

Descriptores de región

Los **descriptores de región** (también conocidos como *region descriptors* o *shape descriptors*) son características numéricas extraídas de regiones conectadas en **imágenes binarias** (donde los píxeles de objeto son 1 y el fondo es 0). Estos descriptores permiten caracterizar la forma, tamaño, posición y otras propiedades geométricas/topológicas de los objetos (regiones) en la imagen. A continuación, se detallan los **principales descriptores de región** comúnmente utilizados en visión por computadora y procesamiento de imágenes:

1. Descriptores Básicos (Geométricos Simples)

Descriptor	Fórmula	Descripción
Área (A)	$A = \sum_{i,j} B(i,j)$	Número total de píxeles que pertenecen al objeto (donde $B(i,j) = 1$).
Perímetro (P)	Aproximado por conteo de bordes	Longitud del contorno del objeto. Se calcula siguiendo el borde píxel a píxel.
Centroide (\bar{x}, \bar{y})	$\bar{x} = \frac{1}{A} \sum x_i, \bar{y} = \frac{1}{A} \sum y_i$	Centro de masa de la región (promedio de coordenadas).
Caja delimitadora (Bounding Box)	$(x_{\min}, y_{\min}, x_{\max}, y_{\max})$	Rectángulo más pequeño que contiene el objeto.
Relación de aspecto	$\frac{w}{h}$	Ancho / alto de la caja delimitadora.

2. Descriptores de Compacidad y Forma

Descriptor	Fórmula	Interpretación
Compacidad (Circularidad)	$C = \frac{4\pi A}{P^2}$	1 = círculo perfecto, <1 para formas irregulares.
Elongación (Alargamiento)	$\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$	Relación entre los eigenvalores del tensor de inercia (ejes principales).
Rectangularidad	$R = \frac{A}{A_{bbox}}$	Área del objeto / área de su bounding box.
Solidez (Solidity)	$S = \frac{A}{A_{CH}}$	Área / área del casco convexo (convex hull).

3. Momentos de Hu (Invariantes a Transformaciones)

Son 7 momentos invariantes a **traslación, escala y rotación**:

$$\begin{aligned}
\phi_1 &= \eta_{20} + \eta_{02} \\
\phi_2 &= (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 \\
\phi_3 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2 \\
\phi_4 &= (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2 \\
&\vdots
\end{aligned}$$

Donde η_{pq} son **momentos centrales normalizados**:

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_{00}^\gamma}, \gamma = \frac{p+q}{2} + 1$$

Y los momentos crudos:

$$m_{pq} = \sum_x \sum_y x^p y^q B(x, y)$$

Momentos centrales:

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q B(x, y)$$

4. Descriptores Basados en el Contorno

Descriptor	Descripción
Firma del contorno	Secuencia de distancias desde el centroide al borde.
Descriptores de Fourier	Coefficientes de la transformada de Fourier del contorno (invariantes a rotación si se normalizan).
Curvatura	Cambios locales en la dirección del borde.

5. Descriptores Topológicos

Descriptor	Descripción
Número de agujeros (Euler)	$E = C - H$ (componentes - agujeros).
Número Euler	$\chi = V - E + F$ (basado en grafos o conectividad).

Implementación Práctica (ej. en Python con OpenCV / scikit-image)

python

```

import cv2
import numpy as np
from skimage import measure

# Supongamos que 'binary' es la imagen binaria
contours, _ = cv2.findContours(binary, cv2.RETR_EXTERNAL,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
props = measure.regionprops(binary)

for prop in props:
    print(f"Área: {prop.area}")
    print(f"Perímetro: {prop.perimeter}")
    print(f"Centroide: {prop.centroid}")
    print(f"Circularidad: {4*np.pi*prop.area /
(prop.perimeter**2)}")
    print(f"Momentos de Hu: {prop.moments_hu}")

```

Resumen de Descriptores Clave

Categoría	Descriptores
Tamaño	Área, Perímetro
Posición	Centroide, Bounding Box
Forma	Compacidad, Elongación, Rectangularidad, Solidez
Invariantes	7 Momentos de Hu
Contorno	Descriptores de Fourier, Firma
Topología	Número Euler, Agujeros