

Descriptores de Forma

Procesamiento de Imágenes y Bioseñales I



Gabriela Villavicencio
Andrés Cortés
Jorge Mansilla
Javier Ortiz

Agenda

- Microscopia y Procesamiento en la migración celular
- Descriptores de forma
- Descriptores de topología

- Descripción del objeto
 - Información general

- Descriptores
 - Límite y Región
 - Chain Codes
 - Basic región descriptors
 - Momentos

Usos de la microscopia y Procesamiento de imágenes en la migración celular

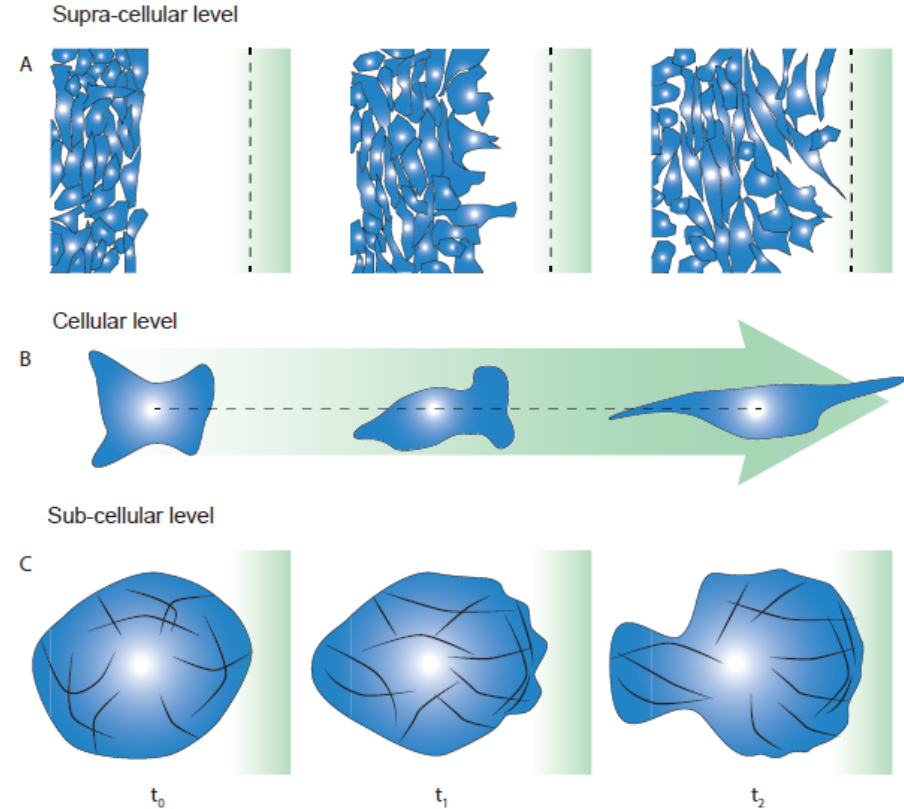
Útil y poderosa herramienta



Análisis de fenómenos dinámicos

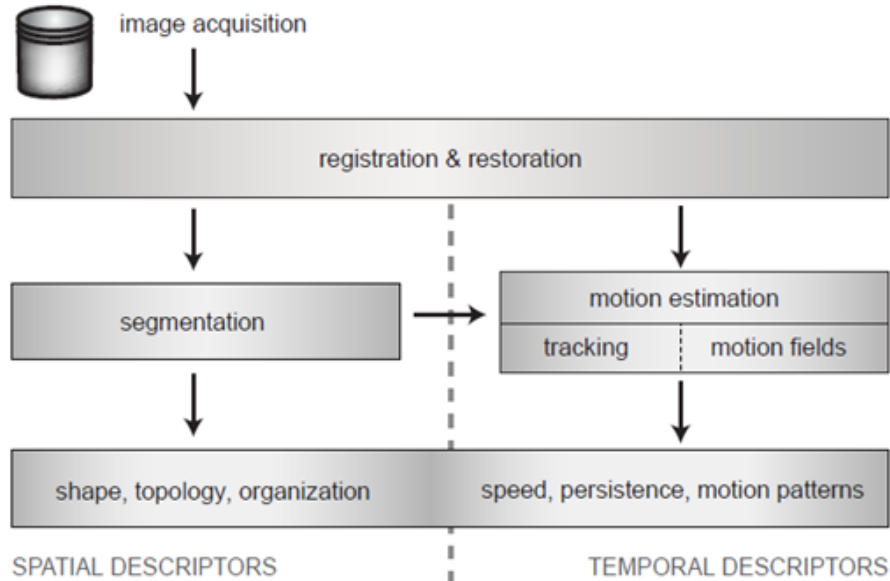


Migración celular



Flujograma

¿Que se pretende?



Segmentada la imagen y seleccionado el ROI

Básicamente, dos posibilidades para representar las regiones:

1. En términos de sus características externas (contornos)
2. En términos de sus características internas (región ocupada y pixeles)

Describirlas utilizando
“Descriptoros”

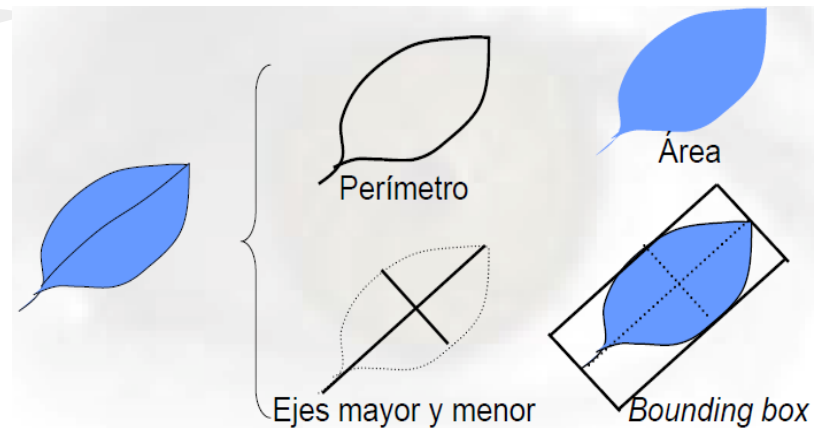
Descriptores de Forma

Definir la forma de un objeto puede resultar difícil.

- Forma = figura exterior (o geometría) de un cuerpo u objeto.

- Descriptores de forma más usados:

- Área
- Perímetro
- Diámetro
- Distancias: máxima y mínima al centro de masas
- Ejes mayor y menor, ángulo del eje mayor
- Envoltente (bounding box)



Descriptores más usados en la dinámica de la migración celular

- **Perímetro:**
 - Número de píxeles que forman el contorno de la forma
 - Diferente resultado si se usa 4-conectividad ó 8-conectividad (igual ocurre con otros descriptores)
- **Área:**
 - Número de píxeles o voxel de la forma
- **Centroide o centro de masas:**
 - Promedio de los valores de las coordenadas de los puntos de la forma
 - También puede calcularse a partir de los puntos del contorno
- **Envolvente (bounding box) que encierra al objeto que estamos analizando**

Descriptores Topológicos

Son ampliamente usados para caracterizar circuitos o redes tubulares en el desarrollo de diversos tejidos durante la migración celular

De los cuales es importante mencionar:

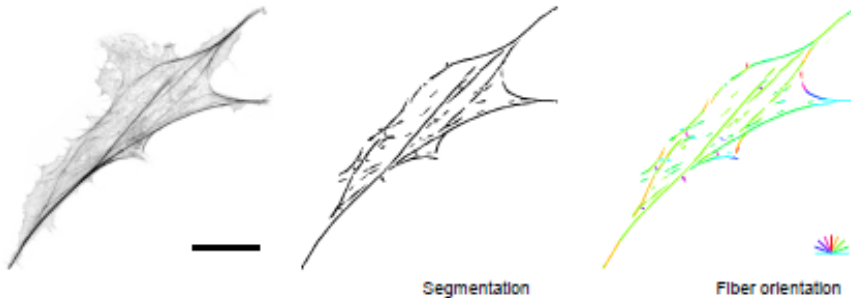
- La conectividad
 - Agujeros (2D)
 - Túneles y cavidades (3D)
 - Esqueleto
-
- Una imagen segmentada puede estar compuesta por regiones que tienen **componentes conexas** que configuran los objetos, es decir, regiones tales que dos puntos cualesquiera de ellas se pueden unir por una curva contenida en ellas.
 - Un agujero es una región de la imagen que está completamente encerrada por una componente conexas de la imagen.
 - Esqueleto representa la estructura de un objeto (conservando la conectividad, los agujeros y, en cierto modo, la extensión del mismo) con un número pequeño de píxeles.

Representación de la topología de las fibras

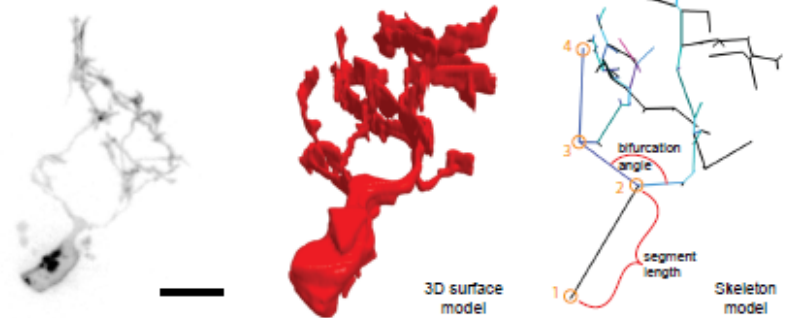
Identificación de cada fibra realizando una reducción un conjunto de fibras en una estructura 1D (línea segmentada en 2D o 3D)

➔ Modelo Esqueleto

B Cytoskeletal structure



A Axonic growth development



Análisis Topológica de las fibras en astrocitos según su orientación y espesor de la fibra

Descripción del Objeto

Los objetos son representados como un conjunto de píxeles en una imagen.

Los descriptores permiten comparar y reconocer objetos haciendo coincidir los descriptores de objetos en una imagen en contra de los descriptores de objetos conocidos.

Los descriptores deben poseer cuatro propiedades:

- Conjunto completo.
- Congruentes.
- Invarianza.
- Conjunto Compacto.

Descriptores

Table 7.1 Overview of Chapter 7

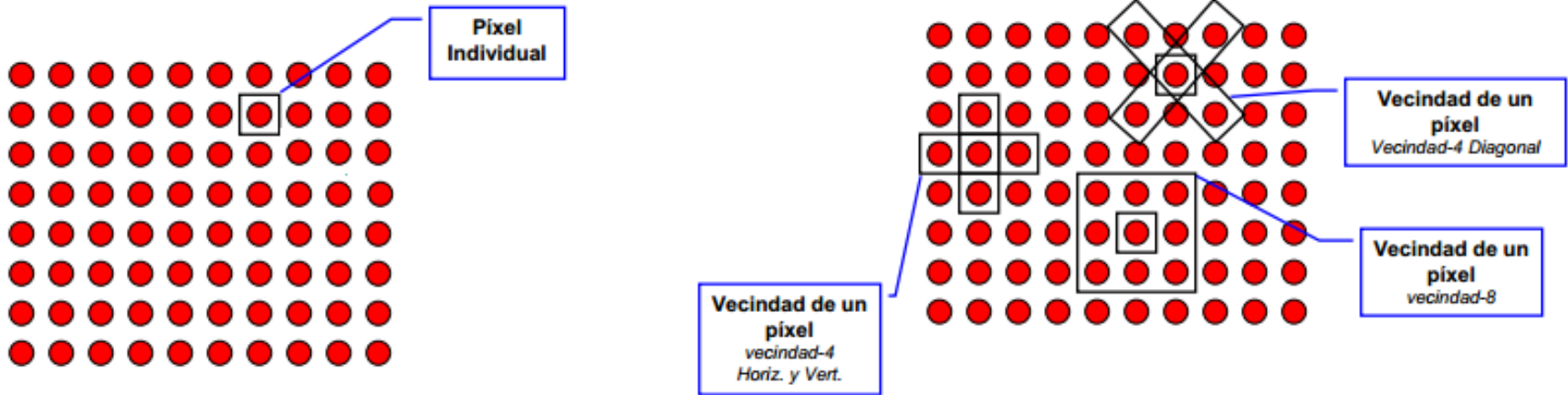
Object description	Shape boundary	Chain codes	
		Fourier descriptors	Cumulative angular function
	Elliptic descriptors		
	Region	Basic	Area Perimeter Compactness Dispersion
Moments		First order Centralised Zernike	

Límites y Región

Región: Describe el contenido o puntos interés.

Límite: Contorno de la región, perímetro.

Frontera: Si el punto es parte de la región y al menos un pixel de su vecindad no es parte de la región.



Conectividad

Proximidad espacial entre pixels de la imagen binaria.

Dos formas de conectividad que permiten definir los puntos interiores de la región y los puntos de frontera son:



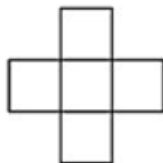
Figure 7.1 Main types of connectivity analysis

Conectividad

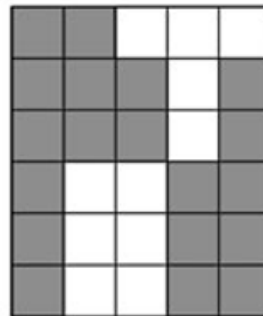
4-way connectivity

- Analizan los vecinos inmediatos para la conectividad.
- Es mas rapida.
- Se realiza menos cálculos.
- Dos regiones disjuntas

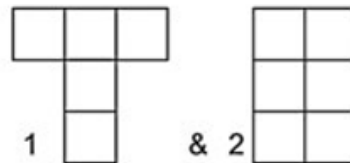
Connectivity



Image

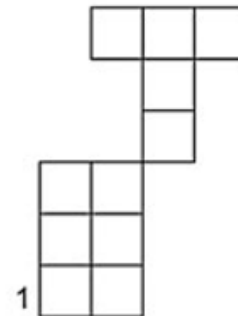
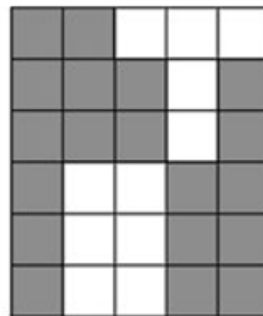
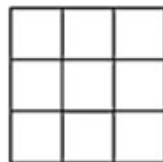


Extracted



8-way connectivity

- Analizan los 8 píxeles circundantes a un pixel escogido
- Es más precisa.
- Se realiza más cálculos.
- No hay regiones disjuntas.



Conectividad

- Un límite y una región se pueden definir utilizando ambos tipos de conectividad y siempre son complementarios.
- Si el contorno esta conectado en 4 vías, la región se conectara en 8 direcciones y viceversa.

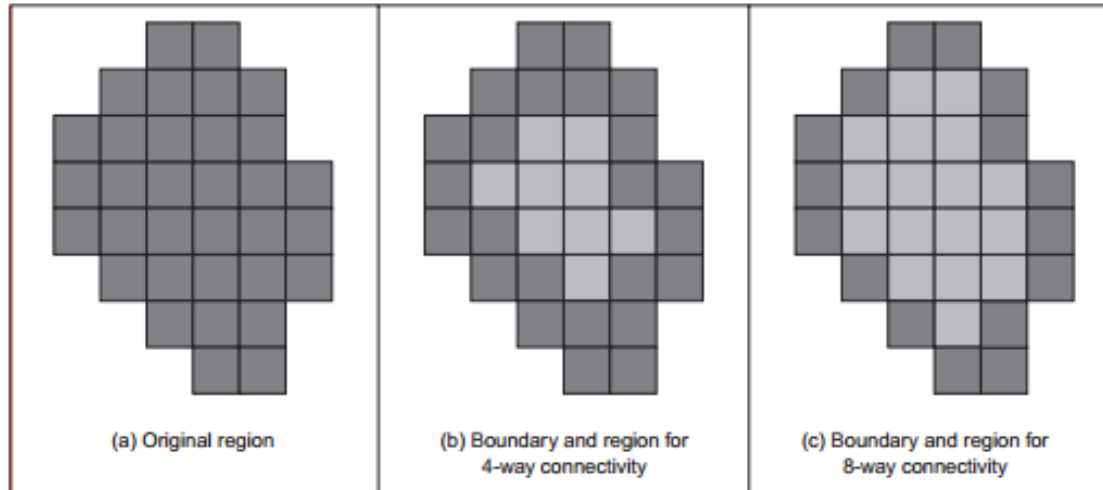


Figure 7.2 Boundaries and regions

Chain codes

- Es una de las técnicas más antiguas, usadas actualmente
- Es un descriptor de contornos de un objeto o región
- Trabaja sobre imágenes binarias
- Se almacena la posición relativa de un pixel, con respecto adyacente, con lo que se obtiene una cadena o vector de números
- Existen dos maneras de realizar la conexión de los pixeles para formar la cadena

Chain codes

		North 0		
	West 3	Origin	East 1	
		South 2		

(a) 4-way connectivity

	North West 7	North 0	North East 1	
	West 6	Origin	East 2	
	South West 5	South 4	South East 3	

(b) 8-way connectivity

Chain codes

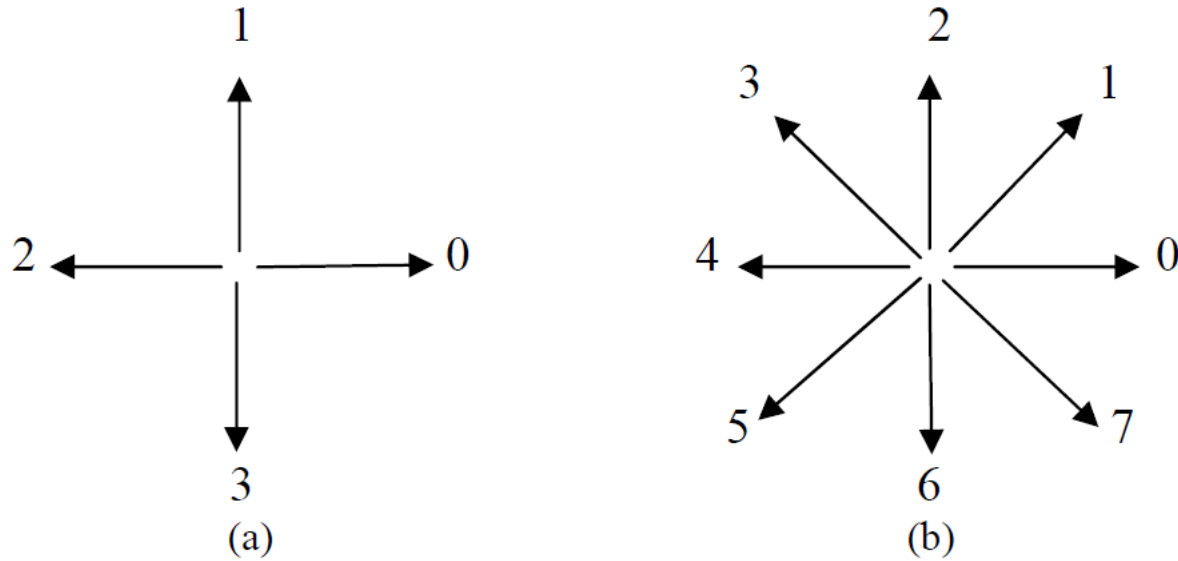
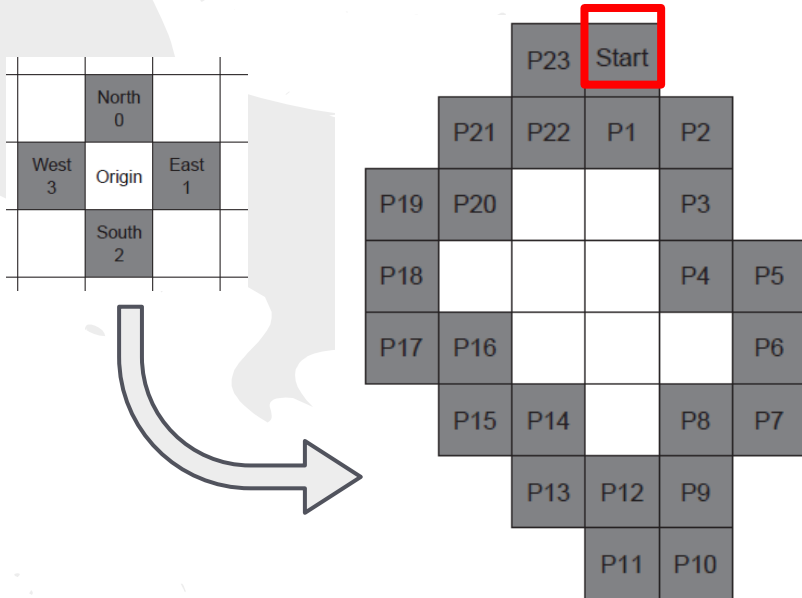


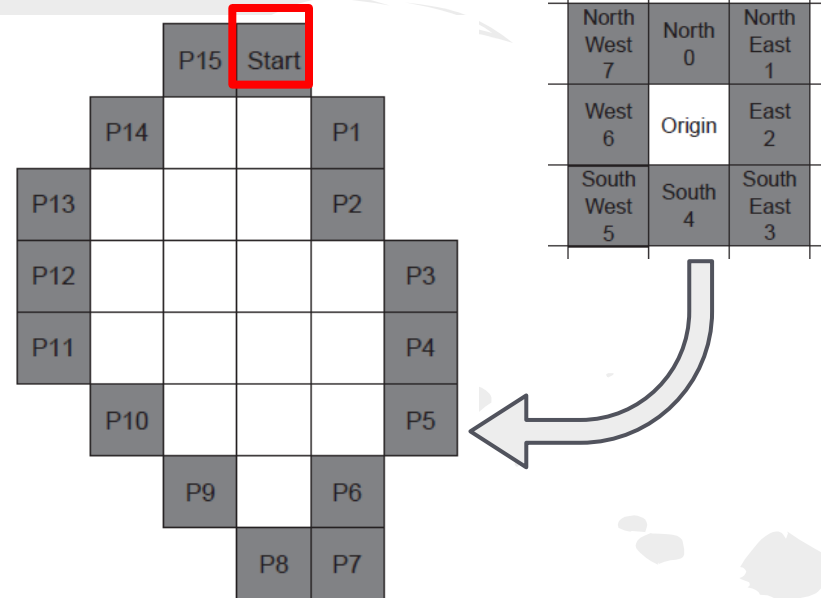
Figura 8.1. (a) Direcciones para entornos de 4 vecinos
(b) Direcciones para entornos de 8 vecinos.

Chain codes



$e = \{2,1,2,2,1,2,2,3,2,2,3,0,3,0,3,0,3,0,0,1,0,1,0,1\}$

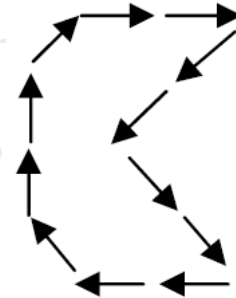
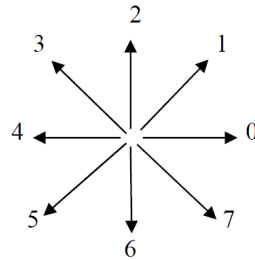
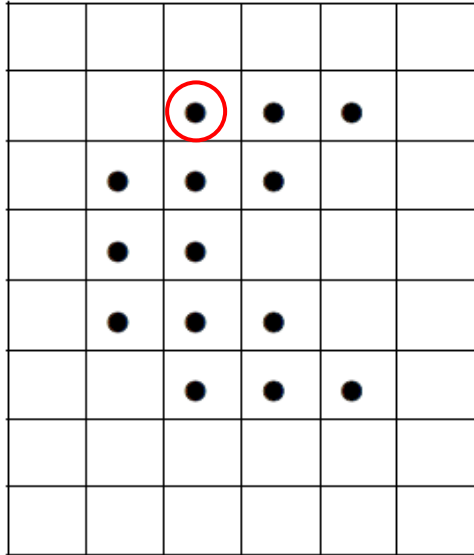
(a) Chain code given 4-way connectivity



$code = \{3,4,3,4,4,5,4,6,7,7,7,0,0,1,1,2\}$

(b) Chain code given 8-way connectivity

Chain codes



Código de cadena 005577443221.

Chain codes

- Esta representación se mantiene invariante frente a traslaciones, lo que facilita la comparación de objetos
- A partir del resultado que este entrega, se pueden obtener datos del contorno como:
 - Perímetro
 - Área
 - Descriptores de Fourier
- Cualquier ruido o perturbación en la imagen, puede inducir a errores
- La cadena obtenida puede llegar a ser demasiado larga en objetos grandes

Region descriptors

- Hasta ahora vimos los descriptores de perímetros o bordes, pero su contraparte ahora es describir la región o el área
- Veremos 2 principales descriptores, los cuales difieren en el enfoque
 - Basic Regional Descriptor: propiedades geométricas
 - Moments: se centra en la densidad de la región

Region descriptors

Basic Regional Descriptor

Área

$$A(S) = \int_x \int_y I(x, y) dy dx$$



$$A(S) = \sum_x \sum_y I(x, y) \Delta A$$

El área se mantiene fija a las operaciones de rotación, no así a los escalamientos

Region descriptors

Basic Regional Descriptor

Perímetro

$$P(S) = \int_t \sqrt{x^2(t) + y^2(t)} dt$$



$$P(S) = \sum_i \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2}$$

Region descriptors

Basic Regional Descriptor

Perímetro

Si el pixel (X_i, Y_i) y el (X_{i-1}, Y_{i-1}) son vecinos 4-way, entonces el valor para la suma es 1, en cualquier otro caso es $\sqrt{2}$

				1	1
			$\sqrt{2}$		
		$\sqrt{2}$			
1	$\sqrt{2}$				

Region descriptors

Basic Regional Descriptor

Dispersión (irregularidad)

$$IR(S) = \frac{\max\left(\sqrt{(x_i - \bar{x})^2 + (y_i - \bar{y})^2}\right)}{\min\left(\sqrt{(x_i - \bar{x})^2 + (y_i - \bar{y})^2}\right)}$$

Region descriptors

Basic Regional Descriptor

Otras Medidas

- A diferencia de las anteriormente mostradas, las cuales se enfocan en la propiedades geométricas del objeto, estas se basan en la estructura
- Poincaré
 - Se encarga del número de holes dentro de la región
- Eulen Number
 - Calcula la diferencia entre el número de regiones conectadas y el número de huecos dentro de ellas
-

Momentos

- Describe forma
- Filtra ruido
- Permite reconocer imágenes

$$m_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x^p y^q I(x, y) dx dy$$

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

- Momento de orden 0:

$$m_{00} = \sum_x \sum_y I(x, y) \Delta A$$

- Momento de orden 1:

$$m_{10} = \sum_x \sum_y x I(x, y) \Delta A \quad m_{01} = \sum_x \sum_y y I(x, y) \Delta A$$

$$\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}} \quad \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

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

	1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0
2	0	1	1	1	0
3	0	0	1	0	0
4	0	0	0	0	0

$$\mu_{00} = (1*1*1)+(1*1*1)+(1*1*1)+(1*1*1) = 4$$

$$\mu_{10} = (2*1*1)+(3*1*1)+(4*1*1)+(3*1*1) = 12$$

$$\mu_{01} = (1*2*1)+(1*2*1)+(1*2*1)+(1*3*1) = 9$$

$$cm_x = 12/4 = 3$$

$$cm_y = 9/4 = 2,25$$

$$\mu_{20} = (4*1*1)+(9*1*1)+(16*1*1)+(9*1*1) = 38$$

$$\mu_{02} = (1*4*1)+(1*4*1)+(1*4*1)+(1*9*1) = 21$$




Momento centralizado

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

- Simetría en espejo:

$$m'_{pq} = (-1)^p m_{pq}$$

- Orden 2:

 <p>(a) Original ellipse</p>	 <p>(b) Translated ellipse</p>	 <p>(c) Rotated ellipse</p>
$\begin{aligned} \mu_{02} &= 2.4947 \cdot 10^6 \\ \mu_{20} &= 6.4217 \cdot 10^5 \end{aligned}$ <p>(d) 2nd order centralised moments of original ellipse</p>	$\begin{aligned} \mu_{02} &= 2.4947 \cdot 10^6 \\ \mu_{20} &= 6.4217 \cdot 10^5 \end{aligned}$ <p>(e) 2nd order centralised moments of translated ellipse</p>	$\begin{aligned} \mu_{02} &= 6.4217 \cdot 10^5 \\ \mu_{20} &= 2.4947 \cdot 10^6 \end{aligned}$ <p>(f) 2nd order centralised moments of rotated ellipse</p>

Momentos invariantes de Hu

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_{00}^\gamma}$$

- Donde:

$$\gamma = \frac{p + q}{2} + 1 \quad \forall p + q \geq 2$$

Momentos invariantes de Hu

$$M1 = \eta_{20} + \eta_{02}$$

$$M2 = (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2$$

$$M3 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2$$

$$M4 = (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2$$

$$M5 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12}) + ((\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} - \eta_{03})^2) \\ + (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})(3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2)$$

$$M6 = (\eta_{20} - \eta_{02})((\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2) + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03})$$

$$M7 = (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})((\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2) \\ + (3\eta_{12} - \eta_{30})(\eta_{21} + \eta_{03})(3(\eta_{12} + \eta_{30})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2)$$



(a) F-14 fighter



(b) F-14 fighter rotated and scaled



(c) B1 bomber

$M1 = 0.2199$
 $M2 = 0.0035$
 $M3 = 0.0070$

(d) Invariant moments for (a)

$M1 = 0.2202$
 $M2 = 0.0037$
 $M3 = 0.0070$

(e) Invariant moments for (b)

$M1 = 0.2264$
 $M2 = 0.0176$
 $M3 = 0.0083$

(f) Invariant moments for (c)