

# **Visión artificial VI**

**Extracción de  
características**

# Caracterización de las regiones segmentadas

- Una vez que la imagen ha sido segmentada en diferentes regiones, es necesario realizar una caracterización de las mismas.
- Esta caracterización consiste en una descripción matemática de la región mediante un vector de características que cuantifica el valor de las distintas regiones.
- Las caracterizaciones deben ser invariantes a escalados, traslaciones y rotaciones.



# Caracterización de las regiones segmentadas

- La caracterización puede realizarse mediante:
  - Descriptores de contorno.
  - Descriptores de regiones.
  - Descriptores de similitud.

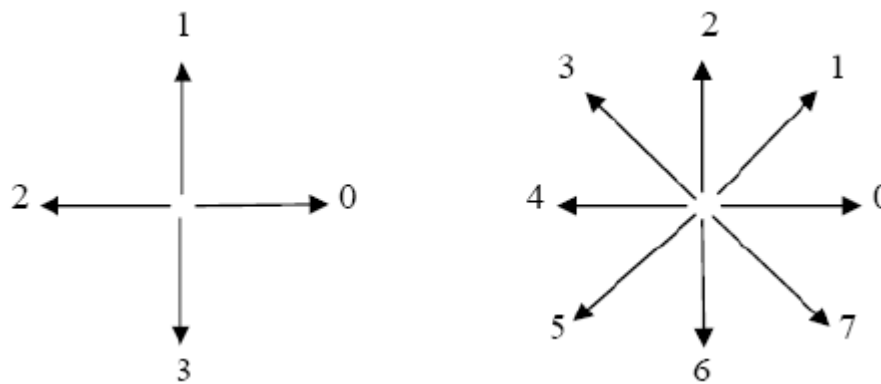
# Descriptores de contorno

- Conjunto de píxeles que describen el contorno de las regiones:
  - Códigos de cadena.
  - Aproximación poligonal.
  - Ajuste de rectas.
  - Representación polar.
  - Descriptores de Fourier.
  - Esqueleto de una región.
- Son muy sensibles al ruido y poco eficientes desde el punto de vista computacional.



# Descriptores de contorno

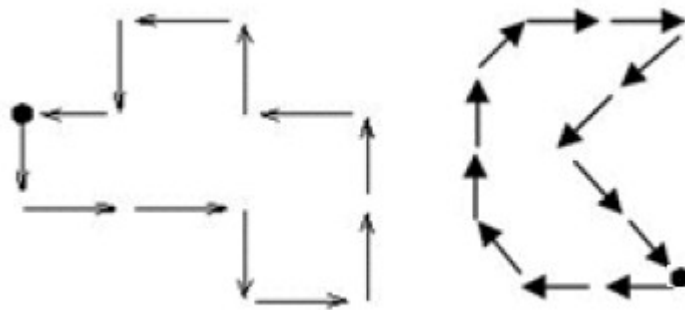
- Códigos de cadena:
  - A cada dirección se le asigna un código y se va describiendo la forma de la región mediante su contorno.



Codificación vecindad 4 y 8

# Descriptores de contorno

- Códigos de cadena:
  - A cada dirección se le asigna un código y se va describiendo la forma de la región mediante su contorno.



Código encadenado con vecindad 4  
(300301121232) y 8 (443221005577)  
con sentidos contrarios.

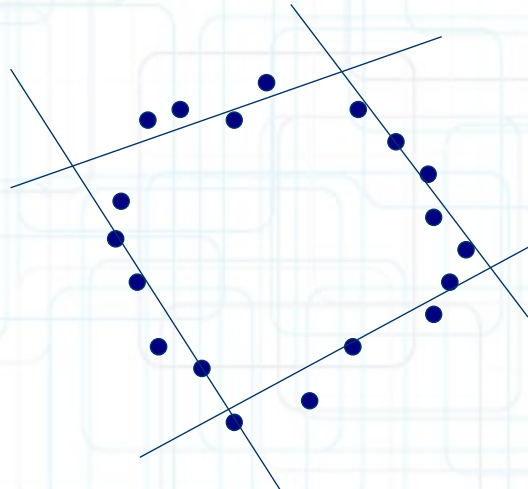


# Descriptores de contorno

- Códigos de cadena:
  - Problema: Dependencia del punto de comienzo.
  - Ventajas:
    - Invariante a la traslación y escalado.
    - Facilita el cálculo del perímetro.

# Descriptores de contorno

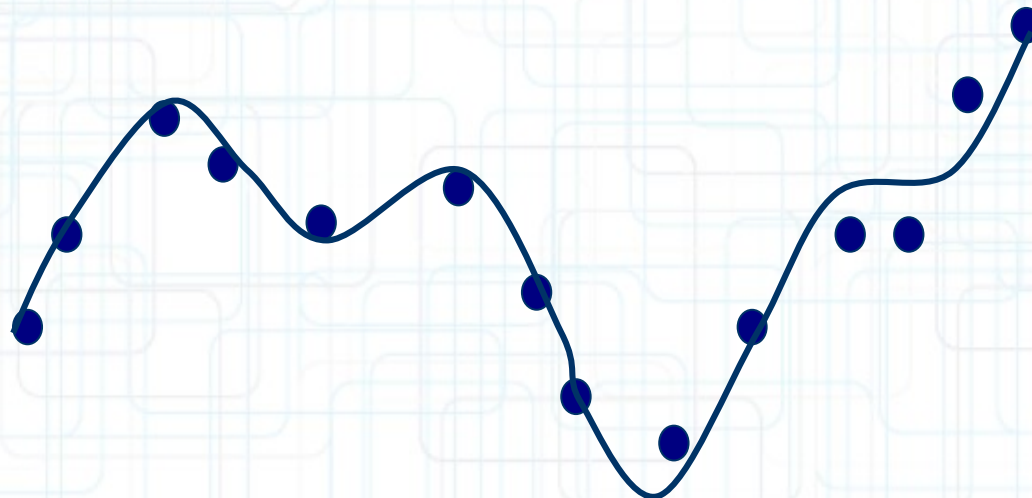
- Aproximación poligonal:
  - Se aproxima un contorno mediante un polígono.
  - La aproximación mejora conforme se incrementa el número de polígonos.
  - Problemas en los vértices.





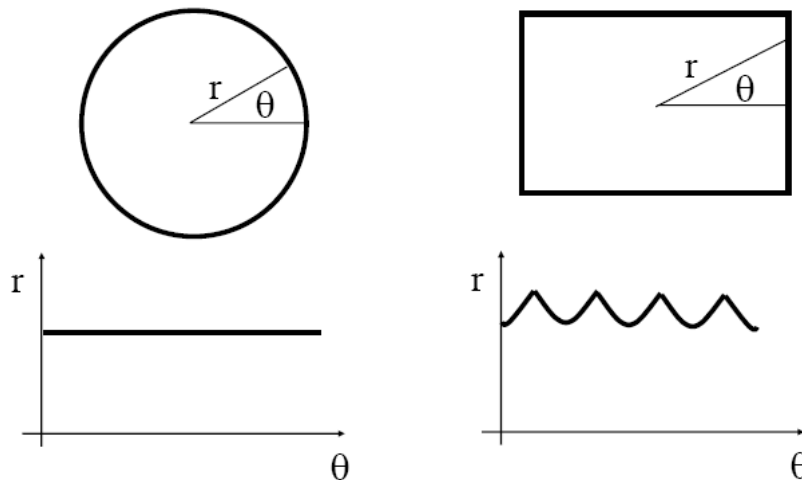
# Descriptores de contorno

- Tipos de aproximación:
  - Aproximación lineal (polinomial, autoregresiva, rbf, ...).
  - Aproximación no lineal (redes neuronales)



# Descriptores de contorno

- Representación polar:
  - Se calcula un punto característico interior del contorno (por ejemplo, el centroide) y, a partir de él, representar la distancia de cada punto del contorno a dicho punto en función del ángulo.





# Descriptores de contorno

- Representación polar:
  - Ventajas:
    - Invariante frente a la posición del objeto.
    - Invariante al tamaño (dividir por la distancia máxima al centroide).
    - Invariante al ángulo de inicio (comenzar por el ángulo cuya distancia es máxima)
  - Inconveniente:
    - Muy sensible a la posición del centroide.

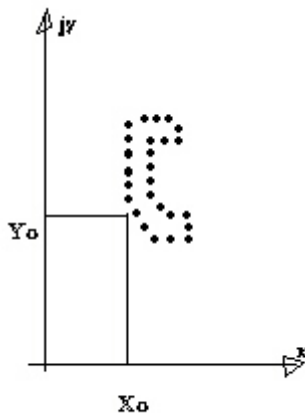
# Descriptores de contorno

- Descriptores de Fourier:
  - Una curva cerrada puede ser representada mediante series de Fourier.
  - Hereda las propiedades de la transformada de Fourier.



# Descriptores de contorno

- Descriptores de Fourier:
  - Procedimiento:
    - Muestrear el contorno siguiendo una dirección de avance.
    - Los puntos del contorno  $(x_n, y_n)$  se consideran como un número complejo:  $x_n + j y_n$  (se ha pasado de una señal real 2D a una compleja 1D).
    - Aplicar la transformada discreta de Fourier sobre los valores complejos obtenidos (*Descriptores de Fourier*).



# Descriptores de contorno

- Descriptores de Fourier:
  - Ejemplo de reconstrucción de la frontera con los M primeros descriptores de Fourier:



Original  
M=64



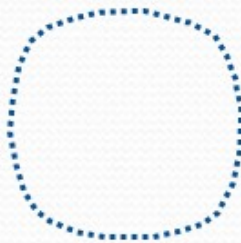
M=2



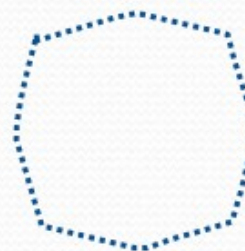
M=4



M=8



M=16



M=61



M=62



# Descriptores de contorno

- Descriptores de Fourier:
  - Ventajas:
    - Invariante ante traslación, rotación, escalado y cambio en el punto de comienzo.

# Descriptores de contorno

- Esqueleto de una región:
  - Se define como el conjunto de píxeles equidistantes de la frontera del objeto.
  - Idea: Conservar toda la información sobre la forma y estructura del contorno del objeto eliminando redundancias.
  - Usamos técnicas de adelgazamiento.



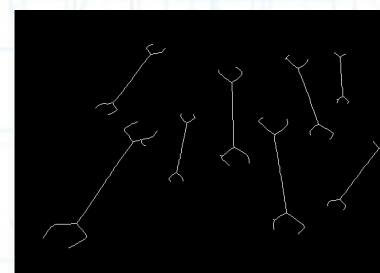
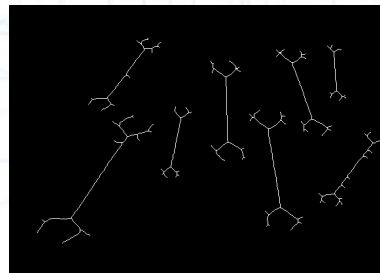
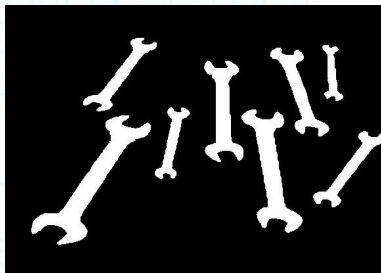
# Descriptores de contorno

- Esqueleto de una región:
  - Ventajas:
    - Robusto frente a ruido.
    - Invariante a traslación y rotación.
    - El escalado no varía su estructura.
    - Robusto frente a deformaciones.

# Descriptores de contorno

- Esqueleto de una región:

```
imEntrada=imread('herramientas2.jpg');  
imNivelGris = rgb2gray(imEntrada);  
figure, imshow(imNivelGris);  
umbral =graythresh(imNivelGris);  
I = im2bw(imNivelGris,umbral);  
I2=bwmorph(I,'skel',Inf);  
figure, imshow(I2)  
I2=bwmorph(I,'thin',Inf);  
figure, imshow(I2)
```





# Descriptores de una región

- Involucran a todos los píxeles de la región:
  - Momentos.
  - Compacidad.
  - Descriptores topológicos.
  - Descriptores de texturas.

# Descriptores de una región

- Momentos:
  - describen la manera en que se distribuyen los píxeles de un objeto sobre el plano de la imagen.
  - Se define el momento de orden  $p+q$  como: 
$$m_{pq} = \sum_x \sum_y x^p \cdot y^q \cdot f(x, y)$$



# Descriptores de una región

- Momentos:
  - momento central (invariante a las traslaciones):

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \hat{x})^p \cdot (y - \hat{y})^q \cdot f(x, y)$$

- momento central normalizado (invariante a la traslación y al escalado):

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_{00}^\gamma} \quad \gamma = \frac{p+q}{2} + 1, \quad \text{para } p+q = 2, 3, \dots$$

# Descriptores de una región

- Momentos:
  - Momentos invariantes de Hu (se obtienen a partir de los momentos centrales de orden 2 y 3 y son invariantes al escalado, rotación y traslación)

$$\begin{aligned}
 \phi_1 &= \eta_{20} + \eta_{02} \\
 \phi_2 &= (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 \\
 \phi_3 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2 \\
 \phi_4 &= (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2 \\
 \phi_5 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} - \eta_{03})^2] + \\
 &\quad (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\
 \phi_6 &= (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}) \\
 \phi_7 &= (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + \\
 &\quad (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2]
 \end{aligned}$$

Los 7 momentos son los valores que forman el vector de características.

Ejemplo: <https://www.youtube.com/watch?v=S1daNhlUoP0&t=198s>



# Descriptores de una región

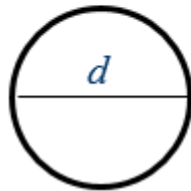
- Compacidad:
  - Sofisticado descriptor de la forma de un objeto.
  - Invariante a escalados, rotación y traslación.

$$C = \frac{\textit{Perímetro}^2}{\textit{Area}}$$

# Descriptores de una región

- Compacidad:

Circle

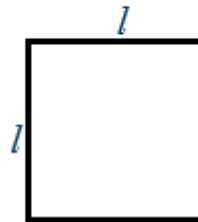


$$P = \pi d$$

$$A = \pi \frac{d^2}{4}$$

$$C = 4\pi = 12.6$$

Square

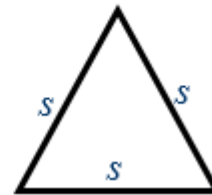


$$P = 4l$$

$$A = l^2$$

$$C = 16$$

Triangle



$$P = 3s$$

$$A = (s^2 \sqrt{3})/4$$

$$C = 36/\sqrt{3} = 20.8$$



# Descriptores de una región

- Compacidad:

¿Por qué ese umbral? Mira el histograma

```
imEnt = imread('coins.png');  
imshow(imEnt, []);  
imBW = im2bw(imEnt, 80/255);  
figure, imshow(imBW);  
ele = strel('disk', 5);  
imBWerosionada = imerode(imBW, ele);  
figure, imshow(imBWerosionada);  
stats = regionprops(imBWerosionada, 'Area', 'Perimeter');  
area = [stats.Area];  
perimetro = [stats.Perimeter];  
compacidad = perimetro.^2 ./area
```

# Descriptores de una región

- Descriptores de topológicos:
  - Descripción global de regiones en la imagen (propiedades que no se ven afectadas por las deformaciones).
  - Número de agujeros.
  - Número de componentes conexas.
  - Número de Euler (número de componentes conexas – número de agujeros)



# Descriptores de una región

- Descriptores de topológicos:

A

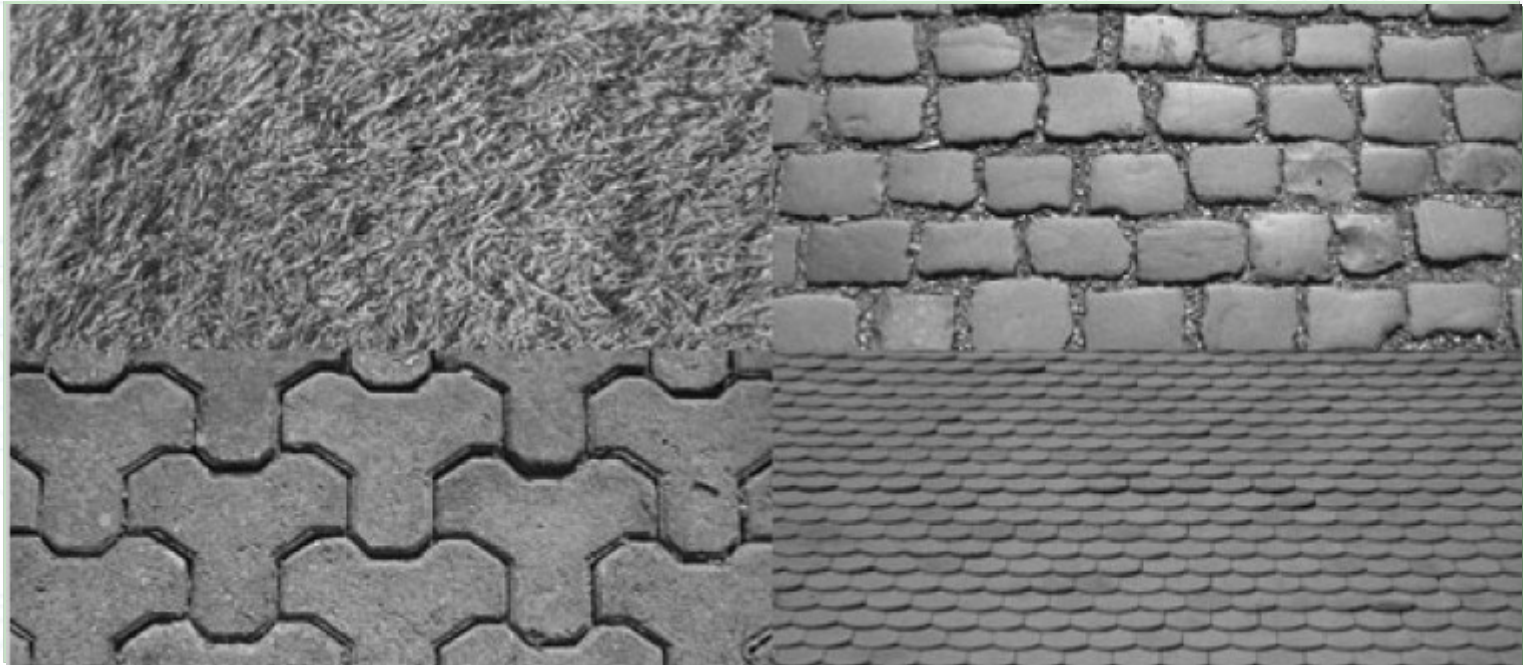
Componentes	1
Agujeros	1
Nº Euler	0

B

Componentes	1
Agujeros	2
Nº Euler	-1

# Descriptores de una región

- Descriptores de texturas:
  - Una textura describe cierto orden estructural o tendencia en los elementos presentes en una imagen.





# Descriptores de una región

- Descriptores de texturas:
  - Un descriptor de texturas debe cuantificar ciertas propiedades: suavidad, rugosidad y regularidad.
  - Podemos utilizar la matriz de co-ocurrencias de los niveles de gris.

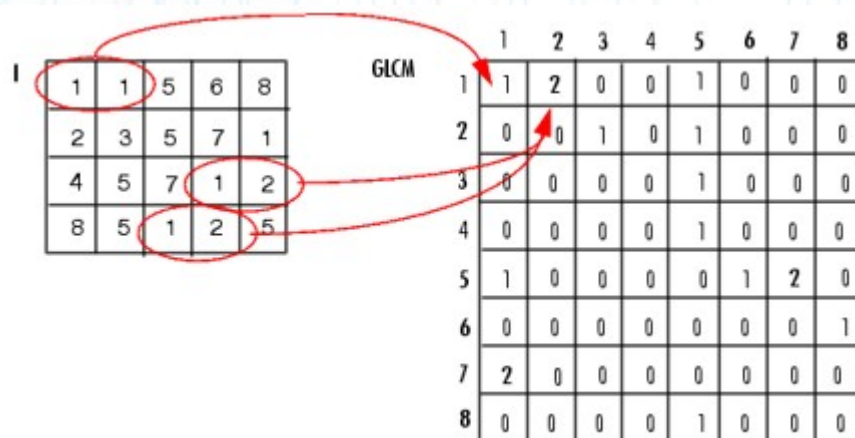
# Descriptores de una región

- Descriptores de texturas:
  - Matriz de coocurrencias:
    - Cada valor  $(a,b)$  de la matriz corresponde al número de ocurrencias de pares de niveles de grises  $a$  y  $b$  que están a una distancia  $\Delta x$   $\Delta y$  separadas en la imagen original.
    - Es preferible reducir la imagen original de intensidades de gris a un pequeño número de niveles (evitamos problemas de ruido)



# Descriptores de una región

- Descriptores de texturas:
  - Matriz de coocurrencias:
    - Se miden las ocurrencias de un píxel en combinación con ciertos valores de sus vecinos horizontales.



```
I = [1 1 5 6 8;2 3 5 7 1;4 5 7 1 2;8 5 1 2 5];  
CM = graycomatrix(I,'NumLevels',8,'G',[])
```

# Descriptores de una región

- Descriptores de texturas:
  - Descriptores obtenidos a partir de la matriz de co-ocurrencias:

- Mean:

$$\mu_a = \sum_{a=0}^{M-1} \sum_{b=0}^{M-1} a \cdot P(a,b)$$

- Correlation:

$$S_C = \sum_{a=0}^{M-1} \sum_{b=0}^{M-1} (a - \mu_a) \cdot (b - \mu_b) \cdot P(a,b)$$

- Autocorrelation:

$$S_A = \sum_{a=0}^{M-1} \sum_{b=0}^{M-1} a \cdot b \cdot P(a,b)$$



# Descriptores de una región

- Descriptores de texturas:
  - Descriptores obtenidos a partir de la matriz de co-ocurrencias:

- Contrast:

$$S_i = \sum_{a=0}^{M-1} \sum_{b=0}^{M-1} (a-b)^2 \cdot P(a,b)$$

- Absolute value:

$$S_V = \sum_{a=0}^{M-1} \sum_{b=0}^{M-1} |a-b| \cdot P(a,b)$$

- Homogeneity: .

$$S_H = \sum_{a=0}^{M-1} \sum_{b=0}^{M-1} \frac{P(a,b)}{1+(a-b)^2}$$

# Descriptores de una región

- Descriptores de texturas:
  - Descriptores obtenidos a partir de la matriz de co-ocurrencias:

- Energy:

$$E = \sum_{a=0}^{M-1} \sum_{b=0}^{M-1} P(a, b)^2$$

- Entropía:

$$S_A = \sum_{a=0}^{M-1} \sum_{b=0}^{M-1} P(a, b) \cdot \log_2 P(a, b)$$



# Descriptores de una región

- Descriptores de texturas:
  - Descriptores obtenidos a partir de la matriz de co-ocurrencias:

```
I = [1 1 5 6 8;2 3 5 7 1;4 5 7 1 2;8 5 1 2 5];  
[CM, SI] = graycomatrix(I, 'G', []);  
%[CM, SI] = graycomatrix(I, 'NumLevels', 4, 'G', []);  
stats = graycoprops(CM)
```



```
Contrast: 8.9375  
Correlation: 0.1829  
Energy: 0.0859  
Homogeneity: 0.3762
```

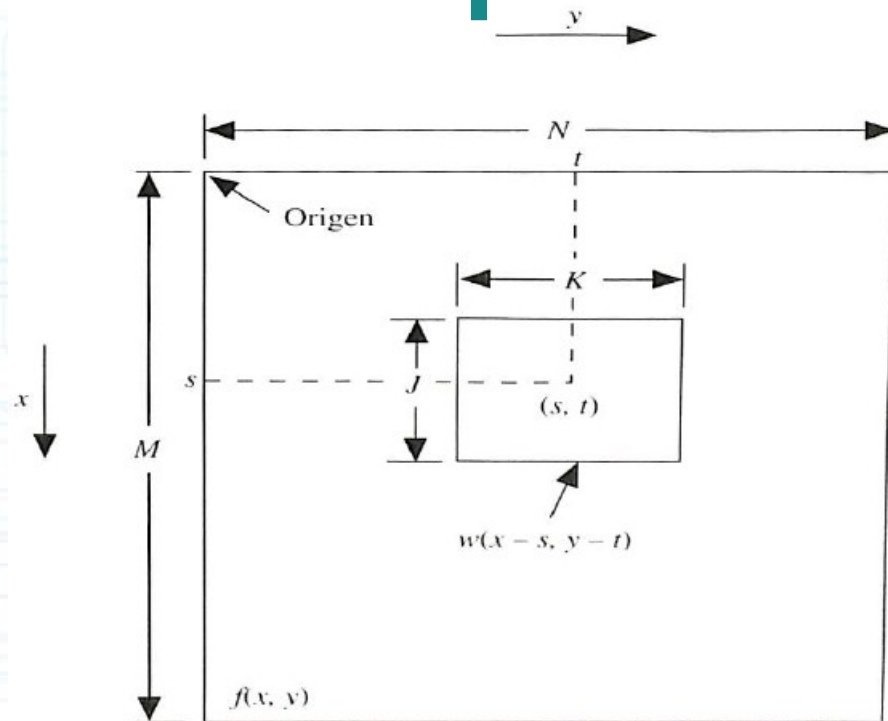
<https://programmerclick.com/article/94561424021/>

# Descriptores de similitud

- Se obtiene una medida de similitud entre objetos de la imagen y un modelo o patrón conocido que se toma como referencia.
- Se utiliza la correlación:
  - La plantilla se desplaza a lo largo de la imagen, calculando una suma ponderada de los valores de gris de la superposición.
  - Evitar plantillas con todos los valores de intensidad iguales.



# Descriptores de similitud



Forma más simple de correlación

$$c(s, t) = \sum_x \sum_y f(x, y) w(x - s, y - t)$$

El máximo valor de  $c$  indica donde se produce la mayor correspondencia entre  $f$  y  $w$ .

Problema: Es sensible a los cambios de amplitud de  $f$  y  $w$ .

Solución: Utilizar el coeficiente de correlación (devuelve valores entre -1 y +1):

Valor medio de los píxeles de  $f$  coincidentes con  $w$

Valor medio de los píxeles de  $w$

$$\gamma(s, t) = \frac{\sum_x \sum_y [f(x, y) - \bar{f}(x, y)][w(x - s, y - t) - \bar{w}]}{\left\{ \sum_x \sum_y [f(x, y) - \bar{f}(x, y)]^2 \sum_x \sum_y [w(x - s, y - t) - \bar{w}]^2 \right\}^{1/2}}$$

# Descriptores de similitud

```
A=rgb2gray(imread('fingerprint.tif'));  
[f_imag,c_imag] = size(A);  
recorte = imcrop(A);  
% Calcula la correlación entre el recorte y A  
cc = normxcorr2(recorte, A);  
figure,surf(cc);  
figure, imagesc(cc), colormap(gray);  
% Obtiene el índice donde la correlación es máxima (1)  
[max_cc, imax] = max(abs(cc(:)));  
% Convierte el índice a coordenadas y,x  
[fils, cols] = ind2sub(size(cc),imax(1));  
% Comprueba que la plantilla se ajusta al trozo  
encontrado en la imagen original  
[f_rec,c_rec] = size(recorte);  
comprobacion=A(fils-f_rec:fils,cols-c_rec:cols);  
figure,imshow(comprobacion);
```