

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

Transformaciones morfológicas



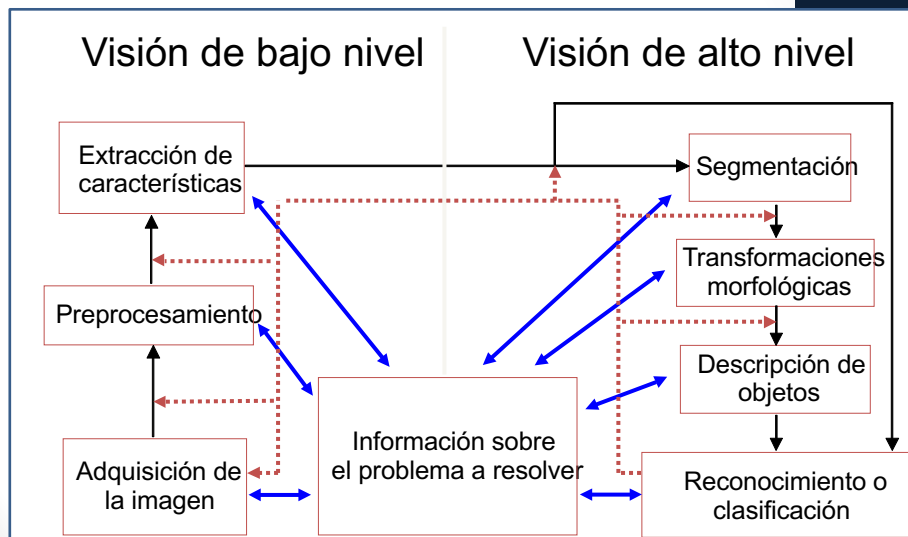
uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Índice



- **Introducción**
- Transformaciones morfológicas binarias
 - Teoría de conjuntos
 - Transformación *acierta o falla*
 - Otras transformaciones
 - Uso de las transformaciones morfológicas
- Transformaciones morfológicas en niveles de gris
 - Erosión y dilatación
 - Apertura y Cierre
 - Uso de las transformaciones morfológicas

Etapas de una aplicación



Índice

- Introducción
- **Transformaciones morfológicas binarias**
 - Teoría de conjuntos
 - Transformación *acierta o falla*
 - Otras transformaciones
 - Uso de las transformaciones morfológicas
- Transformaciones morfológicas en niveles de gris
 - Erosión y dilatación
 - Apertura y Cierre
 - Uso de las transformaciones morfológicas

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid



Transformaciones Morfológicas

- Transformaciones que modifican la estructura o forma de los objetos que hay presentes en la imagen
- Inicialmente solo imágenes
- Utilidad
 - Extracción de características
 - Eliminación de los errores que se producen en todo proceso de segmentación

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid



Índice

- Introducción
- Transformaciones morfológicas binarias
 - **Teoría de conjuntos**
 - Transformación *acierta o falla*
 - Otras transformaciones
 - Uso de las transformaciones morfológicas
- Transformaciones morfológicas en niveles de gris
 - Erosión y dilatación
 - Apertura y Cierre
 - Uso de las transformaciones morfológicas

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid



Teoría de conjuntos

- *Inclusión.* $Y \subset X$
 - Un conjunto Y estará incluido en otro X, si todo elemento de Y pertenece a X
- *Complemento.* X^c
 - El complemento de X son todos los elementos que no pertenecen a X
- *Unión.* $X \cup Y$

$$X \cup Y = \{x \mid x \in X \text{ o } x \in Y\}$$

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid



Teoría de conjuntos



- Intersección.
 - La intersección de dos conjuntos son los elementos que tienen comunes
- Translación. Xv
 - Un conjunto X es trasladado por un vector v , cuando cada uno de los elementos de ese conjunto sufre esa translación
- Transformación dual
 - La intersección es dual de la unión

$$X \cap Y = (X^c \cup Y^c)^c$$

$$\Psi^*(X) \rightarrow (\Psi(X^c))^c$$

Índice



- Introducción
- Transformaciones morfológicas binarias
 - Teoría de conjuntos
 - **Transformación acierta o falla**
 - Otras transformaciones
 - Uso de las transformaciones morfológicas
- Transformaciones morfológicas en niveles de gris
 - Erosión y dilatación
 - Apertura y Cierre
 - Uso de las transformaciones morfológicas

Elemento estructural



- Es un conjunto de puntos que servirá para determinar la estructura de otro conjunto X
- Uno de esos puntos constituirá el centro del elemento.

X	XXX
XXX	XXXXX
XXX X XX	XXX X XX
XXX	XXXXX
X	XXX

Transformaciones *hit or miss*



Elemento estructural B y conjunto X

Formamos B_x

B^1_x : Elementos que valen 1

B^2_x : Elementos que valen 0

$$X \otimes B = \{x \mid B_x^1 \subset X; B_x^2 \subset X^c\}$$

Transformaciones *hit or miss*

1
0 1 0

B1

1
1

0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0
0 0 1 1 0 0
0 0 1 1 0 0
0 0 1 0 0 0
0 0 0 0 0 0

X

0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0
0 0 1 1 0 0
0 0 1 1 0 0
0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0

X

B2

1__1

X^c

1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1
1 1 0 0 1 1
1 1 0 0 1 1
1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1

$$X \otimes B = \{x | B_x^1 \subset X; B_x^2 \subset X^c\}$$

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Transformaciones *hit or miss*

1
0 1 0

0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0
0 0 1 1 0 0
0 0 1 1 0 0
0 0 1 0 0 0
0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0
0 0 1 0 0 0
0 0 0 0 0 0

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Índice

- Introducción
- Transformaciones morfológicas binarias
 - Teoría de conjuntos
 - Transformación *acierta o falla*
 - **Otras transformaciones**
 - Uso de las transformaciones morfológicas
- Transformaciones morfológicas en niveles de gris
 - Erosión y dilatación
 - Apertura y Cierre
 - Uso de las transformaciones morfológicas

Erosión

- Es la degradación progresiva de uno de los campos (0 ó 1).

$$X \ominus \check{B} = \{x | B_x \subset X\}$$

- En un proceso iterativo terminaría por destruir la imagen
- Trans. hit o miss donde B_x^2 es el conjunto vacío.
- El símbolo \ominus representa la resta de Minkowski.

Erosión

Un elemento del campo a degradar seguirá perteneciendo al mismo si está rodeado de elementos iguales a él.

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Dilatación

- Es el crecimiento progresivo de uno de los campos (0 ó 1).
- Operación dual de la erosión

$$X \oplus \check{B} = X^c \ominus \check{B}$$

- Es un proceso iterativo, que terminará por destruir la imagen.

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

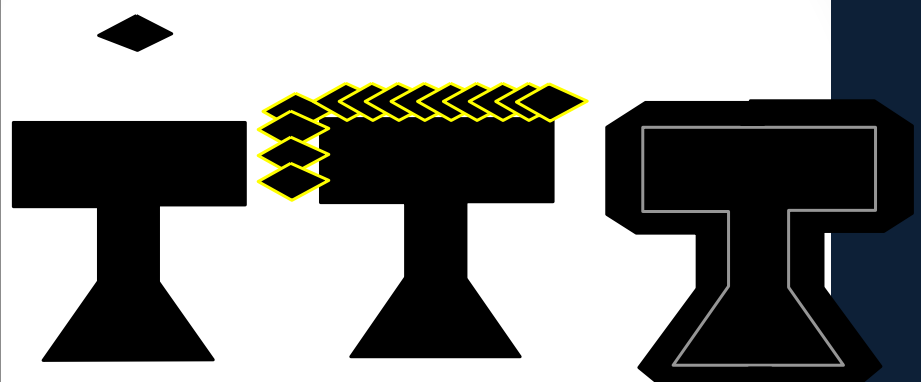
Dilatación

Un elemento del campo contrario a crecer será convertido si posee algún vecino perteneciente al campo que se expande.



uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Dilatación



uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

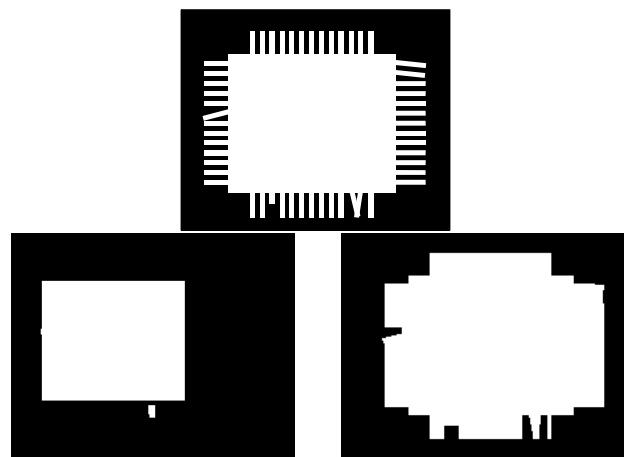
Opening y Closing

- Las dos transformaciones antes vistas no son conmutativas

- Opening
$$X \circ B = (X \ominus \check{B}) \oplus B$$

- Closing
$$X \bullet B = (X \oplus \check{B}) \ominus B$$

Opening y Closing

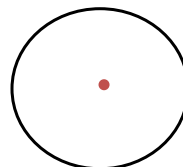
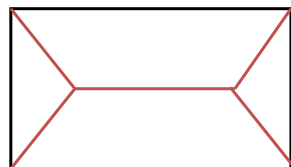


Índice

- Introducción
- Transformaciones morfológicas binarias
 - Teoría de conjuntos
 - Transformación *acierta o falla*
 - Otras transformaciones
 - **Uso de las transformaciones morfológicas**
- Transformaciones morfológicas en niveles de gris
 - Erosión y dilatación
 - Apertura y Cierre
 - Uso de las transformaciones morfológicas

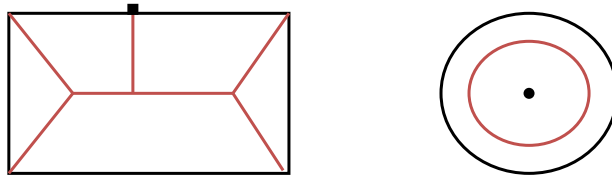
Esqueletización

- La esqueletización busca representar una región u objeto por su grafo
- Es útil para la representación y es una de las características que definen un objeto



Esqueletización

- Pequeñas variaciones en la región afectan en gran medida a su esqueleto

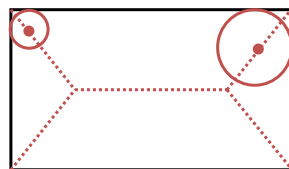


uc3m | Universidad Carlos III de Madrid



Esqueletización-MAT

- *Medial axis transformation (MAT).*
 - Para cada elemento de la región se busca el punto de borde más cercano. Si más de un punto del borde está a esa distancia el elemento pertenece al eje medial que se equipara al esqueleto.



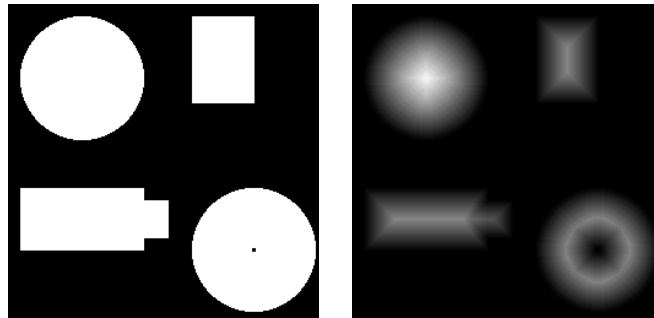
uc3m | Universidad Carlos III de Madrid



Esqueletización-Distancias



- Otro enfoque es sustituir cada pixel por la distancia más pequeña al borde y buscar luego los máximos locales.



uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Esqueletización



- Coste computacional es prohibitivo
- Alternativa:
 - Sucesiva aplicación de una serie de kernels morfológicos en T. Hit o Miss
- Condición:
 - No destruir la imagen
 - Condiciones
 - No debe destruir los pixels extremos.
 - No debe romper la conectividad.

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Esqueletización- Conectividad tipo 4



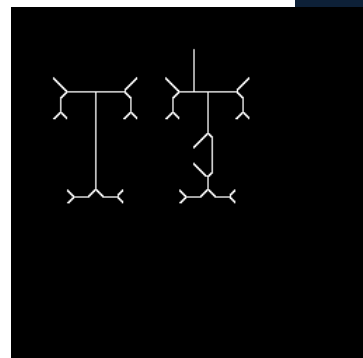
```

X 0 X   X 0 0   X X 1   0 0 X
X 1 X   1 1 0   0 1 1   0 1 1
1 1 1   1 1 X   X X 1   X 1 1

1 1 1   X 1 1   1 X X   1 1 X
X 1 X   0 1 1   1 1 0   1 1 0
X 0 X   0 0 X   1 X X   X 0 0
  
```

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Esqueletización - Conectividad tipo 4



uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Esqueletización - Conectividad



tipo 8

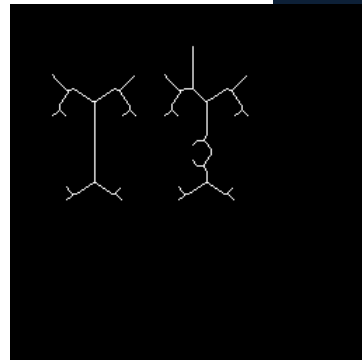
0 0 0	X 0 0	0 X X	0 0 X
X 1 X	1 1 0	0 1 1	0 1 1
1 1 X	X 1 X	0 X 1	X 1 X
X 1 1	X 1 X	1 X 0	X 1 X
X 1 X	0 1 1	1 1 0	1 1 0
0 0 0	0 0 X	X X 0	X 0 0
0 0 0	0 X 1	1 1 X	X X 0
X 1 X	0 1 1	X 1 X	1 1 0
X 1 1	0 X X	0 0 0	1 X 0

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Esqueletización - Conectividad



tipo 8

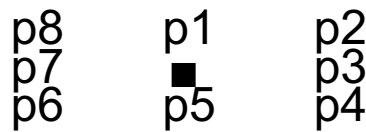


uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Esqueletización



- Algoritmo de Zhang-Suen
- Se definen los ocho vecinos de un pixel como:



Esqueletización



- De forma iterativa se eliminan pixels en dos etapas:
 - Etapa A.
 - N° de vecinos $\neq 0$ es ≥ 2 y ≤ 6 . puntos finales se preservan.
 - Que solamente una vez se pasa de valor cero a uno si se recorre el borde. Se preservan los puntos entre los extremos.
 - Que alguno de p_1 , p_3 y p_5 es cero.
 - Y que alguno de p_3 , p_5 , o p_7 son cero.
 - Etapa B.
 - N° de vecinos $\neq 0$ es ≥ 2 y ≤ 6 .
 - Que solamente una vez se pasa de valor cero a uno si se recorre el borde.
 - Que alguno de p_1 , p_3 y p_7 es cero.
 - Y que alguno de p_1 , p_5 , o p_7 son cero.

Esqueletización



- Una manera de realizar esto es mediante una LUT
- Se convoluciona la imagen con el kernel:

128	1	2
64		4
32	16	8

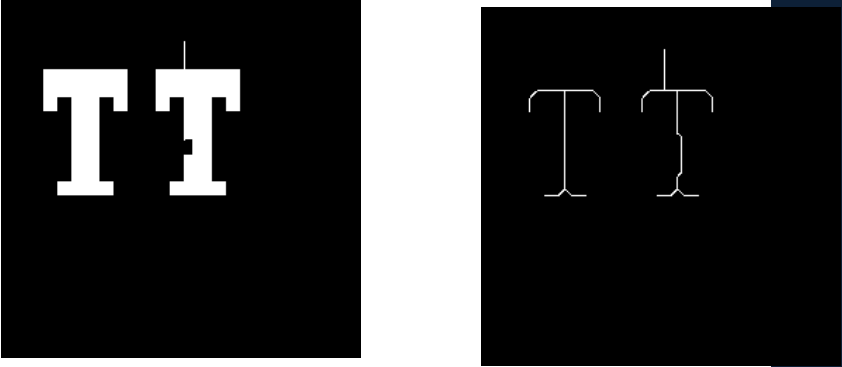
Esqueletización




1	1	1
1		1
0	0	1

- El valor 207
- Donde:
 - El nº de vecinos distintos de 0 es dos
 - Solamente una vez se pasa de valor cero a uno si se recorre el borde
 - P5 es cero.

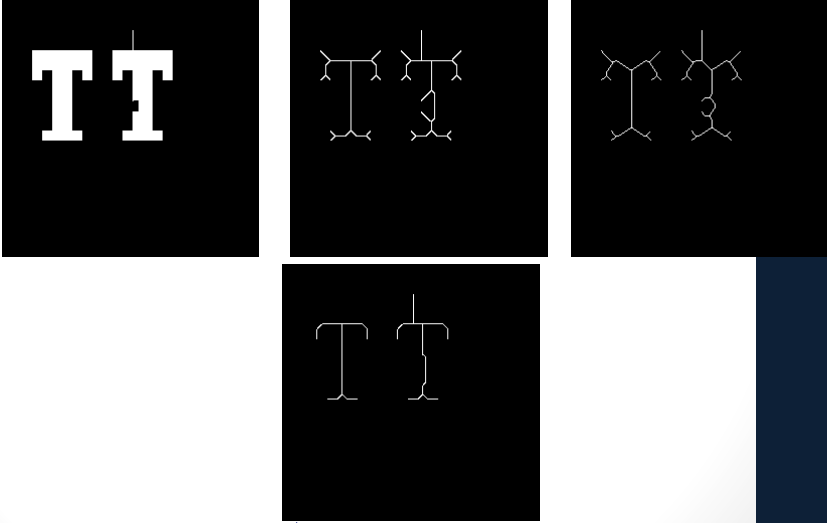
Esqueletización




uc3m | Universidad Carlos III de Madrid



Esqueletización



uc3m | Universidad Carlos III de Madrid



Adelgazamiento

- El adelgazamiento es otra forma de ver una sucesión de erosiones.
- Suele aplicarse cuando después de una detección de bordes se quiere adelgazar la respuesta al operador gradiente.
- Debe cumplir las mismas condiciones de la obtención del esqueleto para no destruir la imagen.

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid



Adelgazamiento



uc3m | Universidad Carlos III de Madrid



Extracción del perímetro.

- Otra de las características que definen los objetos es su perímetro.
- El método exacto exige un alto coste computacional.
- La morfología presenta una forma más rápida pero inexacta para realizar obtener este parámetro

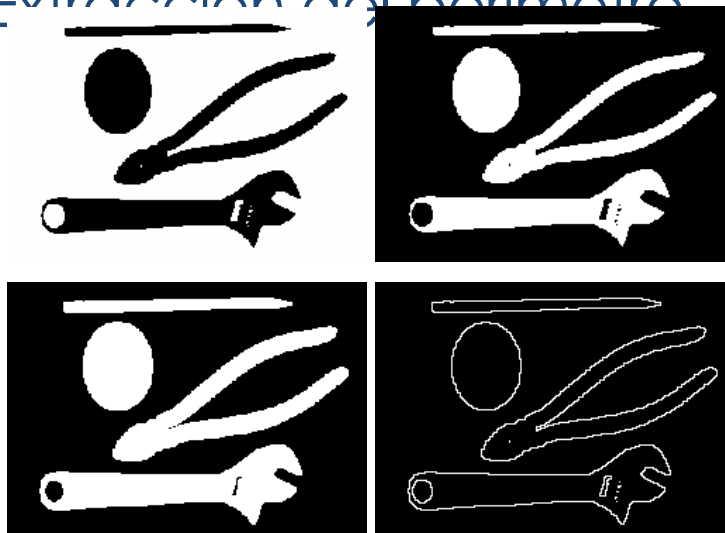
$$P(A) = A \wedge (A \ominus B)$$

$$P(A) = (A \oplus B) \wedge A$$

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid



Extracción del perímetro

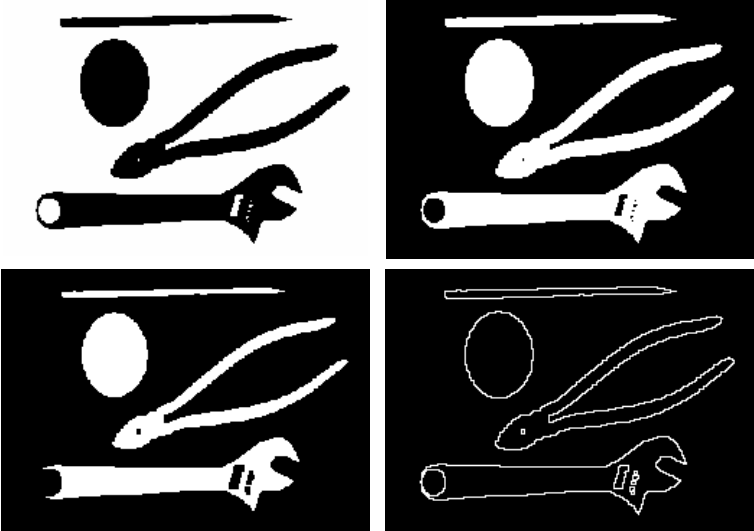


$$P(A) = (A \oplus B) \wedge A$$

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid



Extracción del perímetro.



$P(A) = A \wedge (A \ominus B)$

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

ISI
Intelligent Systems Lab

Extracción del perímetro.



uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

ISI
Intelligent Systems Lab


Eliminación de ruido

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid



Eliminación de ruido

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid



Cercos convexos

1	1	1	1	1	X	1	X	X	X	X	X
1	0	X	1	0	X	1	0	X	1	0	X
X	X	X	1	X	X	1	1	X	1	1	1
X	X	X	X	X	1	X	1	1	1	1	1
X	0	1	X	0	1	X	0	1	X	0	1
1	1	1	X	1	1	X	X	1	X	X	X

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid


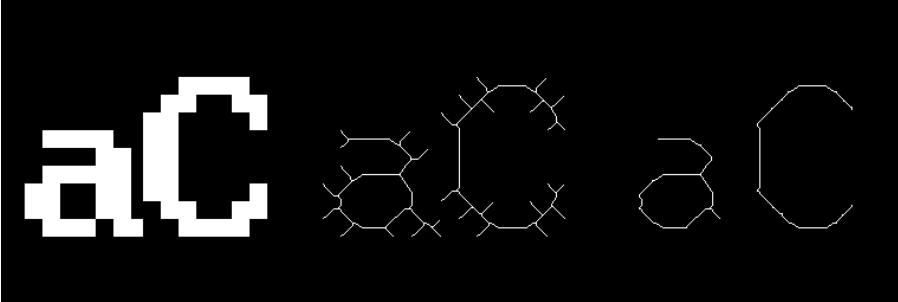
Cercos convexos

Bahías

Lagos

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Eliminación de ramas

0 0 0	0 0 0	0 0 X	0 0 0
0 1 0	0 1 0	0 1 1	0 1 0
X 1 X	1 0 0	0 0 X	0 0 1
X 1 X	0 0 1	X 0 0	1 0 0
0 1 0	0 1 0	1 1 0	0 1 0
0 0 0	0 0 0	X 0 0	0 0 0

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Eliminación de ramas y Esqueletización




uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Índice

- Introducción
- Transformaciones morfológicas binarias
 - Teoría de conjuntos
 - Transformación *acierta o falla*
 - Otras transformaciones
 - Uso de las transformaciones morfológicas
- Transformaciones morfológicas en niveles de gris
 - **Erosión y dilatación**
 - Apertura y Cierre
 - Uso de las transformaciones morfológicas

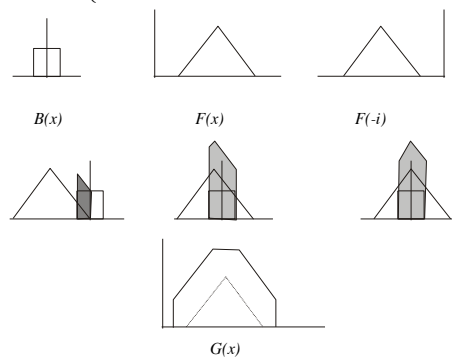
uc3m | Universidad Carlos III de Madrid



Transformaciones Morfológicas en Niveles de gris

- Se extiende lo visto anteriormente a imágenes que tengan más de dos niveles de gris
- Dilatación de una imagen $f(x,y)$ con un elemento estructural $b(x,y)$

$$f(x,y) \oplus b(x,y) = \max \{ f(x-i, y-j) + b(i,j) \mid (x-i, y-j) \in Df; (i,j) \in Db \}$$

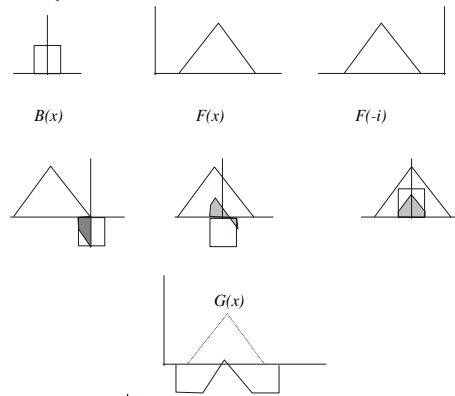


Transformaciones Morfológicas en Niveles de gris

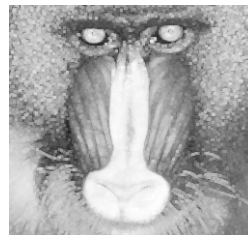
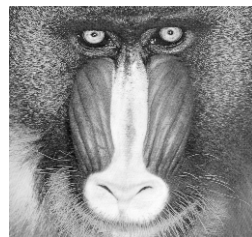


- Dilatación de una imagen $f(x,y)$ con un elemento estructural $b(x,y)$

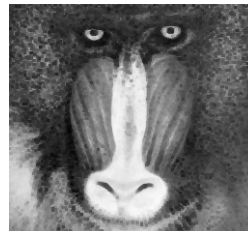
$$f(x,y) \oplus b(x,y) = \min\{f(x-i, y-j) + b(i,j) \mid (x-i, y-j) \in Df; (i,j) \in Db\}$$



Transformaciones Morfológicas en Niveles de gris



dilatación



erosión

Índice

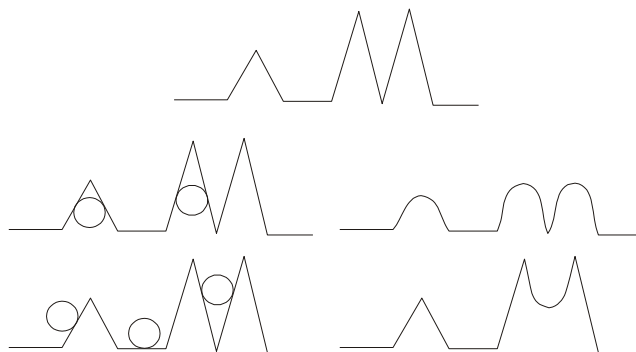
- Introducción
- Transformaciones morfológicas binarias
 - Teoría de conjuntos
 - Transformación *acierta o falla*
 - Otras transformaciones
 - Uso de las transformaciones morfológicas
- Transformaciones morfológicas en niveles de gris
 - Erosión y dilatación
 - **Apertura y Cierre**
 - Uso de las transformaciones morfológicas

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid



Transformaciones Morfológicas en Niveles de gris

- Apertura y cierre



uc3m | Universidad Carlos III de Madrid



Transformaciones Morfológicas en Niveles de gris



Apertura

Cierre

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Índice

- Introducción
- Transformaciones morfológicas binarias
 - Teoría de conjuntos
 - Transformación *acierta o falla*
 - Otras transformaciones
 - Uso de las transformaciones morfológicas
- Transformaciones morfológicas en niveles de gris
 - Erosión y dilatación
 - Apertura y Cierre
 - **Uso de las transformaciones morfológicas**

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

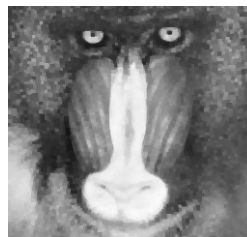
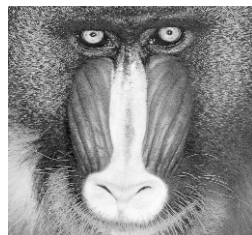
Transformaciones Morfológicas en Niveles de gris



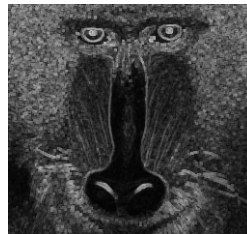
- Suavizado de la imagen.
 - Apertura + Cierre
 - Se eliminan así los píxeles muy claros y muy oscuros
- Gradiente morfológico.
 - Restar a la dilatación una erosión $G = (X \oplus B) - (X \ominus B)$
- Transformación Top-Hat
 - Restar a la imagen su apertura $TH = X - (X \circ B)$
 - Restar al cierre su imagen $TH = (X \bullet B) - X$

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Transformaciones Morfológicas en Niveles de gris



Suavizado



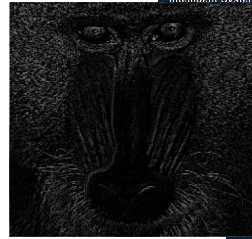
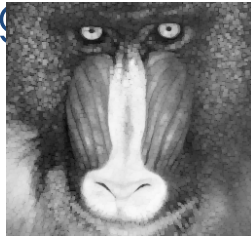
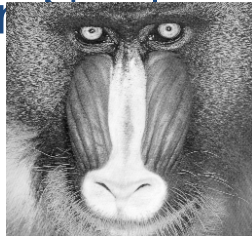
Gradiente

uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

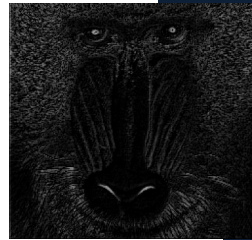
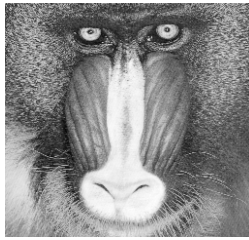
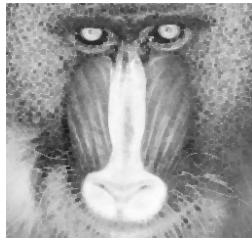
Transformaciones Morfológicas



en el dominio de la imagen



White top-hat



Black top-hat