

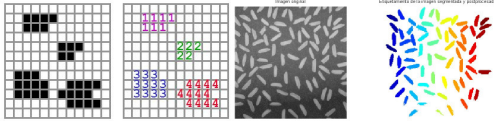
Cap.VII: Interpretación de las imágenes

Reconocimiento de objetos

- Objetos etiquetados
- Extracción de las características
- Clasificación

Etiquetamiento

- Imagen binaria
- Conectividad



Extracción de las características

Características de los objetos

- Fronteras versus región
- Invariante a escalado, traslación y rotación

Descriptores

- Área y peso: $A(i) = \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M g_i(x, y)$ $W(i) = \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M g_i(x, y) \cdot f(x, y)$

- Perímetro:

$$P^2(i) / A(i)$$

- Compacidad:

- Centro de gravedad:

$$\hat{x}_i = \frac{\sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M x \cdot g_i(x, y)}{A(i)} \quad \hat{y}_i = \frac{\sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M y \cdot g_i(x, y)}{A(i)}$$

Extracción de las características(2/2)

Teorema de unicidad de Papoulis

- Momentos: $m_{pq}(i) = \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M x^p \cdot y^q \cdot g_i(x, y)$
- Invariantes a traslaciones: $mc_{pq}(i) = \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M (x - \hat{x}_i)^p \cdot (y - \hat{y}_i)^q \cdot g_i(x, y)$
- A escalas (centrales): $\mu_{pq} = \frac{mc_{pq}}{m_{00}}$

Elipse que inscribe al objeto:

- Excentricidad, orientación



Descriptores topológicos

Globales e invariantes a escala, rotación y traslación

- Número de agujeros
- Número de componentes conectados
- Número de Euler
 - Diferencia entre componentes y agujeros
 - $A(0), B(-1), i(2)$



Descriptores texturales (1/5)

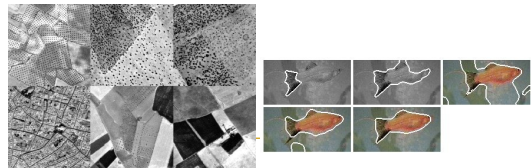
Textura asociada a propiedades de suavidad, regularidad, granularidad, ...

- Interacción entre la luz con la materia
- Tacto y visión
- Espacio de escalas (lejos y cerca)
- Concepto de texel
 - Primitiva de descripción del patrón textural
 - Invariante a posición, rotación y luminancia



Descriptores texturales(2/5)

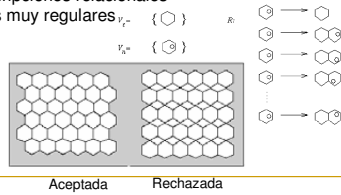
- No solo descriptivo sino también para la segmentación
- El análisis textural consiste en la descripción de cómo son y cómo se distribuyen los elementos de textura en una imagen
- Los descriptores de texturas deben cuantificar ciertas propiedades tales como suavidad, rugosidad y regularidad.
- Técnicas
 - Estructurales
 - Estadísticas
 - Frecuenciales



Descriptores texturales(3/5)

Estructurales

- Supone que la textura está compuesta por combinaciones espaciales de una "textura primitiva", es decir, de un patrón que se repite.
- A partir del patrón se formarán patrones de estructuras más complejas por medio de reglas.
- Se basa en descripciones relacionales
- Éxito en texturas muy regulares v_{i-} {○}



Descriptores texturales(4/5)

Frecuenciales

- Transformadas de Fourier: global
- No funciona con variaciones espaciales



- Filtros de Gabor, fija la orientación y escala del patrón

- Función de Gauss modulada por un armónico con orientación determinada

$$G_{\phi, f}(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \cdot e^{2\pi f(x \cos \phi + y \sin \phi)}$$

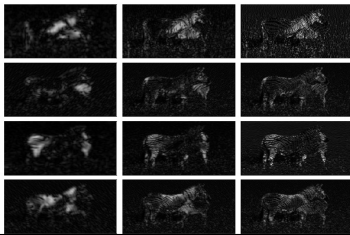
- La varianza y la frecuencia del armónico definen el espacio de escala

$$\sigma = \sqrt{\frac{2 \ln 2}{2\pi}} \cdot f^{-1}$$

Descriptores texturales(5/5)

Filtros de Gabor

- Bancada de filtros de Gabor en función de la escala y la orientación



Descriptores estadísticos en textura

- Orden del estadístico: depende de número de píxeles de vecindad
- Primer orden: histograma
 - Energía, entropía, momentos
 - No tiene en cuenta las relaciones espaciales
- Segundo orden: matriz de coocurrencia
 - Regla de vecindad
 - A (kxk), siendo k el número de grises.
 - a_{ij} representa el número de veces que un píxel con nivel de gris i , se encuentra a una distancia h , en dirección θ , de un píxel con nivel de gris j

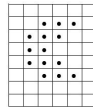
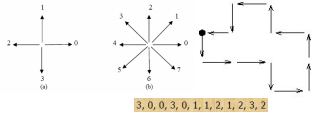
$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 2 \\ 1 & 0 & 2 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \rightarrow A = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 3 & 1 & 0 \\ 2 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

$h = \text{píxel superior derecha}$

Descriptores de fronteras(1/4)

Códigos encadenados

- Segmentos de longitud y orientación determinada dependiente de la conectividad a 4 ó 8.



- Primer elemento

- Información de su posición
- Proceso de normalización
- El código de menor valor

005577443221

0, 0, 3, 0, 1, 1, 2, 1, 2, 3, 2, 3



Descriptores de fronteras(2/4)

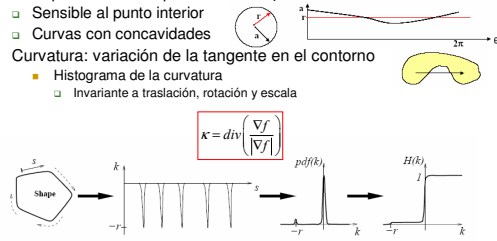
Geométricos

- Perímetro: código encadenado(1 y $\sqrt{2}$)
- Representación de la curva mediante una función unidimensional
 - Signatura: distancia de un punto interior del objeto (p.ej: centroide) a cada uno de los puntos fronteras.
 - Invarianza a la traslación
 - Depende del punto inicial, se toma la distancia mayor
 - La invarianza a escala se consigue normalizando la distancia



Descriptores de fronteras(3/4)

- Signatura problemas
 - Invariante a escala: normalización distancia [0 1]
 - Dependiente de la posición inicial: punto de máxima distancia
 - Sensible al punto interior
 - Curvas con concavidades
- Curvatura: variación de la tangente en el contorno
 - Histograma de la curvatura
 - Invariante a traslación, rotación y escala



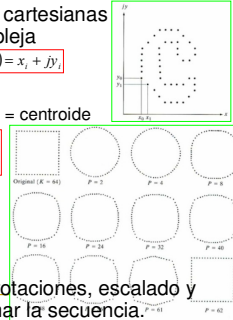
Descriptores de Fourier(4/4)

- Curvas cerradas: descripción unidimensional
 - Secuencia en coordenadas cartesianas convertidas a variable compleja

$$\{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n), \dots, (x_n, y_n)\} \quad z(i) = x_i + jy_i$$
 - K descriptores de Fourier
 - De grueso a detalle. Continuo = centroide

$$Z_k = \sum_{n=0}^{K-1} z_n e^{-j \frac{2\pi k n}{K}} \quad k = 0, 1, 2, \dots, K-1$$
 - Anti-transformada:
 - $P < K$

$$z_i = \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} Z_k e^{j \frac{2\pi k i}{K}} \quad i = 1, 2, \dots, n$$
 - Invariantes a traslaciones, rotaciones, escalado y de donde se empiece a tomar la secuencia.



Envolvente convexa

- Simplificar el objeto eliminando la concavidades
- La envolvente convexa (*convex hull*), EC, de un conjunto C cualquiera se define como el conjunto convexo más pequeño que contiene a C.

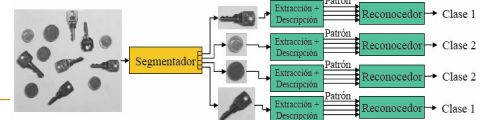


- Matlab

'Area'	'EquivDiameter'	'MajorAxisLength'
'BoundingBox'	'EulerNumber'	'MinorAxisLength'
'Centroid'	'Extent'	'Orientation'
'ConvexArea'	'Extrema'	'PixelList'
'ConvexHull'	'FilledArea'	'PixelList'
'ConvexImage'	'FilledImage'	'Solidity'
'Eccentricity'	'Image'	

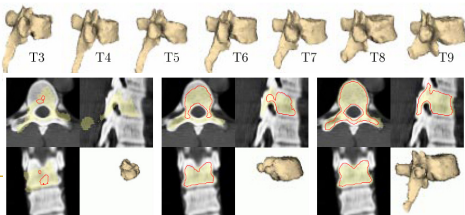
Reconocimiento de patrones

- Disciplina relacionada con IA
 - Asignar los objetos a una clase
 - Imágenes, señales o cualquier tipo de medida
 - Características + conocimiento a priori
- Enfoques
 - Estadístico
 - Métodos sintácticos
 - Alineamiento de plantillas
 - Redes neuronales



Alineamiento de plantillas

- El objeto a ser reconocido es comparado con un conjunto de plantillas, teniendo en cuenta que puede haber habido traslaciones, rotaciones o cambio de escala.
- Muy utilizado en análisis médicas
- ITK(Insight Toolkit: Registration and segmentation)



Métodos sintácticos

- En este caso un objeto es visto como una composición de subformas simples que a su vez son construidas de subformas más simples. Las subformas más simple a ser reconocidas son llamadas *primitivas* y una forma compleja es representada en términos de interrelaciones entre estas primitivas. Este método tiene analogía con la sintaxis de un lenguaje.
- Hay problemas para separar en sus primitivas una forma que tiene mucho ruido.



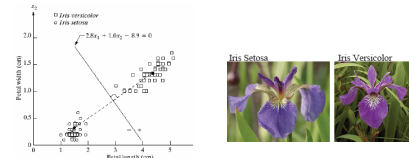
Redes neuronales

- Consiste en una red cuyos nodos son neuronas artificiales que se conectan mediante enlaces que tienen distintas ponderaciones. Las redes neuronales tienen la habilidad de aprender complejas relaciones no lineales de entrada-salida usando procedimientos secuenciales de entrenamiento.
- Clasificación
 - Supervisada: MLP (Multilayer perceptron) y las redes de funciones de base radial (RBF).
 - No supervisada se usa las redes de Kohonen conocidas como Self-Organizing Maps (SOM)



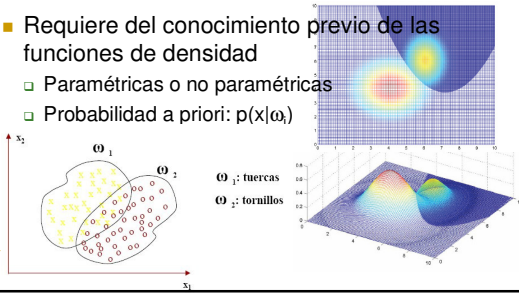
Funciones discriminantes

- Particionar el espacio de las características
- Propiedades de las características
 - Discriminación
 - Fiabilidad
 - Independencia
 - Menor número de características



Clasificadores estadísticos(1/5)

- Teoría de la probabilidad para clasificar
- Variables aleatorias
- Requiere del conocimiento previo de las funciones de densidad
 - Paramétricas o no paramétricas
 - Probabilidad a priori: $p(x|\omega_k)$



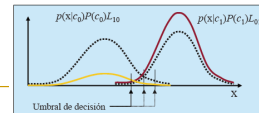
Clasificadores estadísticos(2/5)

- Teoría de Bayes
 - Minimizar el error de clasificación: se asigna a la clase con mayor probabilidad a posteriori:

$$p(\omega_i | X) = \frac{p(X | \omega_i) p(\omega_i)}{p(X)}$$

- Distancia a la clase i

$$d_i(X) = p(X | \omega_i) p(\omega_i)$$

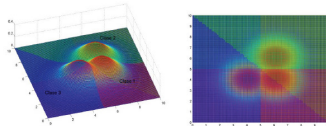


Clasificadores estadísticos(3/5)

- Paramétrica
 - Modelizada por una densidad normal
- Función discriminante

$$p(X | \omega) = \frac{1}{(2\pi)^{n/2} |\Sigma|^{1/2}} \exp\left(-\frac{1}{2}(X - M)^T \Sigma^{-1} (X - M)\right)$$

$$d_i(X) = \ln(p(X | \omega_i) p(\omega_i)) = -\frac{n}{2} \left[\ln(2\pi) + \ln\left(|\Sigma_i|\right) - \frac{1}{2}(X - M_i)^T \Sigma_i^{-1} (X - M_i) + \ln(p(\omega_i)) \right]$$

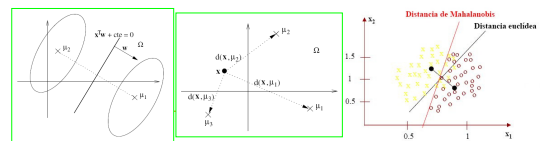


Clasificadores estadísticos(4/5)

- Normal
 - Igualdad en la matriz de covarianza y todas las clase equiprobables
 - Distancia de Mahalanobis
 - Si además las características no están correladas y las varianzas son idénticas
 - Distancia euclídea

$$d_i(X) = -\frac{1}{2}(X - M_i)^T \Sigma^{-1} (X - M_i)$$

$$d_i(X) = (X - M_i)^T (X - M_i)$$



Clasificadores estadísticos(5/5)

■ No paramétricos

□ Ventana de Parzen

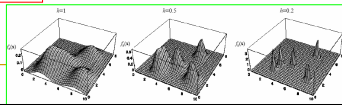
- A partir del histograma de las características
 - Número de muestras del conjunto total que cae dentro de un hiper cubo del espacio de características:

$$p(X) = \frac{\int p(X) dX}{\int dX} \cong \frac{k/n}{V_R}$$

$$\phi(x_i) = \begin{cases} 1 & |x_i| < 1/2 \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

$$p(X) \cong \frac{k/n}{V_R} = \frac{1}{n \cdot h} \sum_{i=1}^n \phi\left(\frac{|X - X_i|}{h}\right)$$

$$p(X) \cong \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{(2\pi h^2)^{d/2}} \exp\left(-\frac{|X - X_i|^2}{2h^2}\right)$$



Ejemplo de Fisher

