 2a y 2b.

Etapas 2:

- a. *Se resaltan las zonas oscuras mediante un ajuste de claros y oscuros para calcular el centro de masa, en una primera aproximación, figura 3a.*

- b. Se mejora la imagen en escala de grises mediante la ecualización adaptativa de contraste limitado (clave).

Etapa 3: Enmascarado y filtrado:

- a. Se aplica transformada de Hough para detectar pupila (figura 3b).
- b. Se resaltan los bordes horizontales de la imagen filtrando con Sobel sobre un ROI encerrado por la máscara que se muestra en la figura 3c.
- c. Se convierte el resultado de la Etapa-3b en B/N.
- d. Se aplica un proceso de apertura sobre el resultado de 3c y luego se promedia la imagen con un disco de tamaño apropiado, figura 3d
- e. Para eliminar los puntos en la pupila se promedia nuevamente pero ahora en las proximidades del centro de la misma (ver figura 3e), esto se hizo con cuatro máscaras distintas, algunas de las cuales se muestran en la figura 1.

Etapa 4: Borde del ojo y medidas

- a. Con el resultado de la Etapa-3 se ajustan los puntos a un polinomio (de grado 3), ver figura 3f.
- b. Se calculan los puntos (en) y (ex) (figura 3f), para los dos ojos.
- c. Con estos puntos se calculan: la anchura intercantal externa (aie) e interna (aii), así como la distancia entre pupilas (dip).

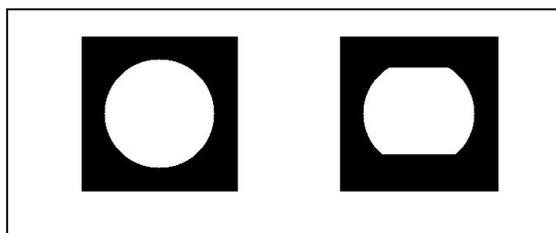


Figura 1

Las medidas manuales fueron realizadas con un vernier (0.1 mm). En este trabajo se evaluaron a doce (12) individuos: seis (6) mujeres y seis (6) hombres. Para los resultados digitales se consideraron cuatro (4) máscaras, cuyas formas se resumen en la figura 1, ellas son: (i) Circular completa ($r/ro=1$), es decir, tomando el radio completo que resulta del proceso de detección de la pupila (etapa 3a). (ii) Máscara circular ampliada ($r/ro=1,05$ y $1,10$). (iii) Máscara circular truncada: superior en 0.65 e inferior 0.75. (iv) Máscara circular truncada: superior en 0.75 e inferior 0.75. En la tabla 1 se muestra el comportamiento de la **diferencia porcentual promedio** (DDP) entre las medidas digitales y las manuales, para las macaras consideradas.

Máscara	fpd	fpi	aie	aia	dip
$r/ro = 1.00$	7,19	9,91	9,15	28,50	10,55
$r/ro=1.05$	6,43	7,87	9,42	27,44	10,72
$r/ro=1.10$	6,22	6,91	9,40	26,84	10,57
0.65 – 0.75	7,58	10,52	11,07	28,09	11,13
0.75 – 0.75	5,11	8,89	10,61	25,89	10,39

Tabla 1. Diferencia porcentual promedio (DPP) para las cinco (5) máscaras usadas

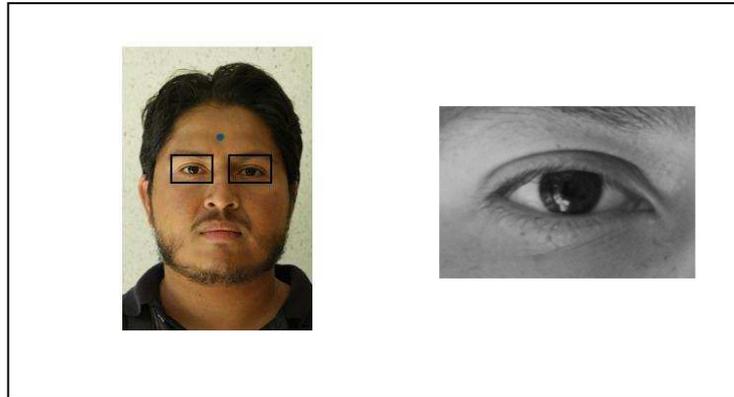


Figura 2: De izquierda a derecha: (a), (b)

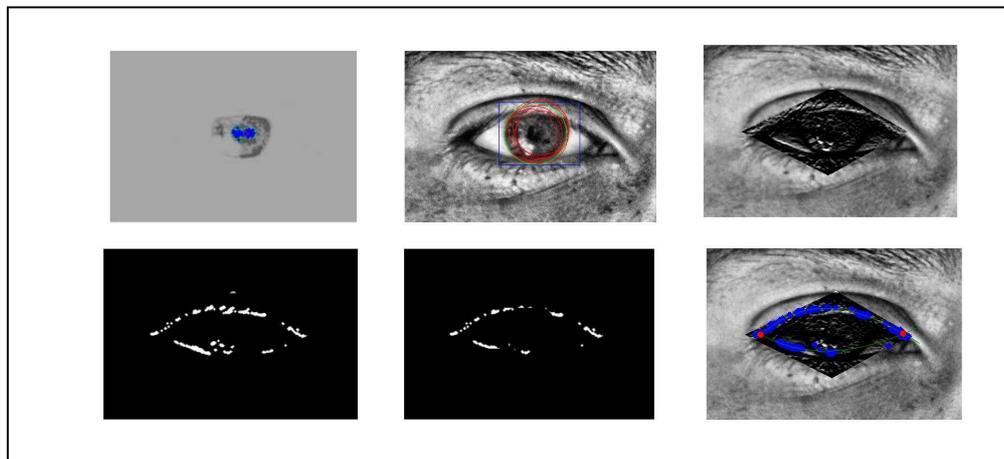


Figura 3, (superior de izquierda a derecha) (a), (b) y (c), inferiores (d), (e) y (f)

Conclusiones y recomendaciones

El almedifa obtuvo las medidas antropométricas con errores aceptables, menores a 10% (aprox 3 mm) en la mayoría de las medidas, a saber: fpd, fpi, aie y dip, excepto por la aii cuya DPP están por encima del 25%. Los mejores resultados generales se obtuvieron con la máscara ampliada $r/r_o = 1.10$ y con la trucada 0.75-0.75; en el primer caso, es debido al proceso llevado a cabo en la etapa 3e y que contribuye de manera positiva al ajuste polinomial. En el segundo caso, porque evita que se pierdan un número importante de puntos al ajuste debido a la oclusión de los párpados. Se recomienda: (i) analizar la simetría de los individuos, por ejemplo con los ajustes polinomiales, (ii) previo al procesado, implementar un algoritmo de entrenamiento para identificar los puntos antropométricos en y ex , las medidas obtenidas con almedifa mostraron ser sensibles a esta búsqueda.

Bibliografía

Acharya, T., & Ray, A. K. (2005). *Image Processing: Principles and Applications*. Wiley-Interscience.

Albiol, A., Monzo, D., Martin, A., Sastre, J., & Albiol, A. (2008). Face recognition using HOG and EBGM. *Pattern Recognition Letters* , 29 (10), 1537-1543.

Alejandro González, F. P. (2012). EXTRACCIÓN DE PUNTOS CARACTERÍSTICOS DEL ROSTRO PARA MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* , 9(17), 139-150.

Batista, J. (2007). Locating Facial Features Using an Anthropometric Face Model for Determining the Gaze of Faces in Image Sequences. En M. Kamel, & A. Campilho (Edits.), *Image Analysis and Recognition* (Vol. 4633, págs. 839-853). Springer Berlin / Heidelberg.

Cristinacce, D., & Cootes, T. (2008). Automatic feature localisation with constrained local models. *Pattern Recognition* , 41 (10), 3054-3067.

Erdogmus, N., & Dugelay, J.-L. (2010). An efficient iris and eye corners extraction method. *Proceedings of the 2010 joint IAPR international conference on Structural, syntactic, and statistical pattern recognition* (págs. 549-558). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Farkas, L. G. (1981). *Anthropometry of the Head and Face in Medicine*. Elsevier Science Ltd.

Ghoddousi, H., Edler, R., Haers, P., Wertheim, D., & Greenhill, D. (2007). Comparison of three methods of facial measurement. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* , 36 (3), 250-258.

Jorge L. Camargo Díaz, E. P. (2011). Algoritmo para la obtencion de parametros antropometricos en imagenes de rostros frontales. *Ingenieria y Desarrollo* , 29 (1).

Majumder, A., Behera, L., & Subramanian, V. K. (2011). Automatic and Robust Detection of Facial Features in Frontal Face Images. En *2011 UkSim 13th International Conference on Computer Modelling and Simulation* (págs. 331-336). Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Oghenemavwe Ese Loveday, F. B., & Lekara, D. T. (2012). A Software Tool for Facial Analysis. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* , 4(6), 551-556.

Pamplona Segundo, M., Silva, L., Bellon, O., & Queirolo, C. (2010). Automatic Face Segmentation and Facial Landmark Detection in Range Images. *Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics, IEEE Transactions on* , 40 (5), 1319-1330.

Solomon, C., & Breckon, T. (2011). *Fundamentals of Digital Image Processing: A Practical Approach with Examples in Matlab*. Wiley.

Viola, P. A., & Jones, M. J. (2001). Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features. *CVPR (1)*, (págs. 511-518).

Zuiderveld, K. (1994). *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization.* " *Graphic Gems IV*. San Diego: Academic Press Professional.

