Procesamiento morfológico de imágenes

Procesamiento morfológico

- **Morfología**: Campo de la Biología que se encarga de la forma y estructura de animales y plantas.

- **Morfología matemática**: Herramienta para extraer componentes de imágenes, útil en:
  - ✓ Representación y descripción de una forma: contorno, esqueletos, etc...
  - ✓ Preprocesamiento o postprocesamiento: filtrado morfológico, adelgazamiento, podado.

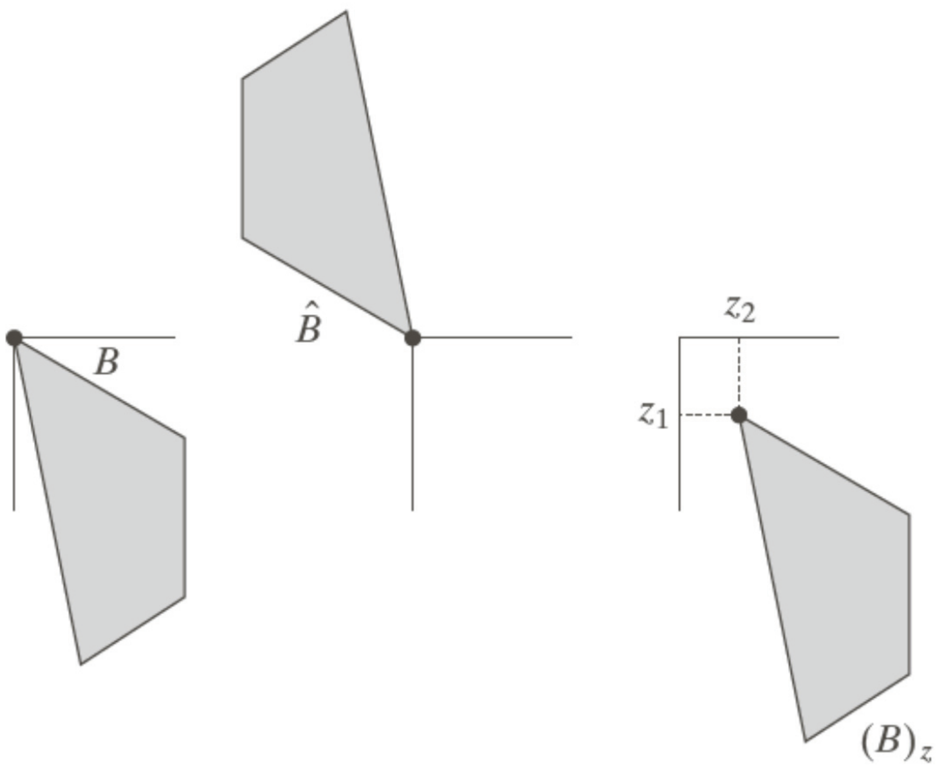
- La base de la morfología matemática es la matemática de conjuntos.
  - ✓ Conjuntos: se usan para representar objetos en la imagen.

- Inicialmente la discusión se centrará en imágenes binarias, pero los resultados se pueden extender a imágenes en escala de grises.

- Para imágenes binarias los conjuntos son miembros del espacio 2D entero Z^2, donde cada elemento es un vector cuyas coordenadas son las (x,y) de un pixel blanco (o negro dependiendo de la convención) en la imagen.

- Para imágenes en escala de grises los conjuntos son miembros de Z^3. Donde dos de los componentes hacen referencia a las coordenadas del pixel, y el tercer componente corresponde al valor de intensidad discreta.

Translación y reflexión de un conjunto



a b c

FIGURE 9.1
(a) A set, (b) its reflection, and (c) its translation by z.

Reflexión: $\hat{B} = \{w \mid w = -b,\ para\ b \in B\}$

Traslación: $(B)_z = \{c \mid c = b + z,\ para\ b \in B\}$

Elementos estructurales (*structuring elements SEs*)

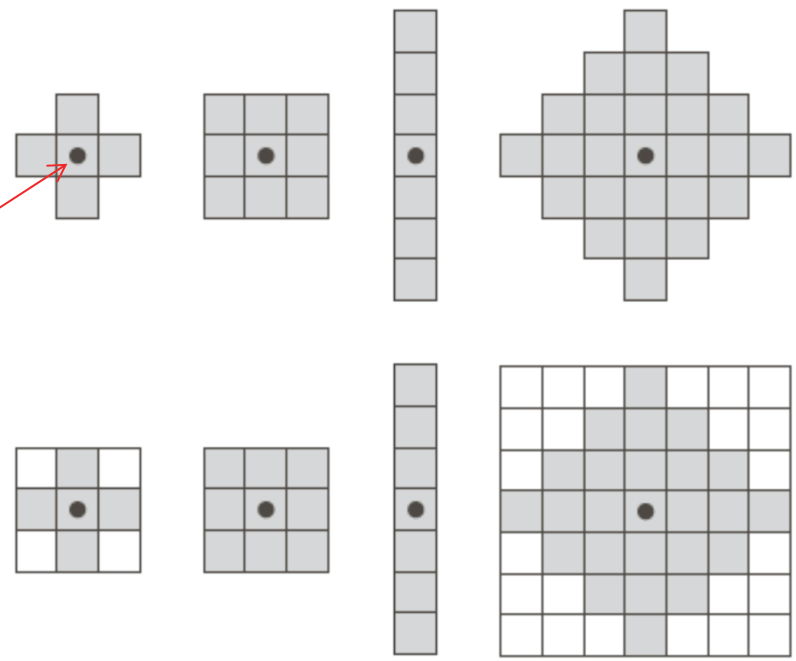


FIGURE 9.2 First row: Examples of structuring elements. Second row: Structuring elements converted to rectangular arrays. The dots denote the centers of the SEs.

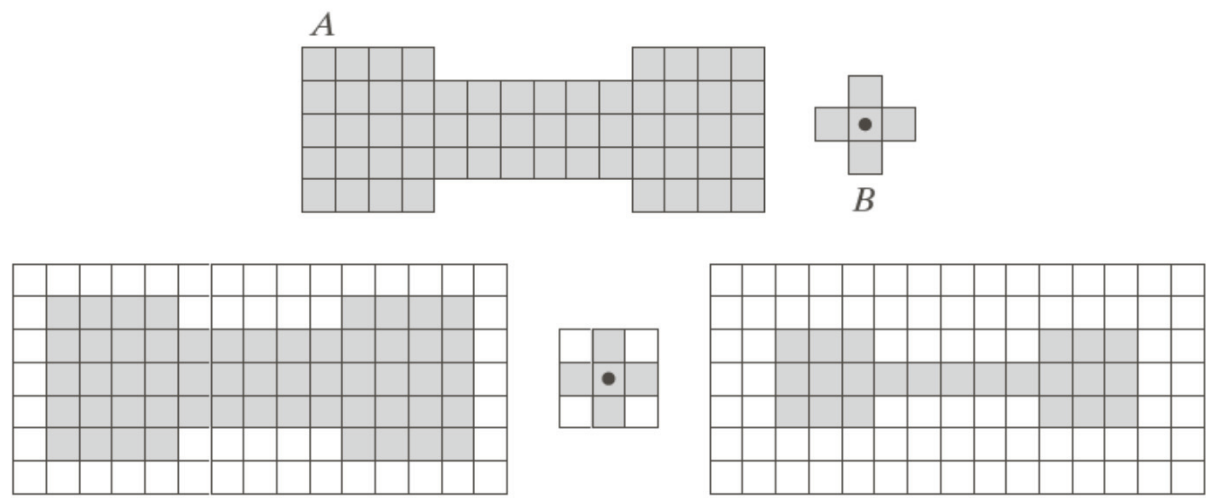
- ✓ Origen del elemento estructural.
- ✓ Su ubicación depende del problema.

Arreglo rectangular.

Elemento estructural: pequeños conjuntos o sub-imágenes que se usan para inspeccionar propiedades de interés en una imagen bajo estudio.

Procesamiento usando un elemento estructural

- ✓ Subimagen y elemento estructural originales.
- ✓ Arreglo rectangular de la imagen y elemento estructural llena de ceros.



a b
c d e

FIGURE 9.3 (a) A set (each shaded square is a member of the set). (b) A structuring element. (c) The set padded with background elements to form a rectangular array and provide a background border. (d) Structuring element as a rectangular array. (e) Set processed by the structuring element.

- Suponga que se define una operación de conjunto A usando el elemento estructural B, de foma que se cree un nuevo cojunto desplazando B sobre A, de manera tal que el origen de B visite cada elemento de A.
- En cada ubicación del origen de B, si B está completamente contenido en A, marque esa posición como un miembro del nuevo conjunto, en caso contrario, márquelo como si no fuera miembro del nuevo conjunto. (Ver diapositiva anterior).

Erosión

- Con *A* y *B* como conjunto de Z^2, la erosión de *A* por *B*, denotada por $A \ominus B$ se define como:

$$A \ominus B \{z \mid (B)_z \subseteq A\}$$

$$A \ominus B \{z \mid (B)_z \cap A^c = \varnothing\}$$

- Notas:
  - ✓Se asume que *B* es el elemento estructural.
  - ✓A^c es el complemento del conjunto *A*.
  - ✓ $\varnothing$ es el conjunto vacío.

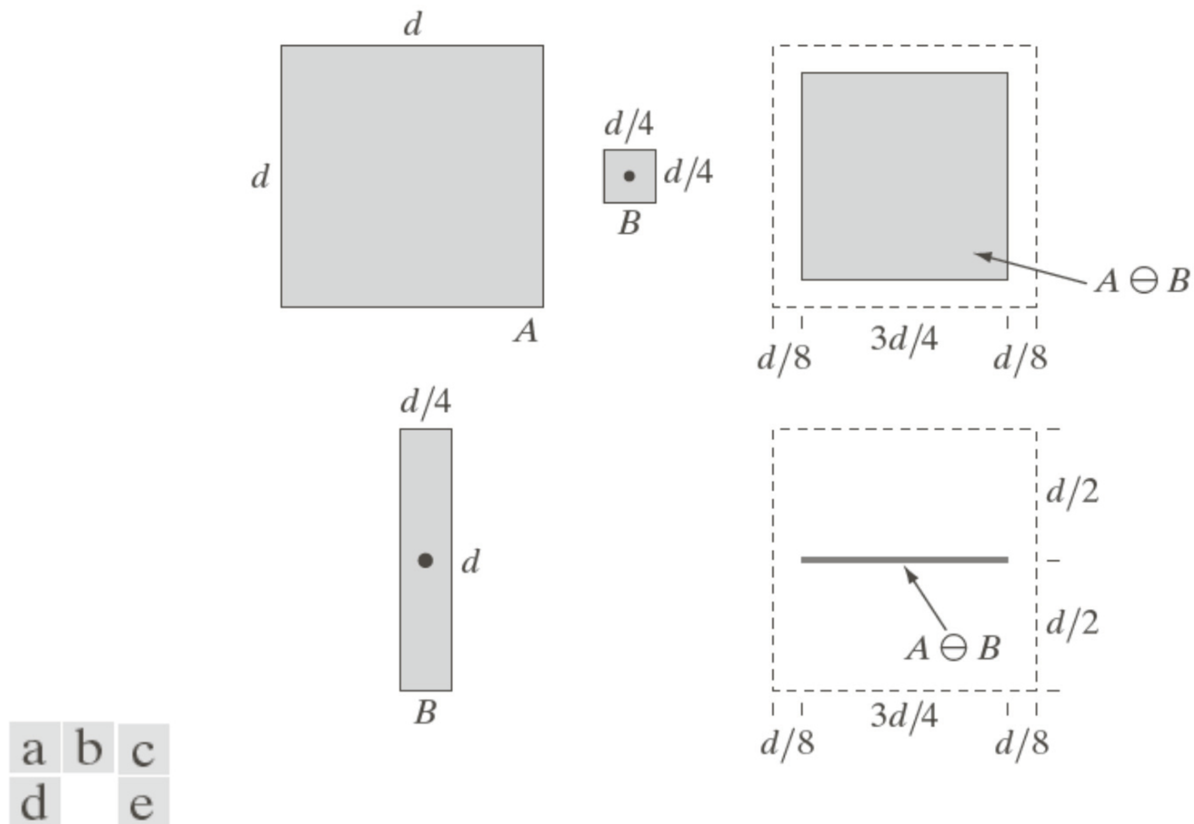
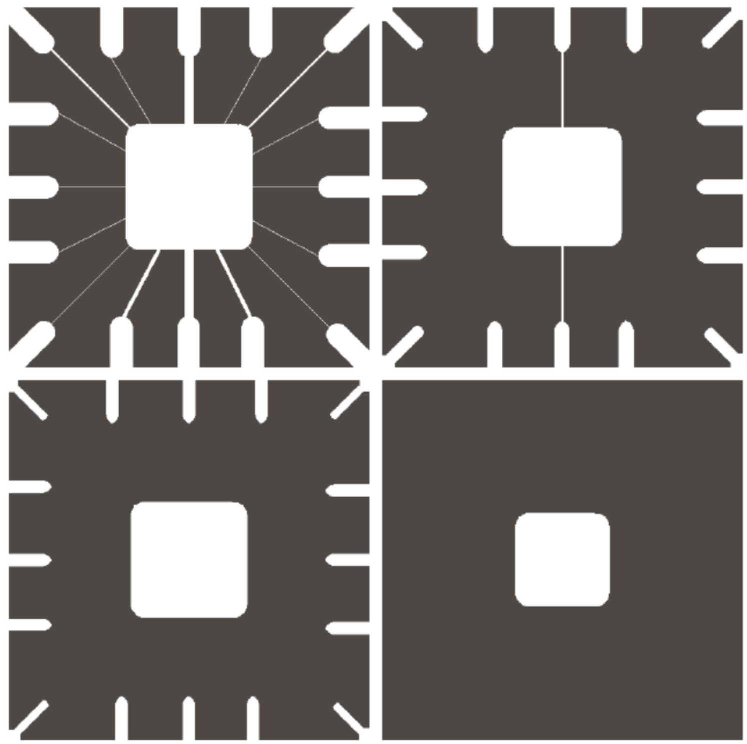


FIGURE 9.4 (a) Set A. (b) Square structuring element, B. (c) Erosion of A by B, shown shaded. (d) Elongated structuring element. (e) Erosion of A by B using this element. The dotted border in (c) and (e) is the boundary of set A, shown only for reference.

Ejemplo de aplicación de la erosión



a b
c d

FIGURE 9.5 Using erosion to remove image components. (a) A 486 × 486 binary image of a wire-bond mask. (b)–(d) Image eroded using square structuring elements of sizes 11 × 11, 15 × 15, and 45 × 45, respectively. The elements of the SEs were all 1s.

- La erosión contrae o adelgaza objetos en una imagen binaria.

- Se puede ver la erosión como una operación de filtrado morfológico en la cual los elementos más pequeños que el SE son removidos.

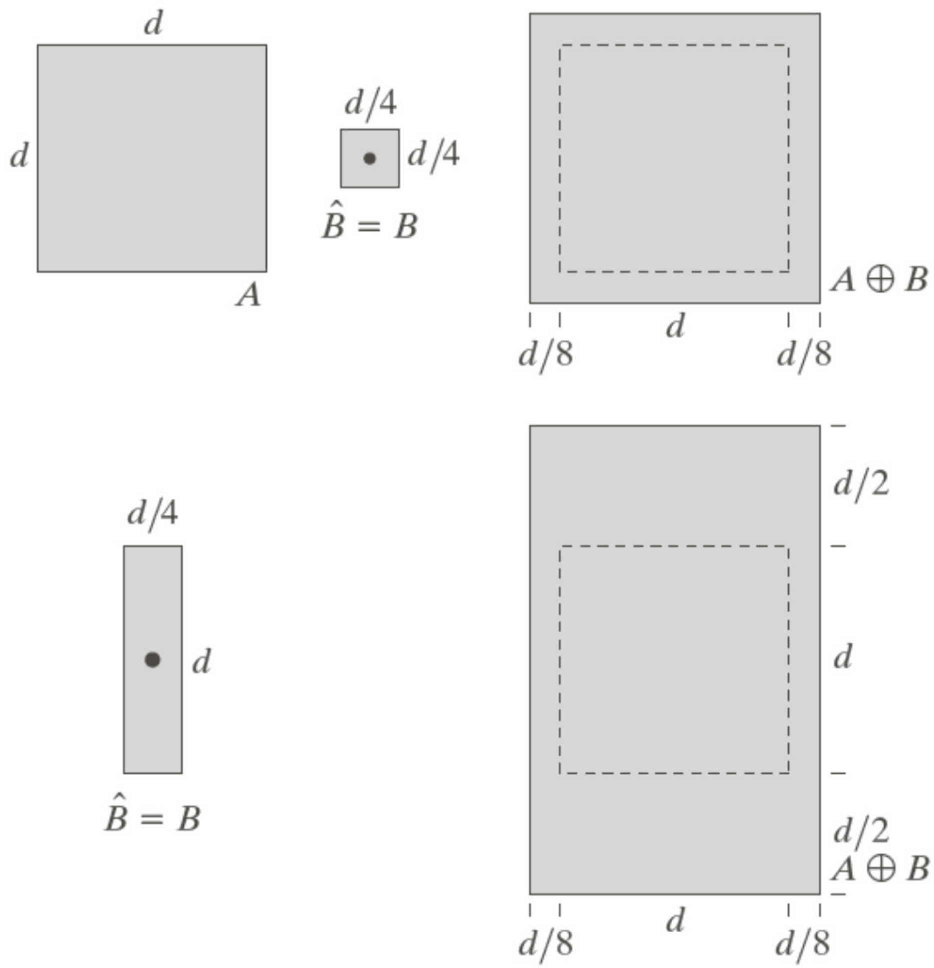
Dilatación

- Con *A* y *B* como conjunto de Z^2, la dilatación de *A* por *B*, denotada por $A \oplus B$ se define como:

$$A \oplus B \left\{ z \mid \left(\hat{B}\right)_z \cap A \neq \varnothing \right\}$$

$$A \oplus B \left\{ z \mid \left[\left(\hat{B}\right)_z \cap A\right] \subseteq A \right\}$$

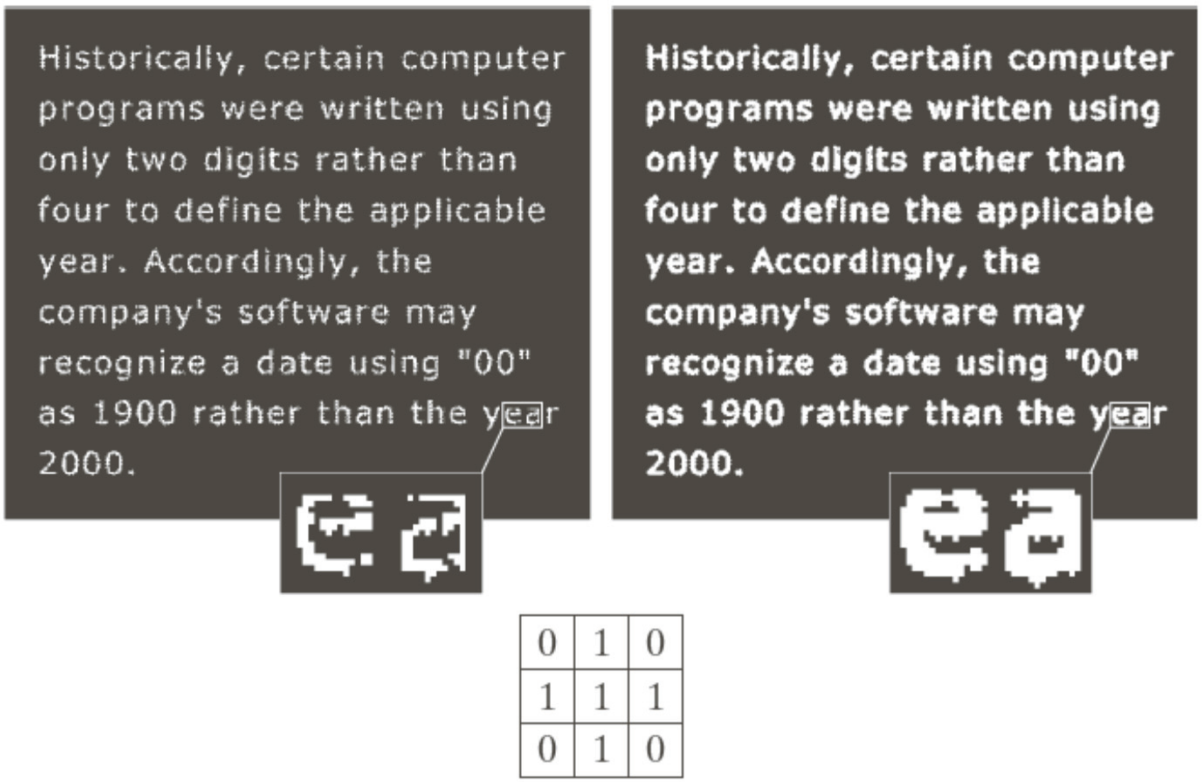
- La primera ecuación se basa en reflejar *B* alrededor de su origen, y desplazar esta reflexión por z.
- La dilatación de *A* por *B* es el conjunto de todos los desplazamientos *z* tal que $\hat{B}$ y *A* se traslapen en al menos un elemento.



a b c
d e

FIGURE 9.6
(a) Set A.
(b) Square structuring element (the dot denotes the origin).
(c) Dilation of A by B, shown shaded.
(d) Elongated structuring element. (e) Dilation of A using this element. The dotted border in (c) and (e) is the boundary of set A, shown only for reference

Ejemplo de aplicación de la dilatación



a c
b

FIGURE 9.7
(a) Sample text of poor resolution with broken characters (see magnified view). (b) Structuring element. (c) Dilation of (a) by (b). Broken segments were joined.

- La dilatación aumenta o engrosa los objetos en una imagen binaria.

- Nota: <u>Si</u> el elemento estructural es simétrico, $\hat{B} = B$

Dualidad

- La erosión y la dilatación son duales respecto al complemento y reflexión del conjunto.

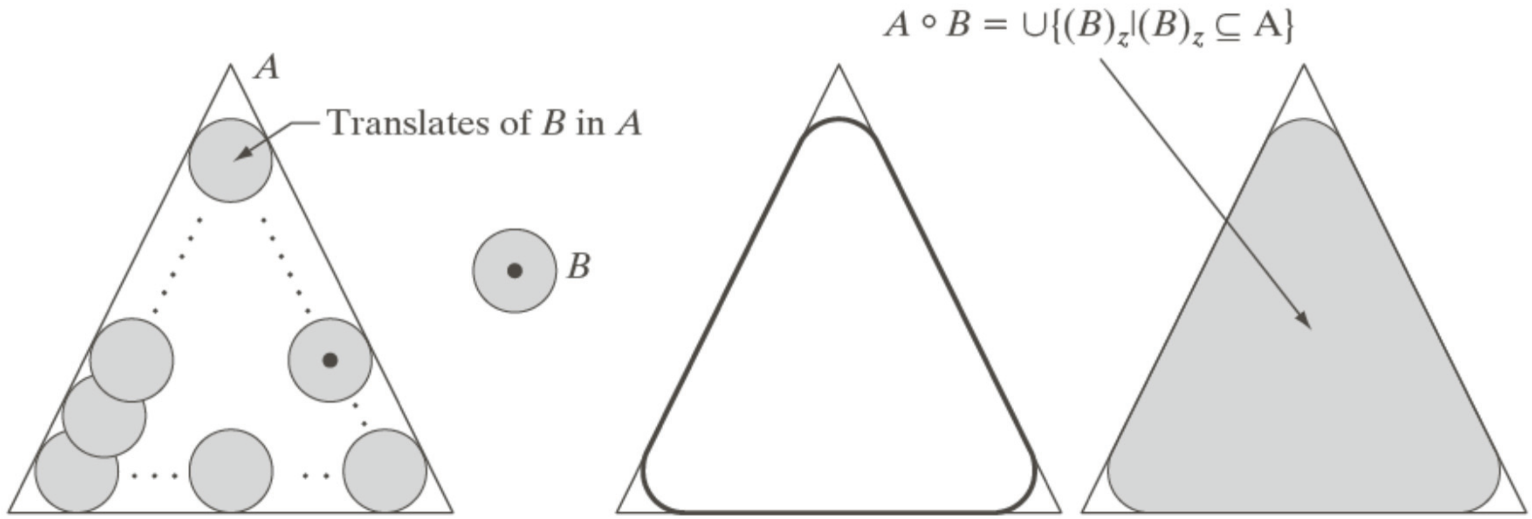
$$\left(A \ominus B\right)^c = A^c \oplus \hat{B}$$

$$\left(A \oplus B\right)^c = A^c \ominus \hat{B}$$

- Las propiedades de dualidad son muy útiles cuando el elemento estructural es simétrico respecto al origen.

Apertura
(*opening*)

La apertura generalmente suaviza el contorno de un objeto, rompe los istmos angostos y elimina protuberancias delgadas



a b c d

FIGURE 9.8 (a) Structuring element B "rolling" along the inner boundary of A (the dot indicates the origin of B). (b) Structuring element. (c) The heavy line is the outer boundary of the opening. (d) Complete opening (shaded). We did not shade A in (a) for clarity.

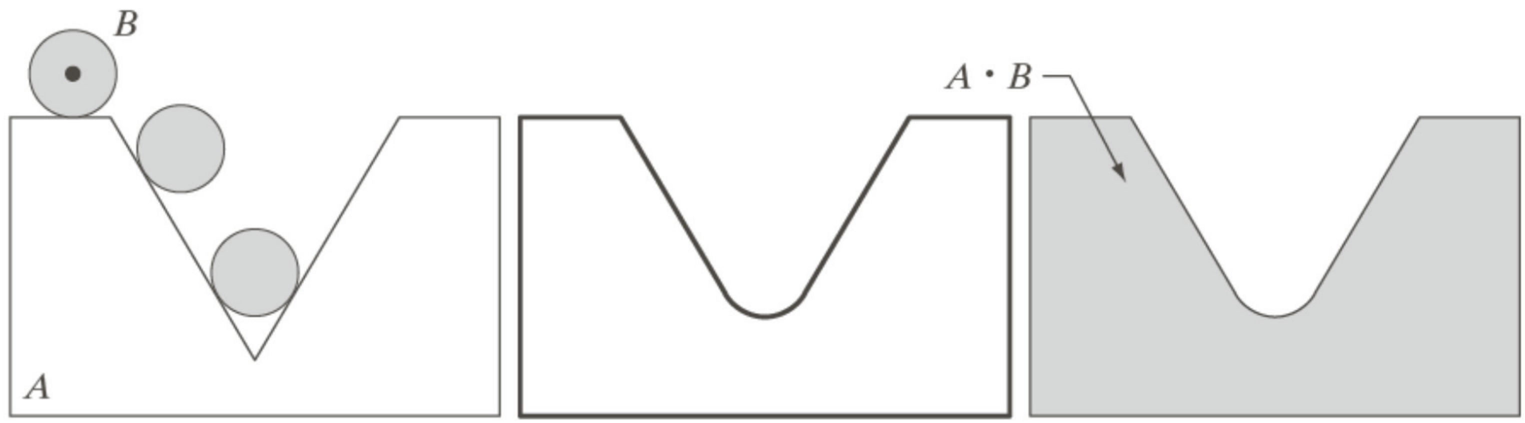
- La apertura de *A* por *B* se define como:

$$A \circ B = \left(A \ominus B\right) \oplus B$$

$$A \circ B = \bigcup\left\{(B)_z \mid (B)_z \subseteq A\right\}$$

Cerramiento
(*closing*)

El cerramiento también tiende a suavizar secciones de los contornos, pero contrario a la operación de apertura, generalmente fusiona pequeñas rupturas y largos golfos angostos, elimina agujeros pequeños, y rellena vacíos en el contorno.



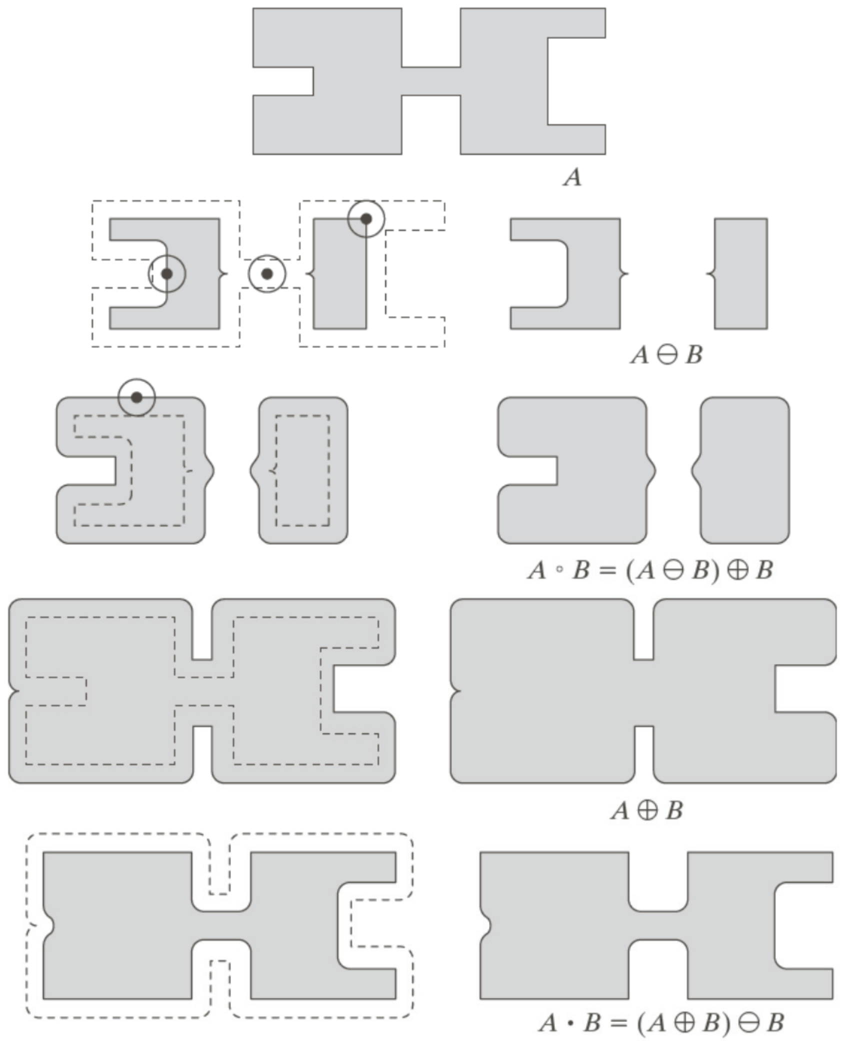
a b c

FIGURE 9.9 (a) Structuring element B "rolling" on the outer boundary of set A. (b) The heavy line is the outer boundary of the closing. (c) Complete closing (shaded). We did not shade A in (a) for clarity.

- El cerramiento de *A* por *B* se define como:

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$$

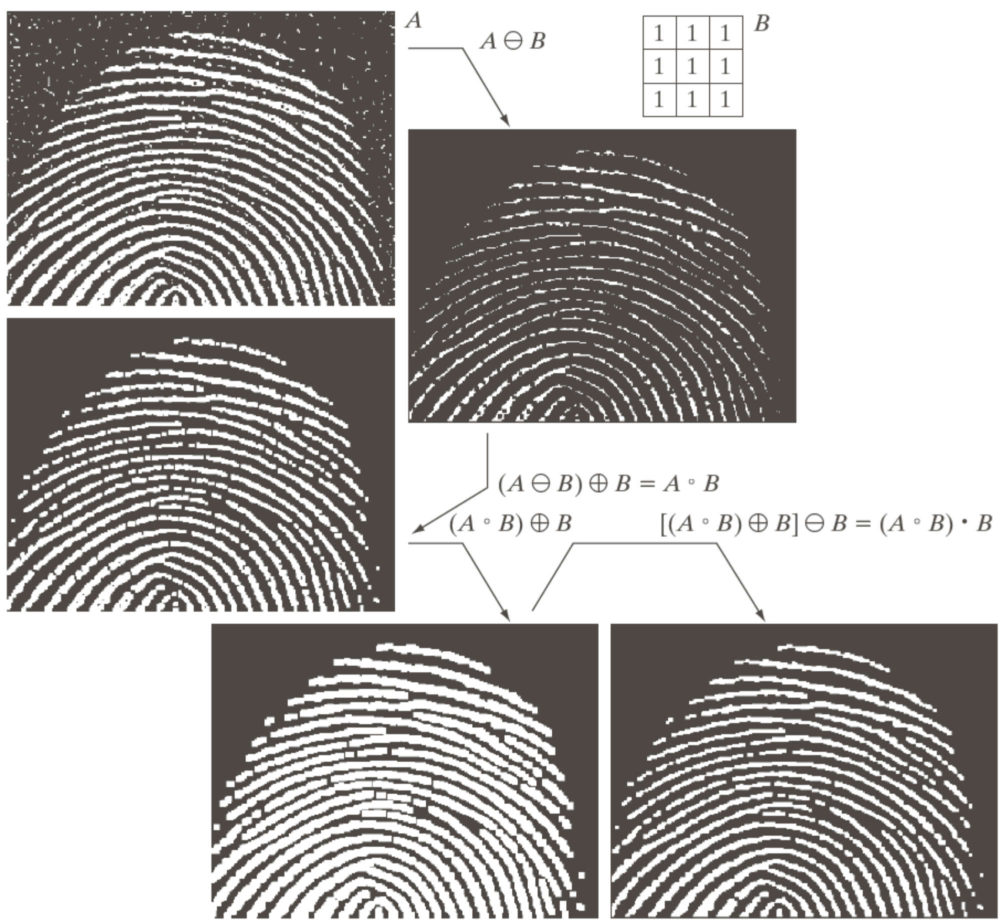
Ejemplos de apertura y cerramiento morfológico



a	
b	c
d	e
f	g
h	i

FIGURE 9.10 Morphological opening and closing. The structuring element is the small circle shown in various positions in (b). The SE was not shaded here for clarity. The dark dot is the center of the structuring element.

Ejemplo de aplicación



a b
d c
e f

FIGURE 9.11
(a) Noisy image.
(b) Structuring element.
(c) Eroded image.
(d) Opening of *A*.
(e) Dilation of the opening.
(f) Closing of the opening.
(Original image courtesy of the National Institute of Standards and Technology.)

Observación

- Las operaciones de conjunto son en general operaciones no lineales !!!.

Dualidad entre la apertura y el cerramiento

$$\left(A \bullet B\right)^c = \left(A^c \circ \hat{B}\right)$$

$$\left(A \circ B\right)^c = \left(A^c \bullet \hat{B}\right)$$

Preguntas??