

MEDICIÓN DE RELACIÓN CÓRNEA-LENTE EN AS-OCT

VISIÓN ARTIFICIAL

Javier Penas Noce

Contents

	Página
1.0	Introducción 2
1.0.0	Definición de la problemática 2
1.0.1	Objetivos 2
1.1	Metodología 2
1.1.0	Esquema general 2
1.1.1	Preprocesado 3
1.1.2	Segmentación 4
1.1.3	Procesado 5
1.1.4	Detección de bordes 7
1.1.5	Presentación de resultados 8

1.0 Introducción

1.0.0 Definición de la problemática

La córnea irregular es una dolencia que empeora la calidad de visión de los pacientes que la sufren. Se puede tratar con lentes de contacto para corregir la estructura de la córnea. Sin embargo, este tratamiento requiere estudiar con precisión la relación córnea-lente haciendo uso de Tomografías de Coherencia Óptica de Segmento Anterior (AS-OCT).

1.0.1 Objetivos

En este trabajo se ha buscado desarrollar un método computacional que, a partir de las imágenes AS-OCT, permita:

1. Identificar Estructuras relevantes de la imagen: contornos de la lente y contorno exterior de la córnea.
2. Medición local de la relación córnea-lente.
3. Visualización gráfica de las mediciones.

1.1 Metodología

1.1.0 Esquema general

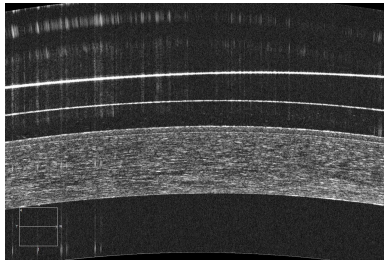
Para el desarrollo de este trabajo, se ha dividido el trabajo en fases, afrontando subproblemas por separado, para luego obtener una solución global mediante la combinación de las estrategias escogidas. Primero se realizará el preprocesado de las imágenes para reducir el ruido y resaltar las partes relevantes. Luego, segmentaremos las regiones correspondientes a la córnea y a los bordes de la lente.

Por último, detectaremos los bordes de las regiones detectadas, y los remarcaremos para que sean fácilmente visibles.

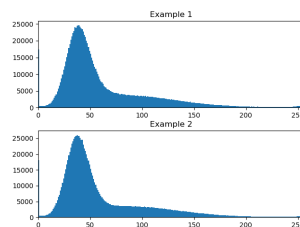
A mayores, se indicará la distancia entre la región mayor (correspondiente a la córnea) y el borde más cercano de la lente.

1.1.1 Preprocesado

Las imágenes con las que contamos poseen un alto nivel de ruido moteado o 'speckle'. Esto es una característica inherente a este tipo de imágenes. En estas existen dos tipos de textura: la de la propia escena y la de la varianza de la imagen, conocida como speckle, debido al sistema de obtención de la propia imagen (Henderson y Lewis, 1998).

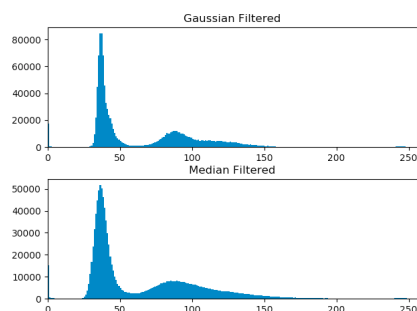


Estudiando los histogramas de los ejemplos, vemos como existen dos picos de ruido impulsional, correspondiente al moteado sal y pimienta. Además, del histograma, podemos inferir que la imagen tiende a los tonos oscuros.



Esto, contrastándolo empíricamente con los ejemplos, nos permite ver que se debe a que el fondo ocupa gran parte de la imagen. Es por ello, que para nuestro análisis, las zonas claras de la imagen serán las que posean más información, y por lo tanto las que debemos realzar en nuestro preprocesado. Para la eliminación del ruido se barajaron tanto filtros de suavizado lineales como no lineales.

De todas las opciones, los que mejores resultados presentaban, eran el de gauss en la categoría de lineales y el de medianas dentro de los no lineales.



Ambos reducen considerablemente el ruido sal y pimienta, y con el suavizado permiten diferenciar ya las clases con las que trabajaremos de forma bastante clara. El problema del filtro gaussiano es que perdemos definición en los bordes, sobre todo en los de la lente, que es bastante fino. Por ello, nos decantamos por el filtro de medianas.

1.1.2 Segmentación

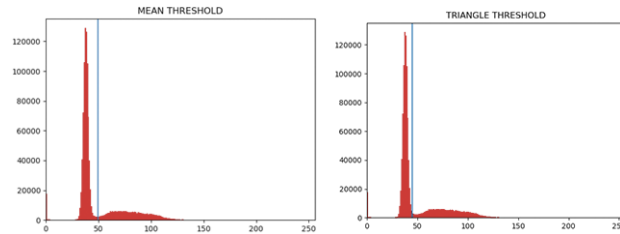
Una vez tenemos la imagen suavizada, y hemos reducido el ruido, debemos segmentar las regiones existentes, para separar las áreas de interés del fondo. En los histogramas resultado del preprocesado, vemos como se aprecian dos picos, uno más pronunciado, relacionado con el fondo, y otro más moderado, que corresponde con la córnea y los bordes de la lente.

Para obtener el umbral de segmentación, se probaron varias técnicas, las mejores se muestran a continuación:



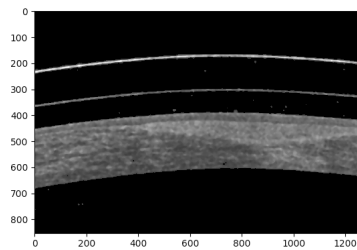
El método de Otsu, funciona bastante bien para la zona de la lente, donde la iluminación es uniforme, pero da problemas en el área de la córnea, donde nos solemos encontrar con pequeñas áreas más oscuras. Este método es muy sensible a las variaciones de intensidad.

Para escoger entre la segmentación seleccionando el umbral con el método 'Triangle' y la obtención del umbral a partir de la media, hemos vuelto a comprobar los histogramas, superponiendo el umbral escogido por cada método:



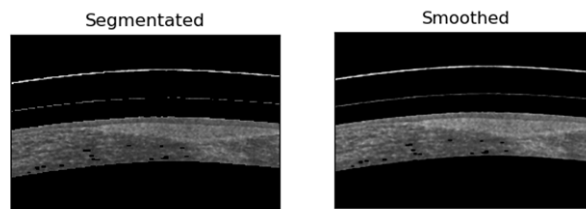
Aunque visualmente en las imágenes segmentadas parecía que el método 'Triangle' daba mejores resultados, el de la media presentaba mejores soluciones separando los picos del histograma, por eso se escogió este último.

Una vez detectado el umbral, nos quedamos solo con aquellas áreas de la imagen que no correspondan a la región identificada como 'fondo':

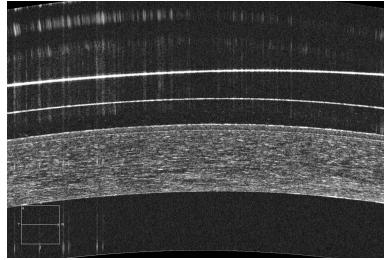


1.1.3 Procesado

Para conseguir que la detección de bordes nos de mejores resultados, una vez segmentada la imagen, y detectadas las zonas de interés, aplicamos una mejora del contraste y de nuevo un suavizado (gaussiano, $\sigma=1.5$), para diferenciar mejor, aquellos huecos córnea lente, que por el ruido son más difíciles de diferenciar.



Durante las pruebas de los algoritmos, se detectó que para las imágenes destacablemente ruidosas, se producían falsos positivos en zonas donde se apreciaban barras blancas (de ruido). Para afrontar la solución de este problema, primero se examinaron las imágenes, en busca de patrones que pudiesen servir como diferenciadores.

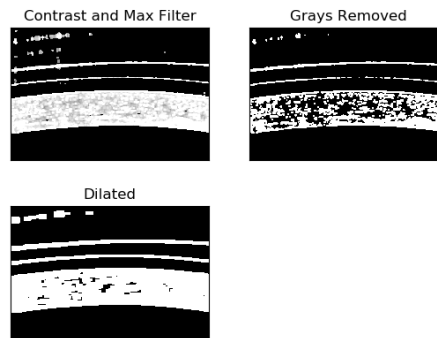


ID	PIXELES NEGROS	PIXELES BLANCOS	AREA OCUPADA POR BLANCOS	PIXELES BORDE VERTICAL
1	727611	321969	29,48	594
2	715261	334319	30,61	790
3	665493	384087	35,17	78
4	750603	298977	27,38	30
5	630377	419203	39,39	11
6	870333	179247	16,41	1704
7	729903	319677	29,27	241
8*	681550	368030	33,7	1987
9	723140	326440	29,89	23
10	610639	438941	40,2	53
11	608583	440997	40,39	410
12	768154	281426	25,77	22

	Manualmente clasificada como más ruidosa de lo normal
	Manualmente clasificada como imagen neutral/común
	Imagen poco ruidosa pero con forma anormal

Vemos que estas rayas verticales, como se comenta anteriormente, diferencian claramente los conjuntos de imágenes diferenciados de forma manual. Es por ello, y teniendo en cuenta que imágenes con este tipo de ruido pueden ser frecuentes, se planteó una resolución alternativa, a partir de este punto, en los casos donde se detecte que la imagen a tratar es de este tipo.

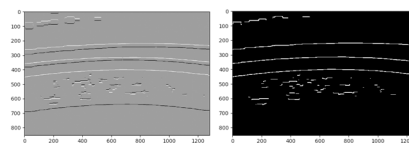
Para estos casos, aplicamos un filtro de máximos que potenciará los blancos, y con ello los bordes. Luego, segmentamos la imagen, con un umbral cercano al blanco, garantizando la eliminación de los grises (sabemos que no serán bordes). Luego dilatamos la zona de la córnea, para obtener un área mayormente uniforme.



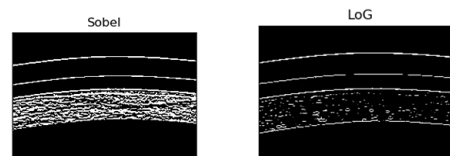
1.1.4 Detección de bordes

Con la imagen umbralizada, y luego de seleccionar aquellas zonas que son de interés para nuestro análisis, obtendremos una imagen de bordes.

Para el caso de las imágenes más ruidosas, se detectó que aplicando un Sobel sobre el eje Y, en la mayoría de los casos, bastaba para determinar los bordes buscados sin detectar los elementos externos.



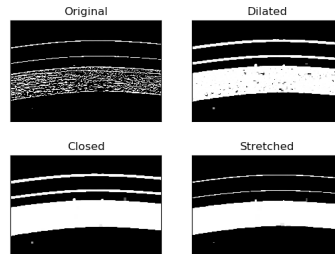
Sin embargo, para el caso general, este mismo algoritmo no daba los mejores resultados, siendo el LoG el que mejores imágenes de salida reportaba.



Aunque pareciera, a primera vista, que el Sobel remarca mejor los contornos, el hecho de que detecte tantos elementos dentro de la córnea, complica la aplicación de operadores para eliminarlos. El LoG, a veces rompe la continuidad de los bordes de la lente (como en ejemplo), pero al ser roturas pequeñas, son fácilmente reparables a posteriori.

Como se puede apreciar, en el área de la córnea, se identifican como bordes elementos que se encuentran dentro de esta. Como, con conocimiento

del dominio, sabemos que no nos interesa esta información, unificamos toda el área aplicando operadores morfológicos.

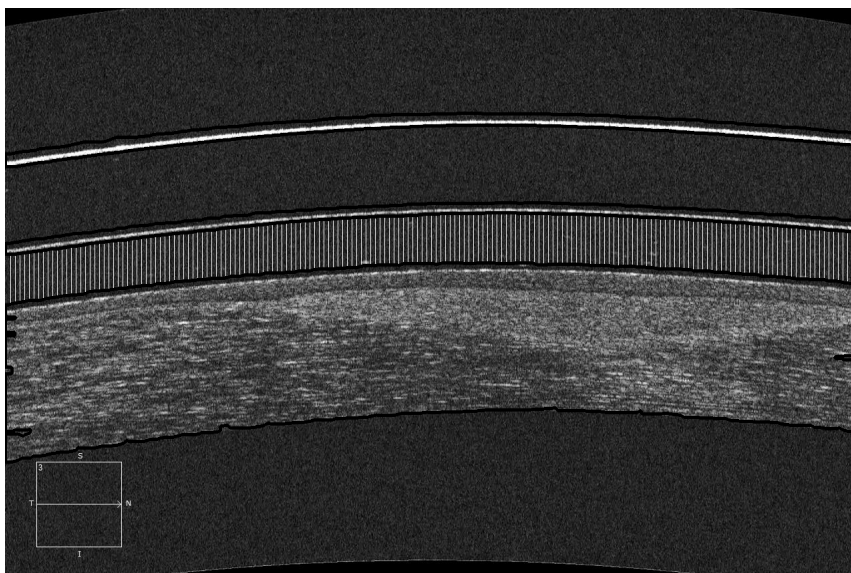
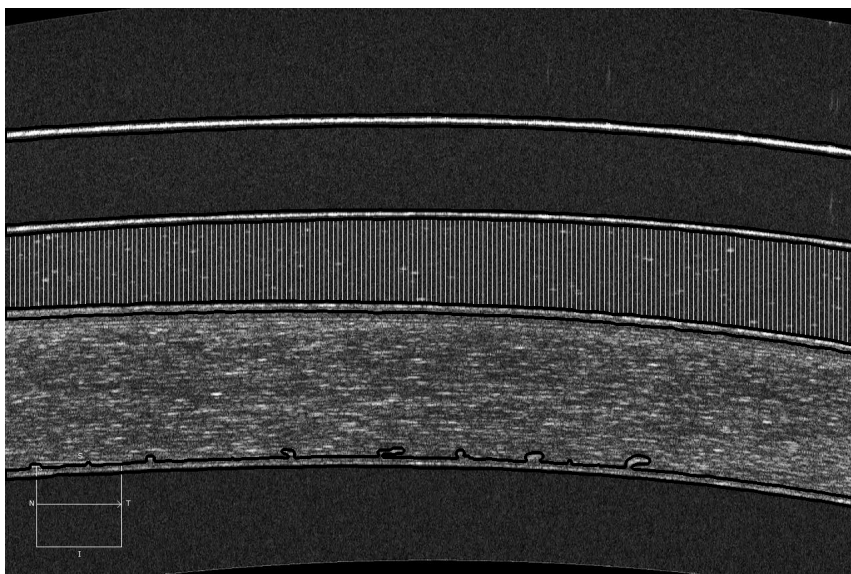


Para rellenar el área indicada, primero realizamos una dilatación, que nos permite expandir los pequeños objetos, rellenando los agujeros. Para asegurarnos de que el contorno se rellena y fusionar las grietas restantes, se aplica un cierre, y luego una erosión con un elemento estructurante pequeño, para recuperar la estrechez de los bordes de la lente (perdida durante la dilatación).

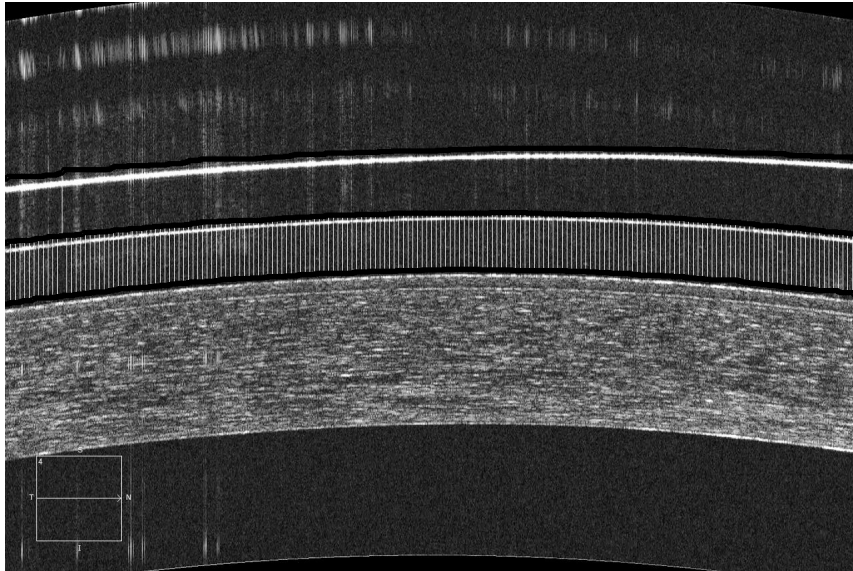
En este momento del desarrollo, tenemos ya identificados los bordes de la lente y el área ocupada por la córnea.

1.1.5 Presentación de resultados

Partiendo de la imagen de bordes calculada en el apartado anterior, en este punto se busca remarcar los contornos de las áreas relevantes (ya detectadas) sobre la imagen original. Para esto se planteó en un principio, un algoritmo iterativo, donde se buscaban aquellos puntos 'límite' entre blanco y negro. Así obtendríamos nuevos bordes del tamaño de un píxel que rodearían los detectados. Durante la implementación de este algoritmo, también se probó la funcionalidad 'findContours' de OpenCV. En la comparativa de eficiencia y simplicidad, se optó por utilizar la segunda alternativa, obteniendo resultados como los siguientes:



Para los casos de imágenes ruidosas, los resultados también los podemos considerar aceptables:



Además de la presentación grafica de los contornos y las mediciones, se realizó una comparativa gráfica de las distancias córnea-lente a lo largo del eje horizontal de la imagen. Los datos se presentan de la siguiente manera:

