



Nota: Algunas de las imágenes que aparecen en esta presentación provienen del libro:
Visión por Computador: fundamentos y métodos.
Arturo de la Escalera Hueso. Prentice Hall.




Sistemas de Percepción

Visión por Computador

Arturo de la Escalera
José María Armingol
Fernando García
David Martín
Abdulla Al-Kaff



uc3m | Universidad Carlos III de Madrid



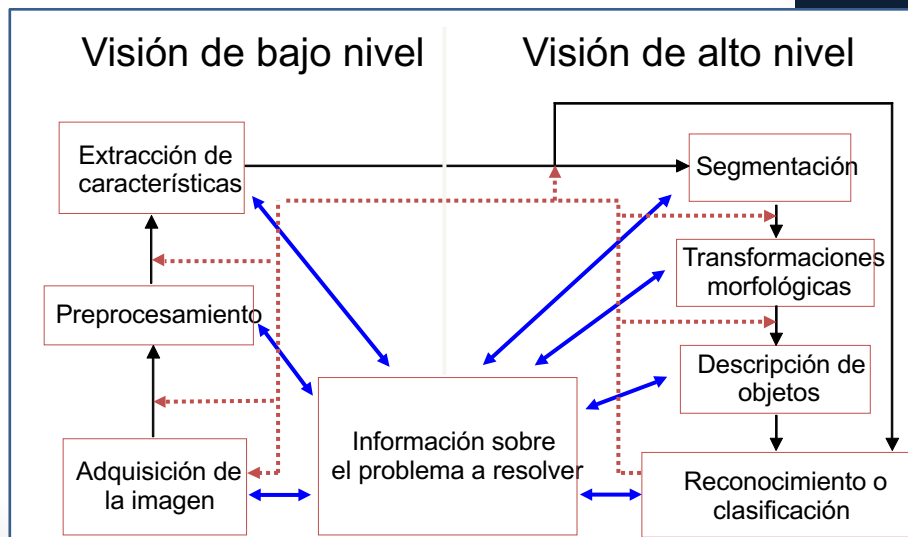
Descriptores de objetos

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Índice

- **Introducción**
- Descriptores de Región
 - Área, perímetro, ...
 - Posición y orientación
 - Momentos
- Descriptores de forma
 - Topológicos
 - Códigos encadenados
 - Firma
 - Descriptores de Fourier

Etapas de una aplicación



Descripción de objetos



- ABCDEFGHIJKLMNOP
- ABCDEFGHIJKLMNOP
- ABCDEFGHIJKLMNOP
- **ABCDEFGHIJKLMN OP**
- ABCDEFGHIJKLMNOP
- **ABCDEFGHIJKLMN OP**
- **ABCDEFGHIJKLMN OP**

Índice



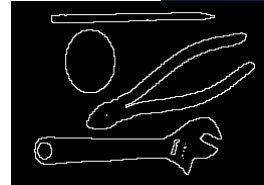
- Introducción
- Descriptores de Región
 - **Área, perímetro, ...**
 - Posición y orientación
 - Momentos
- Descriptores de forma
 - Topológicos
 - Códigos encadenados
 - Firma
 - Descriptores de Fourier

Tamaño, perímetro, compacticidad



- Tamaño: la suma de sus píxeles

$$A = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} g(i, j)$$
- Perímetro: número de píxeles exteriores
- Compacticidad: $\frac{P^2}{A}$
- Fórmula cuyo valor mínimo corresponde al círculo



Descriptores



- AP RATIO
 - Determina cómo de redondo es un objeto $\frac{P}{A}$
- Diámetro equivalente
 - Diámetro del círculo con el mismo área que el objeto

$$\sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

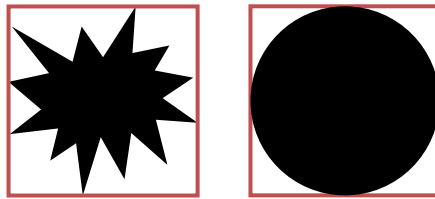
- Circularidad
 - Relación entre el área del objeto y la del círculo que tiene el mismo perímetro

$$\frac{4\pi A}{P^2}$$

Rectangularidad



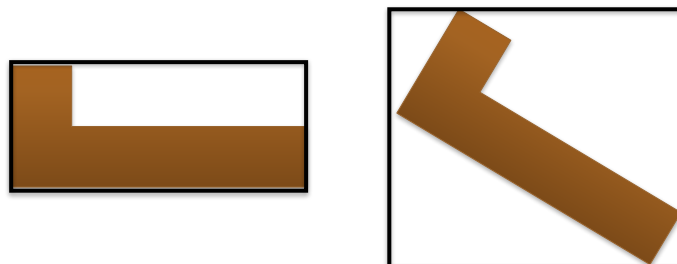
- Relación entre el área del objeto y la del rectángulo más pequeño que lo engloba



Bounding boxes

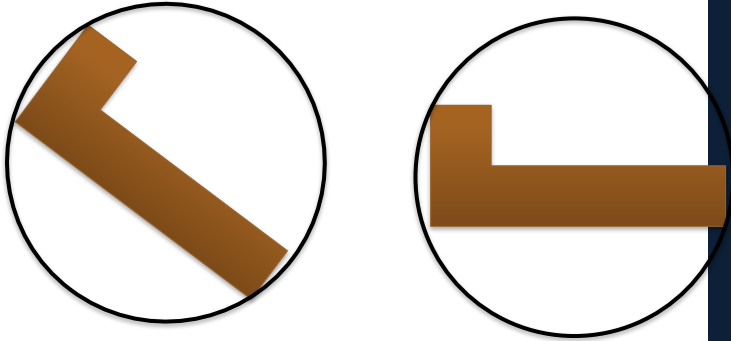
uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Rectangularidad



uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Círculos envolventes



uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Diámetro Feret

- Eje que une a los dos puntos más alejados del objeto
- Breath
 - Mayor eje perpendicular al diámetro Feret
- Relación aspecto Feret F/B
- Feret Bounding Box $F*B$
- Compacticidad $\text{Diámetro eq}/ F$
- Redondéz $\frac{4A}{\pi F^2}$

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Índice

- Introducción
- Descriptores de Región
 - Área, perímetro, ...
 - **Posición y orientación**
 - Momentos
- Descriptores de forma
 - Topológicos
 - Códigos encadenados
 - Firma
 - Descriptores de Fourier

Posición y orientación

- Si la aplicación permite el paso de la información 2D a 3D (piezas por una cinta transportadora), el conocimiento de la posición y orientación permiten a otros elementos (robot) el manipular los objetos

Posición

- Se define por el centro de gravedad del objeto

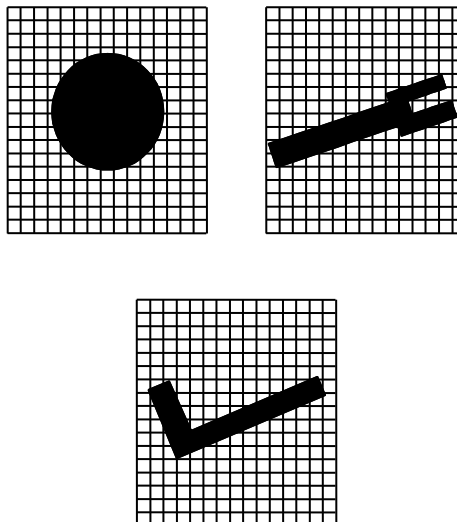
$$\bar{x} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} g(i, j) = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} j g(i, j) \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} j g(i, j)}{A}$$

$$\bar{y} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} g(i, j) = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} i g(i, j) \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} i g(i, j)}{A}$$

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid



Orientación



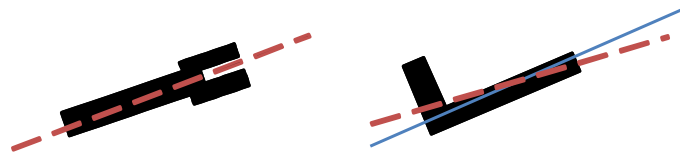
uc3m | Universidad Carlos III de Madrid



Orientación



- El eje que minimiza la distancia a él de todos los puntos de la imagen



uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Orientación



$$\rho = \bar{x} \cos\theta + \bar{y} \sin\theta$$

$$\rho = x \cos\theta + y \sin\theta$$

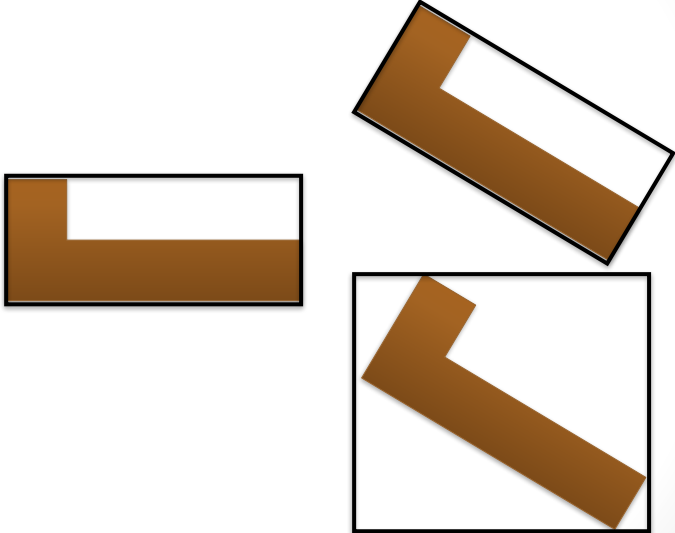
$$\tan 2\theta = \frac{b}{a - c}$$

$$a = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} (x_{ij} - \bar{x})^2 g(i, j) \quad b = 2 \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} (x_{ij} - \bar{x})(y_{ij} - \bar{y}) g(i, j)$$

$$c = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} (y_{ij} - \bar{y})^2 g(i, j)$$

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Rectangularidad



uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

ISI
Intelligent Systems Lab

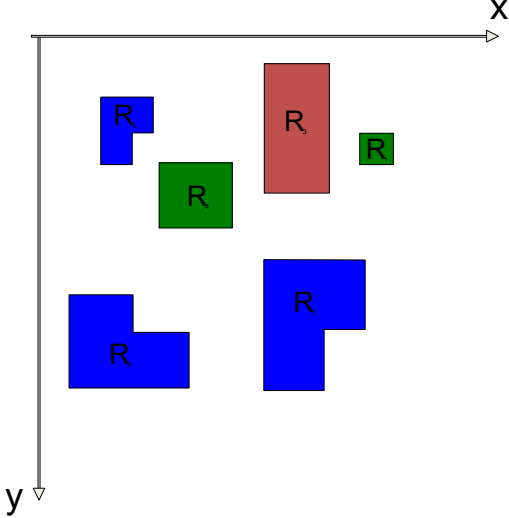
Índice

- Introducción
- Descriptores de Región
 - Área, perímetro, ...
 - Posición y orientación
 - **Momentos**
- Descriptores de forma
 - Topológicos
 - Códigos encadenados
 - Firma
 - Descriptores de Fourier

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

ISI
Intelligent Systems Lab

Momentos invariantes a la rotación, escala y traslación.



uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Momentos invariantes a la RST

$$m_{uv} = \sum_x \sum_y g(x, y) x^u y^v$$

↓ Invarianza a la posición:


$$\mu_{uv} = \sum_x \sum_y g(x, y) (x - \bar{x})^u (y - \bar{y})^v$$

↓ Invarianza a la escala

$$\eta_{ij} = \frac{\mu_{ij}}{(\mu_{00})^k}$$

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid


Momentos invariantes a la RST

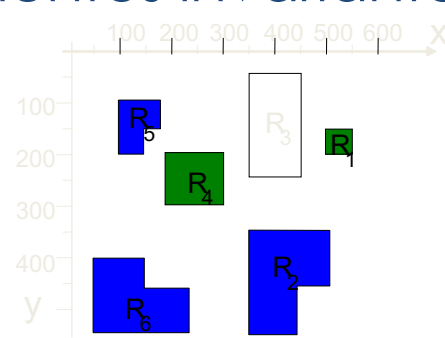


$$\begin{aligned} \phi_1 &= \eta_{20} + \eta_{02} \\ \phi_2 &= (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 \\ \phi_3 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2 \\ \phi_4 &= (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2 \\ \phi_5 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})\{(\eta_{30}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

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Momentos invariantes a la RST





	R1	R2	R3	R4	R5	R6
ϕ_1	1.67 E-1	1.94 E-1	2.08 E-1	1.67 E-1	1.94 E-1	1.94 E-1
ϕ_2	0.00 E+0	6.53 E-3	1.56 E+0	0.00 E+0	6.53 E-3	6.53 E-3
ϕ_3	0.00 E+0	1.02 E-3	0.00 E+0	0.00 E+0	1.02 E-3	1.02 E-3
ϕ_4	0.00 E+0	4.56 E-5	0.00 E+0	0.00 E+0	4.56 E-5	4.56 E-5
ϕ_5	0.00 E+0	4.25 E-9	0.00 E+0	0.00 E+0	4.25 E-9	4.25 E-9
ϕ_6	0.00 E+0	1.70 E-6	0.00 E+0	0.00 E+0	1.70 E-6	1.70 E-6
ϕ_7	0.00 E+0	-8.85 E-9	0.00 E+0	0.00 E+0	-8.85 E-9	-8.85 E-9

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Descripción de objetos



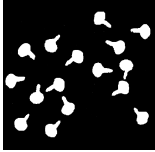

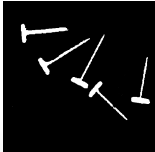





 | Universidad Carlos III de Madrid



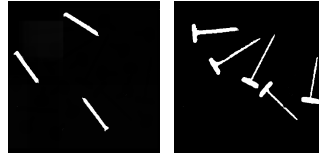
Descripción de objetos

Area	Perim	Rectan	MC X1,Y1	MC X0,Y2	MC X2,Y0	MIE 11	MIE 02	MIE 20	F1	F2	LF1	LF2
1792	238	31,6	1,33E+08	3,36E+08	3,52E+08	41,54	104,48	109,46	213,93	6927,53	2,3	3,8
1821	246	33,2	3,93E+07	2,31E+05	4,59E+08	11,86	0,07	138,51	138,58	19728,01	2,1	4,3
1814	241	32,0	-1,05E+08	3,74E+08	2,80E+08	-31,82	113,60	84,94	198,54	4870,77	2,3	3,7
1860	244	32,0	1,19E+08	2,76E+08	4,59E+08	34,31	79,69	132,56	212,25	7503,75	2,3	3,9
1899	247	32,1	9,82E+04	3,26E+08	3,87E+05	0,03	90,29	0,11	90,40	8132,73	2,0	3,9
1816	247	33,6	-1,38E+05	3,11E+08	3,94E+05	-0,04	94,18	0,12	94,30	8847,84	2,0	3,9
1711	250	36,5	-1,56E+07	3,93E+05	1,98E+05	-5,32	0,13	0,07	0,20	113,00	-0,7	2,1
1857	248	33,1	1,81E+07	2,24E+05	4,96E+08	5,26	0,06	143,75	143,81	20754,86	2,2	4,3
1862	234	29,4	-7,90E+07	2,40E+08	4,65E+05	-22,78	69,31	0,13	69,44	6861,02	1,8	3,8
1821	249	34,0	-1,13E+08	2,69E+05	4,30E+08	-34,20	0,08	129,61	129,69	21456,20	2,1	4,3
1746	245	34,4	-1,12E+08	2,94E+08	3,31E+08	-36,84	96,51	108,41	204,92	5569,82	2,3	3,7
1827	228	28,5	-5,15E+07	4,42E+08	2,26E+08	-15,42	132,39	67,65	200,03	5142,44	2,3	3,7
1783	240	32,3	5,67E+07	4,13E+08	2,23E+05	17,84	129,97	0,07	130,04	18148,39	2,1	4,3
1684	236	33,1	7,46E+07	3,11E+08	2,42E+08	26,32	109,49	85,41	194,90	3351,05	2,3	3,5
1764	226	29,0	-7,99E+07	3,16E+08	2,69E+08	-25,67	101,65	86,48	188,13	2866,06	2,3	3,5
1751	227	29,4	-8,95E+07	3,21E+08	2,70E+08	-29,18	104,76	88,16	192,92	3682,57	2,3	3,6
1812	407	91,4	1,20E+09	7,78E+08	1,94E+09	364,87	237,04	591,77	828,82	658359,29	2,9	5,8
1684	400	95,0	1,11E+09	1,56E+06	8,24E+08	390,36	0,55	290,71	291,26	693708,86	2,5	5,8
1518	410	110,7	1,10E+09	1,47E+09	8,42E+08	475,19	638,80	365,36	1004,16	978006,58	3,0	6,0
2737	486	86,3	-6,03E+08	3,65E+08	6,31E+09	-80,53	48,78	841,66	890,44	654602,54	2,9	5,8
2331	644	177,9	-3,23E+09	2,27E+09	5,59E+09	-595,01	418,14	1028,24	1446,38	1788345,85	3,2	6,3
2130	644	194,7	-2,74E+09	5,70E+06	1,71E+09	-603,05	1,26	376,69	377,95	1595650,70	2,6	6,2
1817	589	190,9	1,87E+09	2,14E+09	2,18E+09	565,50	647,59	659,70	1307,29	1279318,71	3,1	6,1
1893	501	132,6	-5,61E+08	3,92E+09	4,20E+08	-156,44	1092,80	117,29	1210,09	1049520,75	3,1	6,0



Descripción de objetos



1812	407	91,4	1,20E+09	7,78E+08	1,94E+09	364,87	237,04	591,77	828,82	6,6E+05	2,9	5,8
1684	400	95,0	1,11E+09	1,56E+06	8,24E+08	390,36	0,55	290,71	291,26	6,9E+05	2,5	5,8
1518	410	110,7	1,10E+09	1,47E+09	8,42E+08	475,19	638,80	365,36	1004,16	9,8E+05	3,0	6,0
2737	486	86,3	-6,03E+08	3,65E+08	6,31E+09	-80,53	48,78	841,66	890,44	6,5E+05	2,9	5,8
2331	644	177,9	-3,23E+09	2,27E+09	5,59E+09	-595,01	418,14	1028,24	1446,38	1,8E+06	3,2	6,3
2130	644	194,7	-2,74E+09	5,70E+06	1,71E+09	-603,05	1,26	376,69	377,95	1,6E+06	2,6	6,2
1817	589	190,9	1,87E+09	2,14E+09	2,18E+09	565,50	647,59	659,70	1307,29	1,3E+06	3,1	6,1
1893	501	132,6	-5,61E+08	3,92E+09	4,20E+08	-156,44	1092,80	117,29	1210,09	1,0E+06	3,1	6,0

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid



Índice

- Introducción
- Descriptores de Región
 - Área, perímetro, ...
 - Posición y orientación
 - Momentos
- Descriptores de forma
 - **Topológicos**
 - Códigos encadenados
 - Firma
 - Descriptores de Fourier

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid



Descriptores topológicos.



- Los descriptores topológicos no tratan de dar un número exacto sino indicar alguna idea sobre la forma del objeto.
 - Número de agujeros en el objeto.
 - Número de componentes conectados. Son aquellos elementos separados que forman un objeto.
 - Número de Euler: es la diferencia entre los dos anteriores

A
E=0

B
E=-1

i
E=2

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Índice



- Introducción
- Descriptores de Región
 - Área, perímetro, ...
 - Posición y orientación
 - Momentos
- Descriptores de forma
 - Topológicos
 - **Códigos encadenados**
 - Firma
 - Descriptores de Fourier

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Códigos encadenados.

- Se asocia un código al camino recorrido cuando se va siguiendo los pixels del borde que están conectados.
- Permite obtener el perímetro, área y momentos del objeto.

Códigos encadenados.

- A partir de un pixel determinado se asocia un número dependiendo de la dirección del vecino

3	2	1
4		0
5	6	7

- Problemas
 - Los códigos suelen ser largos
 - Errores debidos al ruido perturban en gran manera al código. (Resolución.)
 - Depende del punto inicial.

Códigos encadenados.



- La función de correlación usada es:

$$\rho(j) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \cos\left(\frac{\pi}{4}(c(i) - (c'(i + j \bmod(n/m))))\right)$$

- $c(i)$ código del objeto buscado.
- m número de elementos de código del objeto buscado.
- $c'(i)$ código del objeto presente en la imagen.
- n número de elementos de código del objeto presente en la imagen.
- j desviación respecto al código inicial.

Índice

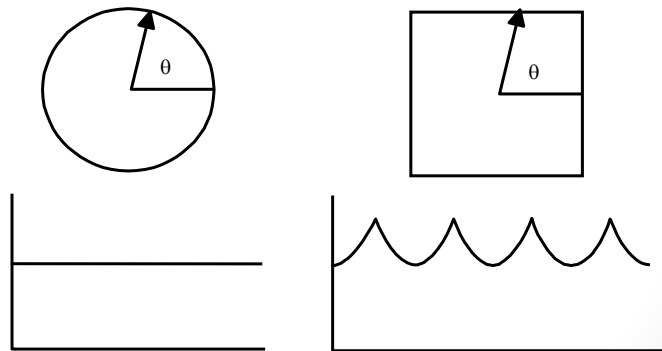


- Introducción
- Descriptores de Región
 - Área, perímetro, ...
 - Posición y orientación
 - Momentos
- Descriptores de forma
 - Topológicos
 - Códigos encadenados
 - **Firma**
 - Descriptores de Fourier

Signatura-Firma



- Se obtiene la curva que represente la distancia al centroide del objeto de todos los puntos de su borde.



uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Signatura-Firma



- Son invariantes a la traslación pero no a la rotación o a la escala.
- Para eliminar la influencia de la rotación puede elegirse siempre para empezar el punto más alejado del centroide o el eje principal que se estudió antes.
- Se pasa de tener una información bidimensional a otra unidimensional

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Energía



- Para cada punto del borde se calcula cual es el círculo tangente a él y se obtiene su radio. Su inversa es la curvatura
 - El valor mínimo el correspondiente a los círculos

$$k(i) = \frac{1}{r(i)} \quad E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |k(i)|^2$$

Índice



- Introducción
- Descriptores de Región
 - Área, perímetro, ...
 - Posición y orientación
 - Momentos
- Descriptores de forma
 - Topológicos
 - Códigos encadenados
 - Firma
 - **Descriptores de Fourier**

Descriptores de Fourier



- Se pasa de 2D a 1D
- Se toma un origen de coordenadas arbitrario.
- Se toma un punto al azar como primer elemento de un sucesión de puntos tomados en sentido antihorario.
- Estas parejas de puntos se transforman a números complejos $h(k) = x_k + j y_k$
- Se obtiene la TDF

$$H(\omega) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} h(k) e^{-j2\pi\omega k / N}$$

- Los coeficientes para cada una de las frecuencias son los descriptores de Fourier.

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Descriptores de Fourier



imagen original

10 descriptores

20 descriptores



30 descriptores

50 descriptores

100 descriptores

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Descriptores de Fourier



- Entre 10 y 15 descriptores son suficientes para definir cualquier forma
- El módulo de las partes reales e imaginarias es invariante a la traslación y a la rotación de los objetos
- Si se toma la relación de ellos con el primer coeficiente se tiene invariancia a la escala