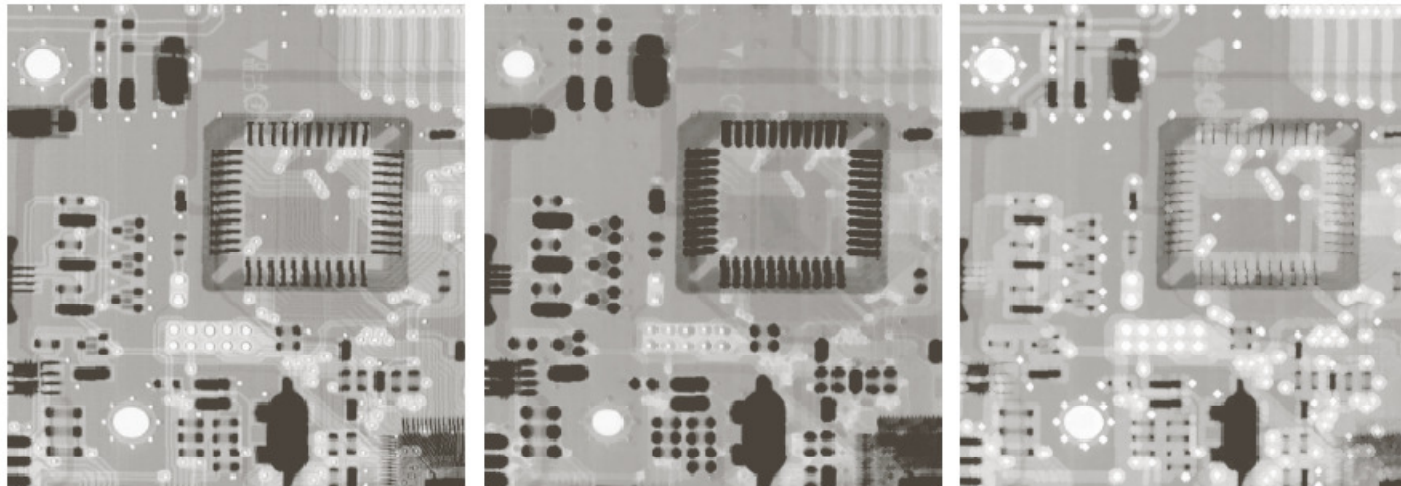


Tema 5: Morfología



Segunda parte

Morfología

1. Imágenes binarias

- Operaciones morfológicas:
 - » Dilatación, erosión, Transformada Hit-or-Miss, apertura y cierre.
- Aplicaciones:
 - » Extracción de fronteras y componentes conexas, rellenado de regiones, adelgazamiento y engrosamiento, esqueleto y poda.

2. Imágenes en escala de grises

- **Operaciones morfológicas: dilatación, erosión, apertura, cierre.**
- **Aplicaciones:**
 - **Gradiente morfológico, transformada Top-Hat, texturas y granulometrías.**

Morfología: Imágenes en escala de grises

Dilatación

Sean f y b funciones de $Z \times Z \longrightarrow Z$. La dilatación de una imagen de niveles de gris $f(x,y)$ por un elemento estructural $b(x,y)$ se define como

$$(f \oplus b)(s, t) = \max\{f(s-x, t-y) + b(x, y) \mid (s-x, t-y) \in D_f, (x, y) \in D_b\}$$

donde D_f y D_b son los dominios de f y b respectivamente.

Nótese que el elemento estructural, b , es una función entera. Los elementos estructurales más sencillos son aquéllos que vienen dados por la función constante, $b(x,y)=0$, llamados elementos estructurales “planos”. En ese caso,

$$(f \oplus b)(s, t) = \max\{f(s-x, t-y) \mid (s-x, t-y) \in D_f, (x, y) \in D_b\}$$

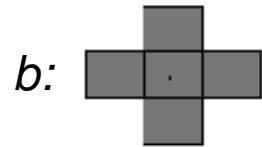
Y entonces la dilatación consiste en hacer un filtro de máximo con la máscara dada por $\hat{b}(x, y) = b(-x, -y)$ (suponiendo que el elemento estructural es simétrico respecto del origen).

Morfología: Imágenes en escala de grises

Dilatación

$$(f \oplus b)(s, t) = \max\{f(s-x, t-y) + b(x, y) \mid (s-x, t-y) \in D_f, (x, y) \in D_b\}$$

Ejemplo



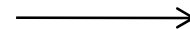
→ 1,

es decir, $b(0,0)=b(-1,0)=b(0,1)=b(1,0)=b(0,-1)=1$

$f(x,y)$

0	0	0	0	0
0	5	5	0	0
0	5	6	5	0
0	5	0	6	5
0	5	6	5	0

$(f \oplus b)$



1	6	6	1	1
6	6	7	6	1
6	7	7	7	6
6	6	7	7	7
6	7	7	7	6

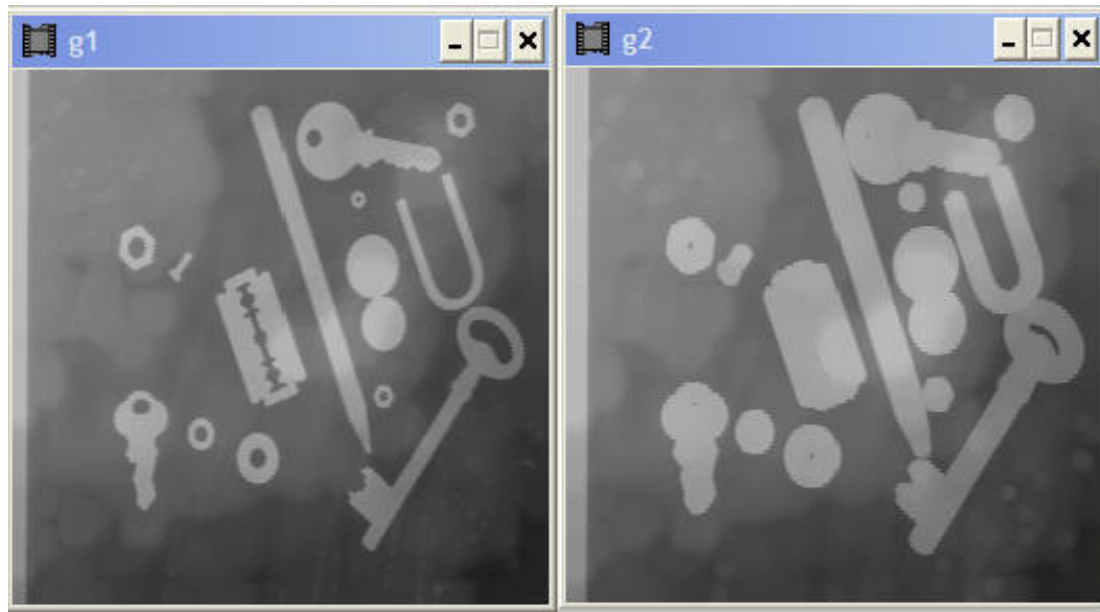
Si se considera el elemento estructural anterior, pero plano (es decir, $b(x,y)=0$), la imagen se aclara en general, pero guarda mayor semejanza con la imagen original:

0	5	5	0	0
5	5	6	5	0
5	6	6	6	5
5	5	6	6	6
5	6	6	6	5

Morfología: Imágenes en escala de grises

Dilatación

EJEMPLO



En general, el efecto de realizar una dilatación en grises es:

- Si todos los valores del elemento estructural son positivos, la imagen resultante suele tener más brillo que la original (es más clara).
- Los detalles oscuros se reducen o eliminan dependiendo de sus valores y la forma del elemento estructural.

Morfología: Imágenes en escala de grises

Erosión

La erosión de niveles de grises se define como

$$(f \ominus b)(s, t) = \min\{f(s+x, t+y) - b(x, y) \mid (s+x, t+y) \in D_f, (x, y) \in D_b\}$$

donde, de nuevo, D_f y D_b son los dominios de f y b respectivamente.

Con un elemento estructural plano, quedaría:

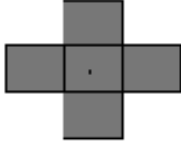
$$(f \ominus b)(s, t) = \min\{f(s+x, t+y) \mid (s+x, t+y) \in D_f, (x, y) \in D_b\}$$

Y entonces la erosión consiste en hacer un filtro de mínimo con la máscara dada por b (suponiendo que el elemento estructural es simétrico respecto del origen).

Morfología: Imágenes en escala de grises

Erosión

$$(f \ominus b)(s, t) = \min\{ f(s+x, t+y) - b(x, y) \text{ tal que } (s+x, t+y) \in D_f, (x, y) \in D_b \}$$

Ejemplo b :  $\longrightarrow 1$,
es decir, $b(0,0)=b(-1,0)=b(0,1)=b(1,0)=b(0,-1)=1$

D_b

$f(x,y)$	1	1	1	1	1
	1	6	1	7	1
	6	6	1	1	1
	6	6	6	1	1
	6	7	7	7	6

$\xrightarrow{(f \ominus b)}$

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
5	5	0	0	0
5	5	5	0	0

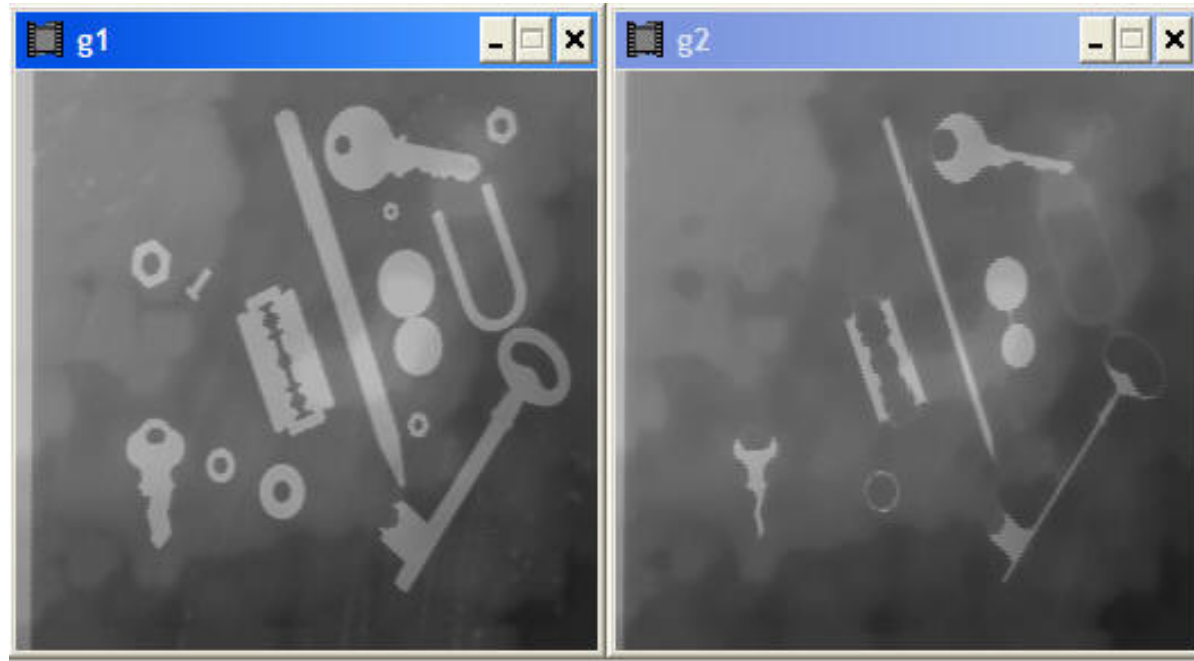
Con el elemento estructural plano (es decir, $b(x,y)=0$), la imagen se oscurece en general, pero guarda mayor semejanza con la imagen original:

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
6	6	1	1	1
6	6	6	6	1

Morfología: Imágenes en escala de grises

Erosión

EJEMPLO



En general, el efecto de realizar una erosión en grises es:

- Si todos los valores del elemento estructural son positivos, la imagen resultante suele ser más oscura que la original.
- Los detalles brillantes (claros) se reducen o eliminan dependiendo de sus valores y la forma del elemento estructural.

Morfología: Imágenes en escala de grises

Dilatación y Erosión

Al igual que en el caso binario, la erosión y la dilatación para niveles de grises son operaciones duales.

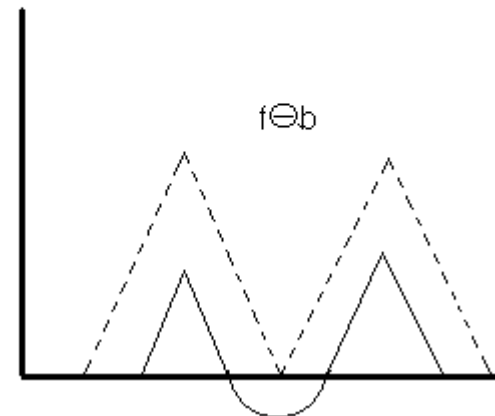
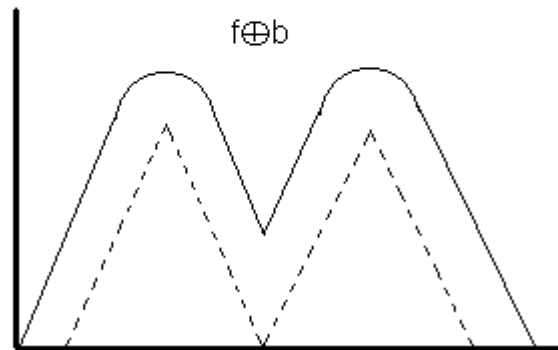
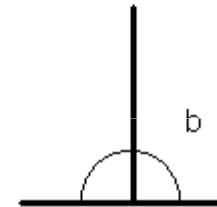
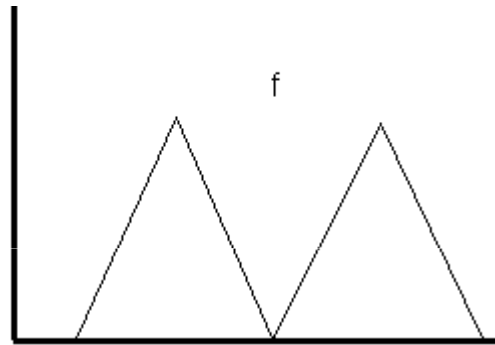
$$(f \ominus b)^c(x, y) = (f^c \oplus \hat{b})(x, y)$$

donde $f^c(x, y) = -f(x, y)$ y $\hat{b}(x, y) = b(-x, -y)$

Morfología: Imágenes en escala de grises

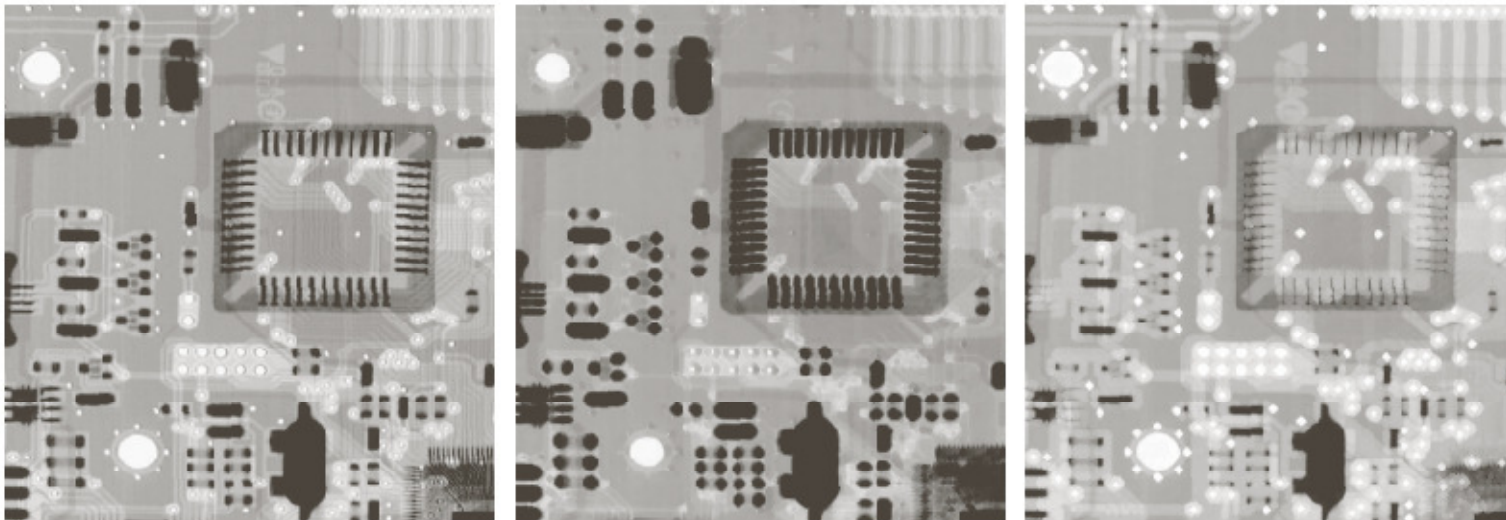
Dilatación y Erosión

En el caso de que f sea una función unidimensional, geoméricamente, la erosión y la dilatación se pueden representar como sigue:



Morfología: Imágenes en escala de grises

Dilatación y Erosión



a b c

FIGURE 9.35 (a) A gray-scale X-ray image of size 448×425 pixels. (b) Erosion using a flat disk SE with a radius of two pixels. (c) Dilation using the same SE. (Original image courtesy of Lixi, Inc.)

Morfología: Imágenes en escala de grises

Apertura y Clausura

Las expresiones para la apertura y clausura de niveles de gris tienen la misma forma que la apertura y clausura binarias. La apertura de f por un elemento estructural b , se denota por $f \circ b$ y se define mediante

$$f \circ b = (f \ominus b) \oplus b$$

Análogamente, la clausura de f por b se denota por $f \bullet b$, y se define

$$f \bullet b = (f \oplus b) \ominus b$$

La apertura y la clausura son duales, es decir,

$$(f \bullet b)^c = f^c \circ \hat{b}$$

Morfología: Imágenes en escala de grises

Apertura y Clausura

Interpretación geométrica

La apertura y la clausura de una imagen tienen una interpretación geométrica simple.

Supongamos que vemos una función de imagen $f(x, y)$ en perspectiva 3 – D , siendo x e y las coordenadas espaciales usuales y la tercera coordenada la correspondiente al nivel de gris. En esta representación, la imagen aparece como una superficie discreta cuyo valor en cualquier punto (x, y) es el valor de f en esas coordenadas.

Supongamos que queremos realizar la apertura por un elemento esférico b (de hecho es sólo la semiesfera lo que necesitamos) y vemos el elemento estructural como una bola que rueda. Entonces el mecanismo para abrir f por b puede interpretarse geométricamente como el proceso de empujar con la bola contra la parte inferior de la superficie al mismo tiempo que la recorre rodando. Así, la apertura será el conjunto de puntos más altos a los que haya llegado la bola.

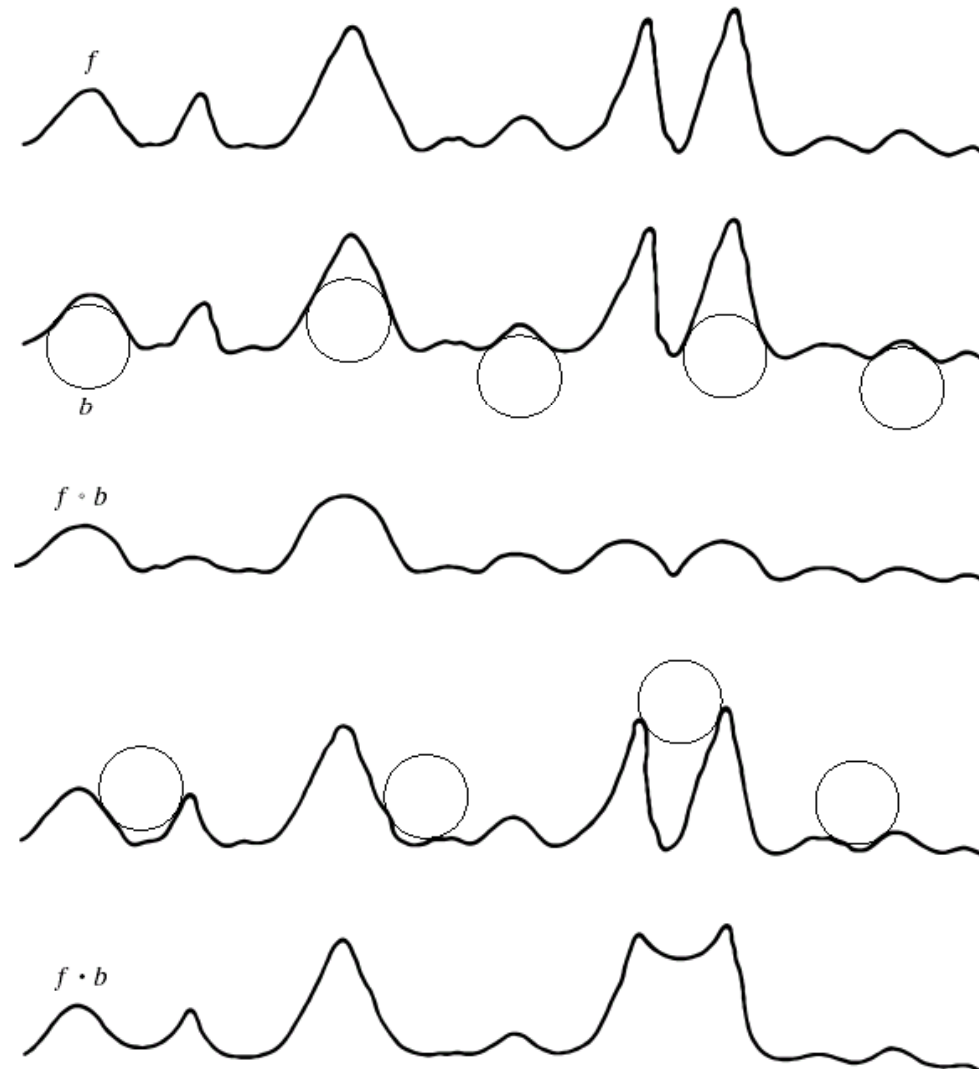
En el caso de la clausura, la bola se hace rodar por la parte superior de la superficie, tomando los puntos más bajos que toca.

En la siguiente transparencia se ilustra esta idea.

Morfología: Imágenes en escala de grises

Apertura y Clausura

Interpretación geométrica



a
b
c
d
e

FIGURE 9.30

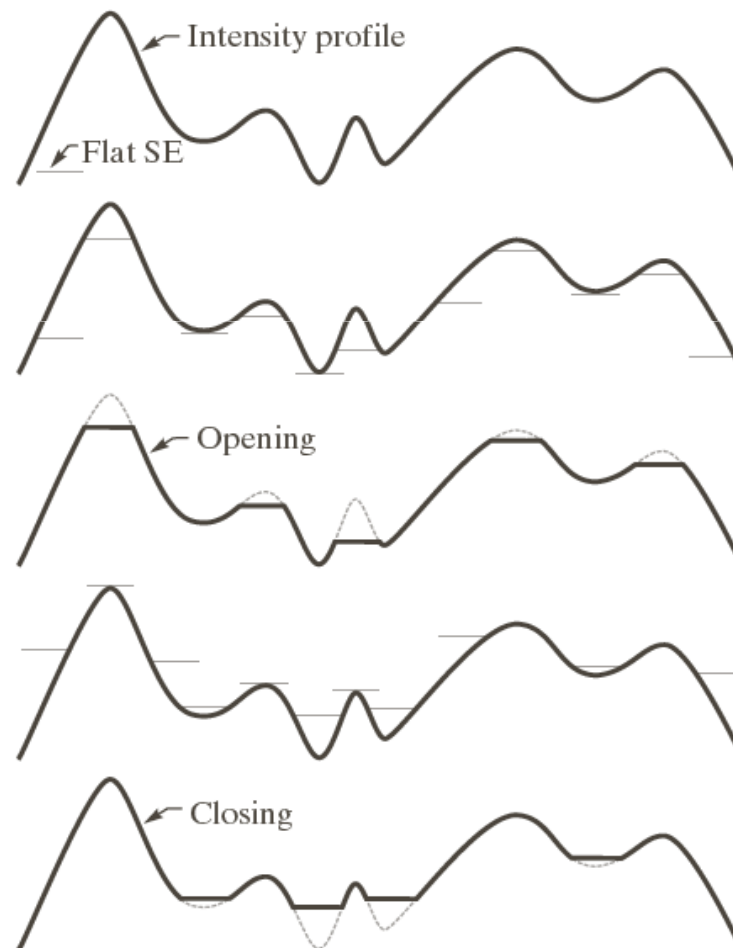
(a) A gray-scale scan line.
(b) Positions of rolling ball for opening.
(c) Result of opening.
(d) Positions of rolling ball for closing.
(e) Result of closing.

Morfología: Imágenes en escala de grises

Apertura y Clausura

Interpretación geométrica

Si lo vemos con un elemento estructural plano,



a
b
c
d
e

FIGURE 9.36

Opening and closing in one dimension. (a) Original 1-D signal. (b) Flat structuring element pushed up underneath the signal.

(c) Opening. (d) Flat structuring element pushed down along the top of the signal. (e) Closing.

Morfología: Imágenes en escala de grises

Apertura y Clausura

En la práctica:

- La apertura se usa para borrar detalles claros que sean pequeños en comparación con el elemento estructural, manteniendo el resto de la imagen prácticamente igual (la erosión también eliminaba pequeños detalles claros pero oscurecía toda la imagen).
- La clausura elimina detalles oscuros de la imagen, dejando el resto prácticamente igual (la dilatación también eliminaba detalles oscuros, pero aclaraba la imagen en general).
- La apertura y clausura son idempotentes:

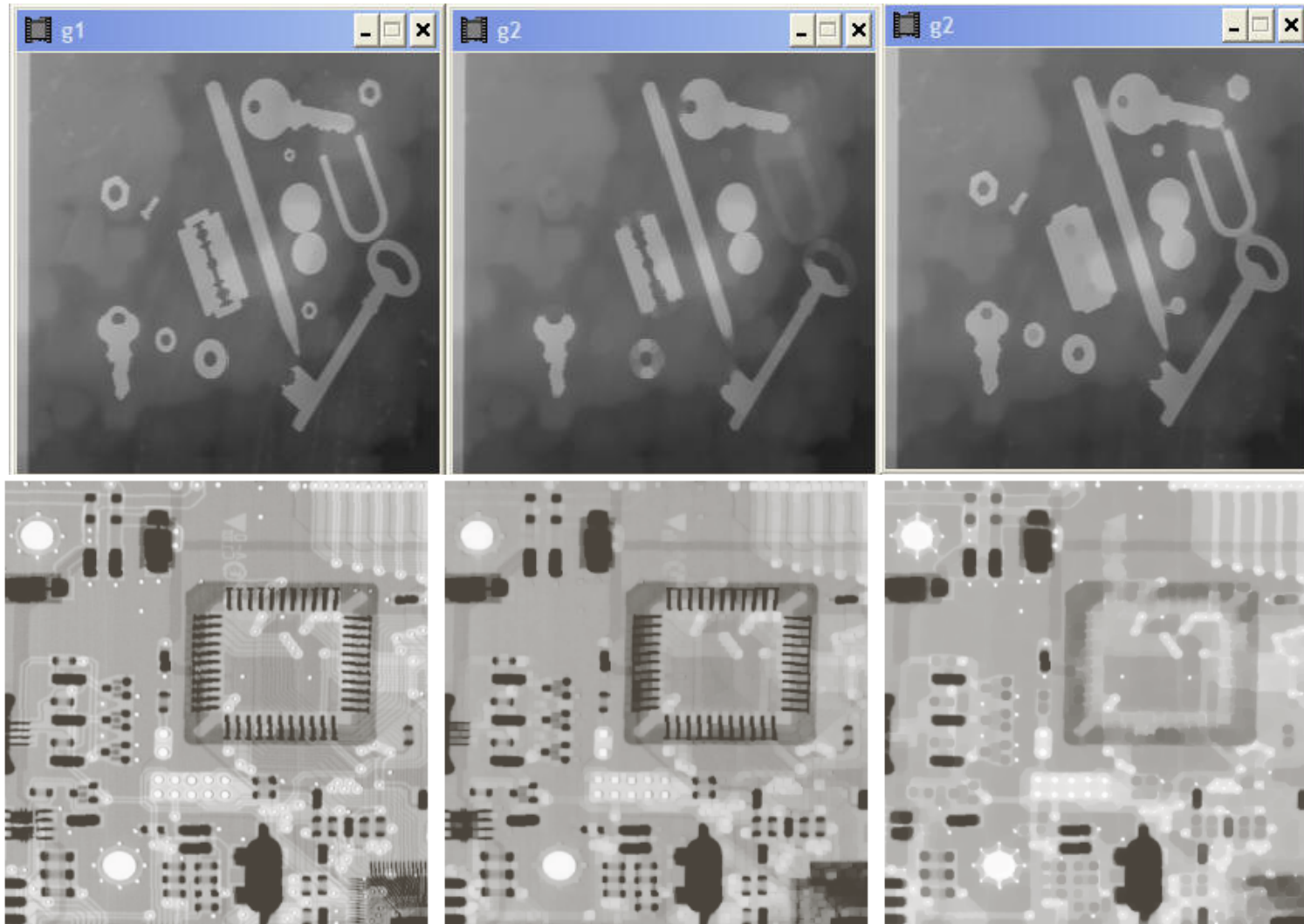
$$(f \circ b) = (f \circ b) \circ b$$

$$(f \bullet b) = (f \bullet b) \bullet b$$

Morfología: Imágenes en escala de grises

Apertura y Clausura

Ejemplos



De izda a dcha: imagen original, apertura y clausura

Morfología: Imágenes en escala de grises

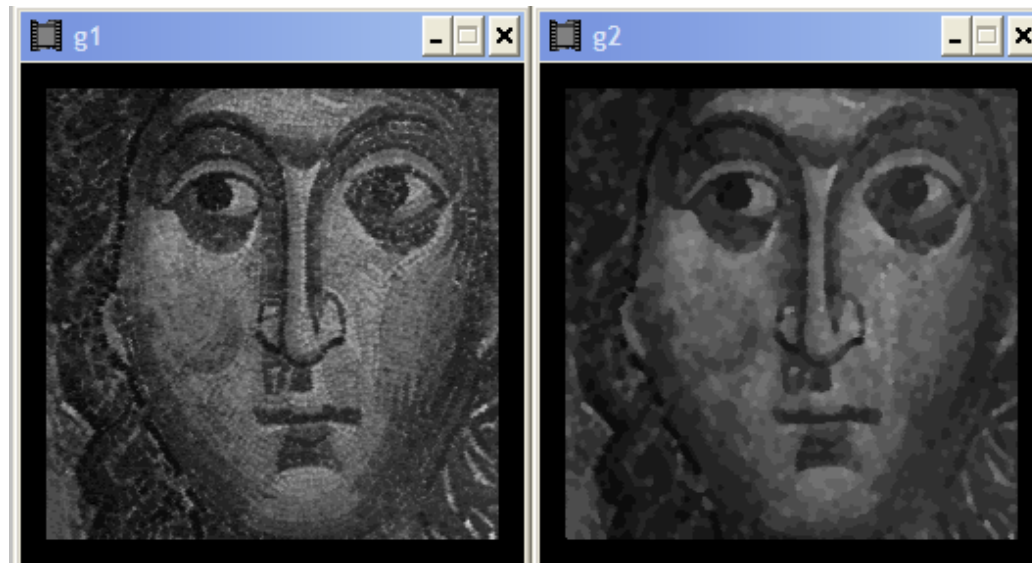
Aplicaciones

Suavizado morfológico:

Una forma de llevar a cabo el suavizado de una imagen es realizar una apertura seguida de una clausura.

$$af = (f \circ b) \bullet b$$

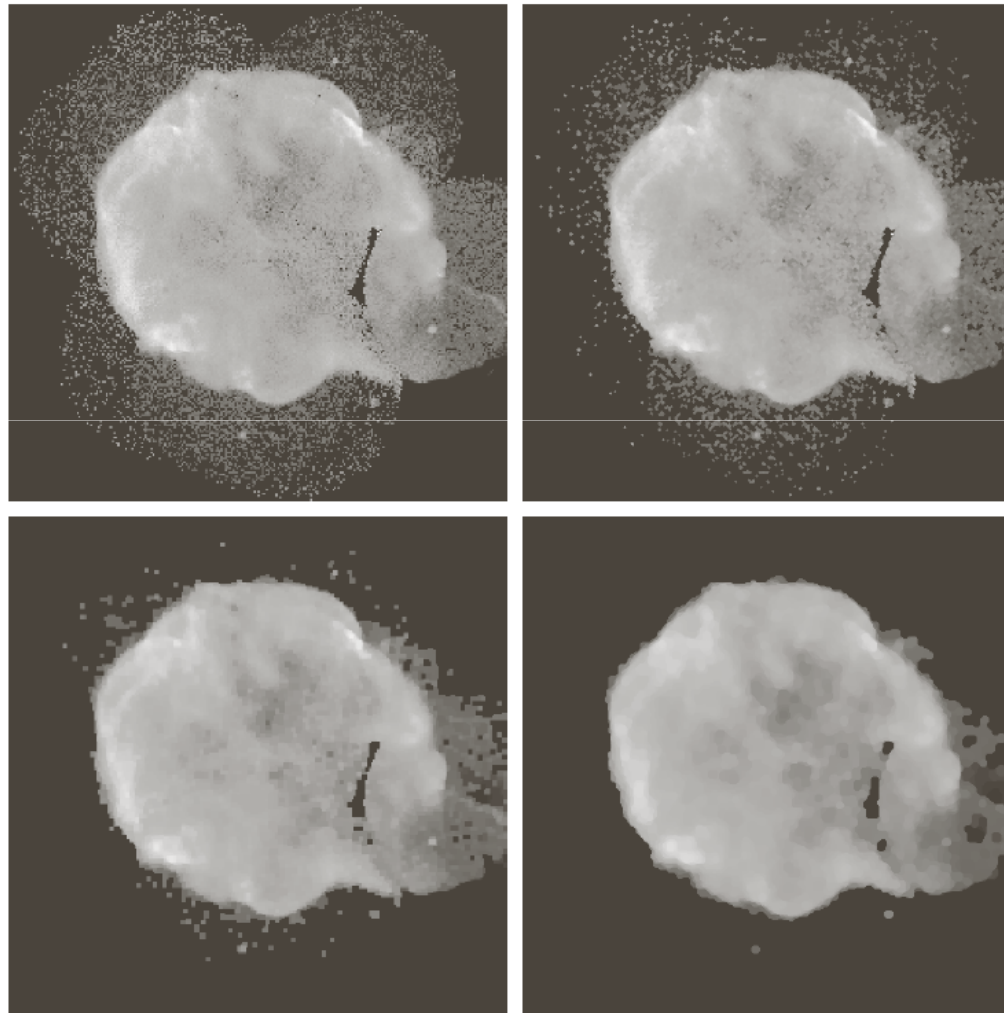
El resultado de estas dos operaciones es suprimir o atenuar elementos extraños muy brillantes u oscuros o el ruido.



Morfología: Imágenes en escala de grises

Aplicaciones

Suavizado morfológico: Ejemplo



a	b
c	d

FIGURE 9.38

(a) 566×566 image of the Cygnus Loop supernova, taken in the X-ray band by NASA's Hubble Telescope. (b)–(d) Results of performing opening and closing sequences on the original image with disk structuring elements of radii, 1, 3, and 5, respectively. (Original image courtesy of NASA.)

Morfología: Imágenes en escala de grises

Aplicaciones

Gradiente morfológico:

Además de las operaciones antes discutidas para la supresión de elementos extraños, a menudo la dilatación y la erosión se usan para calcular el gradiente morfológico de una imagen que se define

$$g = (f \oplus b) - (f \ominus b)$$

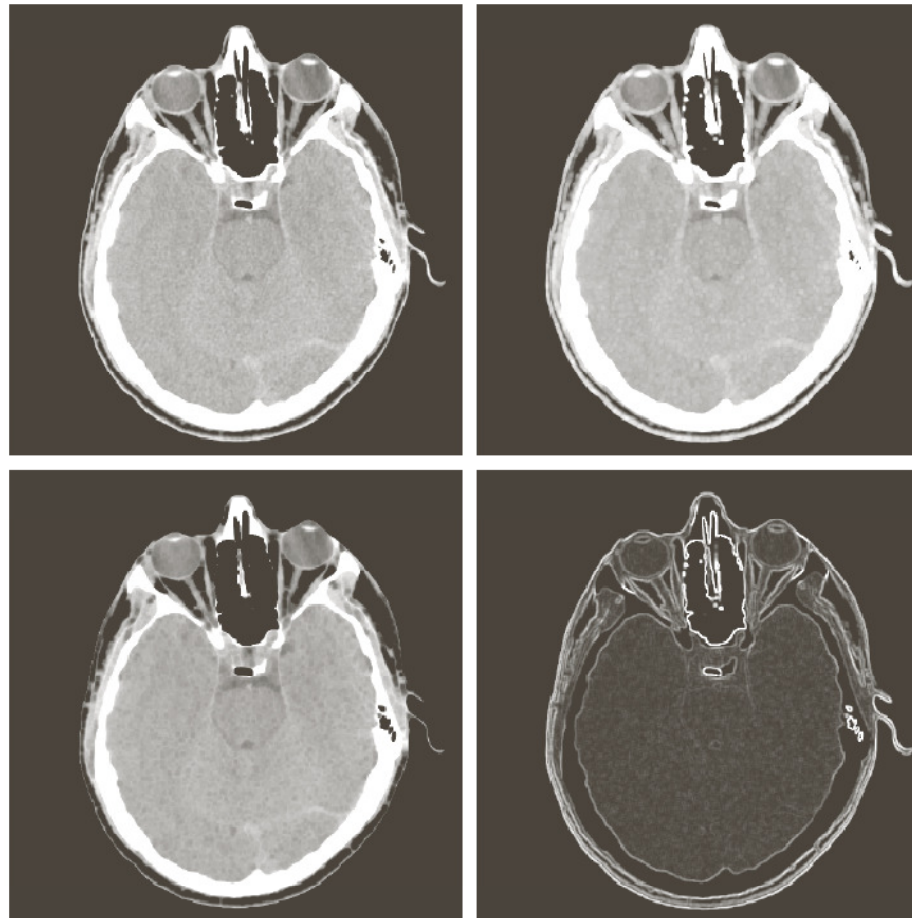
El gradiente morfológico resalta las transiciones bruscas entre niveles de grises de la imagen.

En contraposición con los gradientes estudiados anteriormente, los gradientes morfológicos usando elementos estructurales simétricos dependen menos de la direccionalidad de los bordes.

Morfología: Imágenes en escala de grises

Aplicaciones

Gradiente morfológico: Ejemplo



a	b
c	d

FIGURE 9.39

(a) 512×512 image of a head CT scan.

(b) Dilation.

(c) Erosion.

(d) Morphological gradient, computed as the difference between (b) and (c). (Original image courtesy of Dr. David R. Pickens, Vanderbilt University.)

Es muy útil a la hora de detectar bordes en imágenes en escala de grises.

Morfología: Imágenes en escala de grises

Aplicaciones

Transformación Top-Hat (blanca y negra):

La transformación top-hat (blanca) se define como

$$h = f - f \circ b$$

donde, como antes, f es la imagen y b el elemento estructural. Esta transformación es útil para resaltar detalles claros en la presencia de sombras (pequeños detalles brillantes).

Si queremos obtener pequeños objetos oscuros sobre un fondo blanco (claro), la definición para la transformación top-hat (negra) es

$$h = f \bullet b - f$$

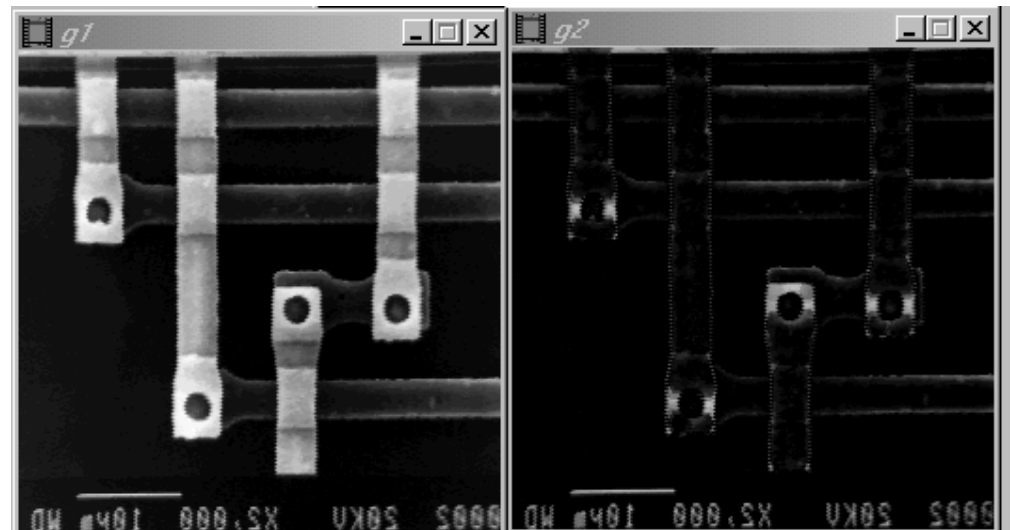
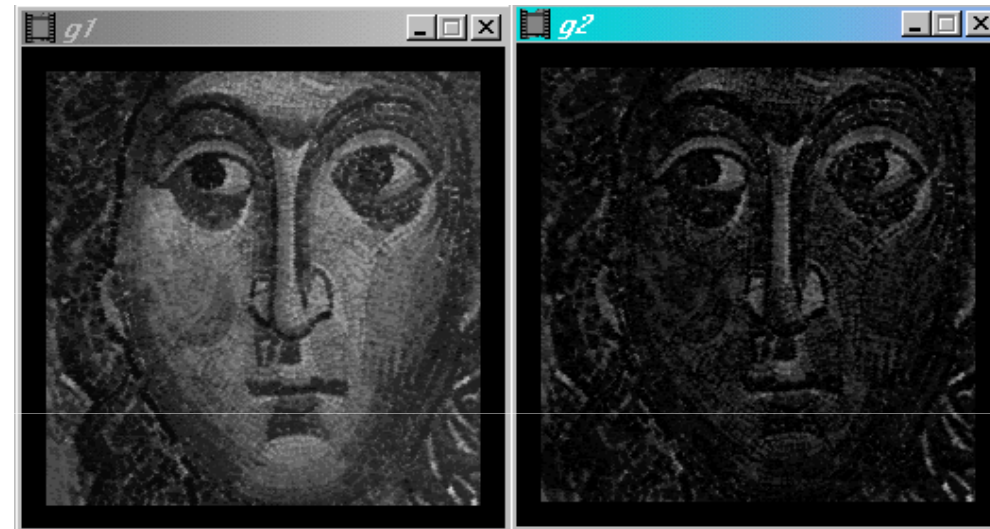
que en este caso resalta detalles oscuros sobre un fondo local blanco. En este caso también se le llama transformación Bottom-Hat.

<http://bigwww.epfl.ch/demo/jmorpho/start.php>

Morfología: Imágenes en escala de grises

Aplicaciones

Transformación Top-Hat: Ejemplos



Morfología: Imágenes en escala de grises

Aplicaciones

Transformación Top-Hat: Ejemplos

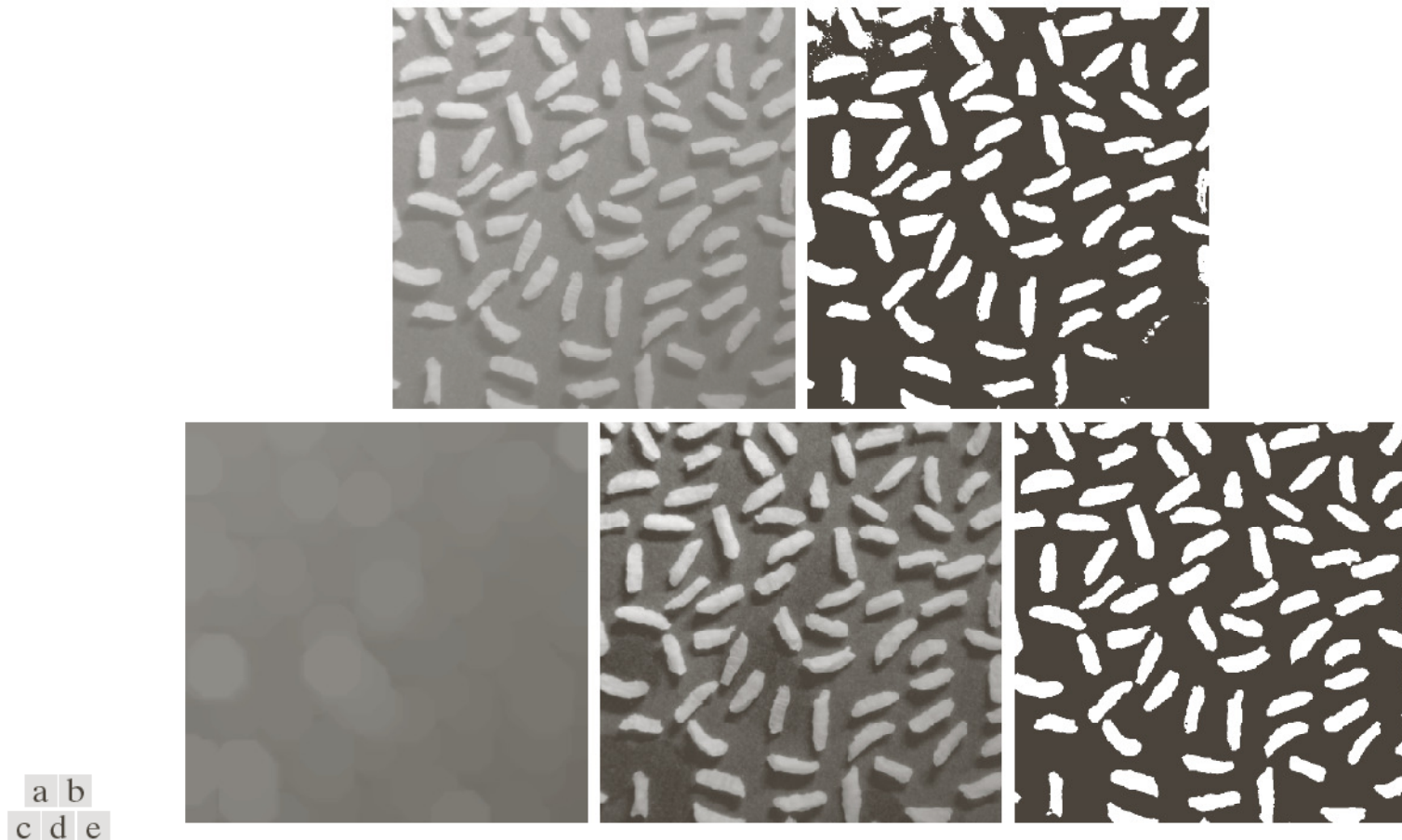


FIGURE 9.40 Using the top-hat transformation for *shading correction*. (a) Original image of size 600×600 pixels. (b) Thresholded image. (c) Image opened using a disk SE of radius 40. (d) Top-hat transformation (the image minus its opening). (e) Thresholded top-hat image.

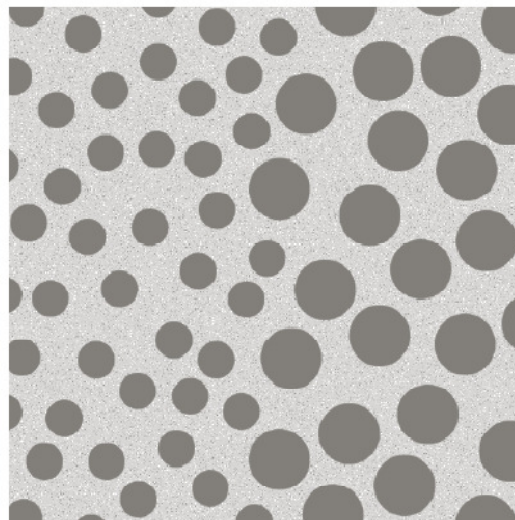
Morfología: Imágenes en escala de grises

Aplicaciones

Segmentación de texturas:

Aunque no existe una definición formal de la textura, este descriptor proporciona intuitivamente medidas de propiedades tales como suavizado, rugosidad y regularidad.

Supongamos una imagen donde aparecen dos tipos distintos de texturas (por ejemplo una imagen con fondo claro, con círculos oscuros pequeños a la izquierda y círculos oscuros grandes a la derecha). El objetivo sería encontrar el límite que separa ambas regiones.



Morfología: Imágenes en escala de grises

Aplicaciones

Segmentación de texturas

El procedimiento sería:

1. Realizar una clausura para eliminar los detalles oscuros usando un elemento estructural cada vez mayor. Cuando el tamaño del elemento estructural se corresponda con el de los pequeños círculos, éstos desaparecen. En este punto, sólo los círculos grandes permanecen en la imagen.
2. Realizar una apertura con elemento estructural grande en relación con la separación de los círculos grandes. Con esta operación se obtiene una región oscura en la parte de los círculos grandes y una región clara en la de los pequeños.

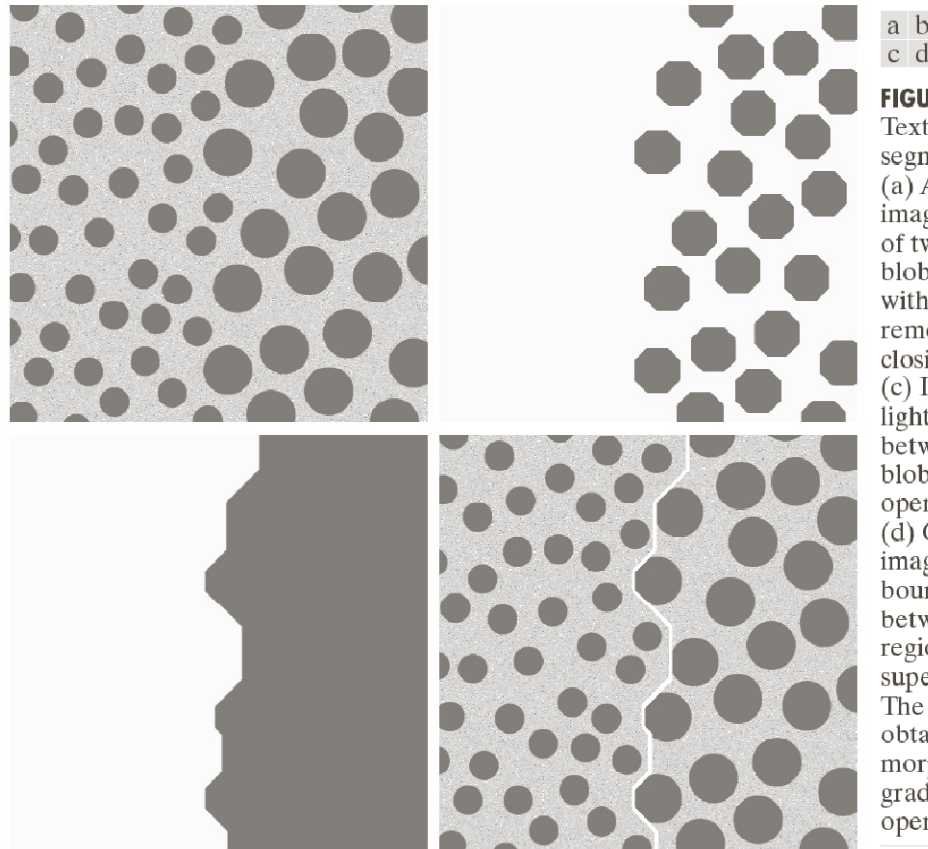


FIGURE 9.43

Textural segmentation. (a) A 600×600 image consisting of two types of blobs. (b) Image with small blobs removed by closing (a). (c) Image with light patches between large blobs removed by opening (b). (d) Original image with boundary between the two regions in (c) superimposed. The boundary was obtained using a morphological gradient operation.

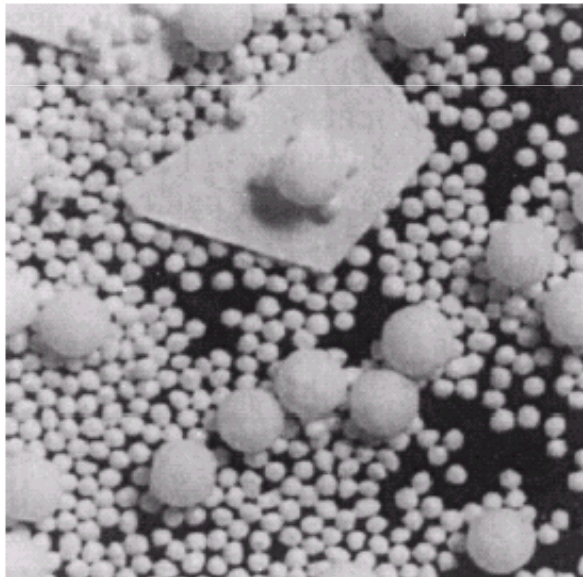
Morfología: Imágenes en escala de grises

Aplicaciones

Granulometrías

El objetivo es determinar la distribución de los tamaños de las partículas de una imagen.

Las partículas se suelen superponer y aparecer demasiado hacinadas como para posibilitar la detección de partículas individuales.



Morfología: Imágenes en escala de grises

Aplicaciones

Granulometrías

Suponiendo que las partículas son claras con respecto al fondo (como en la imagen anterior).

- Se suelen realizar aperturas con elementos estructurales cada vez mayores sobre la imagen original.
- Después de cada apertura, se suman los valores de los píxeles en la imagen resultante (que serán cada vez menores, ya que cada apertura puede eliminar zonas claras, es decir, valores altos).
- Después se calculan las diferencias entre sumas sucesivas y se construye un histograma con la información de dichas diferencias con respecto a los tamaños empleados en los elementos estructurales.

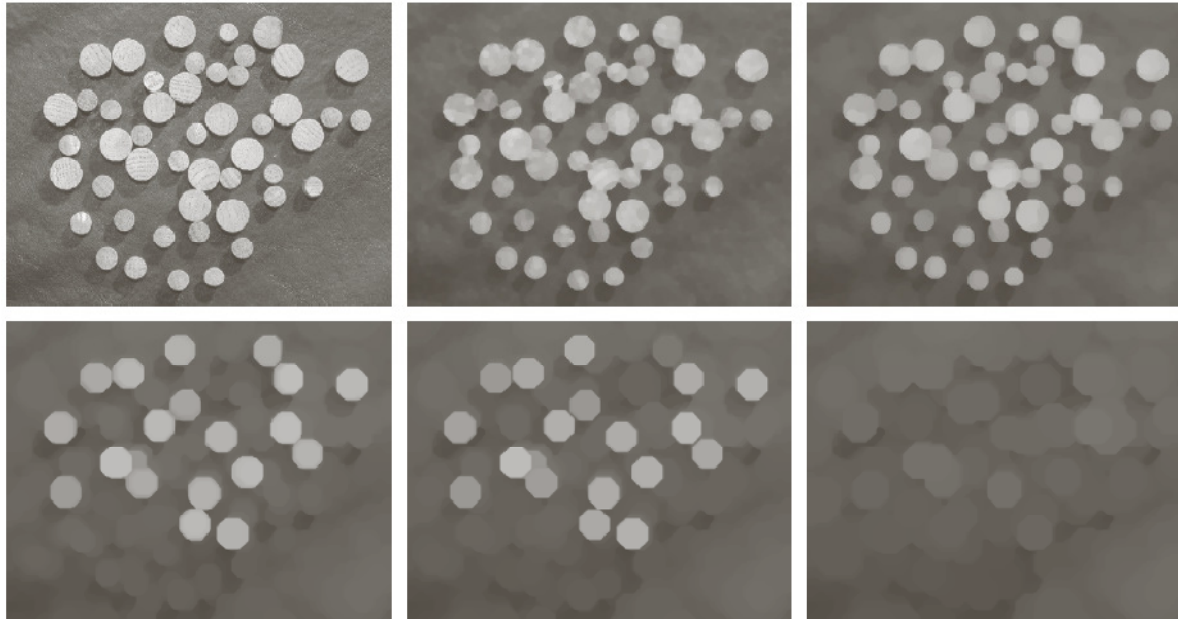
Este esquema está basado en la idea de que las operaciones de apertura de un tamaño particular tienen máximo efecto en regiones de la imagen de entrada que contienen partículas de tamaño similar.

Morfología: Imágenes en escala de grises

Aplicaciones

Granulometrías

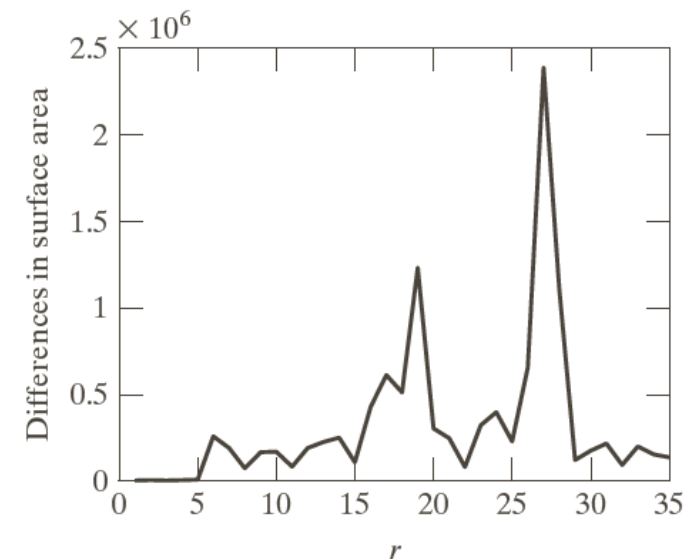
Ejemplo



a b c
d e f

FIGURE 9.41 (a) 531×675 image of wood dowels. (b) Smoothed image. (c)–(f) Openings of (b) with disks of radii equal to 10, 20, 25, and 30 pixels, respectively. (Original image courtesy of Dr. Steve Eddins, The MathWorks, Inc.)

FIGURE 9.42
Differences in surface area as a function of SE disk radius, r . The two peaks are indicative of two dominant particle sizes in the image.



Morfología: Imágenes en escala de grises

Para practicar:

- [demo on-line](#)

Ampliación:

- [Filtros alternativos secuenciales](#)