

Ứng dụng Xử lý ảnh số & video số

Tuần 2: Toán tử hình thái học trên
ảnh nhị phân

PGS. TS. Lý Quốc Ngọc



KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

Nội dung

- 2.1. Giới thiệu về toán tử hình thái học
- 2.2. Toán tử hình thái học trên ảnh nhị phân
- 2.3. Toán tử hình thái học trên ảnh độ xám

2.1. Giới thiệu về toán tử hình thái học

- Bắt đầu phát triển vào cuối thập niên 1960.
- Dựa trên cơ sở phép toán đại số của các toán tử phi tuyến tác động trên hình dáng đối tượng (***Algebra of non-linear operator***).
- Thay thế phép tích chập (***Linear algebraic system of convolution***).

2.1. Giới thiệu về toán tử hình thái học

- Các tác giả chính: **Matheron, Serra.**
- Thường được dùng trong các ứng dụng mà **hình dáng đối tượng** và **tốc độ xử lý** là vấn đề cần quan tâm như: ảnh **microscopic** (sinh học, vật liệu, địa chất, tội phạm), **kiểm lỗi công nghiệp** (industrial inspection), **nhận dạng kí tự** (OCR), **phân tích tài liệu** (document analysis).

2.1. Giới thiệu về toán tử hình thái học

- **Toán tử Morphology** có đặc tính **bảo toàn đặc trưng hình dáng chính** của đối tượng.
- **Toán tử Morphology** được dùng trong các mục đích chính sau:
 - **Tiền xử lý ảnh** (lọc nhiễu, tinh giãn hình dáng).
 - **Tăng cường cấu trúc đối tượng** (xương hóa, mỏng hóa, dày hóa, bao lồi).
- **Phân đoạn đối tượng từ nền.**
- **Định lượng đối tượng** dựa trên đặc trưng hình học vô hướng (diện tích, chu vi, hệ số Euler-Poincaré).

2.2. Toán tử hình thái học trên ảnh nhị phân

2.2.1. Khái niệm cơ bản

2.2.2. Toán tử giãn nở nhị phân(**Binary Dilation**)

2.2.3. Toán tử co nhị phân(**Binary Erosion**)

2.2.4. Toán tử mở nhị phân(**Binary Opening**)

2.2.5. Toán tử đóng nhị phân(**Binary Closing**)

2.2.6. Toán tử khác

2.2.1. Khái niệm cơ bản

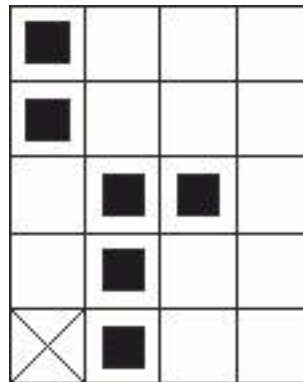
- **Ảnh nhị phân** được biểu diễn bởi tập điểm 2D, là tập con của tập số nguyên 2D: \mathbb{Z}^2
- **Các điểm thuộc đối tượng** trong ảnh có **giá trị 1** được biểu thị bởi **X**.
- **Các điểm thuộc phần bù của đối tượng** trong ảnh có **giá trị 0** được biểu thị bởi **X^c**.

2.2.1. Khái niệm cơ bản

- Ví dụ: tập điểm **X** gồm **các điểm thuộc đối tượng** trong ảnh được xác định:

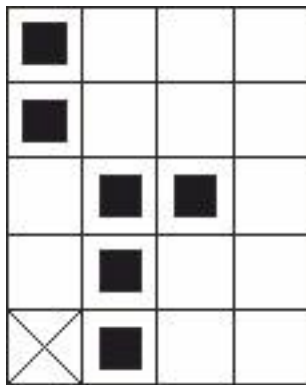
$$X = \{(1, 0), (1, 1), (1, 2), (2, 2), (0, 3), (0, 4)\},$$

$$O = (0, 0)$$

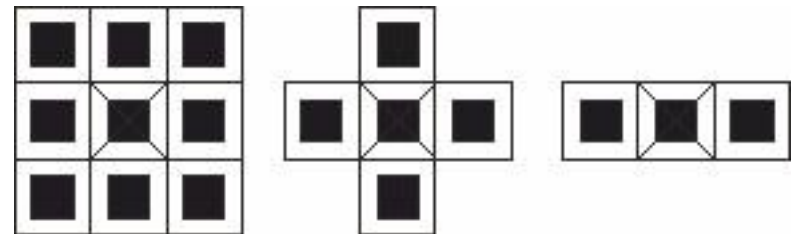


2.2.1. Khái niệm cơ bản

- Phép biến đổi hình thái học được tạo thành dựa vào hai tập:
 - Tập **X** (tập điểm thuộc đối tượng) và
 - Tập **B** (tập điểm kết cấu)



Tập X



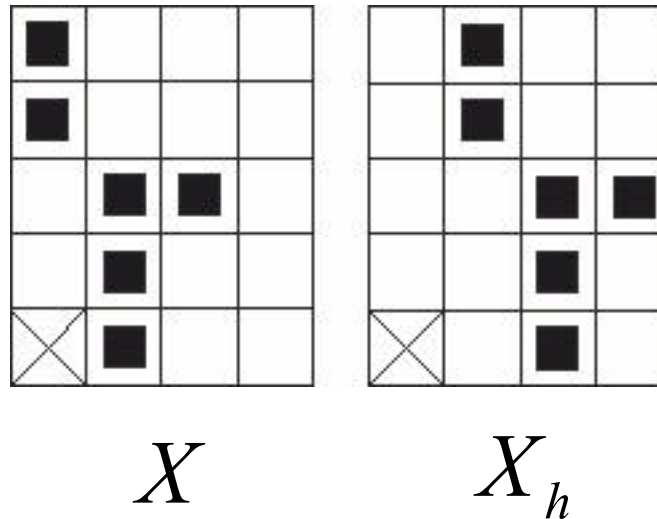
Tập B

2.2.1. Khái niệm cơ bản

- Phép tịnh tiến của tập X bởi vector h được xác định:

$$X_h = \{p \in \varepsilon^2, p = x + h, x \in X\}$$

$$\text{Vd} : h = (1,0)$$



2.2.2. Toán tử giãn nở nhị phân

Mục đích

Lấp kẽ hở, lỗ hổng.

2.2.2. Toán tử giãn nở nhị phân

Định nghĩa

$$X \oplus B = \{p \in \varepsilon^2 : p = x + b, x \in X \text{ and } b \in B\}$$

$$X \oplus B = \{p \in \varepsilon^2 : (\hat{B})_p \cap X \neq \emptyset\}$$

$$X \oplus B = \bigcup_{b \in B} X_b$$

$$VD : X = \{(1, 0), (1, 1), (1, 2), (2, 2), (0, 3), (0, 4)\}$$

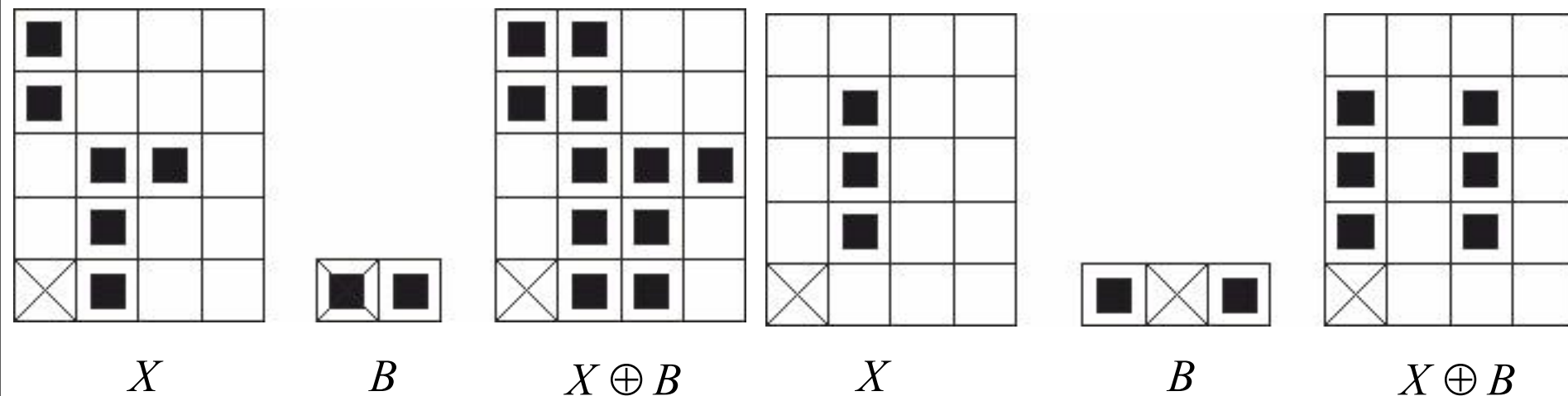
$$B = \{(0, 0), (1, 0)\}$$

$$X \oplus B = \{(1, 0), (1, 1), (1, 2), (2, 2), (0, 3), (0, 4), \\ (2, 0), (2, 1), (2, 2), (3, 2), (1, 3), (1, 4)\}$$

2.2.2. Toán tử giãn nở nhị phân

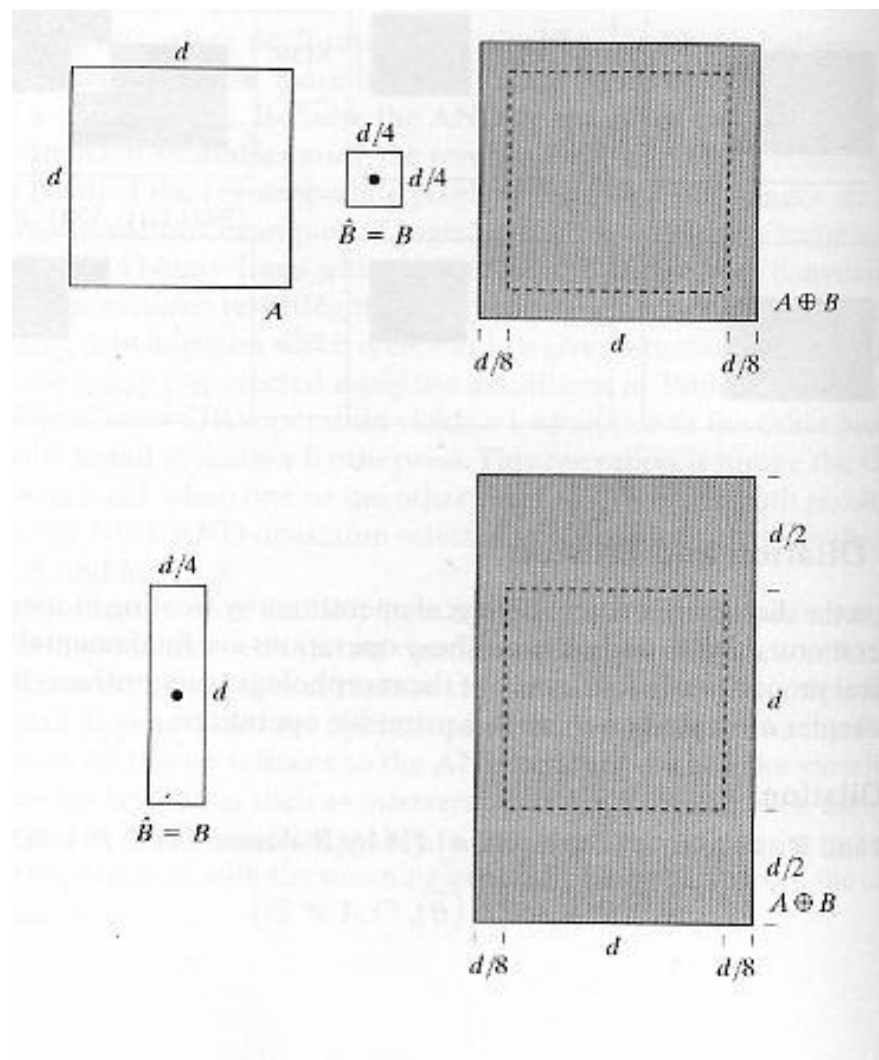
Ví dụ:

$$X \oplus B = \{(1, 0), (1, 1), (1, 2), (2, 2), (0, 3), (0, 4), \\ (2, 0), (2, 1), (2, 2), (3, 2), (1, 3), (1, 4)\}$$



2.2.2. Toán tử giãn nở nhị phân

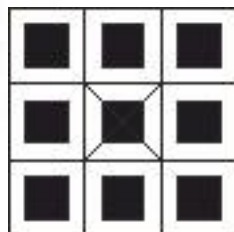
Ví dụ



2.2.2. Toán tử giãn nở nhị phân



X



B



$X \oplus B$

2.2.2. Toán tử giãn nở nhị phân

Tính chất

- Giao hoán:
$$X \oplus B = B \oplus X$$
- Kết hợp:
$$X \oplus (B \oplus D) = (X \oplus B) \oplus D$$
- **Hội tập tịnh tiến:**
$$X \oplus B = \bigcup_{b \in B} X_b$$
- Bất biến với phép tịnh tiến:
$$X_h \oplus B = (X \oplus B)_h$$
- Bảo toàn phép bao hàm:
$$X \subseteq Y \Rightarrow X \oplus B \subseteq Y \oplus B$$

2.2.3. Toán tử co nhị phân

Mục đích

Loại bỏ chi tiết không thích hợp (theo nghĩa về kích thước)

2.2.3. Toán tử co nhị phân

Định nghĩa

$$X \ominus B = \{p \in \varepsilon^2 : p + b \in X, \forall b \in B\}$$

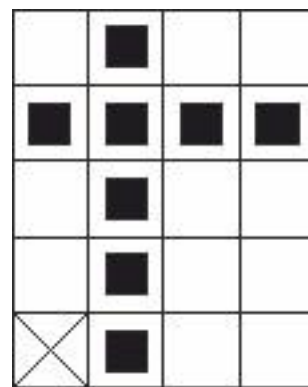
$$X \ominus B = \{p \in \varepsilon^2 : (B)_p \subseteq X\}$$

$$X \ominus B = \bigcap_{b \in B} X_{-b}$$

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

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

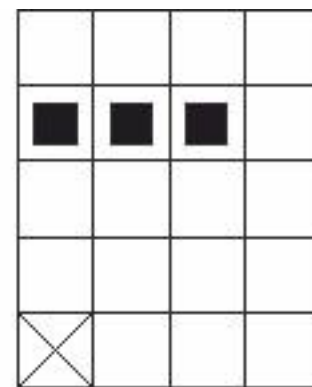
$$X \ominus B = \{(0, 3), (1, 3), (2, 3)\}$$



X



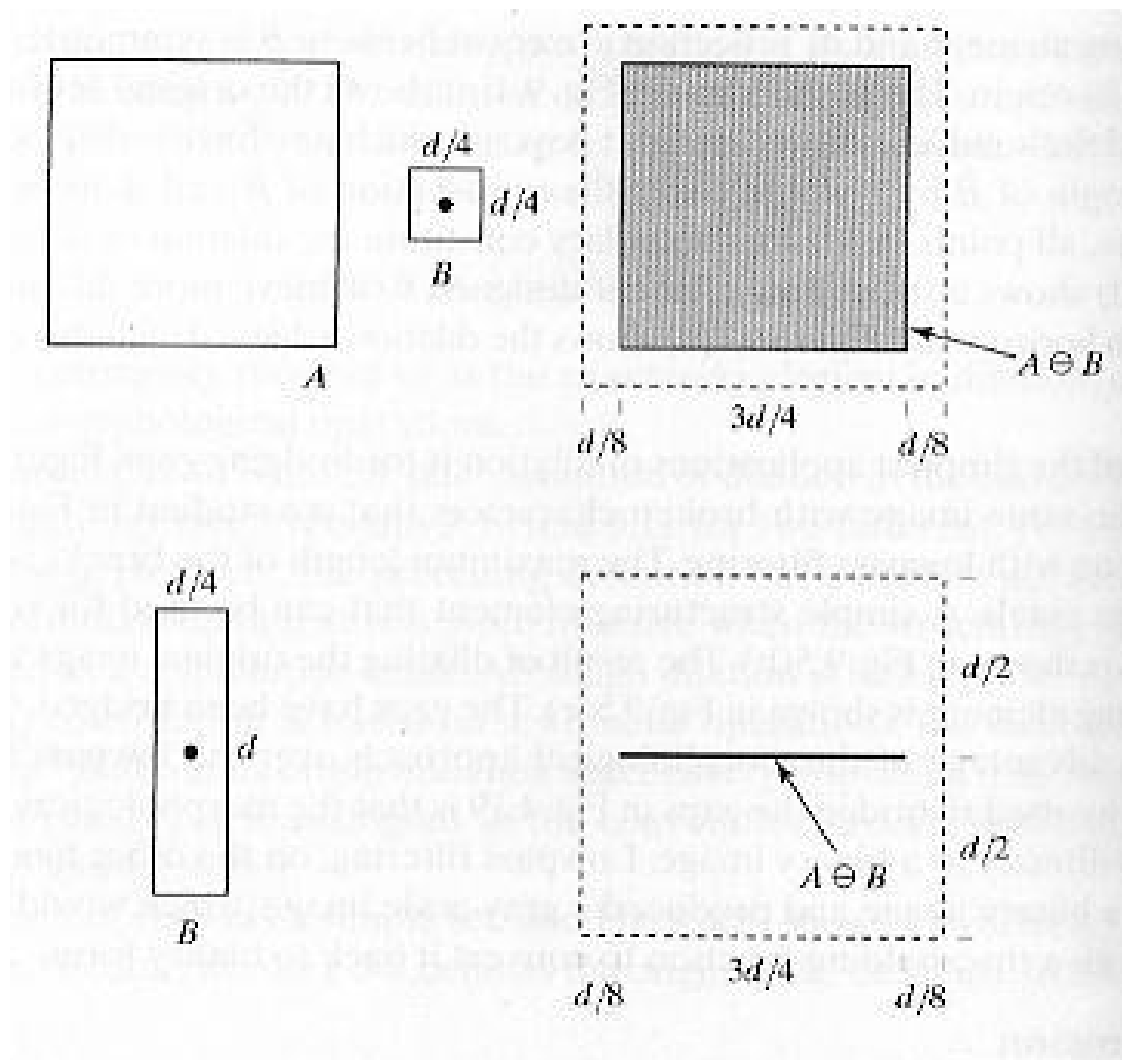
B



$X \ominus B$

2.2.3. Toán tử co nhị phân

Ví dụ

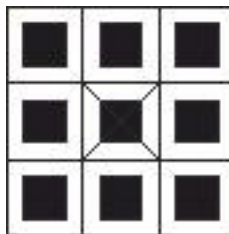


2.2.3. Toán tử cơ nhị phân

Ví dụ



X



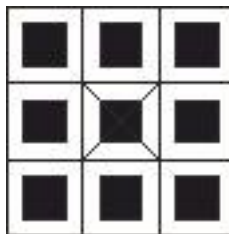
B



$X \oplus B$

2.2.3. Toán tử co nhị phân

Ví dụ



X

B

$X \setminus X \odot B$

2.2.3. Toán tử co nhị phân

Tính chất

- Chồng mở rộng: $(0,0) \in B \Rightarrow X \ominus B \subseteq X$
- Không giao hoán: $X \ominus B \neq B \ominus X$
- **Giao tập tịnh tiến ngược:** $X \ominus B = \bigcap_{b \in B} X_{-b}$
- Bất biến với phép tịnh tiến: $X_h \ominus B = (X \ominus B)_h$
- Bảo toàn phép bao hàm: $X \subseteq Y \Rightarrow X \ominus B \subseteq Y \ominus B$

2.2.4. Toán tử mở nhị phân

Mục đích

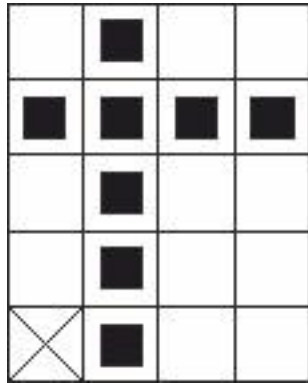
Làm trơn biên đối tượng, loại eo hẹp và chỗ lồi mỏng.

2.2.4. Toán tử mở nhị phân

Định nghĩa

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

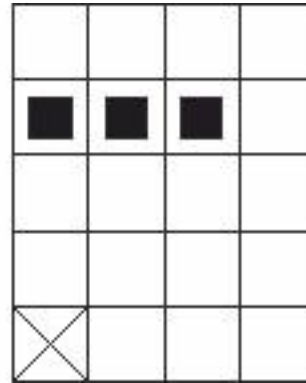
$$(X \circ B = \bigcup \{(B)_p \mid (B)_p \subseteq X\})$$



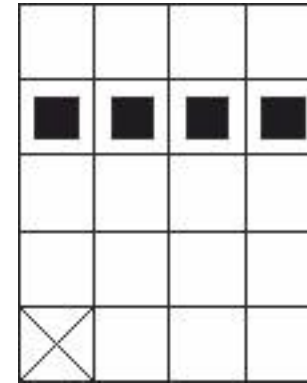
X



B



$X \ominus B$



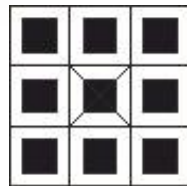
$(X \ominus B) \oplus B$

2.2.4. Toán tử mở nhị phân

Ví dụ $X \circ B = (X \ominus B) \oplus B$



X



B



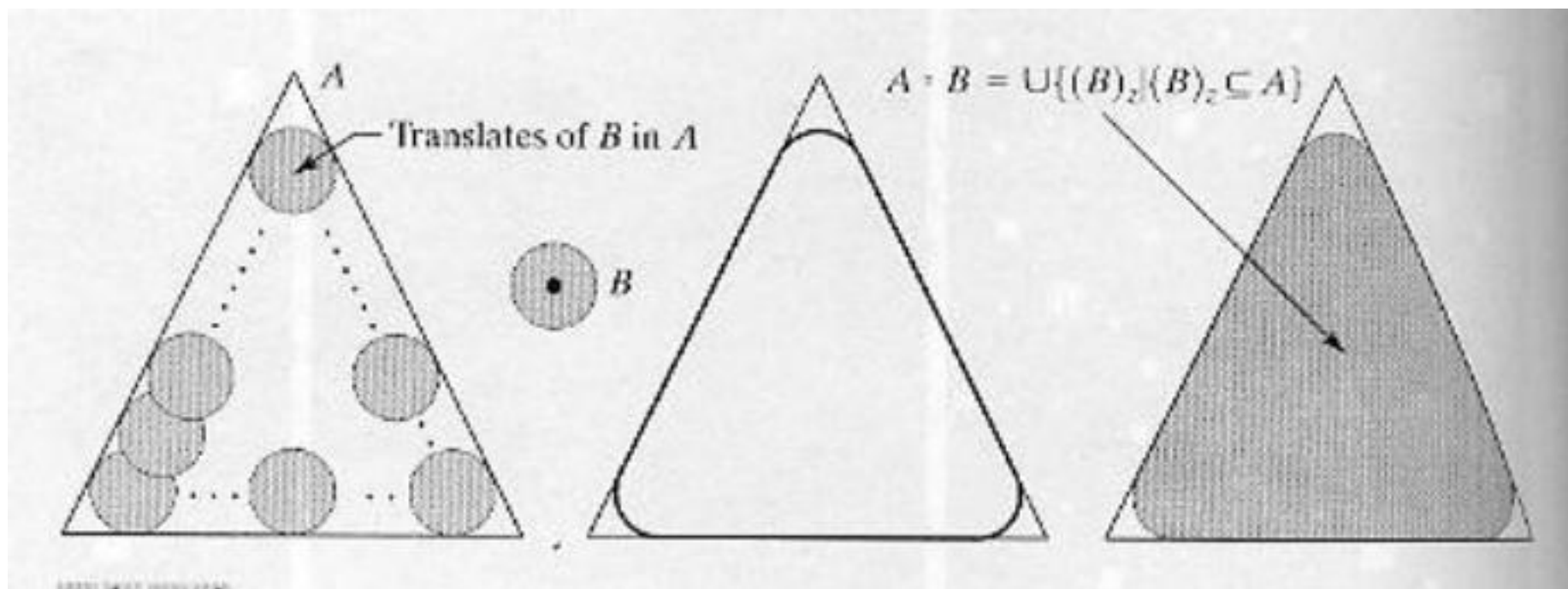
$X \ominus B$



$(X \ominus B) \oplus B$

2.2.4. Toán tử mở nhị phân

Ví dụ $X \circ B = (X \ominus B) \oplus B$



2.2.4. Toán tử mở nhị phân

Tính chất

- Chồng mở rộng: $(0,0) \in B \Rightarrow X \circ B \subseteq X$
- Lũy đẳng: $X \circ B = (X \circ B) \circ B$
- Bảo toàn phép bao hàm: $X \subseteq Y \Rightarrow X \circ B \subseteq Y \circ B$

2.2.5. Toán tử đóng nhị phân

Mục đích

Smooths sections of contours,

Fuses narrow breaks and long thin gulfs,

Eliminates small holes,

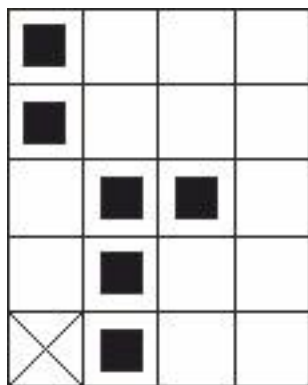
Fill gaps in the contour.

2.2.5. Toán tử đóng nhị phân

Định nghĩa

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

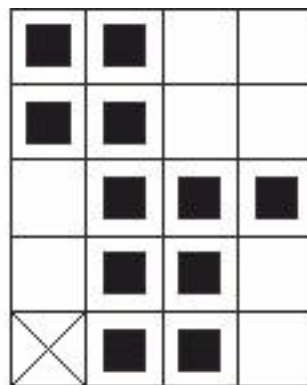
$$X \bullet B = \{w \in \varepsilon^2 : (B)_p \cap X \neq \emptyset, w \in (B)_p\}$$



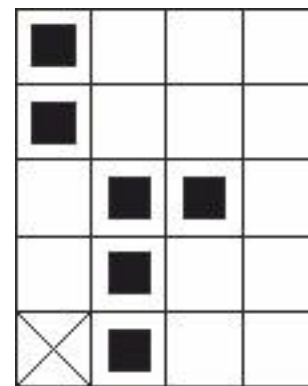
X



B



$X \oplus B$



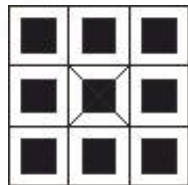
$(X \oplus B) \ominus B$

2.2.5. Toán tử đóng nhị phân

Ví dụ $X \bullet B = (X \oplus B) \ominus B$



X



B



$X \oplus B$

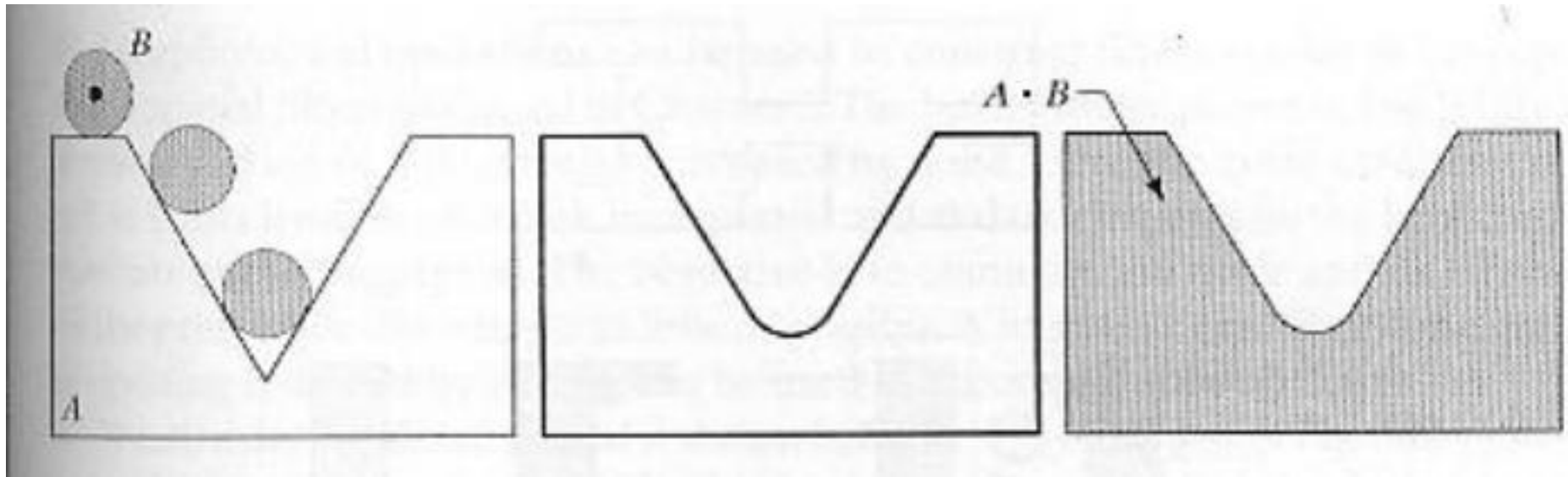


$(X \oplus B) \ominus B$

2.2.5. Toán tử đóng nhị phân

Ví dụ $X \bullet B = (X \oplus B) \ominus B$

$$X \bullet B = \{w \in \varepsilon^2 : (B)_p \cap X \neq \emptyset, w \in (B)_p\}$$



2.2.5. Toán tử đóng nhị phân

Tính chất

- Mở rộng: $(0,0) \in B \Rightarrow X \subseteq X \bullet B$
- Lũy đẳng: $X \bullet B = (X \bullet B) \bullet B$
- Bảo toàn phép bao hàm: $X \subseteq Y \Rightarrow X \bullet B \subseteq Y \bullet B$

2.2.6. Toán tử hình thái học khác

1. Toán tử giãn nở nhị phân(Binary Dilation)
2. Toán tử co nhị phân(Binary Erosion)
3. Toán tử mở nhị phân(Binary Opening)
4. Toán tử đóng nhị phân(Binary Closing)
5. Toán tử Hit-or-Miss
6. Trích biên (Boundary Extraction)
7. Lấp vùng (Region Filling)
8. Bao lồi (Convex Hull)
9. Làm mảnh (Thinning)
10. Làm dày (Thickening)
11. Rút xương (Skeleton)