PERCEPCIÓN COMPUTACIONAL

Tema 5: PERCEPCIÓN VISUAL III
REGIONES

Gonzalo Pajares Martinsanz

Dpt. Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial

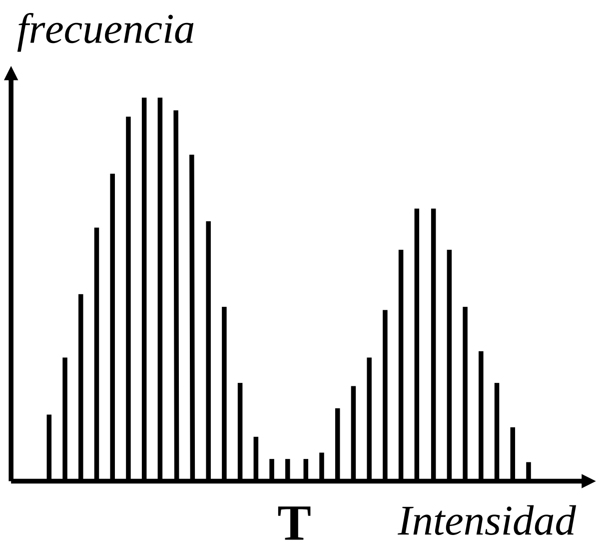
Facultad de Informática.- Universidad Complutense de Madrid

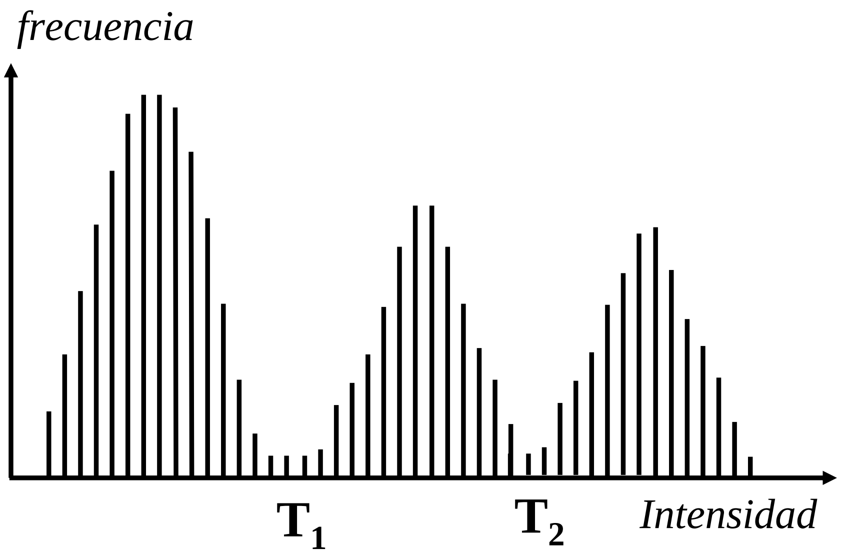
Extracción de regiones

- Binarización mediante detección de umbral
- Selección de umbral mediante Otsu
- Selección de umbral mediante Ridler-Calvard
- Etiquetado de componentes conexas
- Crecimiento y división
- Extracción de regiones mediante color

Extracción de regiones

Binarización mediante detección de umbral





$$g(x,y) = \begin{cases} 0 & si \quad f(x,y) > T \\ 1 & si \quad f(x,y) \le T \end{cases}$$

Extracción de regiones

Binarización mediante detección de umbral

Tema4g.m

Original

Histograma

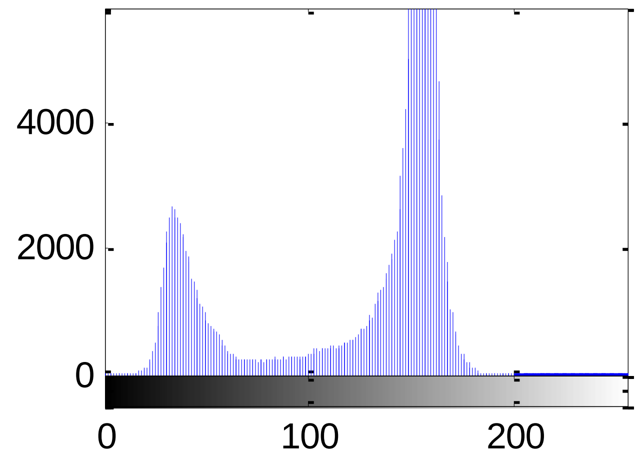


imagen binarizada T = 100

Extracción de regiones

Binarización mediante detección de umbral

Dos objetos (fondo y otros): con probabilidades

$$P_1 p_1(z) = P_2 p_2(z)$$

$$p_1(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_1} \exp\left[-\frac{(z-m_1)^2}{2\sigma_1^2}\right]; \qquad p_2(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_2} \exp\left[-\frac{(z-m_2)^2}{2\sigma_2^2}\right]$$

Haciendo: $z = T$

$$A = \sigma_1^2 - \sigma_2^2$$

$$B = 2(m_1\sigma_2^2 - m_2\sigma_1^2)$$

$$C = \sigma_1^2 m_2^2 - \sigma_2^2 m_1^2 + 2\sigma_1^2\sigma_2^2 \ln\frac{\sigma_2 P_1}{\sigma_2 P_2}$$

Solución de la ecuación

$$AT^2 + BT + C = 0$$

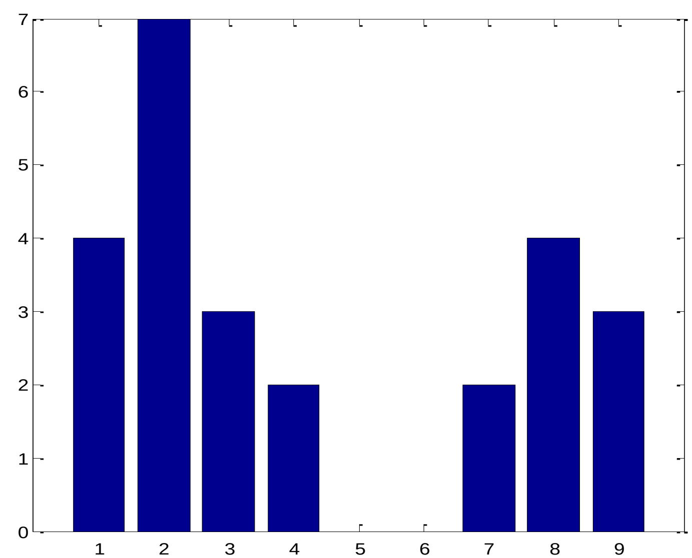
Extracción de regiones

Binarización mediante detección de umbral

Dos objetos (fondo y otros): con probabilidades **(Ejercicio_07_15.m)**

Binarizar $\longrightarrow$

$$f = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & \mathbf{8} & \mathbf{9} & \mathbf{8} & 1 \\ 2 & \mathbf{7} & \mathbf{8} & \mathbf{9} & 2 \\ 2 & \mathbf{8} & \mathbf{9} & \mathbf{7} & 2 \\ 4 & 4 & 3 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$



Extracción de regiones

Binarización mediante detección de umbral

Dos objetos (fondo y otros): con probabilidades (Ejercicio_07_16.m)

lóbulos →

x_1 = {1, 1, 2, 2, 2, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 4, 4, 3, 3, 3} **16 píxeles**

x_2 = {8, 9, 8, 7, 8, 9, 8, 9, 7} **9 píxeles**

Medias y desviaciones estándar → $m_1 = 2.19$; $m_2 = 8.11$; $\sigma_1 = 0.98$ $\sigma_1 = 0.78$

Probabilidades → $P_1 = \frac{16}{25} = 0.64$ $P_2 = \frac{9}{25} = 0.36$

$$A = \sigma_1^2 - \sigma_2^2 = 0.35 \qquad B = 2(m_1\sigma_2^2 - m_2\sigma_1^2) = -12.94$$

$$C = \sigma_1^2 m_2^2 - \sigma_2^2 m_1^2 + 2\sigma_1^2\sigma_2^2 \ln\frac{\sigma_2 P_1}{\sigma_2 P_2} = 59.53$$

solución **T_1 = 5.39**

Extracción de regiones

Método de Otsu

Dada una imagen con *L* niveles de intensidad y asumiendo que el umbral buscado es *T*, las probabilidades acumuladas hasta *T* y desde *T* hasta *L* son:

$$w_1(t) = \sum_{z=1}^{T} P(z) \qquad w_2(t) = \sum_{z=T+1}^{L} P(z)$$

Medias y varianzas asociadas

$$\mu_1(t) = \sum_{z=1}^{T} zP(z) \qquad \mu_2(t) = \sum_{z=T+1}^{L} zP(z) \qquad \sigma_1^2(t) = \sum_{z=1}^{T} \left(z-\mu_1(t)\right)^2 \frac{P(z)}{w_1(t)} \qquad \sigma_2^2(t) = \sum_{z=T+1}^{L} \left(z-\mu_2(t)\right)^2 \frac{P(z)}{w_2(t)}$$

Varianza ponderada

$$\sigma_w^2(t) = w_1(t)\sigma_1^2(t) + w_2(t)\sigma_2^2(t)$$

***T* se elige según mínima varianza ponderada**

Extracción de regiones

Método de Otsu (Ejercicio_07_17.m)

Binarizar →

$$f = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & \mathbf{8} & \mathbf{9} & \mathbf{8} & 1 \\ 2 & \mathbf{7} & \mathbf{8} & \mathbf{9} & 2 \\ 2 & \mathbf{8} & \mathbf{9} & \mathbf{7} & 2 \\ 4 & 4 & 3 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$

Distribución histograma

$P(z)$ ={4,7,3,2,0,0,2,4,3}

T	$w_1(t)$	$w_2(t)$	$\mu_1(t)$	$\mu_2(t)$	$\sigma_1^2(t)$	$\sigma_2^2(t)$	$\sigma_w^2(t)$
1	4	21	1.00	4.95	0.00	8.05	168.95
2	11	14	1.64	6.43	0.23	5.53	79.97
3	14	11	1.93	7.36	0.50	2.96	39.47
4	16	9	2.19	8.11	0.90	0.54	19.33
5	16	9	2.19	8.11	0.90	0.54	19.33
6	16	9	2.19	8.11	0.90	0.54	19.33
7	18	7	2.72	8.43	3.09	0.24	57.33
8	22	3	3.68	9.00	6.67	0.00	146.77
9	25	0	4.32	0.00	8.86	0.00	221.44

T = *min* $\sigma_w^2(t)$

T = 4,5,6

Extracción de regiones

Método de Otsu

Tema4h.m

Imagen original

Imagen binaria

Umbral automático = 98

Extracción de regiones

Método de Ridler-Calvard

1) Iteración $k = 0$, calcular el valor medio de la imagen $T(k) = m$.
Este valor medio determina dos clases w_1 y w_2 formadas por los píxeles cuya intensidad es menor y mayor respectivamente.

2) Iteración $k = 1$, para las dos nuevas clases determinar los valores medios de cada clase m_1 y m_2, obteniendo $T(k) = (m_1 + m_2)/2$

3) El nuevo umbral determina la existencia de otras dos nuevas clases como en el paso 2); para cada iteración, incluidas la 0 y 1; mientras $|T(k+1) - T(k)| \geq \varepsilon$ repetir las acciones del paso 2.

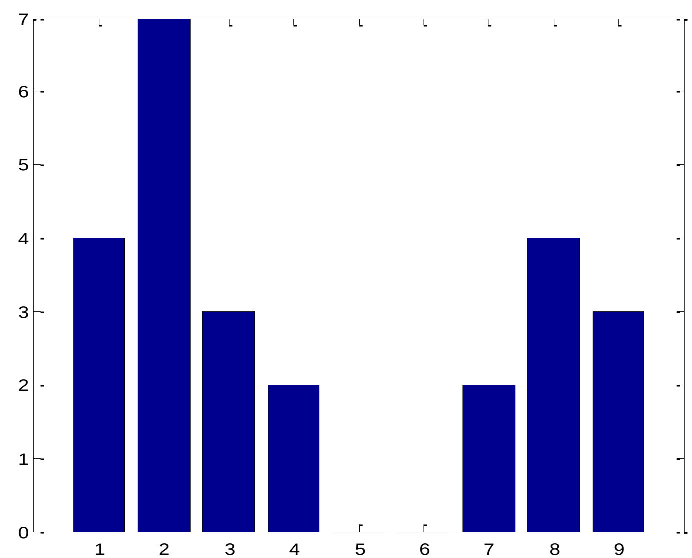
Extracción de regiones

Binarización mediante detección de umbral

Dos objetos (fondo y otros): con probabilidades (Ejercicio_07_18.m)

Binarizar →

$$f = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & \mathbf{8} & \mathbf{9} & \mathbf{8} & 1 \\ 2 & \mathbf{7} & \mathbf{8} & \mathbf{9} & 2 \\ 2 & \mathbf{8} & \mathbf{9} & \mathbf{7} & 2 \\ 4 & 4 & 3 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$



Gonzalo Pajares
VISIÓN COMPUTADOR

Extracción de regiones

Método de Ridler-Calvard

1) Iteración k = 0, $T(0)$ = 5.28. Este valor medio determina dos clases w_1 y w_2 formadas por los píxeles cuya intensidad es menor y mayor respectivamente:
w_1 = {1, 1, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 4, 3, 3, 4, 4}; w_2 = {8, 8, 8, 8, 8, 9, 7, 7, 9, 7, 9, 9}

2) Iteración k = 1, para las dos nuevas clases se determina m_1 = 2.69 y m_2 = 8.08 obteniendo
$T(1) = (m_1 + m_2)/2 = 5.39.$

3) Como $|T(0) - T(1)| = 0.11 \geq \varepsilon$ se repiten de nuevo los pasos para este nuevo umbral.

4) Con el nuevo umbral, las clases obtenidas son exactamente las mismas que las anteriores. Por tanto, $T(2) = 5.39$ y como $|T(1) - T(2)| = 0.0 < \varepsilon$ el proceso se detiene, obteniéndose como umbral este último valor, es decir: $T = T(2) = 5.39.$

Extracción de regiones

Método de Ridler-Calvard

Tema4i.m

Imagen Original

imagen binarizada T = 101

Extracción de regiones

Etiquetado de componentes conexas

```
Procedimiento clásico;

"inicializar la Tabla de equivalencia global"
EQTABLA = CREAR ();

"paso 1 arriba-abajo"
for L = 1 to NLINEAS
   "inicializar todas las etiquetas de la línea L a cero"
  for P=1 to NPIXELS
     ETIQUETA(L,P) = 0
  end for
  "procesar la línea"
  for P=1 to NPIXELES
     if I(L,P) == 1 then
       A = VECINOS( (L,P))
       if  A == vacío
       then M = NUEVAETIQUETA ()
       else  M = MIN(ETIQUETAS (A))
       ETIQUETA (L,P) =  M
       for X en ETIQUETAS (A) y X ≠ M
           ADD ( X, M, EQTABLA)
       end for
     end if
  end for
end for
```

Extracción de regiones

Etiquetado de componentes conexas (cont.)

```
“Encontrar las clases de equivalencia”
EQCLASES = RESOLVER (EQTABLA)
for E en EQCLASES
   EQETIQUETA (E) = MIN (ETIQUETAS(E))
end for

 “Paso 2 de arriba-abajo”
for L = 1 to NLINEAS
  for P=1 to NPIXELES
     if  I(L,P) = 1 then
        ETIQUETA(L,P) = EQETIQUETA(CLASE(ETIQUETA(L,P)))
   end if
 end for
end for
```

Fin Clásico

Extracción de regiones

Etiquetado de componentes conexas (cont.)

																					1
																					1
								2	2	2	2	2	2								1
								2	2												1
				3	3	3	3	2	2												1
							3	2	2			4									1
							3	2	2			4									1
							3	2	2	2	2	2	2								1
													2								1
													2								1
													2	2							1
									5			6	2	2							1
		7			8	8		9	5			6	2	2							1
10	10	7			8	8		9					2	2							1
		7			8	8		9			11	11	2								1
		7			8	8		9				11	2								1
		7			8	8		9					2								1
12	12	7	7	7	7	7	7	7	7				2								1
12													2								1
12													2								1
12					13	13	13	13	13	13	13	13	2								1
12																					1
12																					1
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1

Extracción de regiones

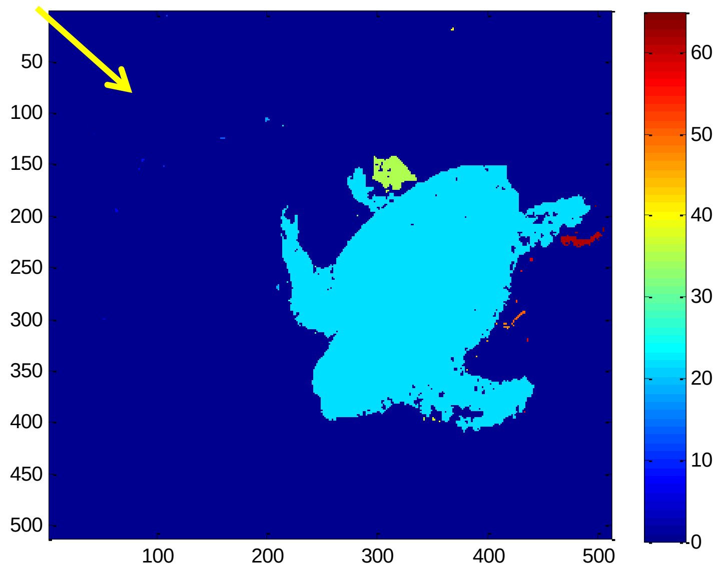
Etiquetado de componentes conexas

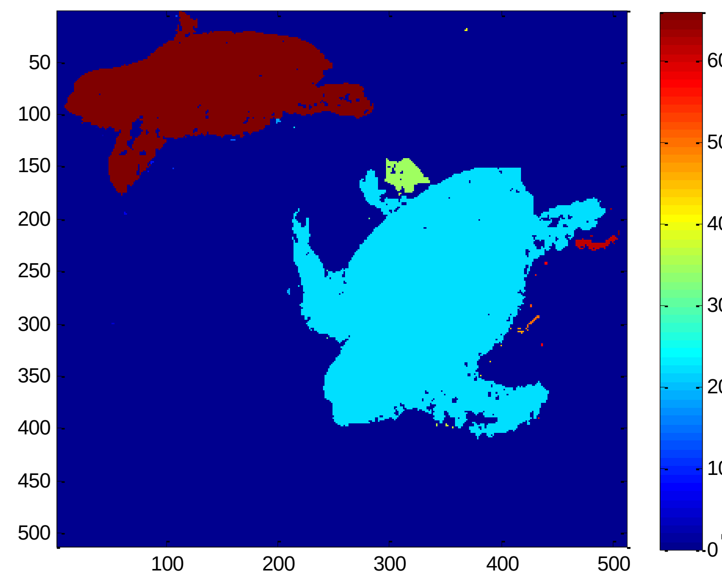
Tema4j.m

Original

Etiquetas

Etiquetas coloreadas
(primera etiqueta = 1)





Extracción de regiones

Crecimiento y división

División de R en n subregiones $R_1, R_2, \ldots, R_n$

1) $\bigcup_{i=1}^{n} R_i = R$

2) R_i es una región conectada, siendo $i = 1,2,..,n$

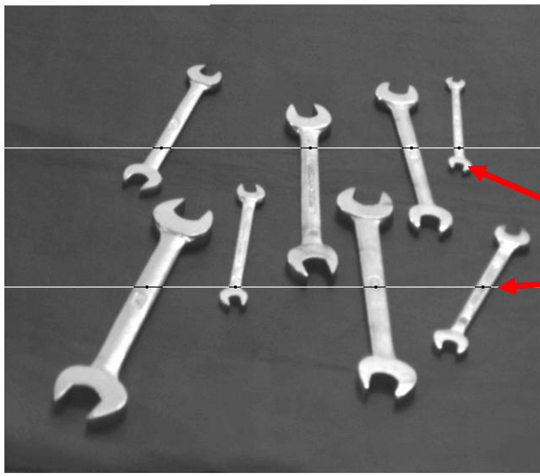
3) $R_i \bigcap R_j = \emptyset$ para todo i y j, $i \neq j$

4) $P(R_i)$ (predicado) es *Verdadero* para $i = 1,2,..,n$

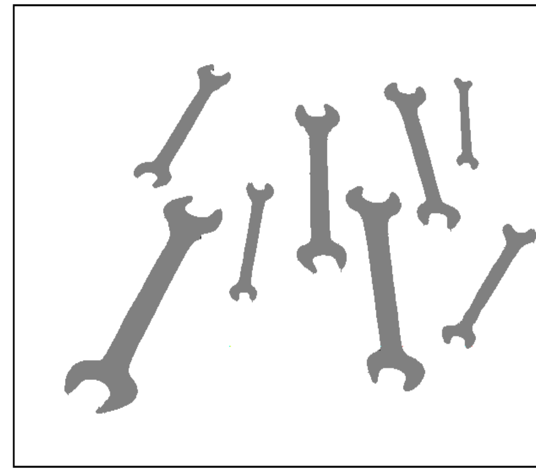
5) $P(R_i \bigcup R_j) =$ *Falso* para $i \neq j$

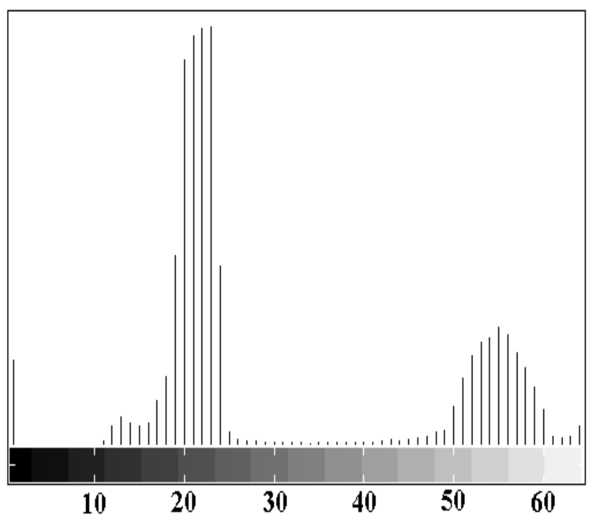
Extracción de regiones

Crecimiento



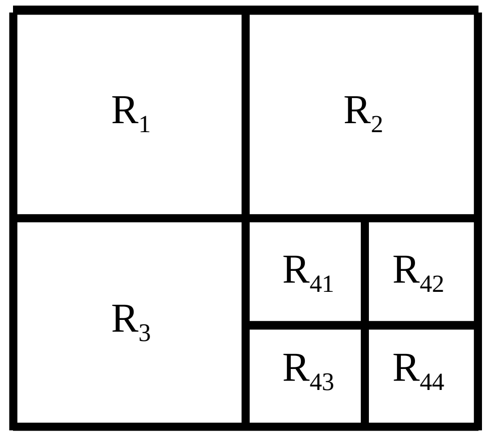
semillas

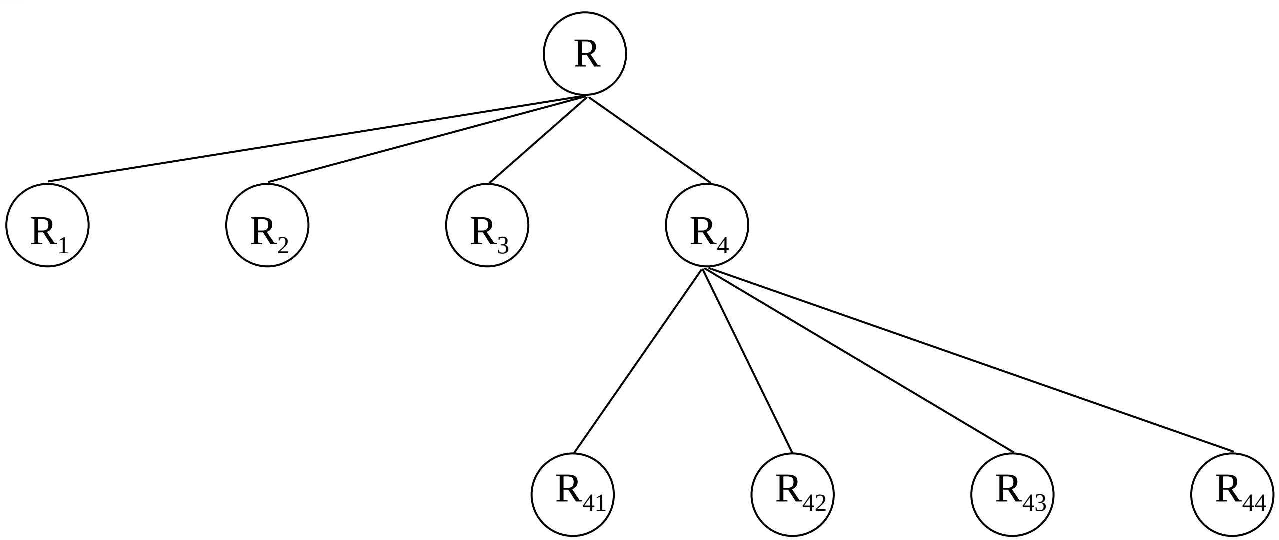




Extracción de regiones

División y fusión





Extracción de regiones

División y fusión

1) Dividir en cuatro cuadrantes disjuntos aquellas regiones para las que $P(R_i) = Falso$

2) Fusionar las regiones adyacentes R_i y R_j para las cuales $P(R_i \bigcup R_j) = Verdadero$

3) Parar cuando no sea posible realizar más fusiones ni divisiones

Extracción de regiones

División y fusión

$$f = \begin{bmatrix} 2 & 2 & 4 & 4 \\ 2 & 2 & 3 & 3 \\ 7 & 8 & 1 & 6 \\ 7 & 8 & 8 & 9 \end{bmatrix}$$

P ≡ “*la diferencia en valor absoluto entre un píxel y la media de la región debe ser inferior a 2*”

R = *f* , la media de la región *R* es $m_R = 5$, por tanto si tomamos el píxel de la región *R* con valor *p* = 9, la propiedad definida es falsa para *R*, procediendo de este modo a dividir la región *R* en cuatro subregiones:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 2 & 2 \end{bmatrix} \quad R_2 = \begin{bmatrix} 4 & 4 \\ 3 & 3 \end{bmatrix} \quad R_3 = \begin{bmatrix} 7 & 8 \\ 7 & 8 \end{bmatrix} \quad R_4 = \begin{bmatrix} 1 & 6 \\ 8 & 9 \end{bmatrix}$$

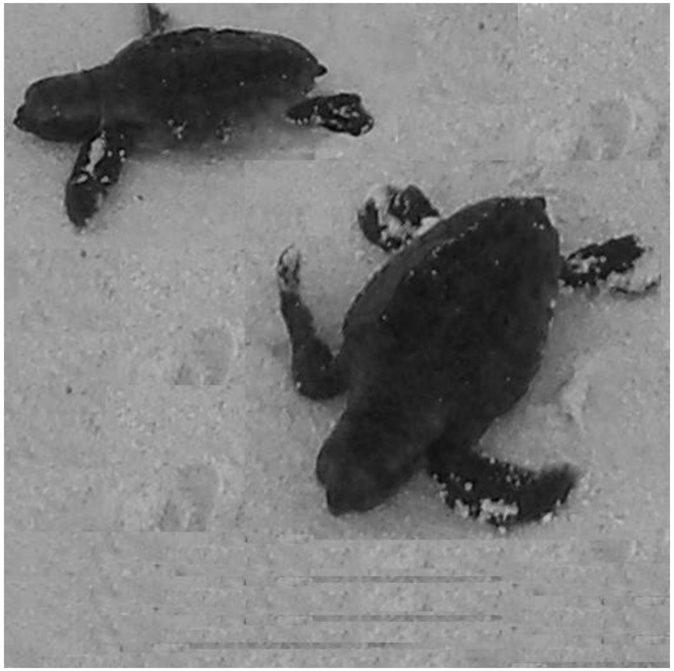
R_4 se divide $\quad R_{41} = [1] \quad R_{42} = [6] \quad R_{43} = [8] \quad R_{44} = [9]$

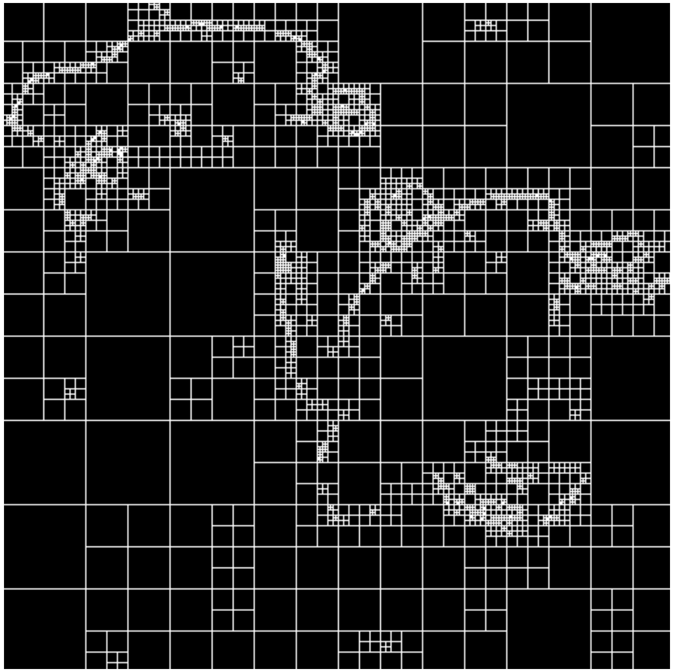
Extracción de regiones

División

Tema4k.m

qtdecomp: divide un bloque si la diferencia entre el máximo y mínimo valores de los elementos del bloque supera el valor del umbral ***T***

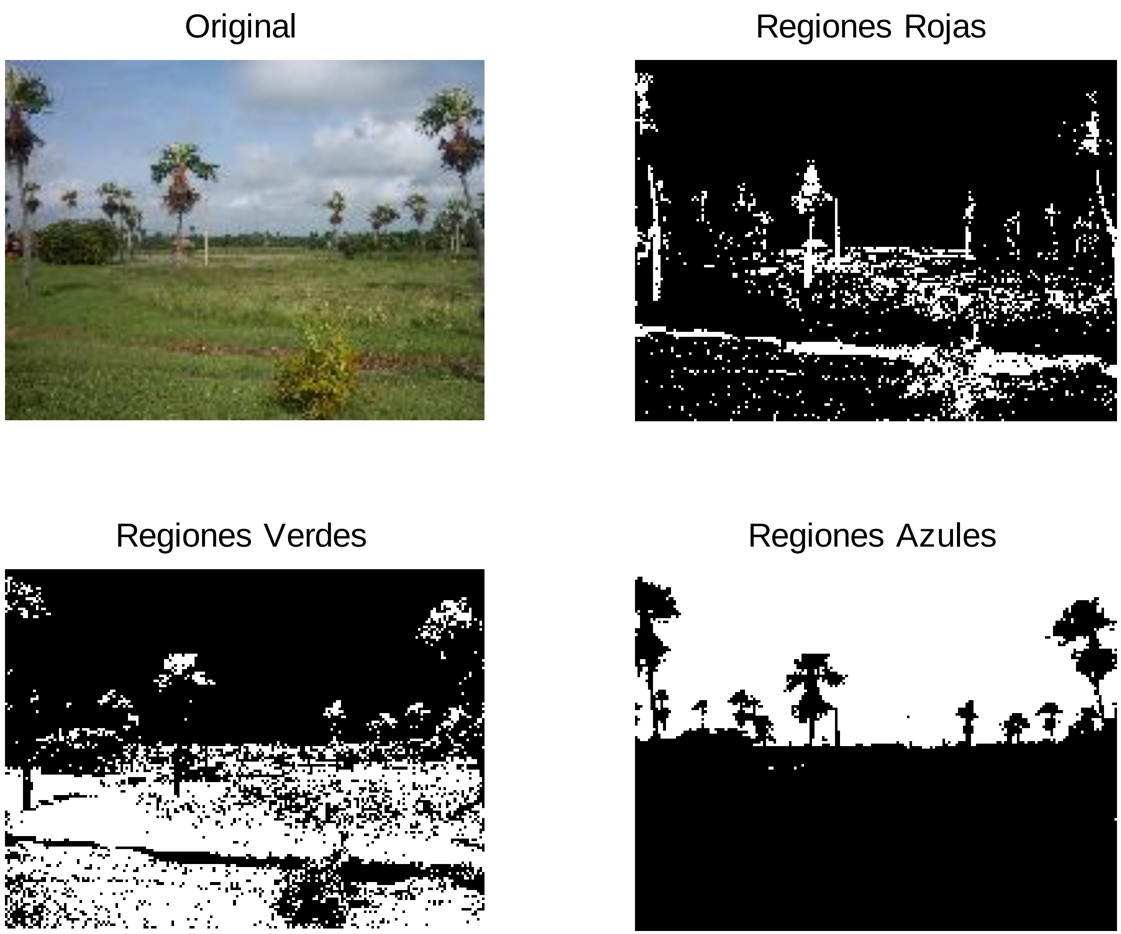




Extracción de regiones

Color

Tema4l.m



Pixel info: (361 , 2149) [92 98 52]

Operaciones Morfológicas

- **Principios básicos**
- **Dilatación y erosión**
- **Apertura y cierre**
- **Esqueleto**
- **Rellenado de huecos**
- **Operaciones en imágenes de grises**

Operaciones Morfológicas

Principios básicos

Conjunto de puntos

$$X = \begin{array}{c} y \\ \downarrow \end{array} \begin{array}{c|ccccc|} & \multicolumn{5}{c}{x \rightarrow} \\ & -1 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ \hline -1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \bullet 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array}$$

$$X = \{(0,-1),(1,-1),(2,-1),(0,0),(1,0),(2,0),(1,1),(2,1),(1,2),(2,2)\}$$

Elementos estructurales

$$\begin{array}{ccc} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \bullet 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{array} \qquad \begin{array}{ccc} & 1 & \\ 1 & \bullet 1 & 1 \\ & 1 & \end{array} \qquad \begin{array}{ccc} 1 & \bullet 0 & 1 \end{array}$$

$$B = \{(-1,-1),(-1,0),(-1,1),(0,-1),(0,0),(0,1),(1,-1),(1,0),(1,1)\}$$

Operaciones Morfológicas

Dilatación

$$X \oplus B = \{\mathbf{d} \in E^2 : \mathbf{d} = \mathbf{x} + \mathbf{b} \; para \; cada \; \mathbf{x} \in X \; y \; \mathbf{b} \in B\}$$

$$X = \{(0,1), (1,2), (2,0), (2,1), (3,0), (3,1)\}$$

$$B = \{(0,0), (0,1)\}$$

$$X \oplus B = \{(0,1), (1,2), (2,0), (2,1), (3,0), (3,1), (0,2), (1,3), (2,2), (3,2)\}$$

$$\begin{bmatrix} \bullet 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \oplus \begin{bmatrix} \bullet 1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bullet 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Operaciones Morfológicas

Erosión

$$X \otimes B = \left\{ \mathbf{d} \in E^2 : \mathbf{d} + \mathbf{b} \in X \; para\ cada\ \mathbf{b} \in B \right\}$$

$$X = \left\{(0,2), (1,2), (2,0), (2,1), (2,2), (2,3), (3,2), (4,2)\right\}$$

$$B = \left\{(0,0), (0,1)\right\}$$

$$X \otimes B = \left\{(2,0), (2,1), (2,2)\right\}$$

$$\begin{bmatrix} \bullet 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} \bullet 1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bullet 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Operaciones Morfológicas

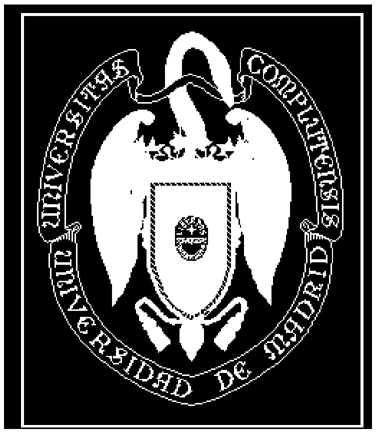
Otras operaciones

Apertura	$X \circ B = (X \otimes B) \oplus B$	erosión seguida de dilatación
Cierre	$X \bullet B = (X \oplus B) \otimes B$	dilatación seguida de erosión
Bordes	$Bordes = X \circ B - X \otimes B$	apertura menos erosión

Operaciones Morfológicas

Otras operaciones

Tema4m.m

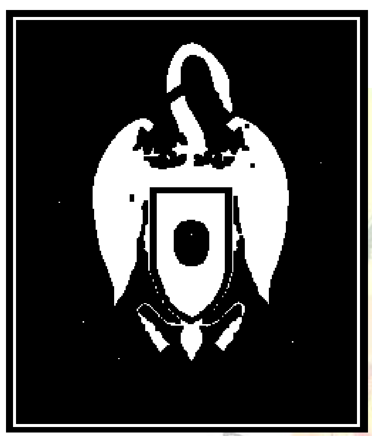


original

$$\begin{Bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \bullet 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{Bmatrix}$$

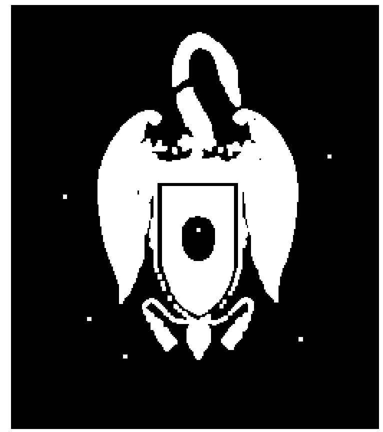
elemento estructural

dilatada

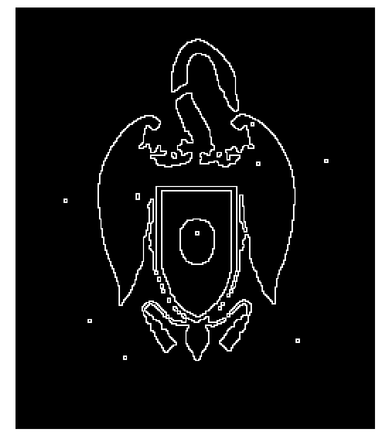


erosionada

apertura



cierre



bordes

Operaciones Morfológicas

Elementos estructurales

$$S_L = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

diagonal 45º

$$S_C = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

vertical 90º

$$S_R = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

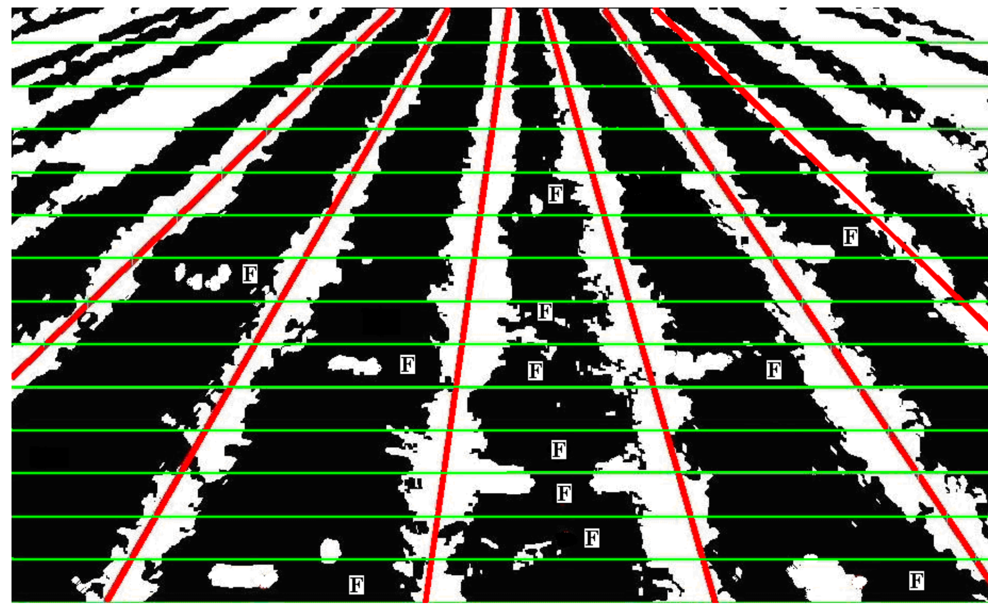
diagonal -45º

$$SC = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

circular

Operaciones Morfológicas

Elementos estructurales



Operaciones Morfológicas

Otras operaciones específicas

Tema4n.m

bwmorph (I,operación,N) **N**: número de veces que se repite la operación

operación:

bothat' Subtract the input image from its closing
'bridge' Bridge previously unconnected pixels
'clean' Remove isolated pixels (1's surrounded by 0's)
'close' Perform binary closure (dilation followed by erosion)
'diag' Diagonal fill to eliminate 8-connectivity of background
'dilate' Perform dilation using the structuring element ones(3)
'erode' Perform erosion using the structuring element ones(3)
'fill' Fill isolated interior pixels (0's surrounded by 1's)
'hbreak' Remove H-connected pixels 'majority' Set a pixel to 1 if five or more pixels in its 3-by-3 neighborhood are 1's

Operaciones Morfológicas

Otras operaciones específicas

Tema4n.m

bwmorph (I,operación,N) **N**: número de veces que se repite la operación

operación:

'**open**' Perform binary opening (erosion followed by dilation)
'**remove**' Set a pixel to 0 if its 4-connected neighbors are all 1's, thus leaving only boundary pixels
'**shrink**' With N = Inf, shrink objects to points; shrink objects with holes to connected rings
'**skel**' With N = Inf, remove pixels on the boundaries of objects without allowing objects to break apart
'**spur**' Remove end points of lines without removing small objects completely.
'**thicken**' With N = Inf, thicken objects by adding pixels to the exterior of objects without connected previously unconnected objects
'**thin**' With N = Inf, remove pixels so that an object without holes shrinks to a minimally connected stroke, and an object with holes shrinks to a ring halfway between the hold and outer boundary
'**tophat**' Subtract the opening from the input image

Ver ejecución del programa