

# Chương 6: Biến đổi hình thái học

---

- Phần tử cấu trúc
- Phép giãn ảnh
- Phép co ảnh
- Một số tính chất
- Các phép toán đóng/ mở
- Phép biến đổi “Hit or miss”
- Ứng dụng kỹ thuật hình thái học

# Chương 6: Biến đổi hình thái học

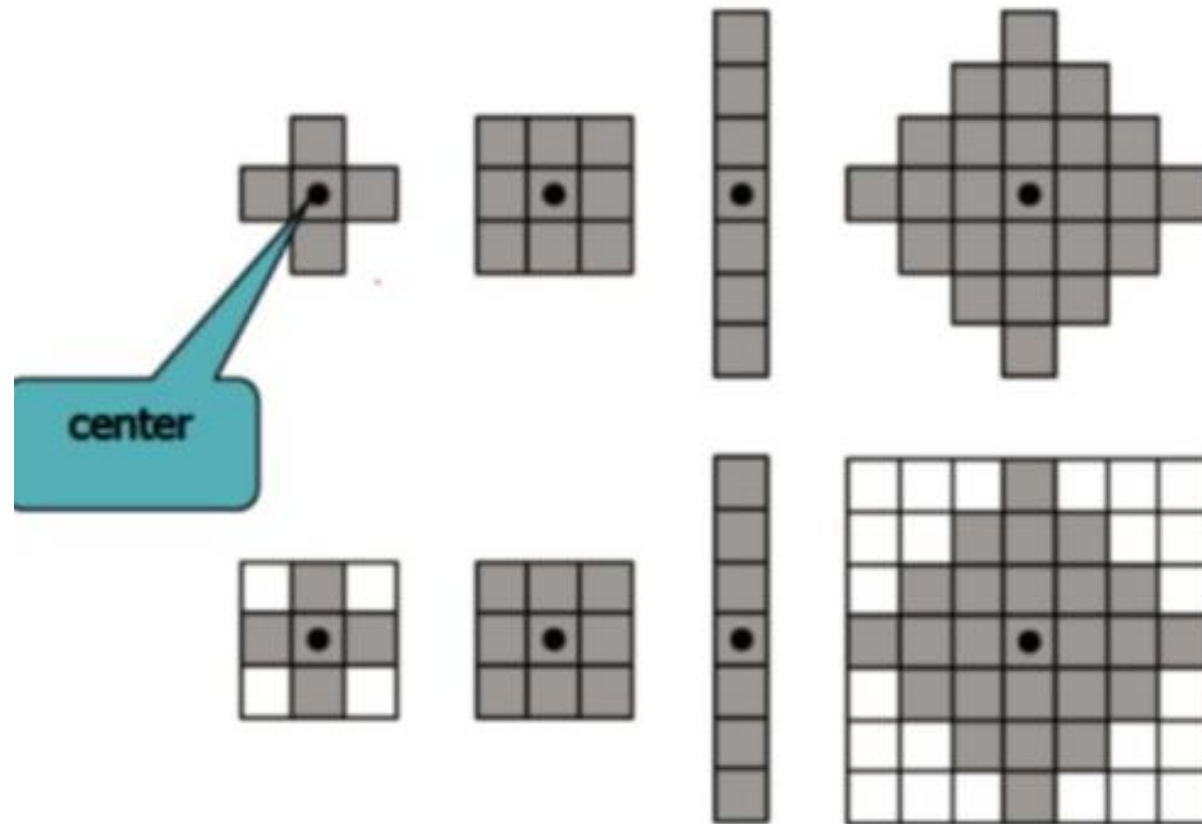
---

- Xử lý hình thái học đối với ảnh nhằm mục đích khử nhiễu và khôi phục những khuyết thiếu trong quá trình lọc phân đoạn ảnh
- Biến đổi hình thái học trong xử lý ảnh là một tập hợp các phương pháp phi tuyến tính liên quan đến hình dáng và sắc thái của đối tượng

## 6.1. Phần tử cấu trúc

---

- Phần tử cấu trúc ảnh nhị phân:  $S(i, j) \in \{0, 1\}$



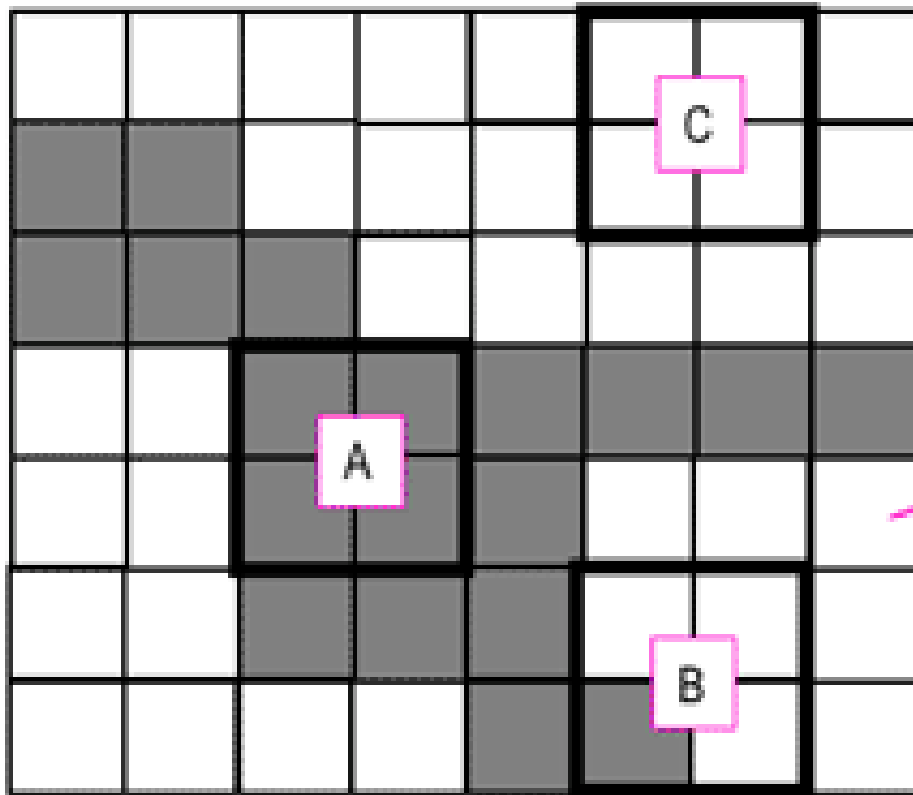
## 6.1. Phần tử cấu trúc

---

- Trong quá trình xử lý hình thái học, phần tử cấu trúc được duyệt qua tất cả các vị trí có thể trên ảnh và áp dụng (so sánh) trong vùng lân cận của điểm ảnh đang xét với kích thước vùng xác định trước theo phần tử cấu trúc
- Một số toán tử kiểm tra liệu một phần tử “vừa” (fit) nằm trong vùng lân cận hay không
- hoặc có những toán tử khác kiểm tra xem nó có “đạt tới” (hit) hoặc giao nhau với vùng lân cận hay không

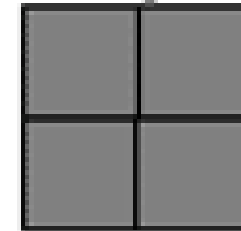
## 6.1. Phần tử cấu trúc

---



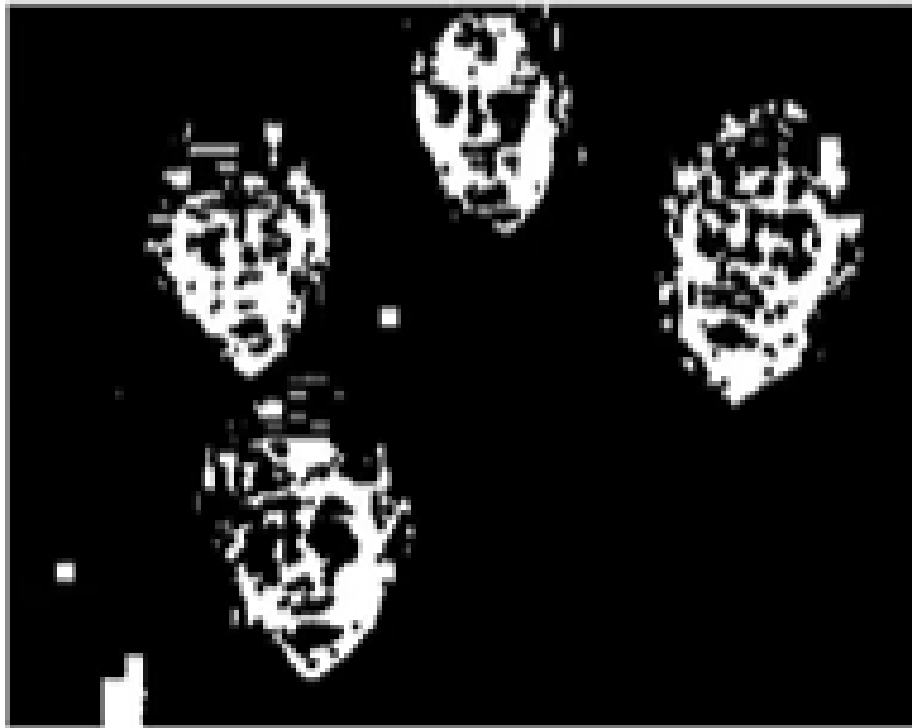
- A - the structuring element fits the image
- B - the structuring element hits (intersects) the image
- C - the structuring element neither fits, nor hits the image

Structuring element



## 6.2. Phép giãn ảnh-Dilation

---



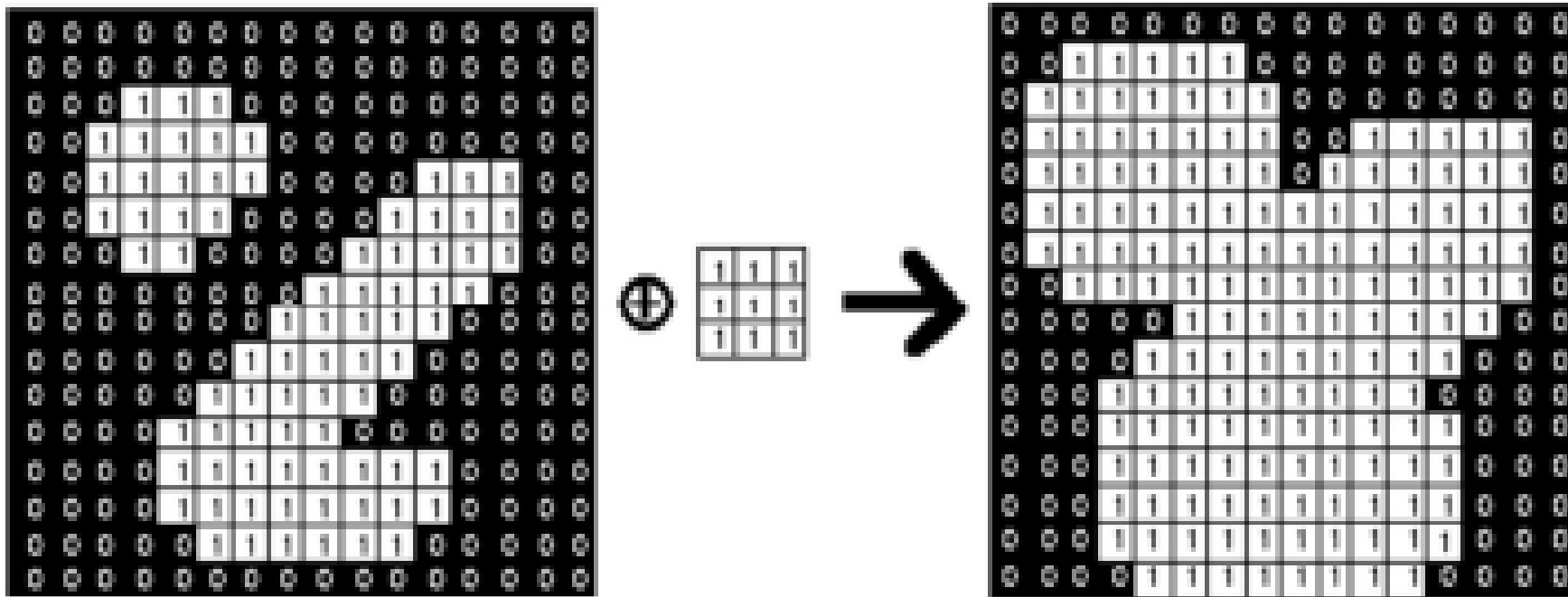
Before dilation



After dilation

## 6.2. Phép giãn ảnh-Dilation

---



## 6.2. Phép giãn ảnh-Dilation

---

$\forall p$  lân cận  $v(p)$

$$D(A) = \bigcup_{p \in A} v(p)$$

- Phép giãn nở của  $I$  theo mẫu  $T$ :

$$I \oplus T = \bigcup_{x \in I} T_x$$

- Trong đó  $T_x$  là dịch chuyển của  $T$  đến vị trí  $x$



## 6.2. Phép giãn ảnh-Dilation

---

### Xét ảnh đen trắng

- Lấy một điểm ở trong T làm gốc và dịch chuyển gốc của T đến vị trí có giá trị là 1 trong ảnh và thay thế phần tử 1 bằng mẫu T (quan tâm các điểm 1), làm đối với mọi tọa độ, sau đó hợp kết quả lại thì được phép giãn nở của I theo T.

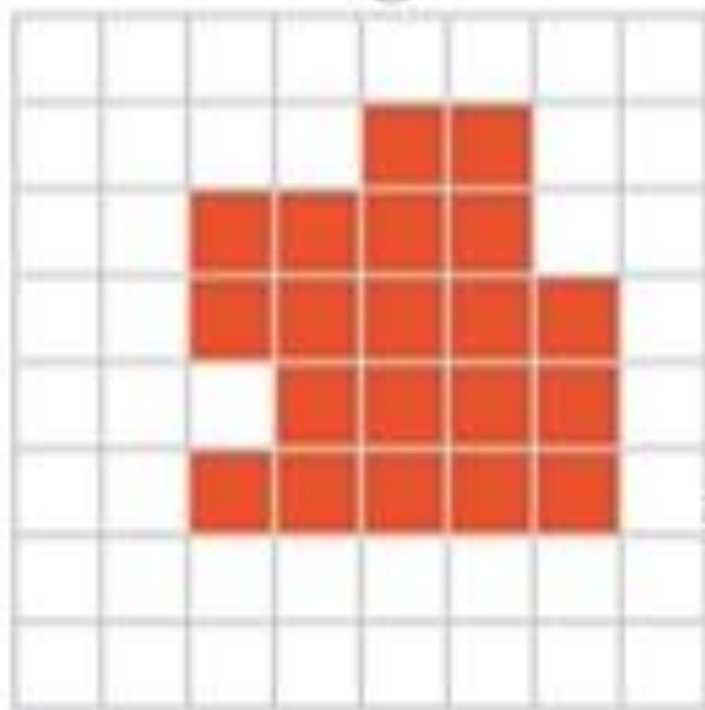
v	1	0
1	1	1
0	1	0

## 6.2. Phép giãn ảnh-Dilation

---

$$\mathbf{I}_{\text{src}} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{I}_{\text{dst}} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

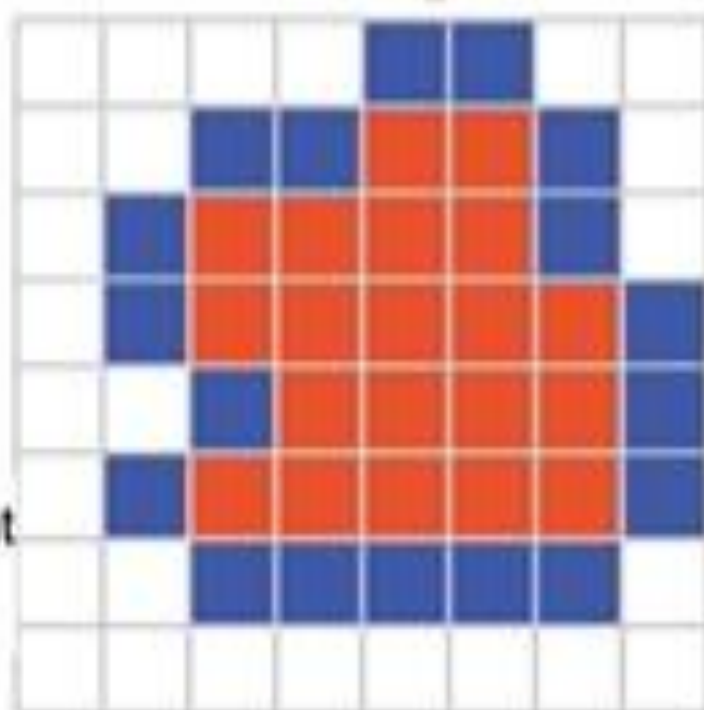
**Image A**



Structuring element

**S**

**$A \oplus S$**



## 6.2. Phép giãn ảnh-Dilation

	1	0	1	1					
	0	1	1	1					
I=	1	1	0	0	T=	1 x	1		
	1	0	1	1					

	1	01	1	11	1				
	0	1	11	11	1				
D(I)=	1	11	01	0					
	1	01	1	11	1				

	1	1	1	1	1				
	0	1	1	1	1				
D(I)=	1	1	1	0	0				
	1	1	1	1	1				

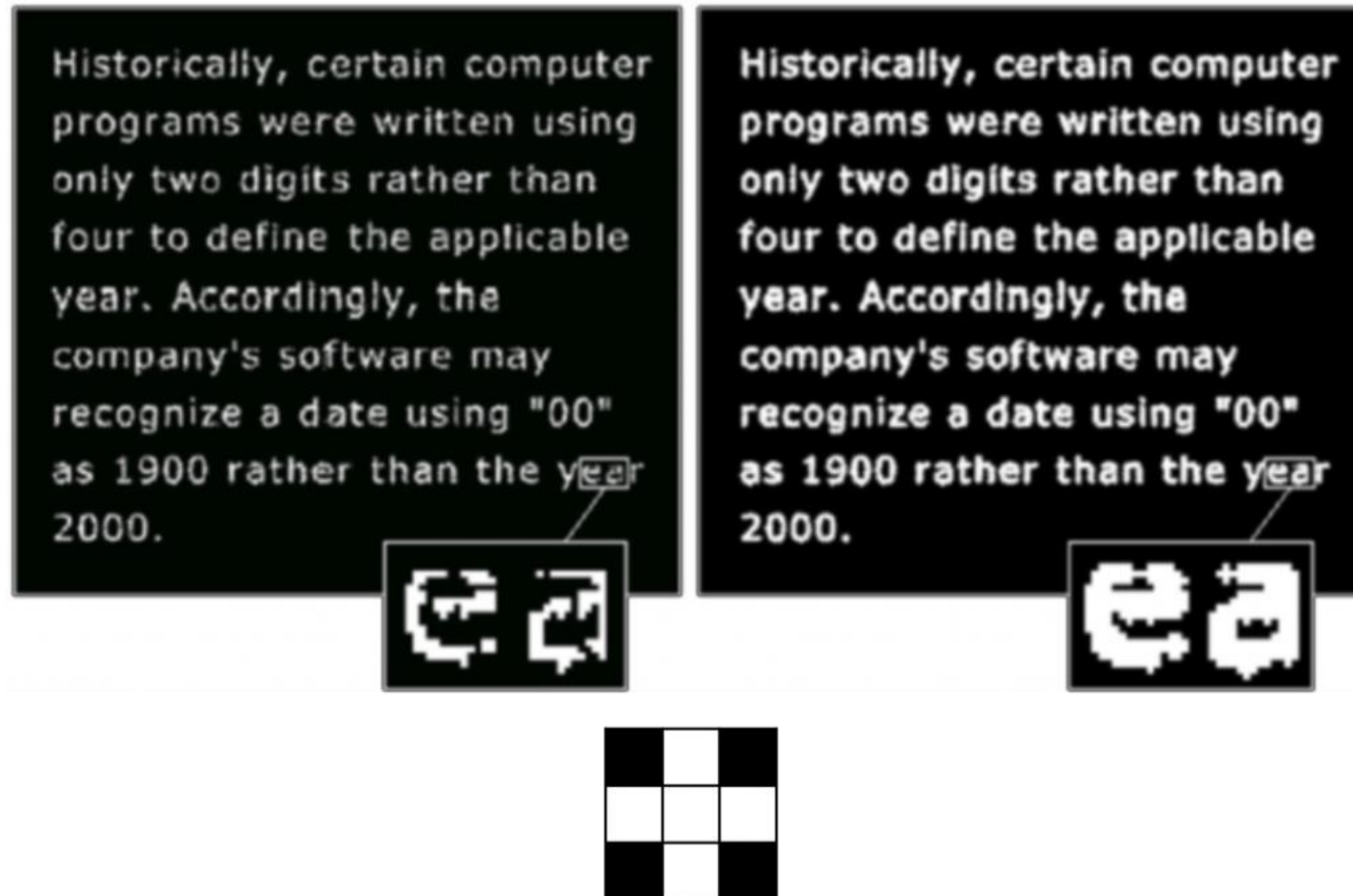
	1	0	1	1					
	0	1	1	1					
I=	1	1	0	0	T=	1 x	0		
	1	0	1	1		0	1		

	1	0	1	1					
	0	11	1	11	1				
I=	1	1	01	01	1				
	1	01	11	1					
		1		1	1				

	1	0	1	1	0				
	0	1	1	1	1				
D(I)=	1	1	1	1	1				
	1	1	1	1	0				
	0	1	0	1	1				

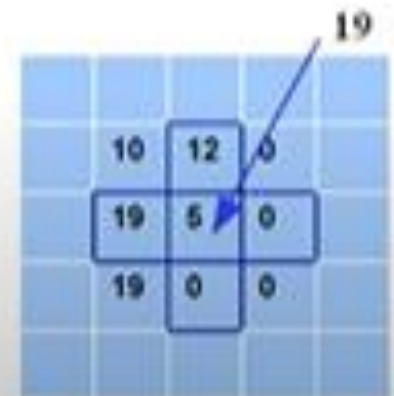
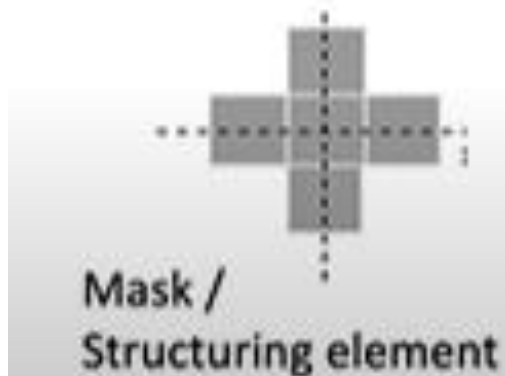
## 6.2. Phép giãn ảnh-Dilation

---



---

Đối với ảnh đa cấp  
xám lấy max các giá  
trị điểm ảnh thu được  
từ ảnh trong cửa sổ  
của phần tử cấu trúc  
khi áp lên ảnh



## 6.2. Phép giãn ảnh-Dilation

---

- Với phép toán  $D(\text{Dilation})$  cho ảnh  $I_{M \times N}$ , mẫu  $T_{m \times n}$ , thì  $D(I)_{M+m-1, N+n-1}$
- Ứng dụng:
  - Làm cho đối tượng trong ảnh tăng lên về kích thước
  - Các lỗ nhỏ trong ảnh được lấp đầy
  - Nối liền đường biên ảnh đối với những đoạn rời nhỏ



## 6.3. Phép co ảnh EROSION

---



**Before erosion**



**After erosion**

## 6.3. Phép co ảnh EROSION

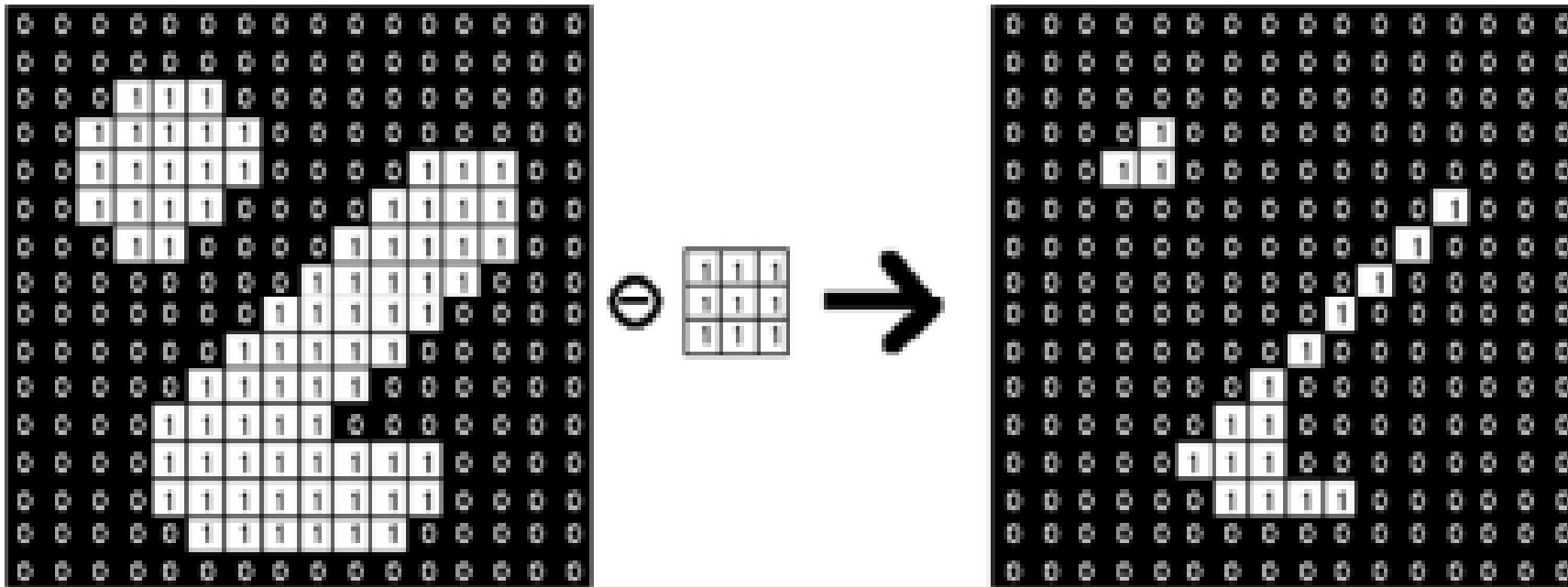
---

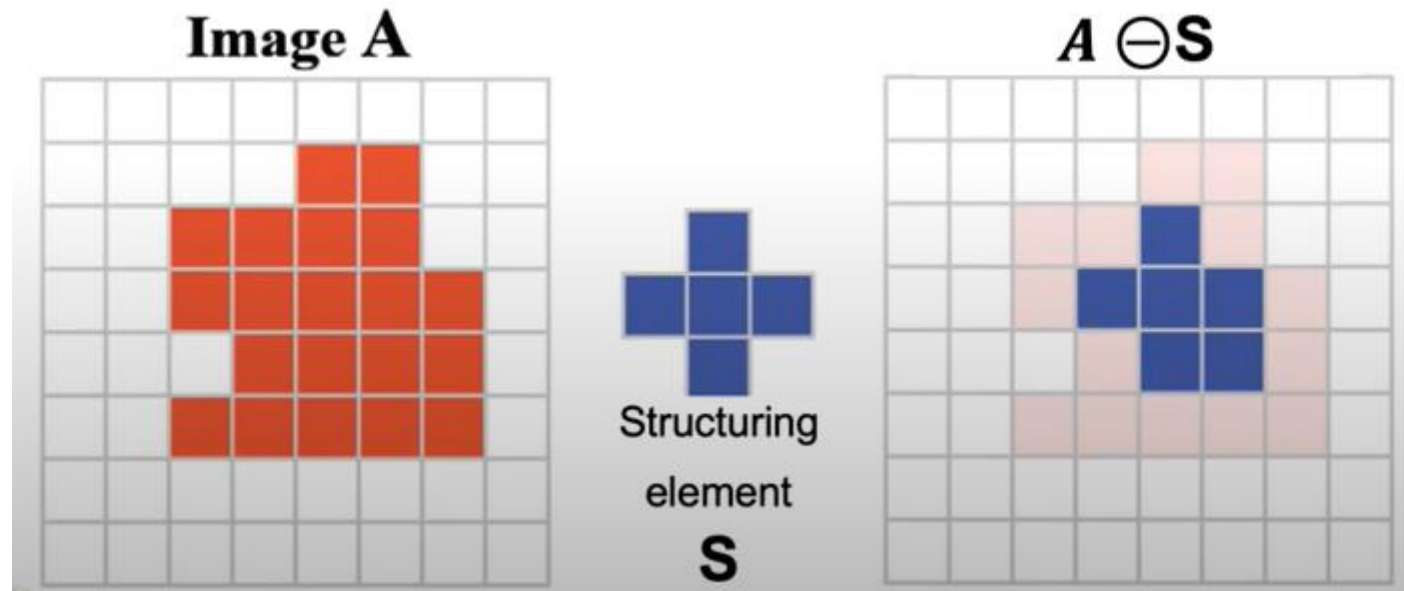
- $E(A) = \{p / v(p) \subset A\}$
- Mục đích: Xoá nhiễu
- Toán tử Erosion trên ảnh nhị phân  $I$  với phần tử cấu trúc  $T$  là tập hợp các điểm  $x$  sao cho  $T_x$  là tập con của  $I$

$$E(I) = I \ominus T = \{x \mid T_x \subseteq I\}$$

## 6.3. Phép co ảnh EROSION

---





## 6.3. Phép co ảnh EROSION

---

$$I = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad T = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 1 \times 1 \end{pmatrix}$$
$$E(I) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Đối với ảnh đa cấp  
xám lấy min các giá  
trị điểm ảnh thu được  
từ ảnh trong cửa sổ  
của phần tử cấu trúc  
khi áp lên ảnh



## 6.3. Phép co ảnh EROSION

---

- Cho ảnh  $I_{M \times N}$ ,  $T_{m \times n}$ ,  $E(I)_{M-m+1, N-n+1}$
- Ứng dụng:
  - Giảm kích thước của đối tượng
  - Tách rời các đối tượng gần nhau
  - Làm mảnh
  - Tìm xương của đối tượng

## 6.4. Một số tính chất

---

- Tính gia tăng

$$X \subseteq X' \rightarrow X \oplus B \subseteq X' \oplus B \quad \forall B$$

$$X \ominus B \subseteq X' \ominus B \quad \forall B$$

$$B \subseteq B' \rightarrow X \oplus B \subseteq X \oplus B' \quad \forall X$$

$$X \ominus B \supseteq X \ominus B' \quad \forall X$$



## 6.4. Một số tính chất

---

- Tính phân phối với phép  $\cup$

$$X \oplus (B \cup B') = (X \oplus B) \cup (X \oplus B')$$

$$X \ominus (B \cup B') = (X \ominus B) \cap (X \ominus B')$$

- Tính phân phối với phép  $\cap$

$$(X \cap Y) \ominus B = (X \ominus B) \cap (Y \ominus B)$$

## 6.4. Một số tính chất

---

- Tính kết hợp

$$(X \oplus B) \oplus B' = X \oplus (B \oplus B')$$

$$(X \ominus B) \ominus B' = X \ominus (B \oplus B')$$

- Tính đối ngẫu

$$X^c \oplus B = (X \ominus B)^c$$

$X$  là một đối tượng thì  $X^c$  là nền

## 6.4. Một số tính chất

---

- Một số tính chất khác

$$A \oplus B = B \oplus A$$

$$A \ominus B \neq B \ominus A$$

$$(A \ominus B) \oplus B \neq A \neq (A \oplus B) \ominus B$$

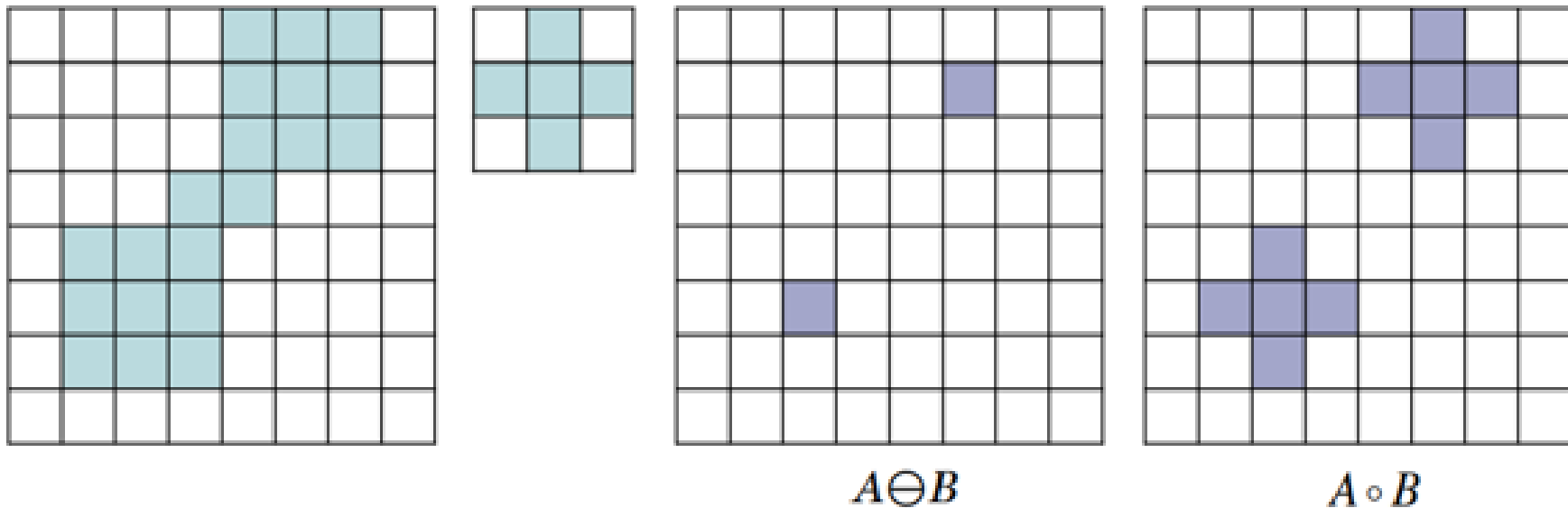
## 6.5. Các phép toán đóng/ mở

---

- Phép mở

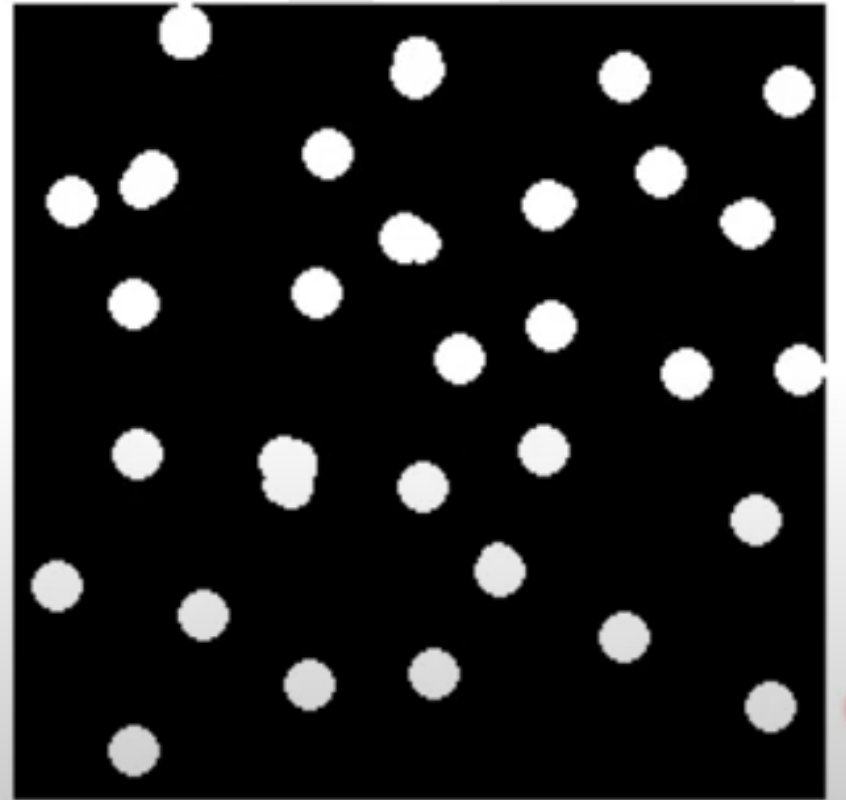
$$\text{OPEN}(I) = D(E(I)) = I \circ T = (I \ominus T) \oplus T$$

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





**Before opening**



**After opening**

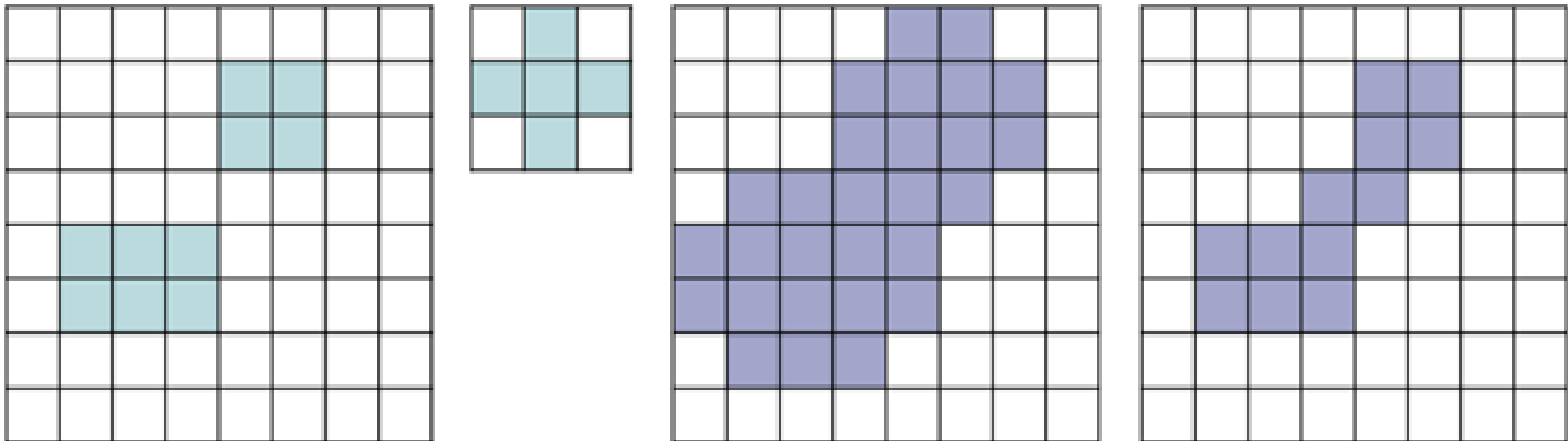
## 6.5. Các phép toán đóng/ mở

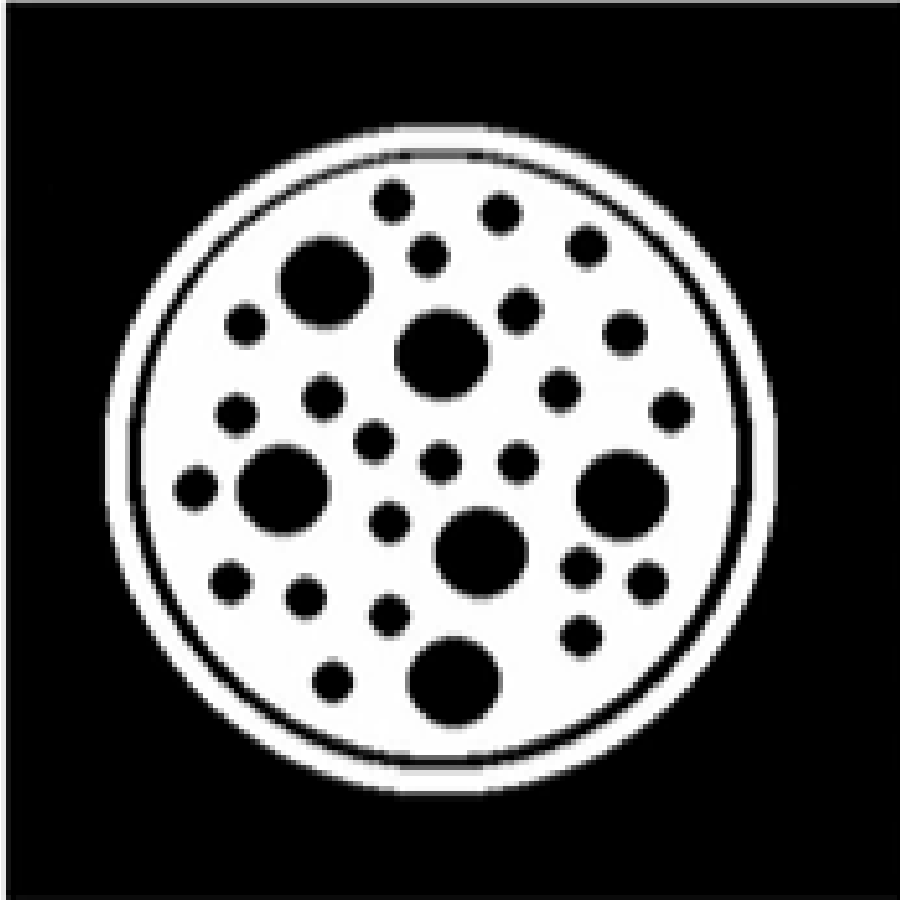
---

- Phép đóng

$$\text{CLOSE}(I) = E(D(I)) = I \bullet T = (I \oplus T) \ominus T$$

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





**Before closing**



**After closing**

## 6.5. Các phép toán đóng/ mở

---

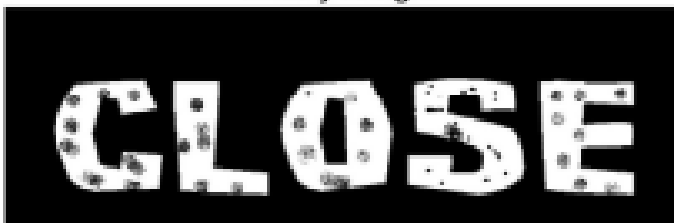
Binary image



Opening image



Binary image



Closing image





## Opening vs Closing



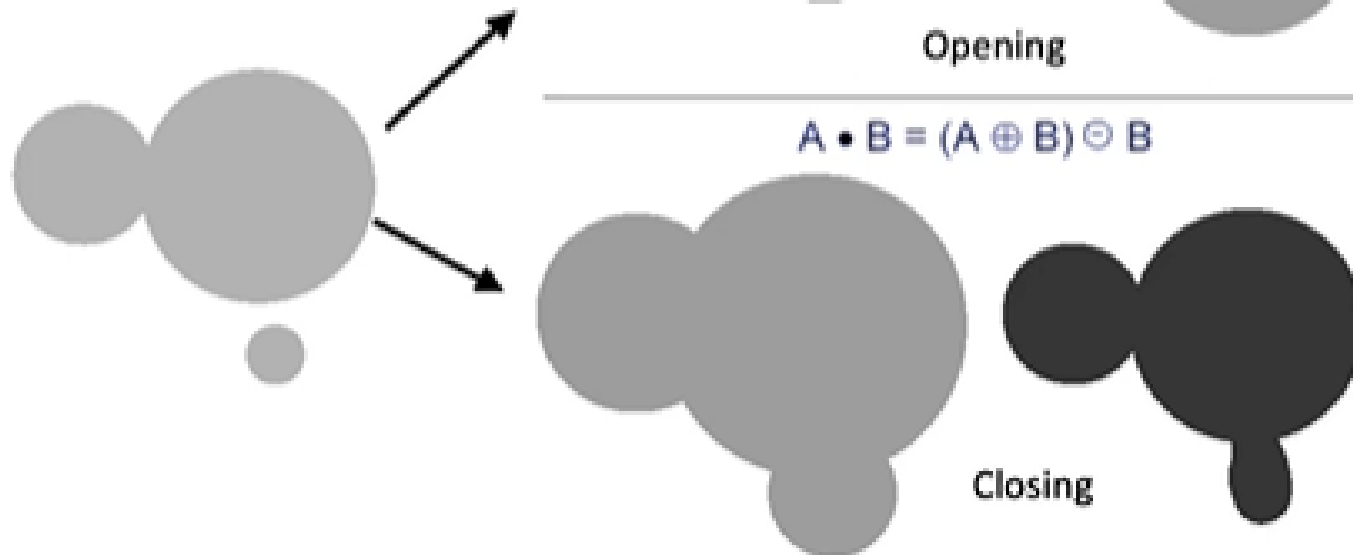
Structuring element

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



Opening

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



Closing

## 6.5. Các phép toán đóng/ mở

---

- Ví dụ: Cho ảnh I, phần tử cấu trúc T
- Tính D(I), E(I), OPEN(I), CLOSE(I)

$$I = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, T = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

## 6.5. Các phép toán đóng/ mở

---

$$I \oplus T = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad I \oplus T \ominus T = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$I \ominus T = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad I \ominus T \oplus T = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

## 6.5. Các phép toán đóng/ mở

---

### Một số tính chất

- X bị chặn bởi các cận OPEN và CLOSE

$$(X \oplus B) \ominus B \supseteq X \supseteq (X \ominus B) \oplus B$$

- Tính bất biến

$$((X \oplus B) \ominus B) \oplus B = X \oplus B$$

$$((X \ominus B) \oplus B) \ominus B = X \ominus B$$

## 6.5. Các phép toán đóng/ mở

---

- Một số tính chất khác

$$A_1 \subseteq A_2$$

$$\text{OPEN}(A_1) \subseteq \text{OPEN}(A_2)$$

$$\text{OPEN}(\text{OPEN}(I)) = \text{OPEN}(I)$$

$$\text{CLOSE}(A_1) \subseteq \text{CLOSE}(A_2)$$

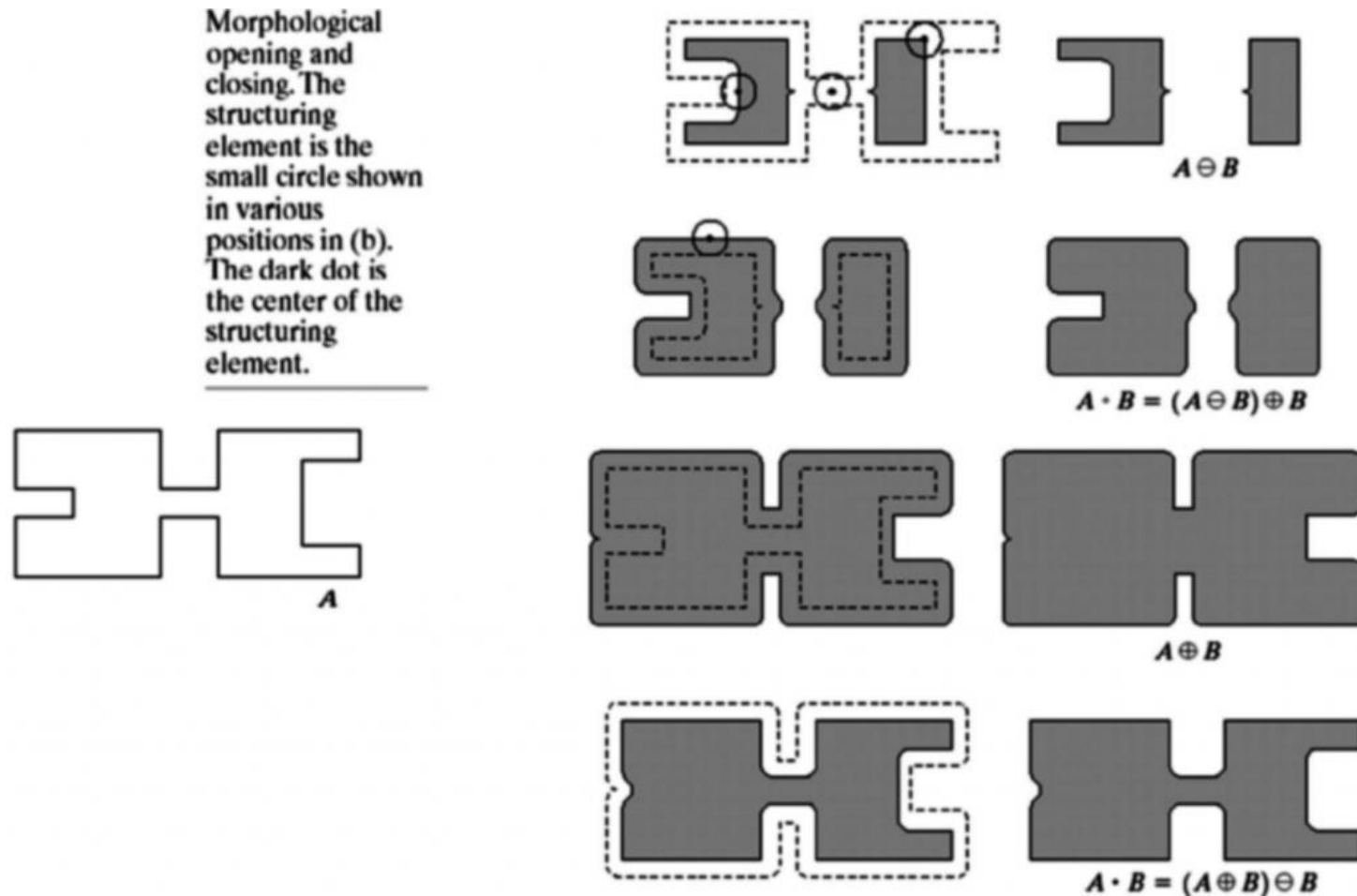
$$\text{CLOSE}(\text{CLOSE}(I)) = \text{CLOSE}(I)$$

## 6.5. Các phép toán đóng/ mở

---

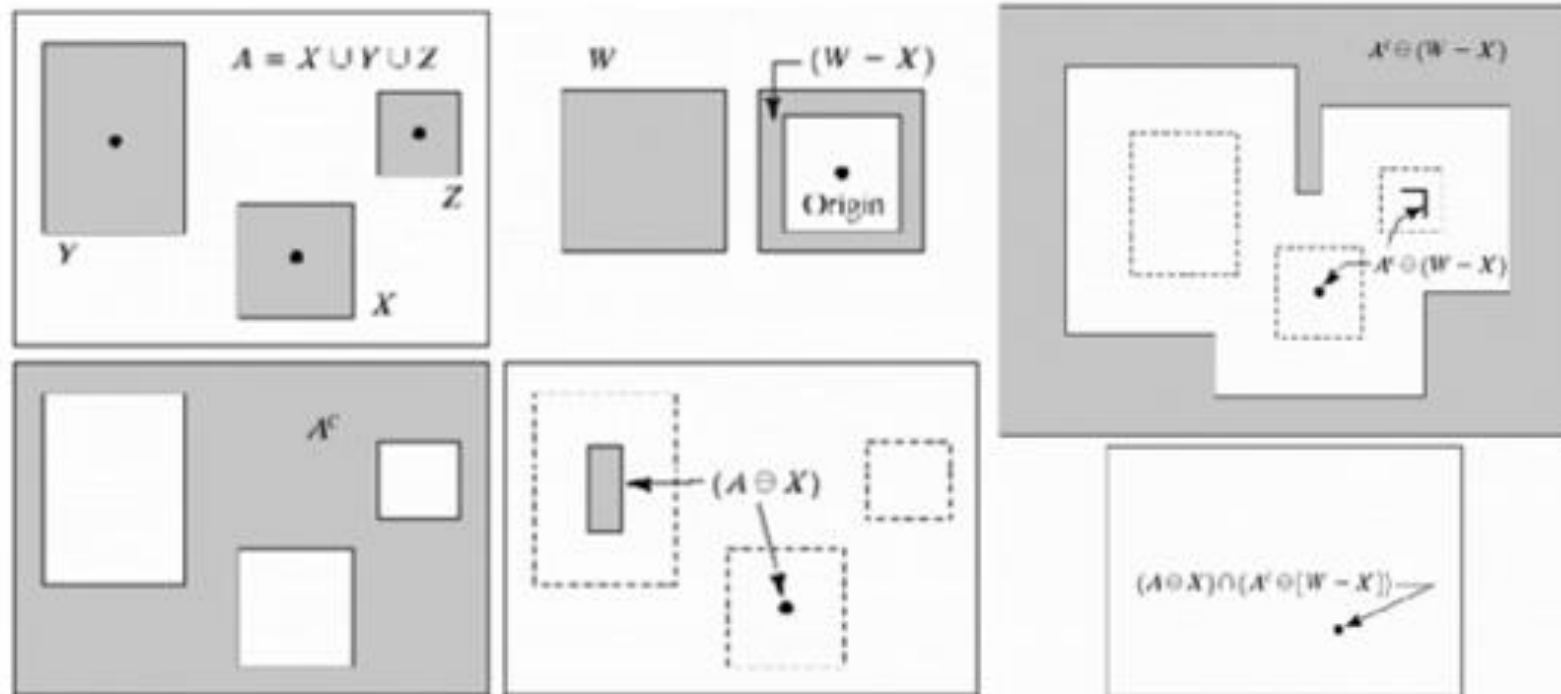
- Ứng dụng: loại bỏ các phần lồi lõm và làm cho đường bao đối tượng ảnh trở nên mượt mà
- Phép toán đóng được áp dụng trong việc làm trơn đường bao đối tượng, lấp đầy các khoảng trống trên biên và loại bỏ những hố nhỏ

## 6.5. Các phép toán đóng/ mở



## 6.6. Phép biến đổi “Hit or miss”

- Giả sử ký hiệu tập B là tập hợp bao gồm X và phần nền, phép biến đổi hit (vừa) của B trong A được xác định như sau:  
$$A \odot B = (A \ominus X) \cap [A^c \ominus (W - X)]$$





## 6.6. Phép biến đổi “Hit or miss”

---

- Ký hiệu tổng quát  $B=(B_1, B_2)$ , trong đó:
- $B_1=X$  và  $B_2 = (W-X)$

$$A \odot B = (A \ominus B_1) \cap [A^c \ominus B_2]$$

- $HMT_B(X) = \{x | (B_1)_x \subseteq X, (B_2)_x \subseteq X^c\}$

## 6.6. Phép biến đổi “Hit or miss”

---

Một số trường hợp sử dụng phép biến đổi Hit-or-Miss:

- Các điểm bị cô lập
- Điểm kết thúc
- Điểm nhiều lán giềng
- Điểm biên

## 6.7. Ứng dụng của kỹ thuật hình thái học

---

### 6.7.1 Trích chọn biên ảnh

- Để trích lọc biên của ảnh nhị phân A, thực hiện hai bước sau :
  - Thực hiện phép co ảnh với phần tử cấu trúc B được xác định theo kinh nghiệm tùy theo từng ứng dụng cụ thể
  - Thực hiện khử nền ảnh bằng cách lấy ảnh gốc A trừ cho ảnh thu được sau khi co ảnh ở bước trước
- Quá trình trích biên được thực hiện bằng công thức sau :

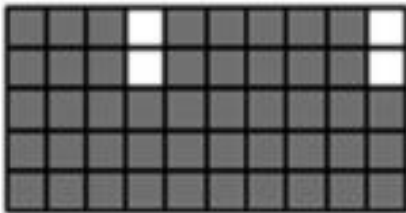
$$E=A-(A\ominus B)$$

## 6.7.1. Trích chọn biên ảnh

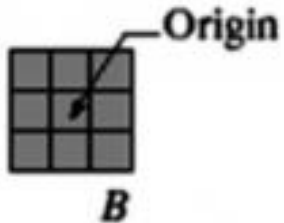
---

Boundary  
extraction

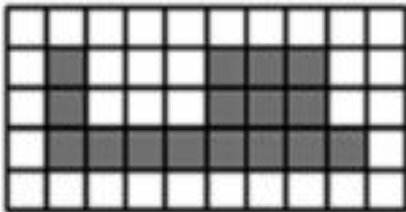
$$\beta(A) = A - (A \ominus B)$$



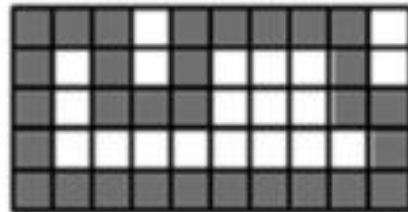
$A$



$B$



$A \ominus B$



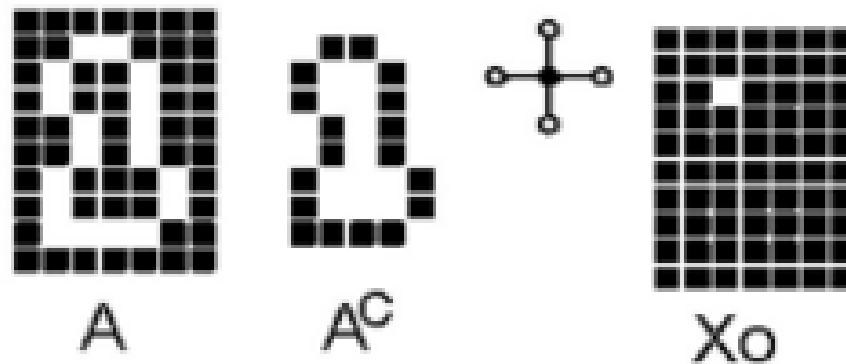
$\beta(A)$



## 6.7.2. Tô vùng – Region fill

---

- A là một vùng của đối tượng gồm các điểm ảnh là đường biên đối tượng có giá trị bằng 1 và các điểm ảnh không thuộc biên của đối tượng quan tâm được gán giá trị 0
- B là một phần tử cấu trúc và  $X_0(x)=1$  (điểm xuất phát) là một điểm ảnh bất kỳ nằm phía trong được bao bởi biên của đối tượng



## 6.7.2. Tô vùng – Region fill

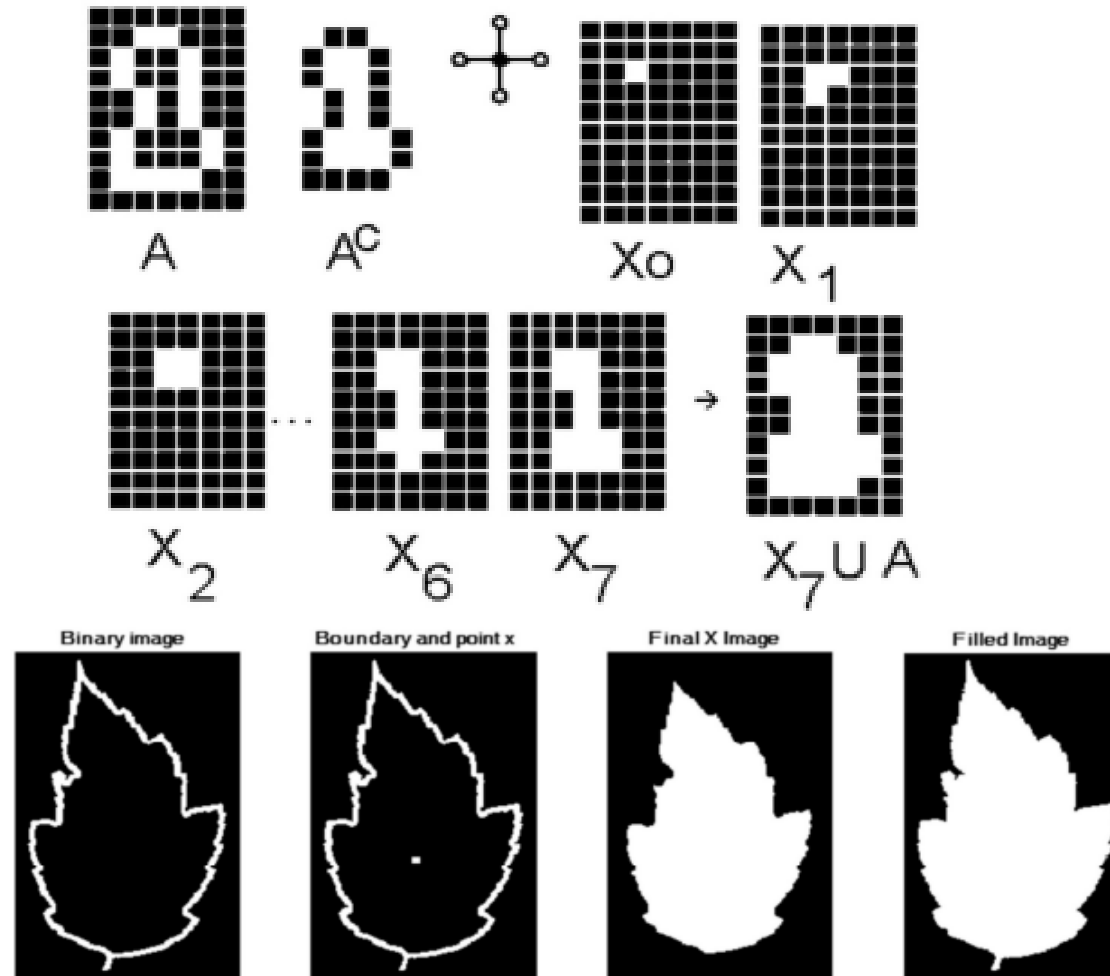
---

Quá trình tô đầy đối tượng được thực hiện bằng thuật toán lặp như sau:

- $X_k = (X_{k-1} \oplus B) \cap A^c$  với  $k=1,2,3\dots$  và  $A^c$  là phần bù của  $A$
- Quá trình kết thúc khi  $X_k = X_{k-1}$
- Kết quả cuối cùng thu được là  $F = A \cup X_k$

## 6.7.2. Tô vùng – Region fill

---



## 6.7.3. Gán nhãn cho các thành phần liên thông

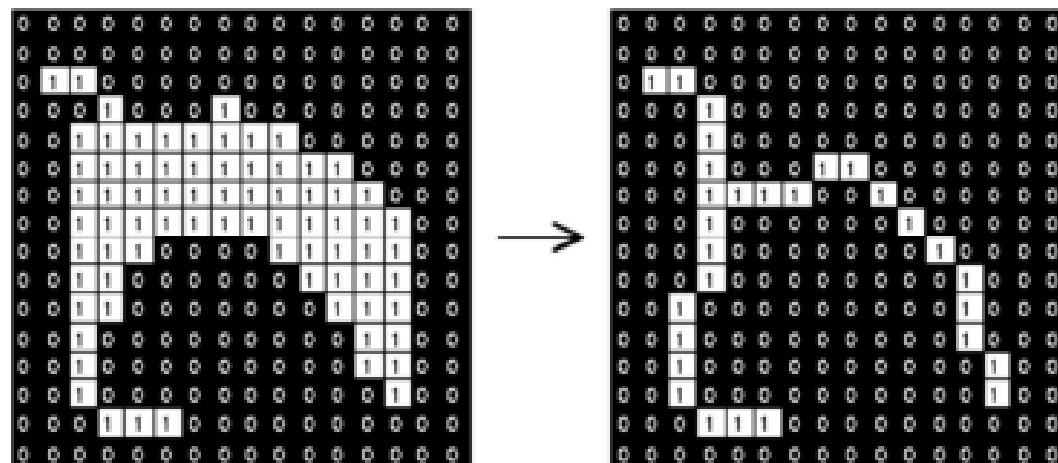
---

- Cho một tập  $A$  chứa một hoặc nhiều thành phần liên thông
- $X_0$  là một tập chứa một điểm tương ứng cho mỗi thành phần liên thông trong  $A$
- $X_k = (X_{k-1} \oplus B) \cap A$  với  $k=1, 2, 3, \dots$
- Kết thúc khi  $X_k = X_{k-1}$ , tập  $X_k$  chứa tất cả các thành phần liên thông của  $A$
- Dùng phương pháp gán nhãn để gán nhãn cho đối tượng, mỗi đối tượng tách rời được gán một nhãn khác nhau

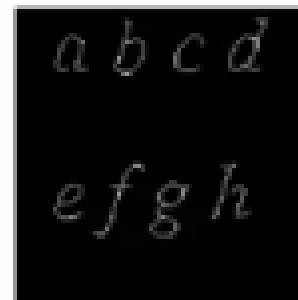


## 6.7.4. Làm mỏng đối tượng

---



(a)



(b)

## 6.7.4. Làm mỏng đối tượng

---

- Làm mỏng đối tượng trong ảnh nhị phân  $A$  với phần tử cấu trúc  $B$ :

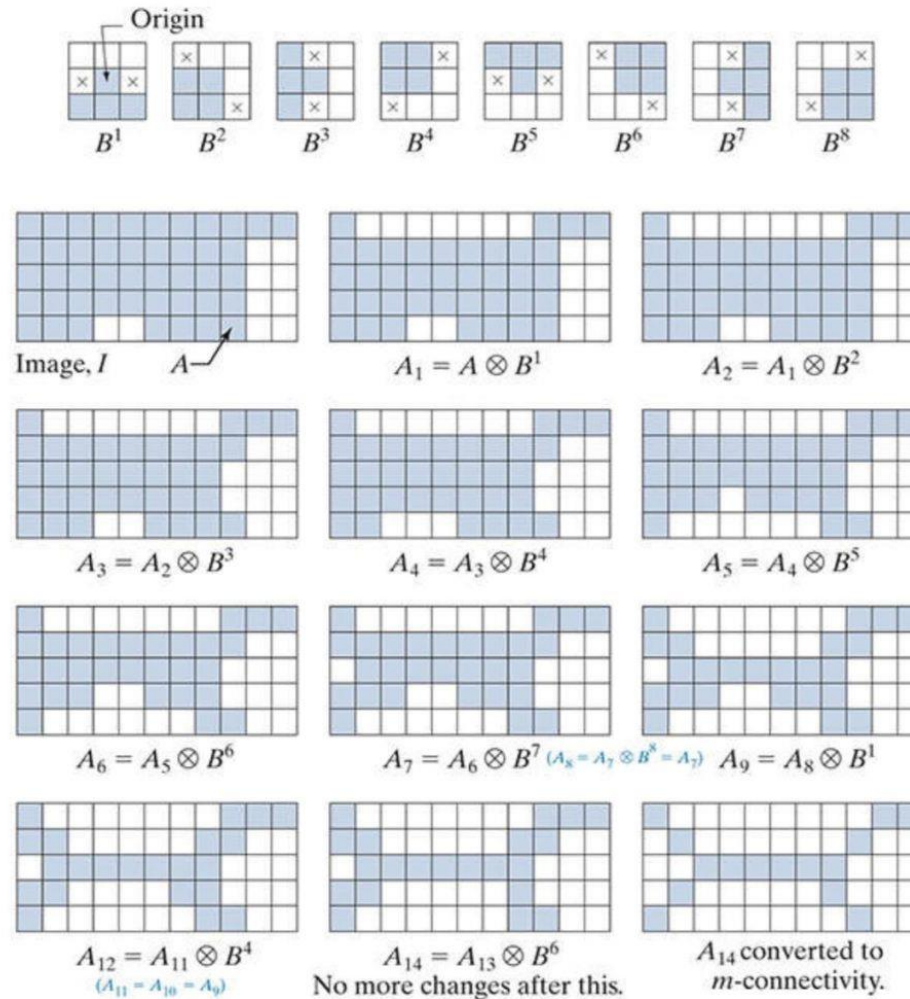
$$A \otimes B = A \setminus (A \odot B_i) = A \cap (A \odot B)^c$$

- Các toán tử làm mỏng đối xứng sử dụng dãy các phần tử cấu trúc  $\{B\} = \{B_1, B_2, \dots, B_n\}$

- Với  $B_i$  là kết quả của phép quay  $B_{i-1}$

$$A \odot B = (\dots((A \odot B_1) \odot B_2)\dots) \odot B_n$$

## 6.7.4. Làm mỏng đối tượng



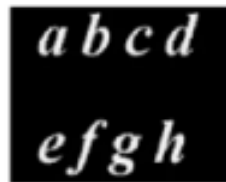
## 6.7.5. Làm dày đối tượng

---

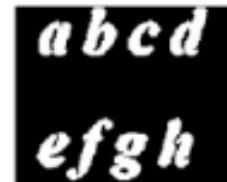
$$A \odot B = A \cup (A \otimes B)$$

- Các toán tử làm dày đối tượng sử dụng dãy các phần tử cấu trúc sau:
- $\{B\} = \{B_1, B_2, \dots, B_n\}$  Với  $B_i$  là kết quả của phép quay  $B_{i-1}$

$$A \odot B = (\dots((A \odot B_1) \odot B_2)\dots) \odot B_n$$



(a)



(b)