



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

## **Práctica 2 – Aplicaciones de VA**

Trabajo 4 – Detección de ojos y caracterización de la  
mirada

Yeray Méndez Romero

[yeray.mendez@udc.es](mailto:yeray.mendez@udc.es)

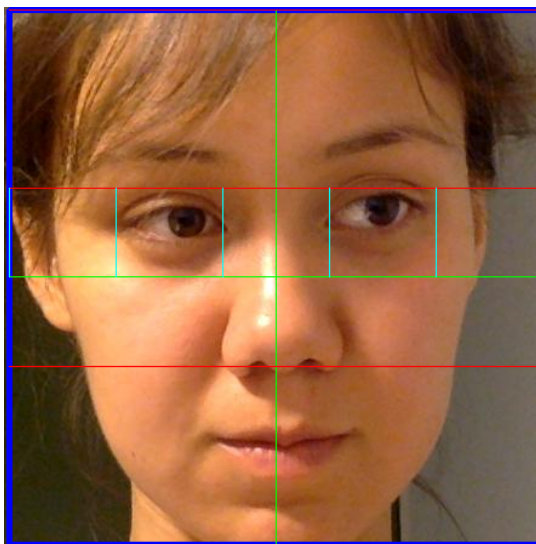
# ÍNDICE

1. PRIMERA APROXIMACIÓN.....	3
1.1. Metodología realizada para detectar el iris del ojo.....	3
1.2. Metodología realizada para la caracterización de la mirada.....	5
1.3.Resultados.....	6
2. SEGUNDA APROXIMACIÓN.....	7
2.1. Metodología realizada para detectar el iris del ojo.....	7
2.2. Metodología para la caracterización de la mirada.....	8
2.3.Resultados.....	10

## 1. PRIMERA APROXIMACIÓN

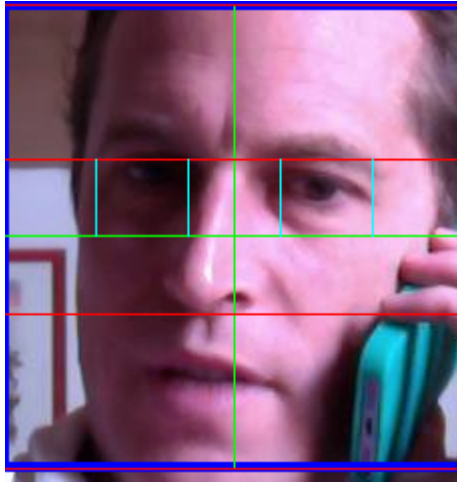
### 1.1. Metodología realizada para detectar el iris del ojo

- En este trabajo se han empleado los clasificadores en cascada basados en funciones de Haar, los cuales representan un método eficaz para la detección de objetos en imágenes, en este caso el rostro de personas. Los clasificadores utilizan máscaras para detectar posibles zonas de interés que concuerden con la zona facial y extraer sus características.
- Una vez obtenido el rostro, se han utilizado las proporciones faciales para buscar la zona ocular. El rostro humano se divide horizontalmente en 3 porciones desde la barbilla a la frente, y en 5 partes de forma vertical entre los extremos de las orejas. Para esta práctica se han seguido las dimensiones anteriores teniendo en cuenta que existe cierto nivel de error debido a que el clasificador no determina el contorno exacto del rostro. De esta forma se ha localizado la zona ocular en la mitad superior de la porción central horizontal y en la segunda y cuarta sección vertical.



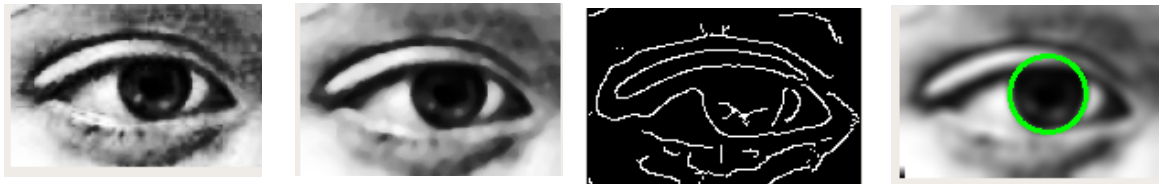
*Fig. 1. Zona facial dividida para localizar la zona ocular*

- Este método tiene dificultades para identificar la región de los ojos si la cabeza del sujeto está demasiado ladeada o inclinada.



*Fig. 2. Zona facial dividida para localizar la zona ocular.*

- Con la zona del ojo localizada se ha mejorado el contraste de la imagen realizando una ecualización del histograma.
- A continuación se ha aplicado un filtro de mediana para eliminar la existencia de ruido y suavizar la imagen sin perder la información de los bordes.
- Se han obtenido los bordes con el detector de bordes de Canny y se han empleado en la transformada de Hough para identificar el iris.



*Fig. 3. a) Imagen tras aplicar ecualización de histograma. b) Imagen tras aplicar filtro de mediana. c) Bordes detectados por Canny. d) Iris detectado al utilizar la información de bordes con la transformada de Hough.*

- Se puede apreciar que tras aplicar el filtro de mediana la zona del iris queda bastante diferenciada y se mantienen los bordes. Sin embargo en imágenes en las que el iris no está diferenciado debido a que está próximo a una esquina de la zona ocular, la transformada de Hough produce salidas erróneas.

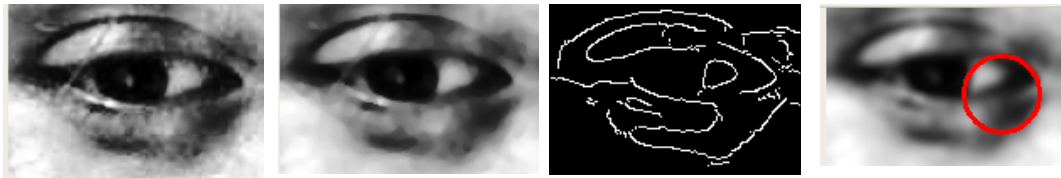


Fig. 4. a) Imagen tras aplicar ecualización de histograma. b) Imagen tras aplicar filtro de mediana. c) Bordes detectados por Canny. d) Iris detectado al utilizar la información de bordes con la transformada de Hough.

## 1.2. Metodología realizada para la caracterización de la mirada

Para caracterizar la mirada se han utilizado las siguientes operaciones:

- En primer lugar se ha aplicado un filtro de mediana en cada una de las zonas oculares, tras esto, se subtrae la salida de filtro con la imagen original para mejorar el contraste de la imagen y de los bordes.
- A continuación se ha segmentado la imagen con una umbralización local y se ha empleado el detector de esquinas de Harris para identificar los límites del ojo.
- Una vez obtenida la salida, se han filtrado las coordenadas de las esquinas intentando mantener aquellas que pertenezcan a la región de la esclerótica. Aún así, continúan permaneciendo puntos que no pueden ser filtrados, debido a que la posición del ojo varía en el conjunto de imágenes, y de hacerlo se perderían coordenadas determinantes en otras muestras. Para evitar este problema se ha calculado la recta formada por los centros de cada ojo, y se han seleccionado los puntos cercanos al radio de estos. Los puntos se emplearán para filtrar las esquinas localizadas con Harris.

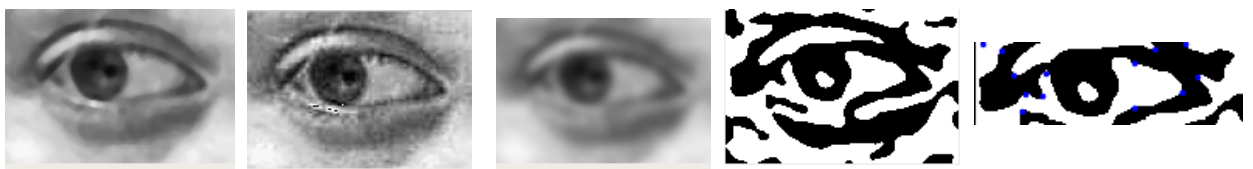


Fig. 5. a) Imagen tras aplicar filtro de mediana. b) Imagen tras aplicar Rank-Based Sharpening. c) Imagen tras aplicar un sauzizado gaussiano. d) Imagen umbralizada. e) Esquinas detectadas.

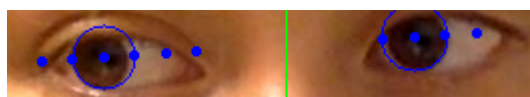


Fig. 6. Recta formada por los centros de cada ojo.



*Fig. 7. Esquinas filtradas empleando los puntos de la recta.*

- A continuación se ha calculado la distancia entre cada uno de los puntos y el centro del ojo al que pertenecen. Se han realizado las medias de las distancias y se ha determinado la caracterización de la mirada en función de aquellos que estean más próximos al centro del iris.

### 1.3. Resultados

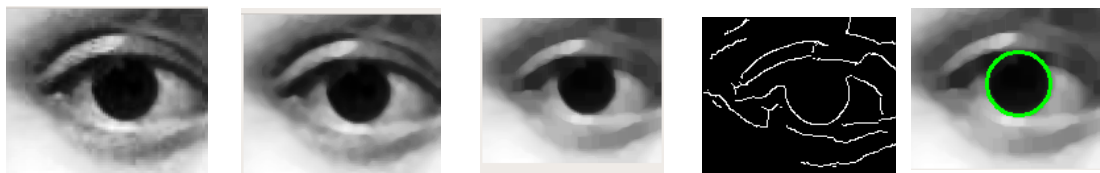
- Detección de rostros:
  - Los clasificadores lograron identificar 16 de los 20 rostros.
    - En los casos en los que no logró detectarlos, el sujeto tenía la cara apoyada sobre la mano lo que seguramente influyó a la hora de extraer la características.
- Detección del ojo:
  - Detectados con éxito 24 ojos de 32.
    - En algunos de los casos en los que no se logró localizar los ojos se deben a que la pupila está situada en una zona con menor iluminación en el momento de la toma de la imagen, o tal vez porque el sujeto lleva unas gafas que afectan en la detención del borde óptimo. También hay que mencionar que en determinadas imágenes, la selección de zona ocular era menos precisas que otras debido a que el sujeto estaba con la cabeza girada hacia un lado.
- Caracterización de la mirada :
  - Se ha logrado caracterizar la mirada de forma correcta en 9 de los 16 rostros.
  - En los casos erróneos la causa de una mala caracterización se ha debido a la imprecisión de localizar correctamente el iris o los límites de la zona ocular.

## 2. SEGUNDA APROXIMACIÓN

### 2.1. Metodología realizada para detectar el iris del ojo

Se ha mantenido la parte inicial de la aproximación anterior para la detección del rostro y la zona de los ojos. Para la detección del iris se han empleado las siguientes operaciones sobre la zona ocular:

- En primer lugar se ha realizado una ecualización del histograma de la imagen en escala de grises para aumentar el contraste de la zona de interés.
- A continuación se ha aplicado un filtro de mediana para suavizar la imagen y no perder la información de bordes.
- Posteriormente se ha empleado una apertura para eliminar pequeños detalles que pudieran influir a la hora de la detección, y para separar mejor las zonas del ojo. Tras esto, se ha realizado un cierre para expandir aquellas regiones que pudieran haberse reducido demasiado tras aplicar la apertura y para alisar los contornos. El objetivo de aplicar estos operadores morfológicos ha sido el de maximizar la diferencia entre el iris, la esclerótica (zona blanca del ojo) y la piel, ya que en este caso las imágenes no poseen una iluminación constante provocando que determinadas regiones de la zona ocular estén demasiado oscuras o excesivamente iluminadas, lo que puede producir resultados erróneos.
- Para la detección del iris se ha ejecutado el mismo paso final que en la aproximación anterior. Se han extraído los bordes con el detector de bordes de Canny y se han empleado en la transformada de Hough aplicada a círculos.



*Fig. 8. a) Ecualización del histograma. b) Imagen tras aplicar filtro de mediana. c) Imagen tras aplicar la apertura y cierre. d) Bordes detectados. e) Zona de la pupila tras aplicar Hough.*

- Como se puede apreciar en la Figura 8 , en imágenes en las que las distintas partes del ojo se encuentran bien diferenciadas e iluminadas de forma más o menos uniforme, con el filtro de mediana se podría obtener un buen resultado. Sin

embargo, en imágenes en las que no se cumple esta condición, si no se aplicasen los operadores morfológicos se producirían resultados como los de la Figura 9:



Fig. 9. a) Imagen tras aplicar filtro de mediana. b) Bordes. c) Resultados de aplicar Hough.

- El resultado anterior podría mejorarse siempre que se encontrasen los valores adecuados del detector de bordes para la imagen en cuestión, pero debido a que las imágenes presentan diferencias de iluminación esto no resultaría práctico, ya que se podría perder información de bordes en otras imágenes.

## 2.2. Metodología para la caracterización de la mirada

Para caracterizar la mirada se han intentado identificar los límites de la esclerótica al igual que en la primera aproximación, sin embargo en este caso se ha realizado este proceso a través de los siguientes pasos:

- En primer lugar se ha ecualizado el histograma de la región del ojo.
- Se ha filtrado la imagen con un filtro de mediana para suavizar la imagen sin perder la información de los bordes.
- Se ha realizado una umbralización local para separar la esclerótica, puesto que debería ser la región más clara de la zona ocular.
- Tras esto se ha recorrido la porción central de zona ocular para obtener todos los puntos que conforman región de la esclerótica.



Fig. 10. a) Imagen tras aplicar umbralización. b) Zona analizada. c) Puntos de la esclerótica.



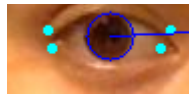
- o Se ha detectado un problema, el cual se basa en que la diferencia de intensidad entre las imágenes hace que este método por sí mismo no pueda garantizar que se detecten de forma correcta los límites del ojo.



Fig. 11. a) Imagen tras aplicar umbralización. b) Zona analizada. c) Puntos de la esclerótica

- o A mayores, se pretendieron mejorar los resultados aplicando operaciones morfológicas, como la apertura para eliminar determinadas regiones de las esquinas, las cuales producían resultados erróneos, y un cierre para recuperar el tamaño de las áreas centrales que pudieran haberse reducido demasiado. Esto mejoró resultados en imágenes donde el iris, la esclerótica y la piel estaban bien diferenciadas pero provocaba que imágenes con una peor segmentación perdieran gran parte de los detalles. Otra opción hubiese sido intentar hacer un filtrado más complejo de la salida pero dado que todos los ojos no están situados en la misma posición relativa ni tienen el mismo radio, no hubiese resultado trivial realizar este paso.
- Una vez obtenidos los puntos que conforman la esclerótica, se ha calculado la distancia al centro del ojo, y se han seleccionado los posibles puntos que pueden representar los límites de la zona ocular.
- Tras calcular las distancias al centro de la pupila, se ha realizado la media de las mediciones a derecha e izquierda del iris y se ha hallado la diferencia. Ésta diferencia permitirá caracterizar la mirada aunque la orientación del ojo sea errónea en función de los cálculos realizados, lo que se puede deber a puntos cuyas distancias son similares debido a que el ojo está bastante centrado, y uno de los límites no se ha localizado de forma tan precisa. Esto hará que la diferencia entre

los puntos del otro ojo tome mayor peso en el caso de que la caracterización sea correcta.



*Resultados de las medias:*

<i>Zona derecha del ojo:</i>	60.26	39.8
<i>Zona izquierda del ojo:</i>	56.8	49.45
<i>Caracterización de la mirada en cada ojo:</i>	<i>Izquierda</i>	<i>Derecha</i>

- o Como la diferencia en el ojo izquierdo es mayor que en el derecho, resulta más determinante a la hora de caracterizar la orientación. Por tanto, la persona de la imagen está mirando hacia la derecha.



*Fig. 13. Imagen con el ojo localizado y puntos límite de la zona ocular.*

## 2.3. Resultados

- Detección de rostros:
  - o Los clasificadores mantienen los resultados de la primera aproximación:
    - Detectados 16 rostros de los 20 rostros.
- Detección del ojo:
  - o Detectados con éxito 28 ojos de 32.
  - o En algunos de los casos en los que se detecta la pupila correctamente, el radio obtenido es mayor, lo que condiciona el proceso posterior.
    - Esto puede deberse a lo también comentado en la aproximación anterior, que la pupila está situada en una zona con menor iluminación

en el momento de la toma de la imagen lo que puede producir zonas oscuras próximas a contorno del ojo.

- También hay que mencionar que en esta aproximación se ha mejorado la detección del iris/pupila mediante el uso de operaciones morfológicas.
- En los casos en los que no se han conseguido identificar los ojos, las razones son las mismas que en la aproximación ya comentada.
- Caracterización de la mirada:
  - La mirada se ha determinado correctamente en 12 de los 16 rostros.
  - Sin embargo hay que mencionar que la precisión del método implementado no es totalmente idónea con lo que se había pensado inicialmente, pero sí aproxima bastante bien los límites del ojo.
  - En este caso y dado que las imágenes presentaban diferencias de iluminación, resulta complicado conseguir un acuerdo total entre los métodos empleados y las distintas imágenes, por lo que se ha intentado conseguir una aproximación más generalista que funciona mejor con determinadas características y algo peor con otras.