

# 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

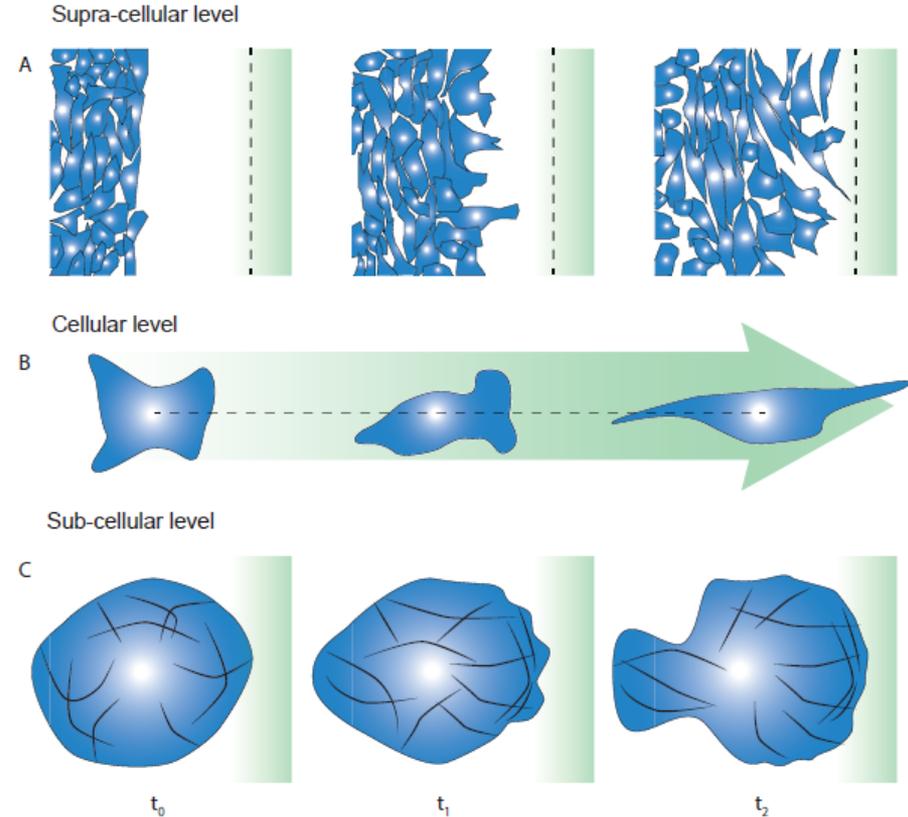
Útil y poderosa herramienta



Análisis de fenómenos dinámicos

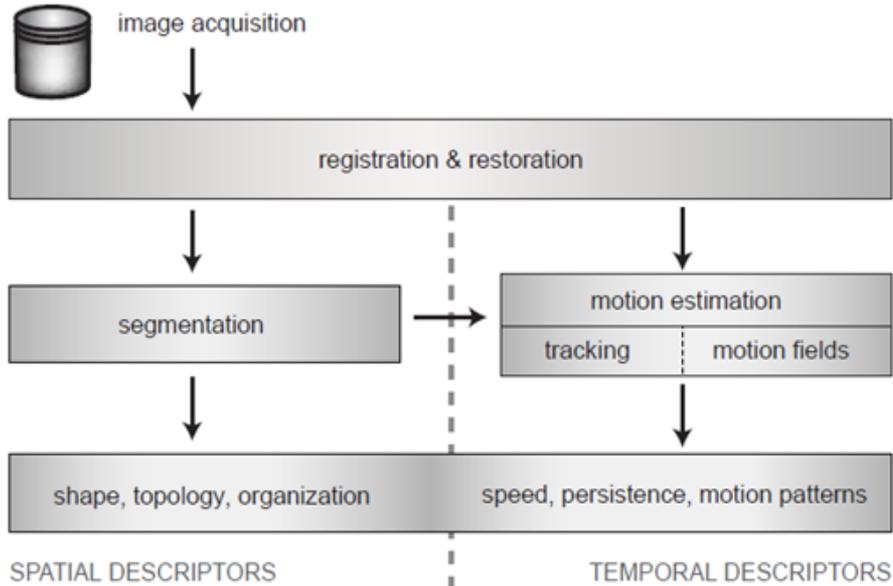


Migración celular



# 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”

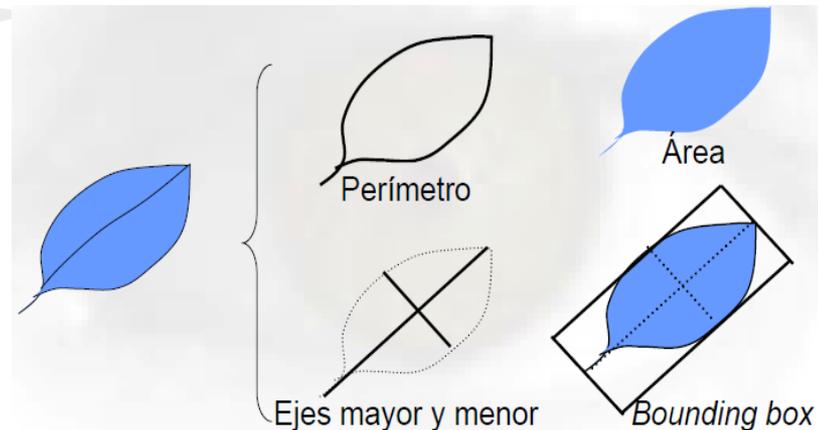
# Descriptores de Forma

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:

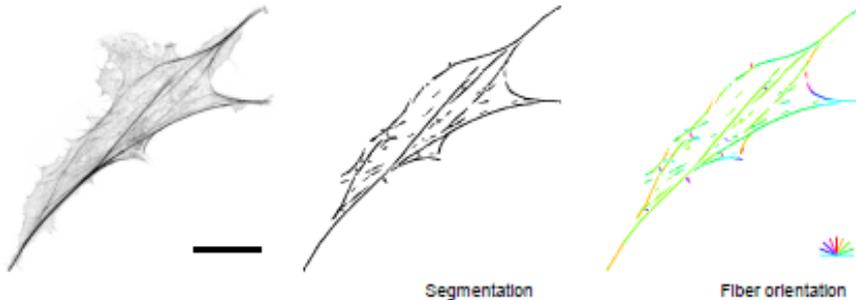
- La conectividad
  - Agujeros (2D)
  - Túneles y cavidades (3D)
  - Esqueleto
- 
- Una imagen segmentada puede estar compuesta por regiones que tienen **componentes conexas** que configuran los objetos, es decir, regiones tales que dos puntos cualesquiera de ellas se pueden unir por una curva contenida 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

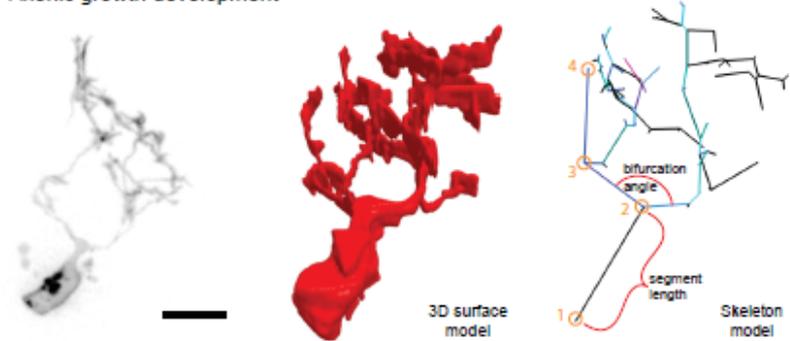
Identificación de cada fibra realizando una reducción un conjunto de fibras en una estructura 1D (línea segmentada en 2D o 3D)

➔ 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

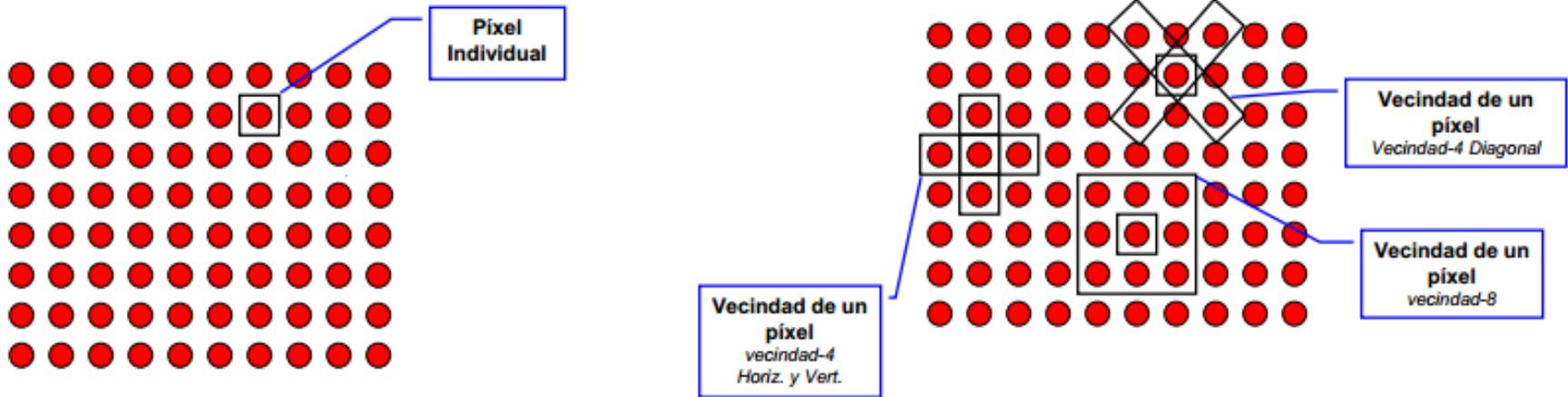
Object description	Shape boundary	Chain codes	
		Fourier descriptors	Cumulative angular function
	Elliptic descriptors		
	Region	Basic	Area Perimeter Compactness Dispersion
Moments		First order Centralised Zernike	

# 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:



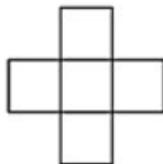
Figure 7.1 Main types of connectivity analysis

# Conectividad

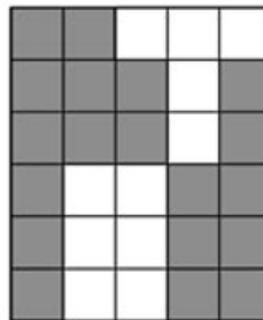
## 4-way connectivity

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

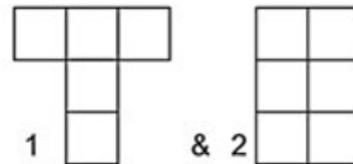
Connectivity



Image

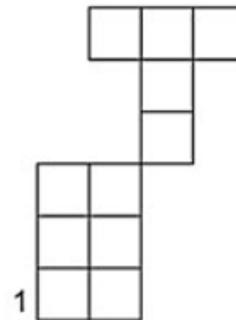
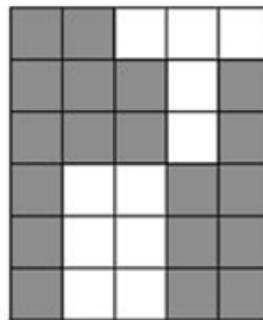
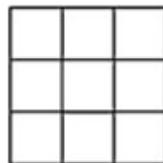


Extracted



## 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.

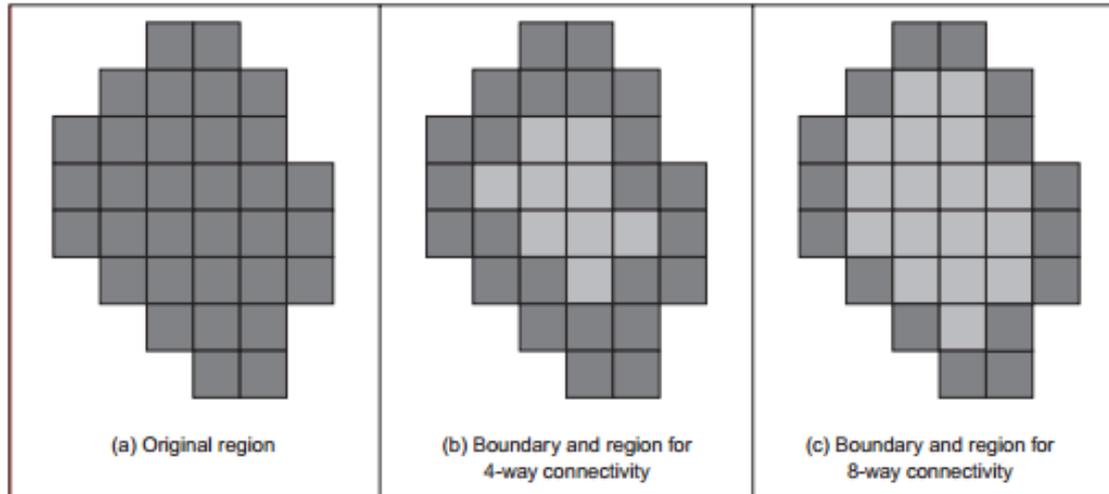


Figure 7.2 Boundaries and regions

# 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

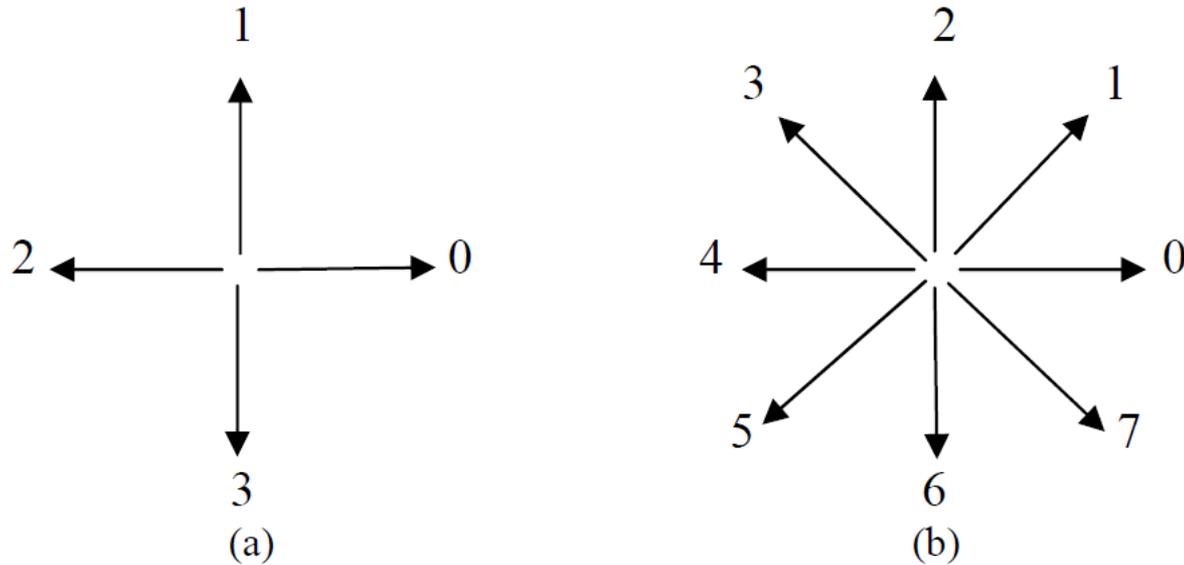
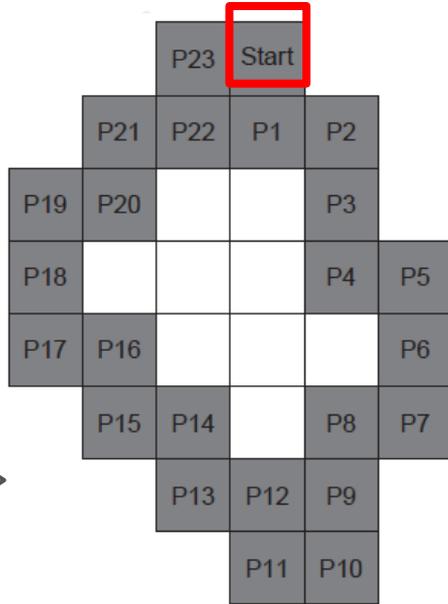
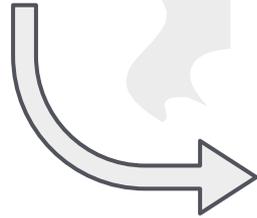
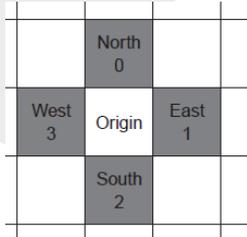


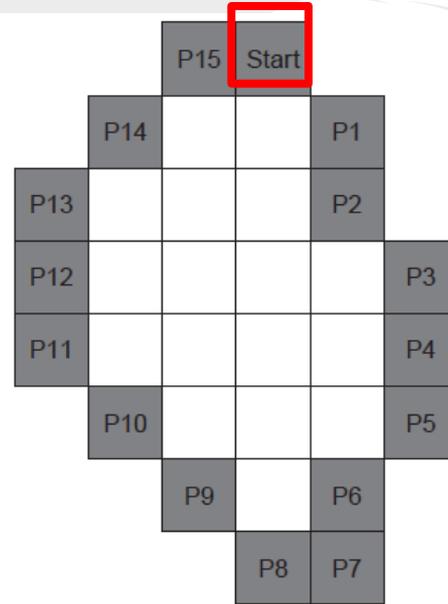
Figura 8.1. (a) Direcciones para entornos de 4 vecinos  
(b) Direcciones para entornos de 8 vecinos.

# Chain codes



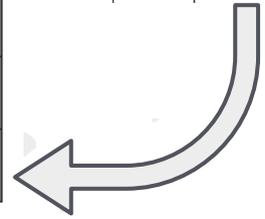
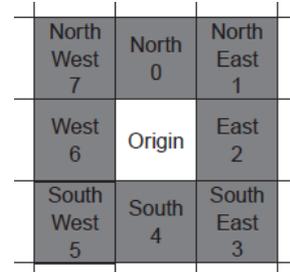
$e = \{2,1,2,2,1,2,2,3,2,2,3,0,3,0,3,0,3,0,0,1,0,1,0,1\}$

(a) Chain code given 4-way connectivity

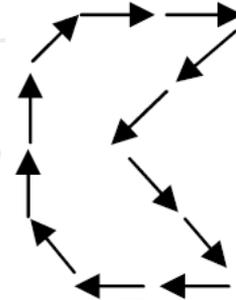
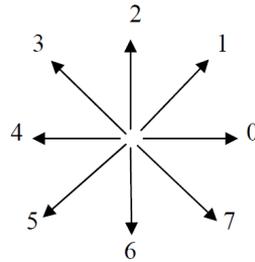
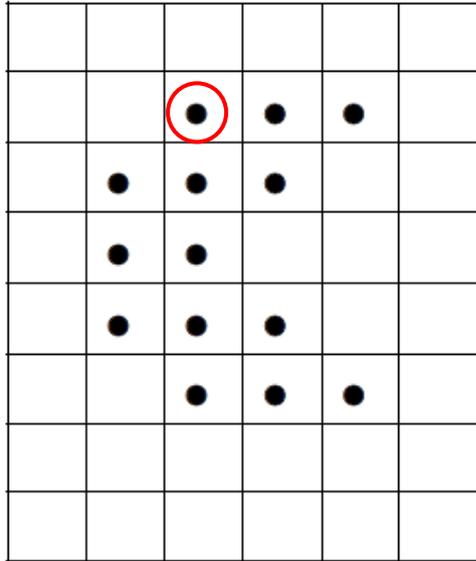


$code = \{3,4,3,4,4,5,4,6,7,7,7,0,0,1,1,2\}$

(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

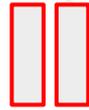
- Hasta ahora vimos los descriptores de perímetros o bordes, pero su contraparte ahora es describir la región o el área
- Veremos 2 principales descriptores, los cuales difieren en el enfoque
  - Basic Regional Descriptor: propiedades geométricas
  - Moments: se centra en la densidad de la región

# Region descriptors

## Basic Regional Descriptor

Área

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



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

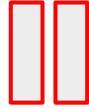
El área se mantiene fija a las operaciones de rotación, no así a los escalamientos

# 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)