

Análisis y extracción de características de enfermedades de la piel: su aplicación en la detección de varicela

Virginia Arroyo y Julián Oyola

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires

11 de abril de 2014

Contenido

1 Motivación

- Presentación del problema básico

Contenido

1 Motivación

- Presentación del problema básico

2 Las imágenes de piel y sus características

Contenido

1 Motivación

- Presentación del problema básico

2 Las imágenes de piel y sus características

3 Detección de vesículas

- Espacio de color
- Detección de bordes y círculos
- Ecualización del histograma

Contenido

1 Motivación

- Presentación del problema básico

2 Las imágenes de piel y sus características

3 Detección de vesículas

- Espacio de color
- Detección de bordes y círculos
- Ecualización del histograma

4 Discriminación entre varicela y otras enfermedades

- Objetivo
- Técnicas utilizadas
- Construcción de un histograma de referencia
- Comparación entre una vesícula y la piel normal
- Comparación entre vesículas de varicela y herpes
- Técnicas basadas en la comparación de media poblacional

Contenido

1 Motivación

- Presentación del problema básico

2 Las imágenes de piel y sus características

3 Detección de vesículas

- Espacio de color
- Detección de bordes y círculos
- Ecualización del histograma

4 Discriminación entre varicela y otras enfermedades

- Objetivo
- Técnicas utilizadas
- Construcción de un histograma de referencia
- Comparación entre una vesícula y la piel normal
- Comparación entre vesículas de varicela y herpes
- Técnicas basadas en la comparación de media poblacional

5 Conclusiones

¿Cómo detectar patrones de enfermedades de la piel?

- ¿Cómo detectar patrones de enfermedades de la piel?
- Resultan naturales y poco complejos para un ser humano
- ¿Y para un ordenador?
- Procesamiento digital de imágenes

Motivación

Las imágenes de piel y sus características

Detección de vesículas

Discriminación entre varicela y otras enfermedades

Conclusiones

Presentación del problema básico

Ejemplo: Dos enfermedades



Varicela



Herpes

Motivación

Las imágenes de piel y sus características

Detección de vesículas

Discriminación entre varicela y otras enfermedades

Conclusiones

Presentación del problema básico

Ejemplo: Variabilidad de imágenes para una misma enfermedad



Características de las imágenes utilizadas

Características de las imágenes utilizadas

- Imágenes utilizadas
- Heterogeneidad
- Escala
- Ruido
- Luminosidad
- Imperfecciones de la piel
- Luces y sombras
- Elementos ajenos

Escala



© 1996, Dermatology, University of Iowa

Técnicas utilizadas y medidas adoptadas

Técnicas y medidas adoptadas

- Elección de un subconjunto de las imágenes

Técnicas utilizadas y medidas adoptadas

Técnicas y medidas adoptadas

- Elección de un subconjunto de las imágenes
- Ecualización del histograma (Contrast-limited adaptive histogram equalization)

Técnicas utilizadas y medidas adoptadas

Técnicas y medidas adoptadas

- Elección de un subconjunto de las imágenes
- Ecualización del histograma (Contrast-limited adaptive histogram equalization)
- Reducción del ruido o suavización utilizando un filtro gaussiano

Técnicas utilizadas y medidas adoptadas

Técnicas y medidas adoptadas

- Elección de un subconjunto de las imágenes
- Ecualización del histograma (Contrast-limited adaptive histogram equalization)
- Reducción del ruido o suavización utilizando un filtro gaussiano
- Elección del espacio de color

Algunas de las imágenes con las que trabajamos



Algunas de las imágenes con las que trabajamos



Motivación

Las imágenes de piel y sus características

Detección de vesículas

Discriminación entre varicela y otras enfermedades

Conclusiones

Espacio de color

Detección de bordes y círculos

Ecualización del histograma

Metodología propuesta

Técnicas de procesamiento digital de imágenes

- Selección de espacio de color
- Detección de bordes
- Detección de círculos
- Ecualización del histograma

Espacio de color

¿Cómo representamos los colores y la luz en el ordenador?

- Espacios de color posibles
- Luminancia vs Crominancia
- YUV vs L^*a^*b

Luminancia: detección de bordes

Crominancia: detección de piel y falsos positivos

Motivación

Las imágenes de piel y sus características

Detección de vesículas

Discriminación entre varicela y otras enfermedades

Conclusiones

Espacio de color

Detección de bordes y círculos

Ecualización del histograma

Luminancia vs Crominancia



Luminancia - componente L

Motivación

Las imágenes de piel y sus características

Detección de vesículas

Discriminación entre varicela y otras enfermedades

Conclusiones

Espacio de color

Detección de bordes y círculos

Ecualización del histograma

Luminancia vs Crominancia



Crominancia - componente a

Motivación

Las imágenes de piel y sus características

Detección de vesículas

Discriminación entre varicela y otras enfermedades

Conclusiones

Espacio de color

Detección de bordes y círculos

Ecualización del histograma

Luminancia vs Crominancia



Crominancia - componente b

Detección de bordes

- Resulta sencillo para el ser humano
- Borde: frontera entre el objeto y el fondo
- Existen varios métodos (Canny, Roberts, Sobel o Prewitt)
- Objetivos de un detector de borde:
 - Baja tasa de error
 - Buena localización del borde
- Método Canny:
 - Robusto contra el ruido
 - Gran adaptabilidad

Método de Canny

Criterios:

- Detectar los bordes sin eliminar ninguno y sin detectar bordes falsos
- Minimizar la diferencia entre la localización real del borde y la que detecta el algoritmo
- Evitar la detección de bordes duplicados

Método de Canny

Etapas del método:

- Suavizado de la imagen: Filtro gaussiano
- Obtención del gradiente: Filtro pasa altos en dirección vertical y horizontal
- Supresión de puntos que no son máximos locales:
Adelgazamiento del ancho de los bordes hasta lograr bordes de un píxel de ancho
- Umbral con histéresis: Función de histéresis basada en dos umbrales; con este proceso se trata de reducir la posibilidad de aparición de contornos falsos

Operaciones morfológicas

- Herramientas muy utilizadas en el procesamiento de imágenes
- Simplificar los datos de una imagen
- Preservar las características esenciales
- Eliminar aspectos irrelevantes
- Operaciones con las que probamos: open, close, clean, bridge

Motivación

Las imágenes de piel y sus características

Detección de vesículas

Discriminación entre varicela y otras enfermedades

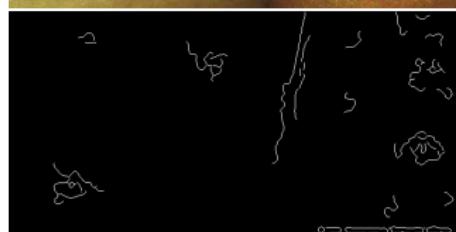
Conclusiones

Espacio de color

Detección de bordes y círculos

Ecualización del histograma

Ejemplo: Bordes detectados en algunas imágenes



Motivación

Las imágenes de piel y sus características

Detección de vesículas

Discriminación entre varicela y otras enfermedades

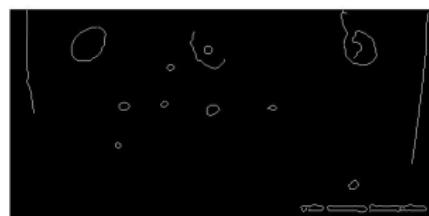
Conclusiones

Espacio de color

Detección de bordes y círculos

Ecualización del histograma

Ejemplo: Bordes detectados en algunas imágenes



Detección de círculos

- ¿Cómo determinar que estamos en presencia de un círculo?
- Transformada de Hough
 - Espacio de Hough
 - Arreglo de acumulación
- Definiciones de la transformada
 - Función de Parámetros de la Transformada
 - Transformada Directa de Hough
 - Transformada Inversa de Hough

Ejemplo: Arreglo de acumulación



Figura: **Izquierda:** Fotografía original de las monedas. **Derecha:** Arreglo acumulador de votos.

Ejemplo: Arreglo de acumulación

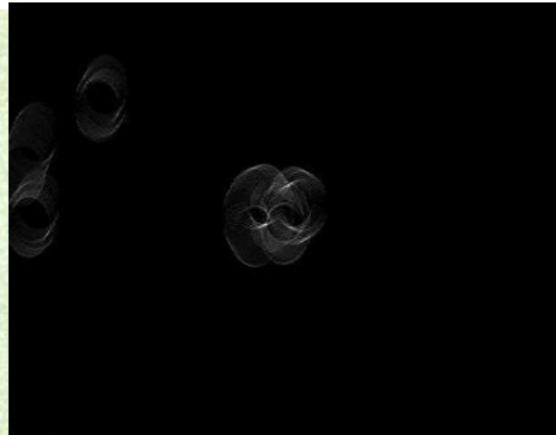


Figura: **Izquierda:** Fotografía original de varicela. **Derecha:** Arreglo acumulador con votos sumados.

Ejemplo: Imagen con bordes detectados



© 1996, Dermatology, University of Iowa

Motivación

Las imágenes de piel y sus características

Detección de vesículas

Discriminación entre varicela y otras enfermedades

Conclusiones

Espacio de color

Detección de bordes y círculos

Ecualización del histograma

Ejemplo: Imagen con el círculo detectado



© 1996, Dermatology, University of Iowa

Transformada Circular de Hough

Procedimiento realizado:

- Se aplica CHT: Circular Hough Transform. Ecuación
$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = r^2$$
- Selección de candidatos: Ponderación con respecto al máximo y Umbralización
- Radios utilizados
- Eliminación de detecciones duplicadas

Radios Utilizados



Figura: Detección de vesículas con diferentes radios. **Izq:** Bordes detectados. **Centro:** Detección de vesículas con radio $\text{radio} = 40$. **Der:** Detección de vesículas con radio $\text{radio} = 43$.

Eliminación de detecciones duplicadas



Figura: Detección de vesículas con diferentes radios. **Izquierda:** radio = 23. **Derecha:** radio = 24.

Ecuación del histograma

¿Qué se desea obtener?

- Incrementar el contraste
- Mejorar la detección

CLAHE: Ecuación adaptativa limitando el contraste

Ejemplos de aplicación de ecualización

Sin aplicar ecualización



Figura: Detección de vesículas Izq: Bordes detectados. Der: Círculos detectados.

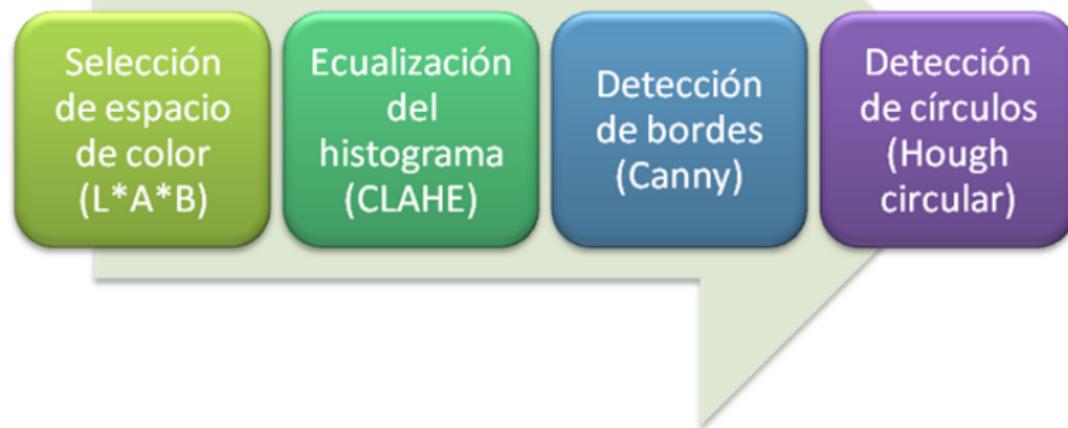
Ejemplos de aplicación de ecualización

Aplicando ecualización



Figura: Detección de vesículas Izq: Bordes detectados. **Der:** Círculos detectados.

Esquema del proceso realizado



Otras motivaciones

¿Existen diferencias entre las vesículas de la varicela y las de otra enfermedad?

¿Se pueden desarrollar técnicas de detección y discriminación automáticas?

¿Existen diferencias entre la piel sana y las vesículas?

¿Se puede detectar un falso positivo?

- Análisis comparativo entre la varicela y otra enfermedad
- Análisis comparativo entre la varicela y la piel sana

Técnicas utilizadas

- Técnicas basadas en el histograma de color
 - Construcción de un histograma de referencia
 - Análisis de casos muestra: comparaciones entre el histograma de cada vesícula y
 - el histograma promedio de varicela
 - el histograma promedio de herpes zóster
- Técnicas basadas en la comparación de media poblacional
 - Comparación por distancia de Mahalanobis
 - Test de distribución Hotelling T-Cuadrada
 - Test de ANOVA

Histogramas sobre espacios de color

Análisis del histograma de las distintas componentes de color

- De forma individual
- Histograma bivariado de a pares de componentes

Buscar si existen patrones de concentración de valores de color

Qué espacio de color utilizar?

- L*a*b: Dos componentes de crominancia (analizadas en conjunto con un histograma bivariado)
- RGB: Información sobre el corrimiento al rojo de las vesículas en relación a la piel normal

Histogramas de referencia

Doce histogramas de referencia

Valores extraídos de un conjunto de vesículas conocidas, contra los cuales comparar las nuevas vesículas

- RGB: Histogramas individuales de las componentes R, G y B
- RGB: Histogramas bivariados de las componentes R y B, G y B, R y B
- L*a*b: Histogramas individuales de las componentes L, *a y *b
- L*a*b: Histogramas bivariados de las componentes L y *a, *a y *b, L y *b

Etapas de la enfermedad

La varicela atraviesa distintas etapas durante su desarrollo

- Incubación
- Vesículas típicas: Etapa seleccionada para el análisis
- Costras

Etapas de la enfermedad



Figura: Aspectos característicos de la varicela en las distintas etapas de la enfermedad. **Izq:** Vesículas características de la primera etapa de la enfermedad. **Der:** Costras características de la última etapa de la enfermedad

Histogramas

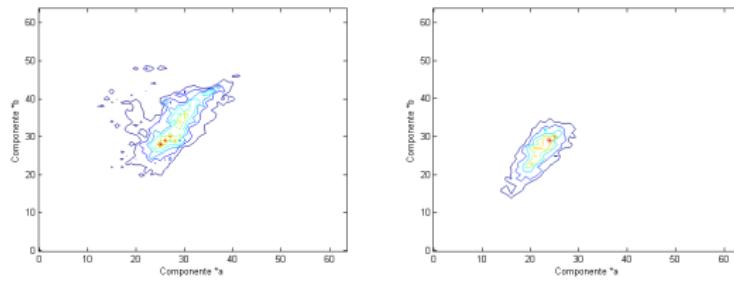


Figura: Histogramas bivariados promedio de varicela y herpes zóster, sobre las variables de crominancia $*a$ y $*b$. **Izq:** Varicela. **Der:** Herpes zóster.

Histogramas

Leve corrimiento hacia el rojo del histograma de varicela
Dispersión de valores mayor en el histograma del espacio RGB
Mayor concentración de valores para el espacio de color L*a*b

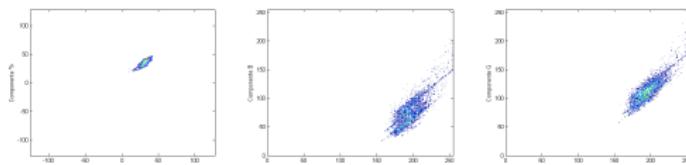


Figura: Histogramas bivariados promedio de la imagen izquierda de la figura 7, **Arriba izq:** , Variables de crominancia *a y *b. **Arriba der:** Variables de crominancia R y B. **Abajo:** Variables de crominancia R y B.

Divergencia entre histogramas

Mediciones de distancia (o divergencia) entre histogramas

Indicador buscado: Si la distancia del histograma de la vesícula candidata al promedio está por debajo o por encima de cierto umbral

Evaluación sobre:

- Norma 1
- Norma 2
- Divergencia de Kullback-Leibler (KLD)

Divergencia de Kullback-Leibler

También llamada entropía relativa

Mide la diferencia entre dos distribuciones P y Q

En nuestro caso, medirá la diferencia entre dos histogramas empíricos

Mide la cantidad esperada de bits extra requeridos para codificar ejemplos de P utilizando un código basado en Q

- P representa la distribución real de datos u observaciones (en este caso, la vesícula observada)
- Q representa el modelo teórico (en este caso, el histograma promedio)

Divergencia de Kullback-Leibler

$$KLD(P||Q) = \sum_i P(i) \ln\left(\frac{P(i)}{Q(i)}\right).$$

La KLD no es una distancia, porque no cumple con la condición de simetría

Utilizamos una variante simétrica de la KLD

$$KLD_{sym}(P||Q) = \frac{KLD(P||Q) + KLD(Q||P)}{2}.$$

Medición: KLD

Distancia KLD entre los círculos detectados y los histogramas promedio correspondientes

Imagen	Círculo detectado	KLD_A	KLD_B	KLD_{AB}
Varicela 1	Falso positivo	24,26	16,98	32,60
Varicela 2	Falso positivo	27,54	17,22	45,41
Varicela 3	Falso positivo	25,71	17,39	28,28
Varicela 4	Falso positivo	22,52	15,74	24,90
Varicela 1	Vesícula 1	0,33	1,69	6,43
Varicela 1	Vesícula 2	0,51	1,16	7,15
Varicela 1	Vesícula 3	1,13	4,46	11,39
Varicela 1	Vesícula 4	0,68	2,60	11,17
Varicela 2	Vesícula 1	2,00	0,35	12,87
Varicela 3	Vesícula 1	2,17	3,87	12,66
Varicela 3	Vesícula 2	0,68	0,50	6,06

Motivación

Las imágenes de piel y sus características

Detección de vesículas

Discriminación entre varicela y otras enfermedades

Conclusiones

Objetivo

Técnicas utilizadas

Construcción de un histograma de referencia

Comparación entre una vesícula y la piel normal

Comparación entre vesículas de varicela y herpes

Técnicas basadas en la comparación de media poblacional

Imágenes

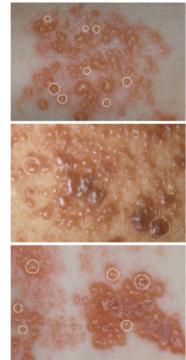


Figura: Vesículas analizadas. (a) - (b) - (c) - (d) Vesículas de varicela. (e) - (f) - (g) Vesículas de herpes zóster.

Comparación

Conjunto de círculos detectados, de ambas enfermedades
Mediciones realizadas contra el histograma promedio de la varicela
Resultado esperado:

- Divergencias de las vesículas de varicela: dentro del rango esperado
- Divergencias de los histogramas de herpes: pocas o ninguna de las vesículas caigan dentro del rango esperado

Resultados

La diferencia entre los valores de KLD_{AB} no resulta concluyente para diferenciar vesículas de ambas enfermedades.

Pruebas adicionales:

- Medición de distancias: la norma 1 y norma 2
- Histogramas de componentes individuales de RGB
- Histogramas bivariados de componentes de RGB
- Histogramas de componentes individuales de L*a*b

Resultados

Imagen 10	Círculo detectado	KLD_A	KLD_B	KLD_{AB}
Herpes 1	Vesícula 1	7,86	10,42	18,73
Herpes 1	Vesícula 2	17,79	15,80	22,70
Herpes 1	Vesícula 3	7,24	11,72	20,27
Herpes 1	Vesícula 4	8,39	14,63	20,15
Herpes 1	Vesícula 5	7,42	10,35	17,85
Herpes 1	Vesícula 6	5,41	4,95	15,72
Herpes 2	Vesícula 1	4,03	5,78	12,86
Herpes 2	Vesícula 2	2,93	1,99	11,70
Herpes 2	Vesícula 3	6,35	6,79	15,60
Herpes 3	Vesícula 1	26,25	24,90	31,63
Herpes 3	Vesícula 2	4,81	9,57	19,64
Varicela 1	Vesícula 1	0,33	1,69	6,43
Varicela 1	Vesícula 2	0,51	1,16	7,15

Conclusión parcial

En principio, el análisis de la divergencia de histogramas entre la varicela y el herpes zóster no alcanza para determinar un rango de valores para distinguir entre ambas enfermedades.

Sin embargo, el mismo método arroja resultados favorables para determinar si una vesícula detectada es un falso positivo (piel) o una vesícula real de varicela.

Distancia de Mahalanobis

La distancia Mahalanobis entre dos vectores aleatorios multidimensionales x e y , provenientes de la misma población, se define como:

$$d_{mahal}(\vec{x}, \vec{y}) = \sqrt{(\vec{x} - \vec{y})^T S^{-1} (\vec{x} - \vec{y})}. \quad (1)$$

Siendo \vec{x} e \vec{y} los vectores entre los cuales se desea medir la distancia.

Distancia de Mahalanobis

La distancia Mahalanobis entre un vector multivariado x a un conjunto de valores con media μ , y matriz de covarianza S , se define como:

$$D_{mahal}(x) = \sqrt{(x - \mu)^T S^{-1} (x - \mu)}. \quad (2)$$

$$\begin{aligned} x &= (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)^T \\ \mu &= (\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots, \mu_n)^T \end{aligned}$$

Distancia de Mahalanobis

Similar a la distancia euclídea

Sirve para determinar la similitud entre los dos vectores

A diferencia de la distancia euclídea, tiene en cuenta la correlación entre las variables

Se adapta mejor para distribuciones simétricas no esféricas

Es útil para determinar la distancia de un punto a la media de una distribución, o la distancia entre las medias de dos distribuciones

Entonces, puede indicar si los píxeles de una vesícula detectada son más similares a los de varicela o a los de herpes zóster

Resultados

Mediciones de píxeles de varicela, herpes zóster y falsos positivos contra el histograma promedio de varicela

Se puede notar que el promedio de la distancia de Mahalanobis permite discriminar los falsos positivos, pero no permite distinguir entre vesículas de varicela y de herpes zóster

Esto indica que las distribuciones de color de ambas enfermedades son muy similares

Resultados

Imagen 10	Círculo detectado	D_L	D_A	D_B	D_{LA}	D_{LB}	D_{AB}
Varicela 1	Falso positivo 1	13,2	19,2	0,1	20,5	23,4	35,2
Varicela 1	Falso positivo 2	9,5	19,4	0,0	20,0	16,1	34,1
Varicela 1	Falso positivo 3	5,1	14,6	0,0	15,5	8,0	24,1
Varicela 1	Falso positivo 4	11,0	15,3	0,1	16,7	19,2	27,1
Varicela 1	Vesícula 1	1,5	3,0	0,9	5,3	3,0	3,1
Varicela 1	Vesícula 2	3,6	4,5	1,2	11,7	7,5	5,1
Varicela 1	Vesícula 3	1,7	1,6	0,3	3,5	2,4	2,1
Varicela 1	Vesícula 4	2,5	4,7	0,9	7,5	4,1	5,1
Herpes 1	Vesícula 1	0,90	2,70	1,60	6,29	4,19	3,70
Herpes 1	Vesícula 2	1,14	2,64	1,16	3,48	1,97	3,50
Herpes 2	Vesícula 1	2,94	2,69	1,00	13,53	8,38	3,10
Herpes 2	Vesícula 2	1,74	4,75	1,63	14,37	7,21	5,30

Trabajo futuro

- Detección de piel
- Detección de ampollas que no tengan forma circular
- Detección de patrones en las imágenes
 - Buscar características que permitan determinar cuándo se está en presencia de la varicela
 - Aprendizaje automático sobre el histograma del color de las ampollas detectadas

Motivación

Las imágenes de piel y sus características

Detección de vesículas

Discriminación entre varicela y otras enfermedades

Conclusiones

Preguntas?

...

Gracias!

Virginia Arroyo (virginia.arroyo@gmail.com)

Julián Oyola (joyola@dc.uba.ar)

Directores:

Anita Ruedin (ana.ruedin@dc.uba.ar) Daniel Acevedo

(dacevedo@dc.uba.ar)