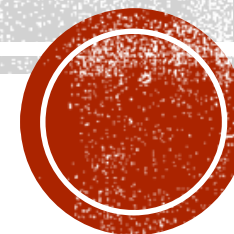


# تصویر پردازشی رقمی

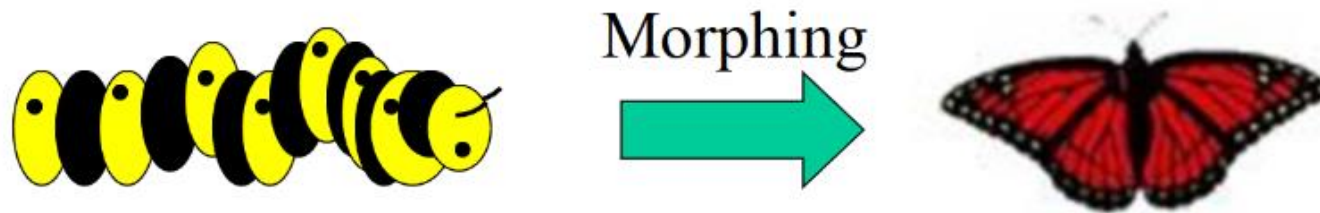
دکتر ملیحه ثابتی  
استادیار گروه کامپیوتر دانشگاه آزاد اسلامی  
واحد تهران شمال



# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی

## ■ شکل شناسی (Morphology)

■ واژه شکل شناسی معمولاً شاخه‌ای از بیولوژی است که با قیافه و ساختمان حیوانات و گیاهان سر و کار دارد همین واژه را در زمینه شکل شناسی ریاضی به عنوان ابزاری برای استخراج مولفه‌های تصویر استفاده می‌کنیم که در نمایش و توصیف شکل ناحیه مثل نواحی مرزها، چارچوب‌ها و پوسته محدب مفید هستند. علاوه بر این به تکنیک‌های شکل شناسی برای پیش یا پس پردازش علاقه مند هستیم مثل فیلتر کردن، باریک کردن (نازک کردن) و هرس کردن

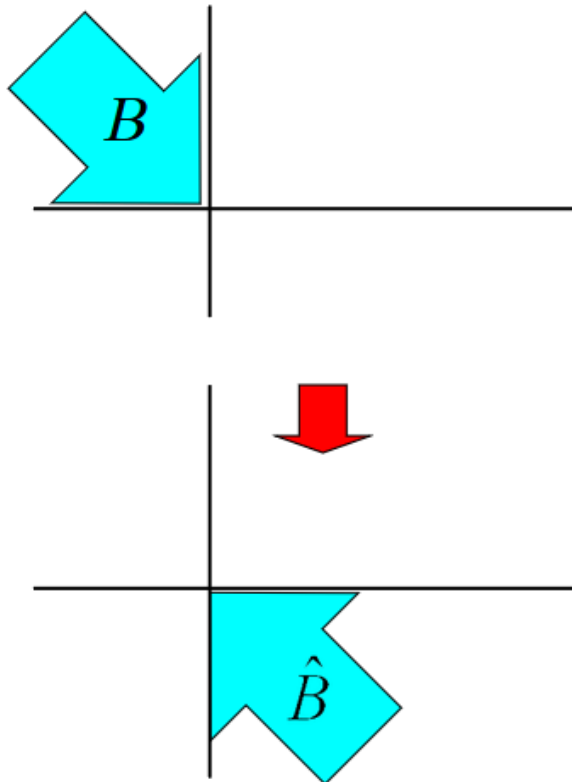


■ مفاهیم انعکاس و انتقال (تبدیل) مجموعه‌ها بطور گسترده در شکل شناسی استفاده می‌شوند تا عملیاتی را براساس عناصر ساختاری (**structuring elements**) فرمول بندی کنند عناصر ساختاری مجموعه‌های کوچک یا زیرتصویرهایی هستند که برای کاوش در تصویر مورد مطالعه، به منظور یافتن خواص مورد نظر بکار می‌روند

# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی

■ انعکاس (reflection)

■ انعکاس  $B$  که با  $\hat{B}$  نمایش داده می شود بصورت زیر تعریف می شود

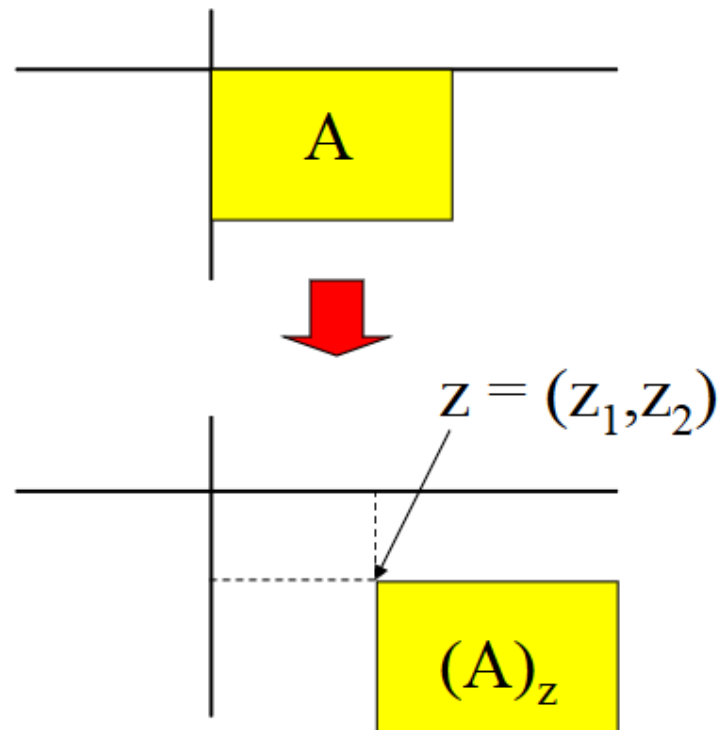


$$\hat{B} = \{w | w = -b, \text{ for } b \in B\}$$

# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی

▪ انتقال (translation)

▪ انتقال مجموعه  $A$  توسط نقطه  $z = \{z_1, z_2\}$  که با  $(A)_z$  نمایش داده می شود بصورت زیر تعریف می شود

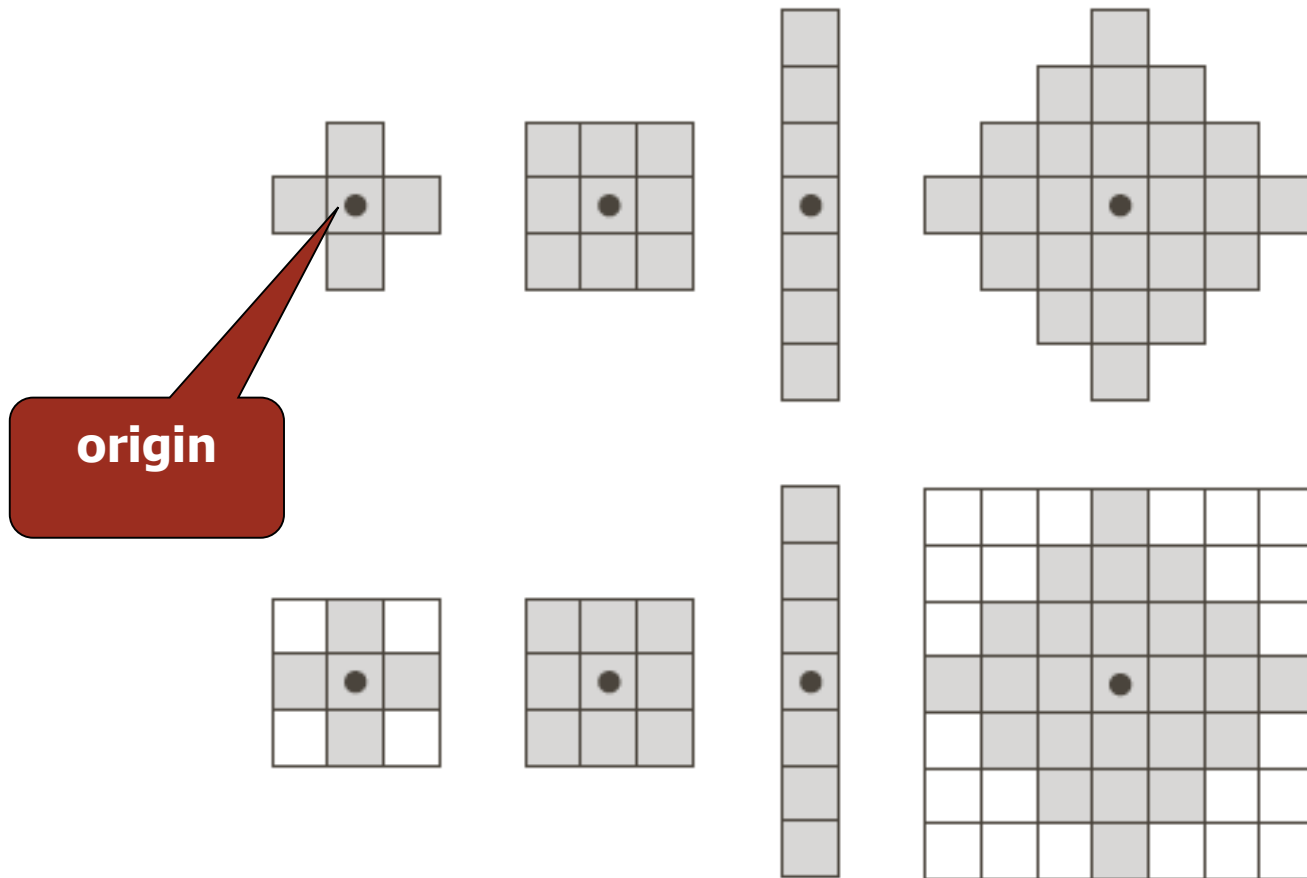


$$(A)_z = \{c | c = a + z, \text{ for } a \in A\}$$

# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی

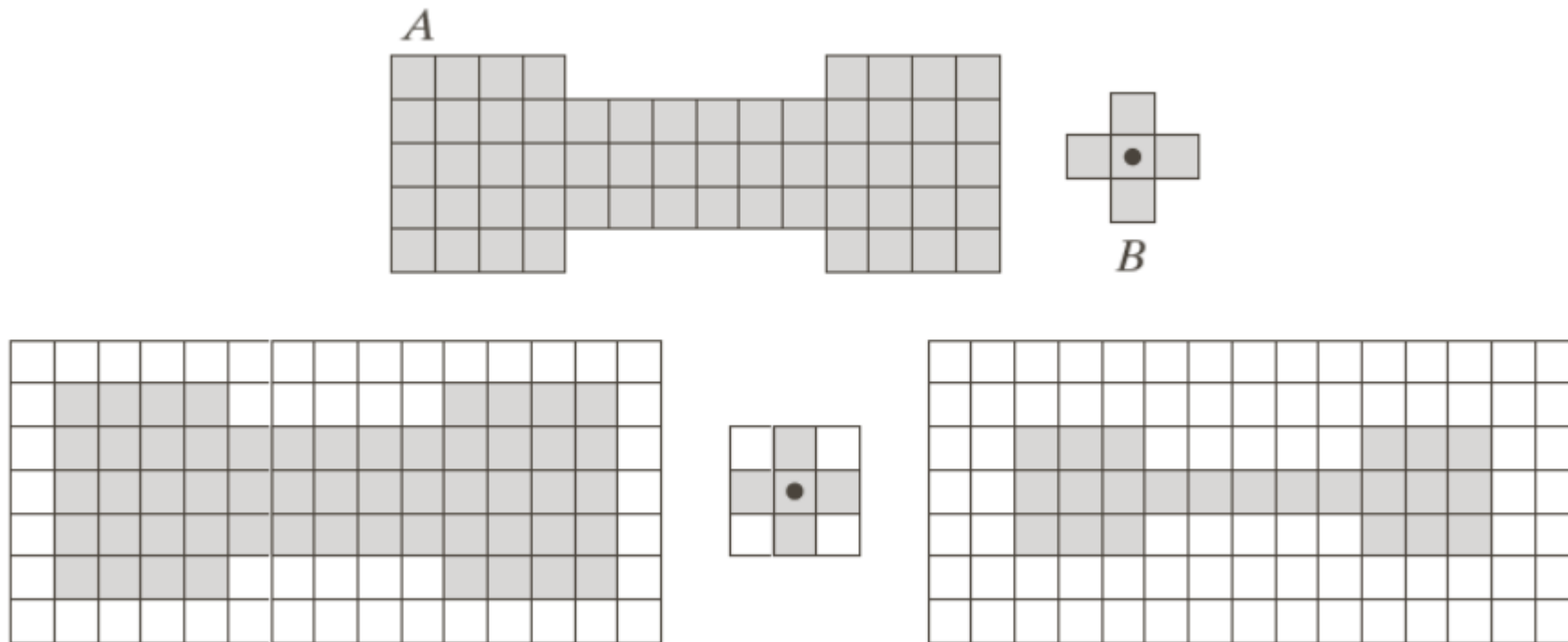
## Structuring element

■ عناصر ساختاری مجموعه های کوچک یا زیرتصویرهایی هستند که برای کاوش در تصویر مورد مطالعه، به منظور یافتن خواص مورد نظر بکار می روند

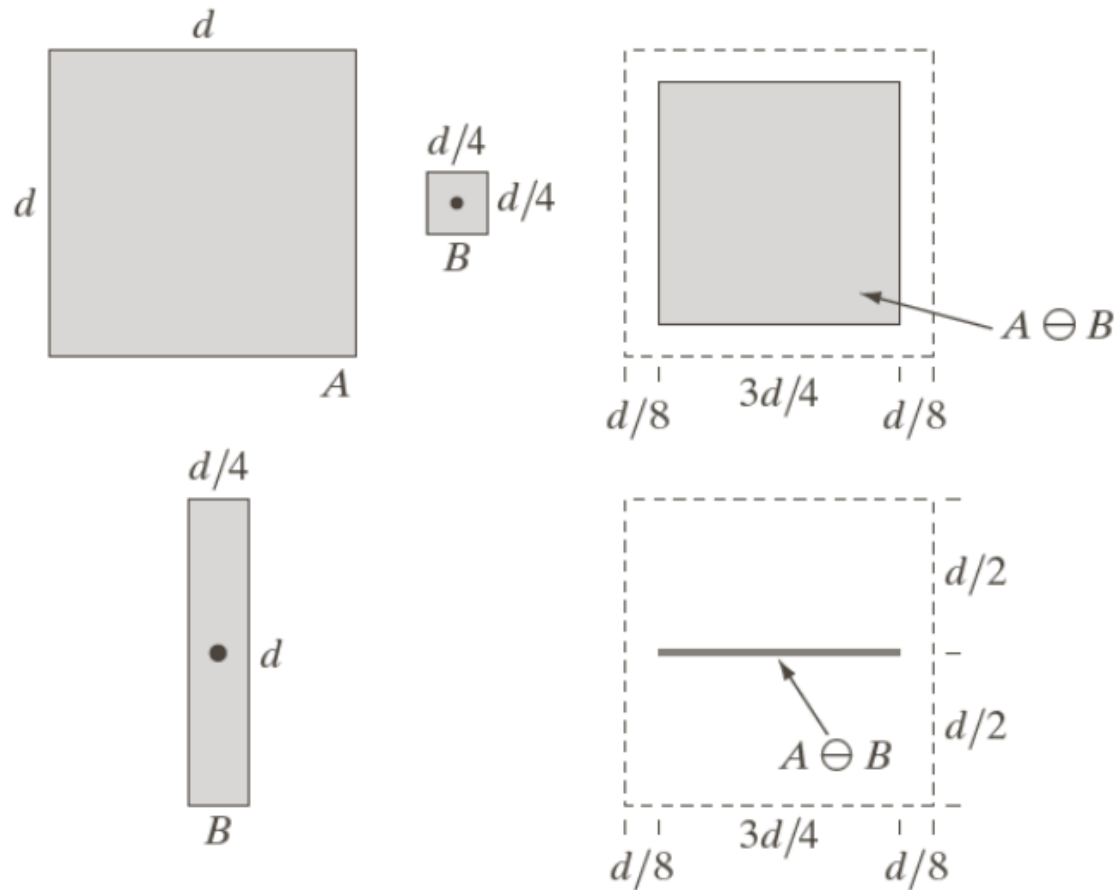


# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی

■ شکل زیر نتیجه اعمال عنصر ساختاری **B** بر روی **A** را نشان می دهد نتیجه این است که مرز مجموعه، فرسایش می یابد



# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی



▪ فرسایش (erosion)

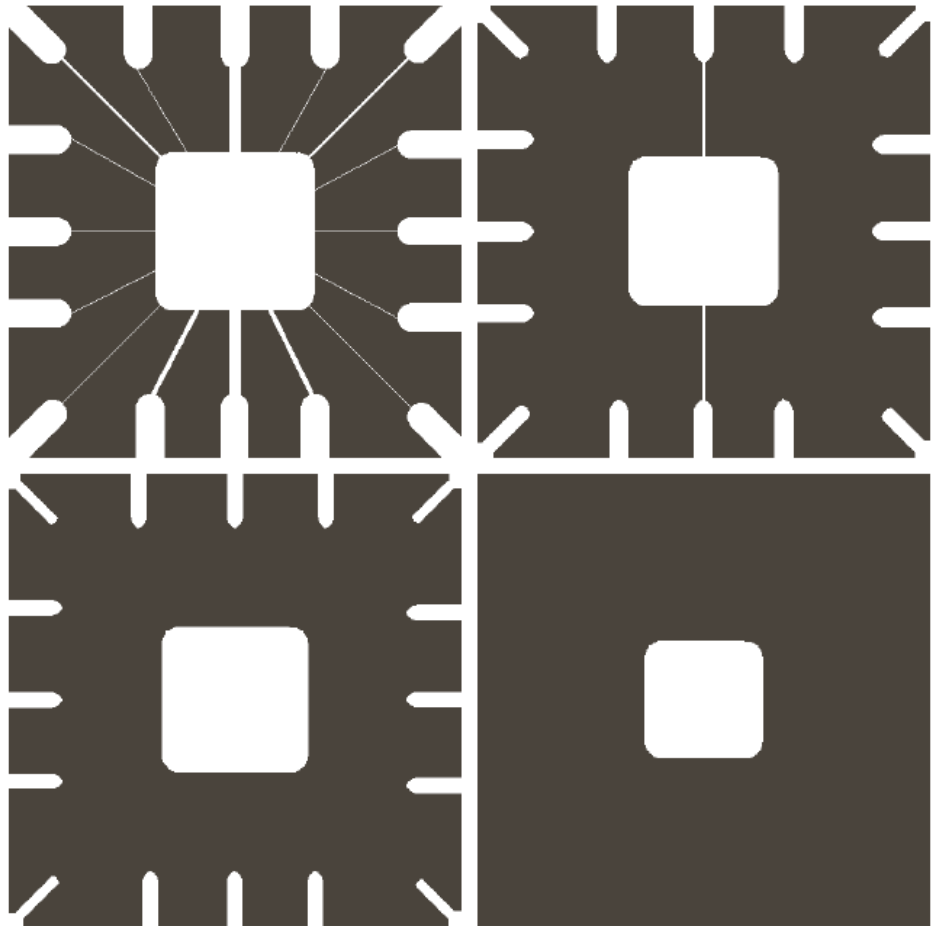
▪ اگر A و B دو مجموعه باشند فرسایش این دو مجموعه بصورت زیر تعریف می شود

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



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

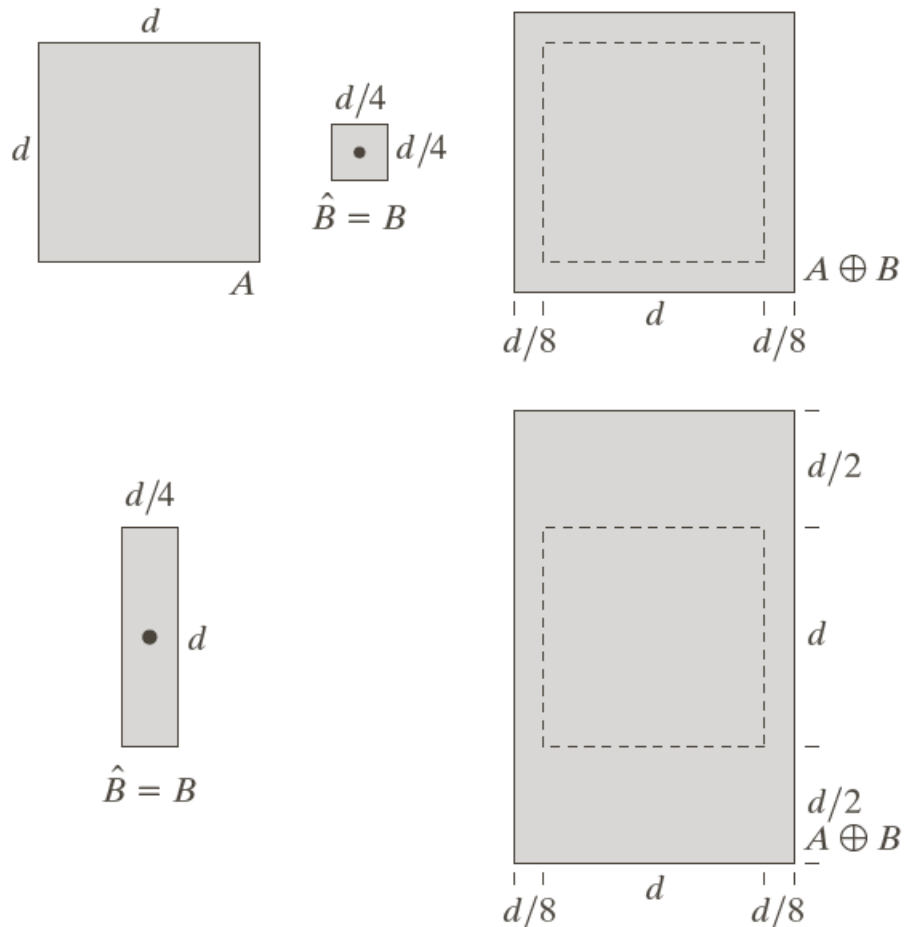
# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی



- شکل زیر نتیجه فرسایش تصویر اصلی را با عناصر ساختاری با اندازه های  $11 \times 11$ ،  $15 \times 15$  و  $45 \times 45$  نشان می دهد
- فرسایش، اشیای موجود در تصویر دودویی را کوتاه یا نازک می کند در حقیقت، فرسایش را می توان به عنوان عملیات فیلتر کردن شکل شناسی در نظر گرفت که در آن جزییاتی از تصویر که کوچک تر از عناصر ساختاری هستند از تصویر حذف (فیلتر) می شوند



# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی



▪ گسترش (dilation)

▪ اگر  $A$  و  $B$  دو مجموعه باشند گسترش این دو مجموعه بصورت زیر تعریف می شود

$$A \oplus B = \{z \mid (B)_z \cap A \neq \emptyset\}$$



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

▪ گسترش  $A$  توسط  $B$ ، مجموعه ای از تغییر مکان هاست بطوری که  $A$  و  $B$  حداقل یک عنصر مشترک دارند همانند قبل فرض می کنیم  $B$  عنصر ساختاری و  $A$  مجموعه (اشیای تصویر) است که باید گسترش یابد

# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی

Historically, certain computer programs were written using only two digits rather than four to define the applicable year. Accordingly, the company's software may recognize a date using "00" as 1900 rather than the year 2000.



Historically, certain computer programs were written using only two digits rather than four to define the applicable year. Accordingly, the company's software may recognize a date using "00" as 1900 rather than the year 2000.



0	1	0
1	1	1
0	1	0

- یکی از ساده ترین کاربردهای گسترش، پر کردن فاصله هاست
- ماتریس شکل زیر، عنصر ساختاری را نشان می دهد که می تواند برای ترمیم فاصله ها بکار رود
- برخلاف فرسایش که عملیات کوتاه سازی یا نازک سازی است گسترش، اشیای موجود در تصویر دودویی را رشد می دهد یا ضخیم تر می کند روش و میزان این ضخیم کردن تحت کنترل شکل عنصر ساختاری مورد استفاده است

# فصل هفتم – پردازش تصویر با شکل شناسی

▪ دوگان (duality)

▪ فرسایش و گسترش نسبت به انعکاس و مکمل مجموعه، دوگان های یکدیگر هستند

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

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

عموما عنصر ساختاری با مکمل خودش برابر است

$$B^c = B$$

▪ این دو معادله نشان می دهد که فرسایش  $A$  توسط  $B$ ، متمم گسترش  $A^c$  توسط  $B$  است و برعکس

# فصل هفتم – پردازش تصویر با شکل شناسی

- باز کردن و بستن
- همانطور که دیدید عمل گسترش، مولفه های تصویر را بزرگ تر می کند و فرسودگی آنها را کوچک می کند در این بخش، دو عملیات شکل شناسی مهم یعنی باز کردن و بستن را بحث کنیم

- باز کردن: باز کردن معمولاً منحنی شی را هموار می کند مسیرهای باریک را می شکنند و برآمدگی های نازک را حذف می کند.

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

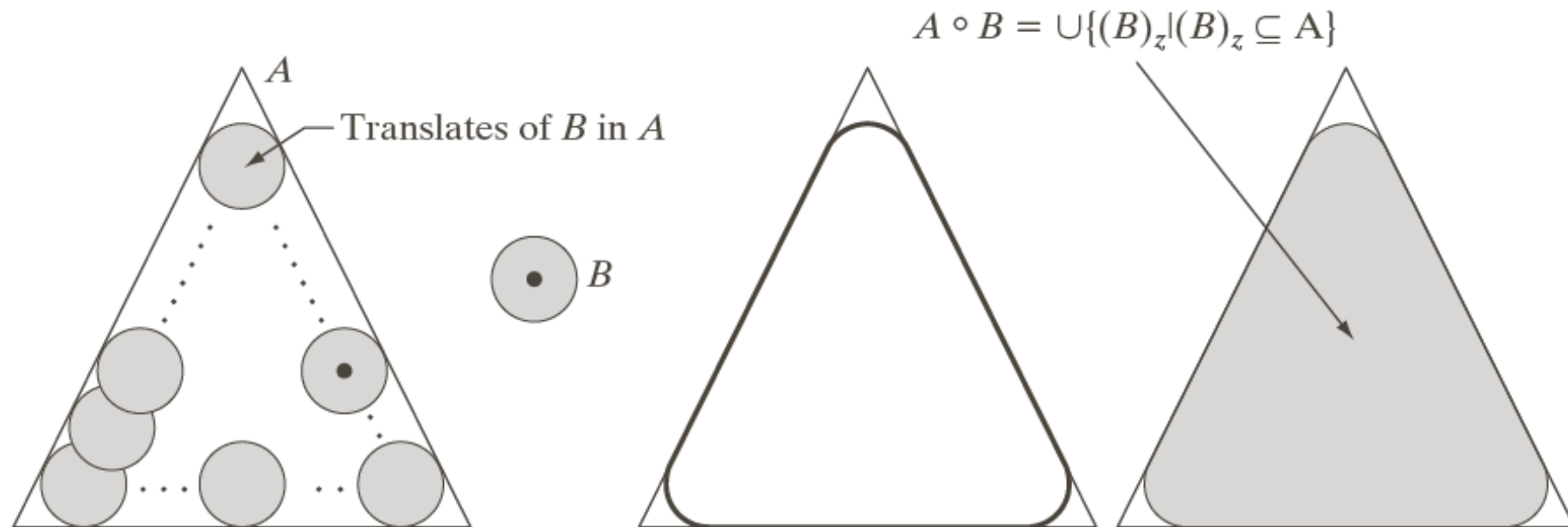
- باز کردن  $A$  توسط  $B$ ، فرسایش  $A$  توسط  $B$  و سپس گسترش نتیجه توسط  $B$  است.
- بستن: بستن نیز منحنی ها را هموار می کند اما برخلاف باز کردن، معمولاً شکستگی های باریک و شکاف های نازک را از بین می برد سوراخ های کوچک را حذف و فاصله های موجود در منحنی را پر می کند

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

- بستن  $A$  توسط  $B$ ، برابر با گسترش  $A$  توسط  $B$  و سپس فرسایش نتیجه توسط  $B$  است.

# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی

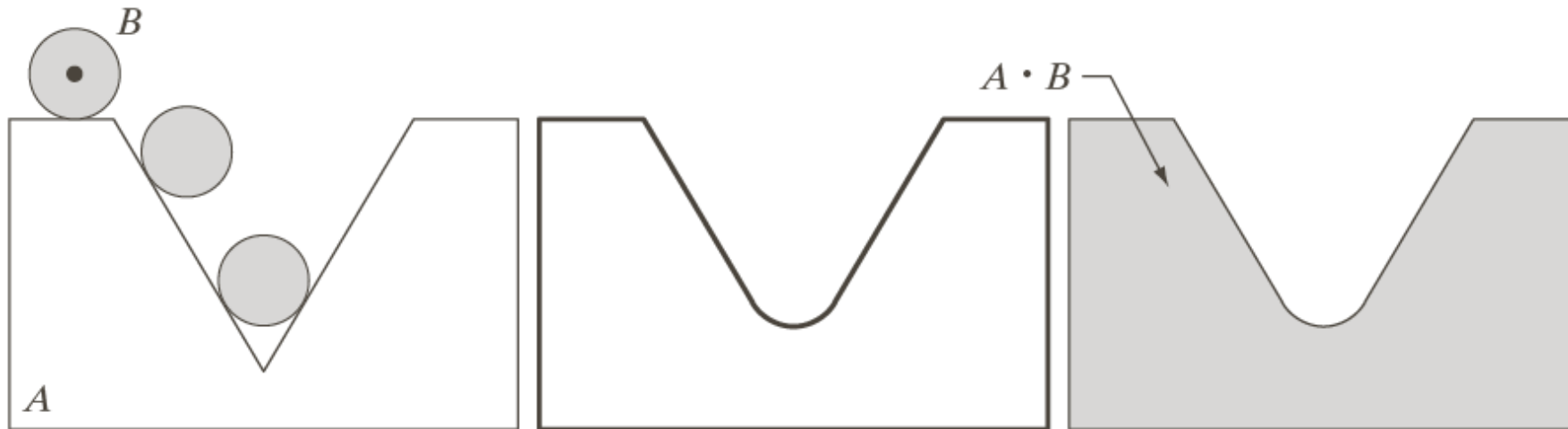
■ عنصر ساختاری **B** در امتداد مرز داخلی مجموعه **A** می غلتد و نتیجه باز کردن کامل را در شکل می توان دید



باز کردن کامل

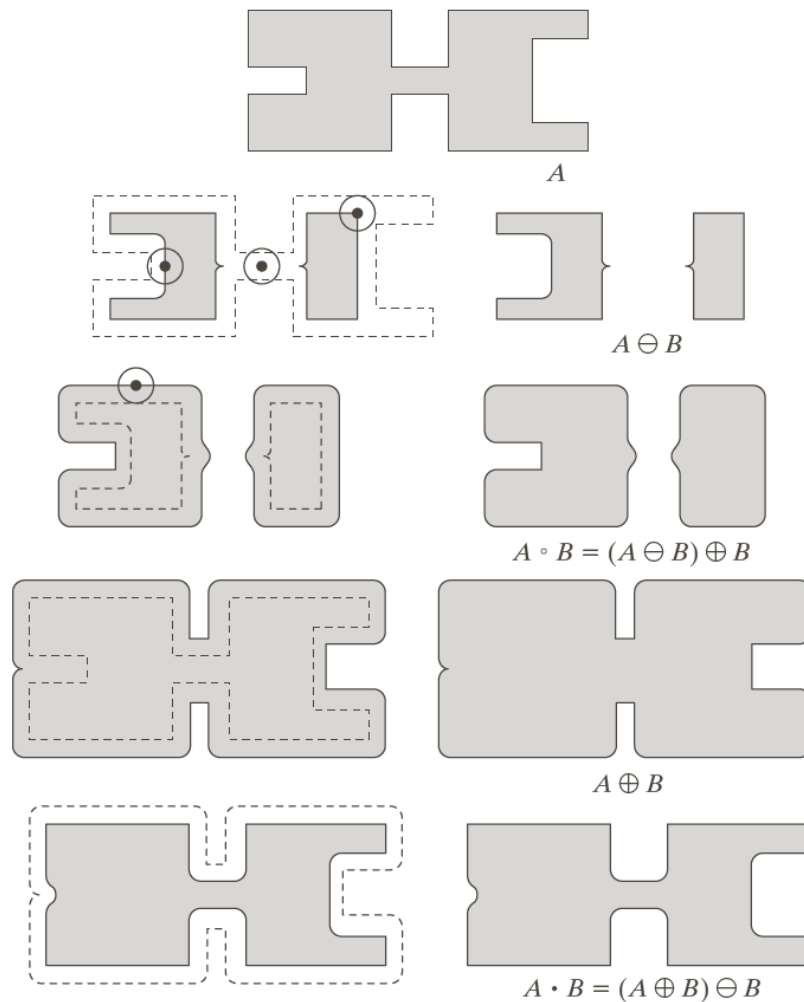
# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی

■ عنصر ساختاری **B** در مرز خارجی مجموعه **A** می غلتد و نتیجه بستن کامل را در شکل می توان دید



بستن کامل

# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی



- بستن و باز کردن شکل شناسی
- پس از کامل شدن فرایند فرسایش، بخش جدا شده در شکل ایجاد می شود به حذف پل بین دو بخش اصلی دقت کنید
- به فرایند گسترش مجموعه فرسوده شده و نتیجه نهایی باز کردن دقت کنید

# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی

تصویر نویزدار **A**



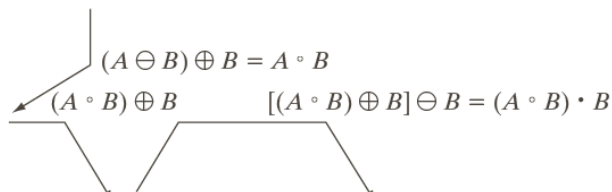
**A**  $A \ominus B$

1	1	1
1	1	1
1	1	1



تصویر فرسوده شده

باز کردن **A**



گسترش باز کردن



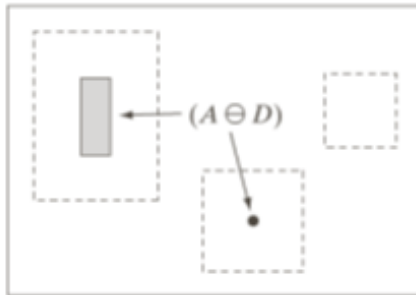
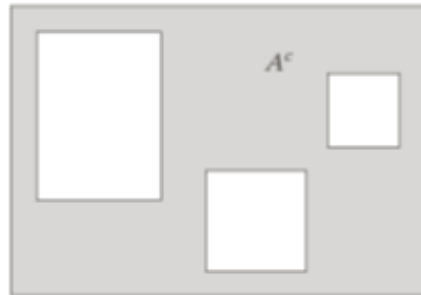
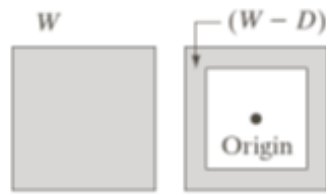
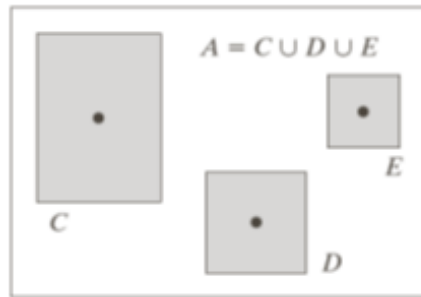
بستن باز کردن



- استفاده از عملیات باز کردن و بستن برای فیلتر کردن
- در اینجا، نویز خودش را بصورت عناصر تصادفی نور بر روی پس زمینه سیاه و بصورت عناصر تاریک روی مولفه های روشن اثر انگشت نشان می دهد هدف، حذف نویز و اثرات آن روی اثر انگشت یا کوچک کردن آن در حد امکان است



# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی



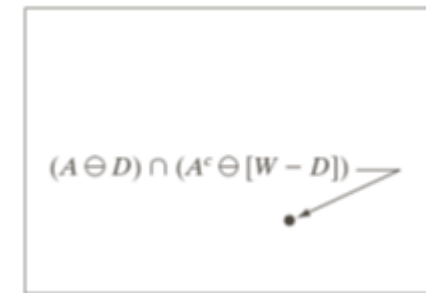
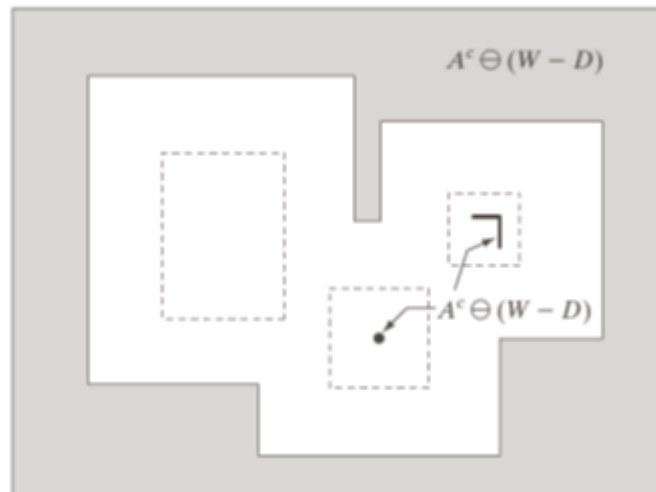
▪ تطبیق یا عدم تطبیق (hit or miss)

▪ تبدیل تطبیق یا عدم تطبیق، ابزار اساسی برای تشخیص شکل است و بصورت زیر تعریف می شود

$$A \circledast B = (A \ominus B_1) \cap (A^c \ominus B_2)$$

$$B_1 = D, \quad B_2 = (W - D)$$

با فرض اینکه هدف این الگوریتم، یافتن مکان یکی از شکل ها مثل **D** است



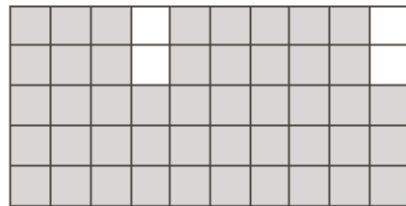
# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی

▪ استخراج مرز

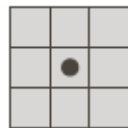
▪ مرز مجموعه  $A$  می تواند با فرسایش  $A$  توسط  $B$  و سپس اجرای تفاضل مجموعه  $A$  و فرسایش آن بدست می آید

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

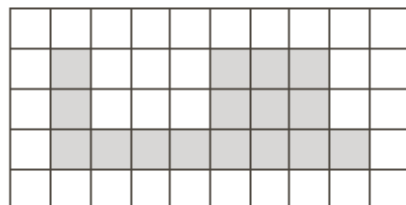
▪ که  $B$  عنصر ساختاری مناسب است



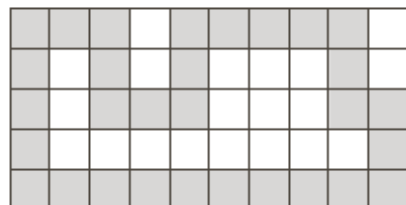
$A$



$B$



$A \ominus B$



$\beta(A)$



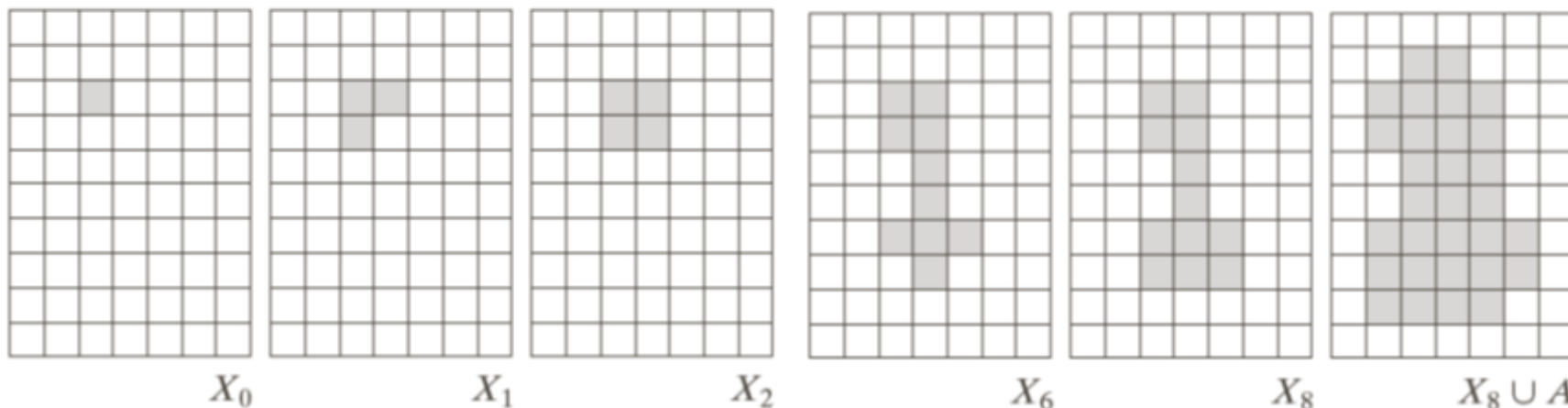
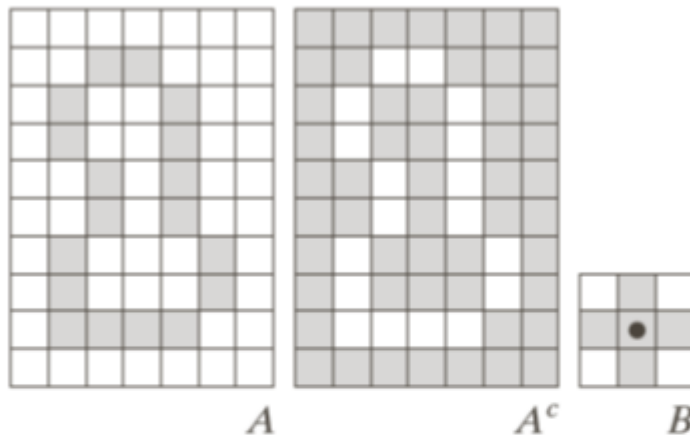
# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی

## ■ پر کردن حفره های تصویر (Hole Filling)

■ در این بخش، الگوریتمی را براساس گسترش، متمم و اشتراک مجموعه برای پر کردن سوراخ های تصویر ایجاد می کنیم. با ایجاد آرایه  $X_0$  از صفرها شروع می کنیم و فقط مکان هایی از  $X_0$  را که متناظر با نقطه خاصی در سوراخ هستند برابر با یک قرار می دهیم سپس رویه زیر سوراخ ها را پر می کند:

$$X_k = (X_{k-1} \oplus B) \cap A^c, \quad k=1, 2, 3, \dots$$

■ این الگوریتم در صورتی خاتمه می یابد که  $X_k = X_{k-1}$  اجتماع مولفه های  $X_k$  و  $\bar{A}$  شامل تمام سوراخ های پر شده است



# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی

- اگر نقاط کنترل نشوند عمل گسترش در معادله  $X_k = (X_{k-1} \oplus B) \cap A^c$  کل ناحیه را پر می کند اما اشتراک در هر مرحله با  $A^c$ ، نتیجه را به داخل ناحیه مورد نظر محدود می سازد
- تصویر دودویی زیر را در نظر بگیرید قسمت (الف) نقطه شروع برای الگوریتم پر کردن حفره ها است

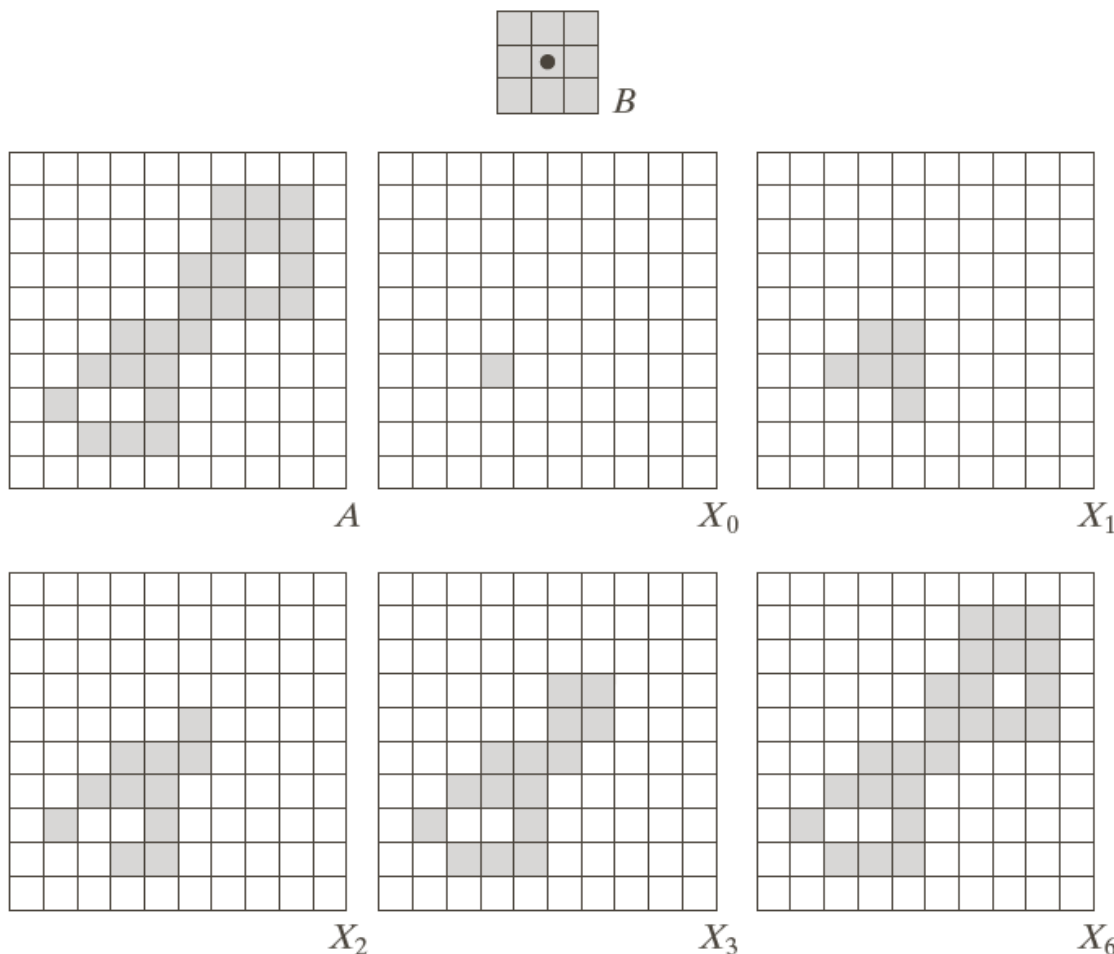


(الف) تصویر اصلی

(ب) نتیجه پر کردن یک حفره

(ج) نتیجه پر کردن تمام حفره ها

# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی



■ استخراج مولفه های متصل

■ استخراج مولفه های متصل از تصویر دودویی، اساس بسیاری از کاربردهای تحلیل خودکار تصویر است

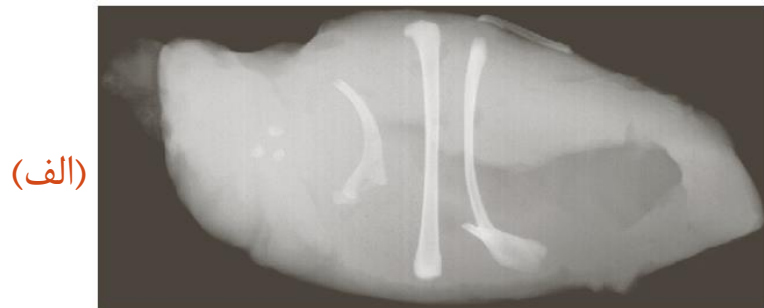
■ فرض کنید  $A$  مجموعه ای حاوی یک یا چند مولفه متصل باشد و آرایه  $X_0$  را ایجاد کنید که عناصر آن صفر هستند (مقادیر پس زمینه) و مکان هایی که متناظر با نقطه ای در هر مولفه متصل در  $A$  هستند برابر با یک می شوند (مقدار پیش زمینه)

■ هدف، شروع با  $X_0$  و یافتن تمام مولفه های متصل است رویه تکراری زیر این هدف را برآورده می سازد

$$X_k = (X_{k-1} \oplus B) \cap A, \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

■ که  $B$  عنصر ساختاری مناسبی است این رویه زمانی خاتمه می یابد که  $X_k = X_{k-1}$  بطوری که  $X_k$  حاوی تمام مولفه های متصل در تصویر ورودی است

# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی



(ت)

Connected component	No. of pixels in connected comp
01	11
02	9
03	9
04	39
05	133
06	1
07	1
08	743
09	7
10	11
11	11
12	9
13	9
14	674
15	85

- شکل زیر را در نظر بگیرید
- (الف) تصویر اشعه ایکس از سینه مرغ با قطعات استخوان
- (ب) تصویر آستانه گیری شده
- (پ) تصویر فرسوده شده با عنصر ساختاری  $5 \times 5$  از یک ها
- (ت) تعداد پیکسل ها در مولفه های متصل

# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی

## ■ پوسته محدب

- مجموعه  $\bar{A}$  را محدب گویند که قطعه خط مستقیمی که دو نقطه از  $\bar{A}$  را به هم متصل می کند کاملاً در  $\bar{A}$  باشد. در اینجا، الگوریتم شکل شناسی ساده ای را برای بدست آوردن پوسته محدب ارائه می کنیم
- فرض کنید  $B^i$  به ازای  $i=1, 2, 3, 4$  چهار عنصر ساختاری در شکل اسلاید بعدی باشد به طوری که  $X_0^i = A$  می باشد

$$X_k^i = (X_{k-1}^i * B^i) \cup A \quad i=1, 2, 3, 4 \text{ and } k=1, 2, 3, \dots$$

- وقتی این رویه همگرا می شود  $X_k^i = X_{k-1}^i$  قرار می دهیم  $D^i = X_k^i$  سپس پوسته ی محدب  $\bar{A}$  عبارت است از

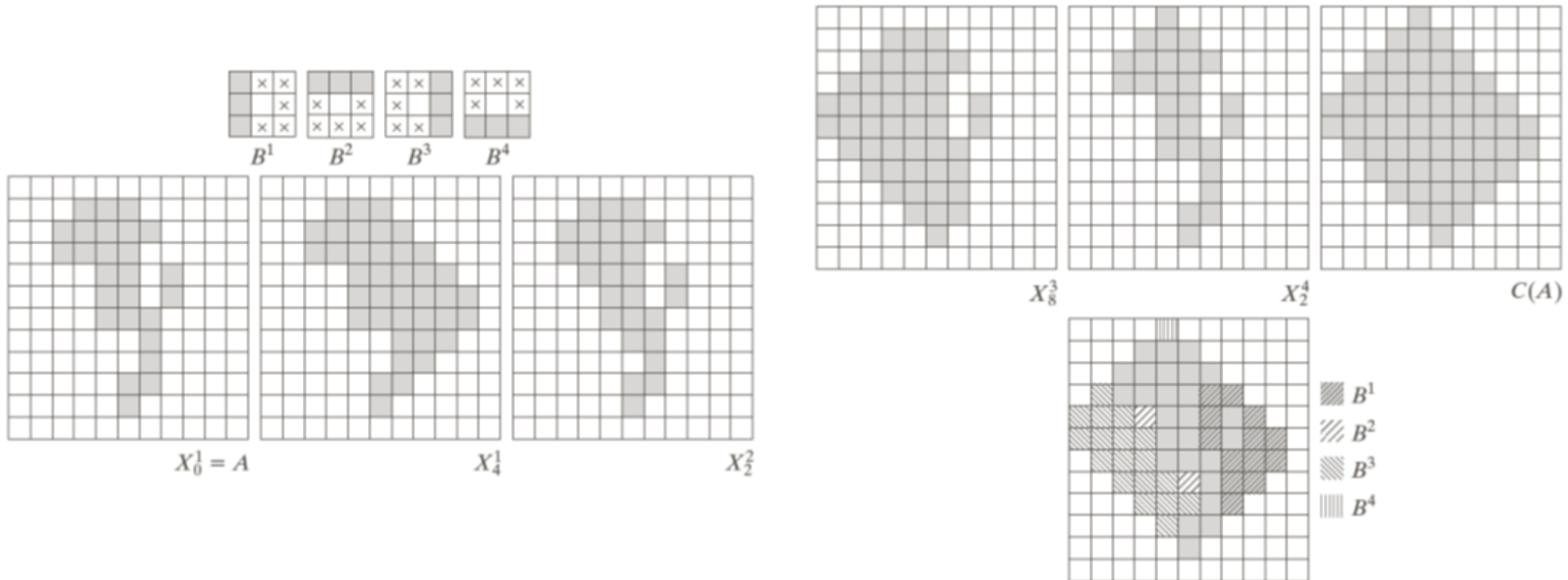
$$C(A) = \bigcup_{i=1}^4 D^i$$

- به عبارت دیگر این روش شامل اجرای مکرر تبدیل تطبیق یا عدم تطبیق  $\bar{A}$  با  $B^i$  است وقتی تغییر بیشتری رخ ندهد اجتماع  $\bar{A}$  را اجرا کرده نتیجه را  $D^1$  می نامیم این رویه با  $B^2$  تکرار می شود تا تغییر دیگری رخ ندهد و غیره. اجتماع چهار  $D$  حاصل، پوسته محدب  $\bar{A}$  را می سازد

# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی

■ پوسته محدب

■ شکل زیر را در نظر بگیرید مبدا هر عنصر در مرکز آن قرار دارد درایه های "x" شرایط بی اهمیت را نشان می دهند

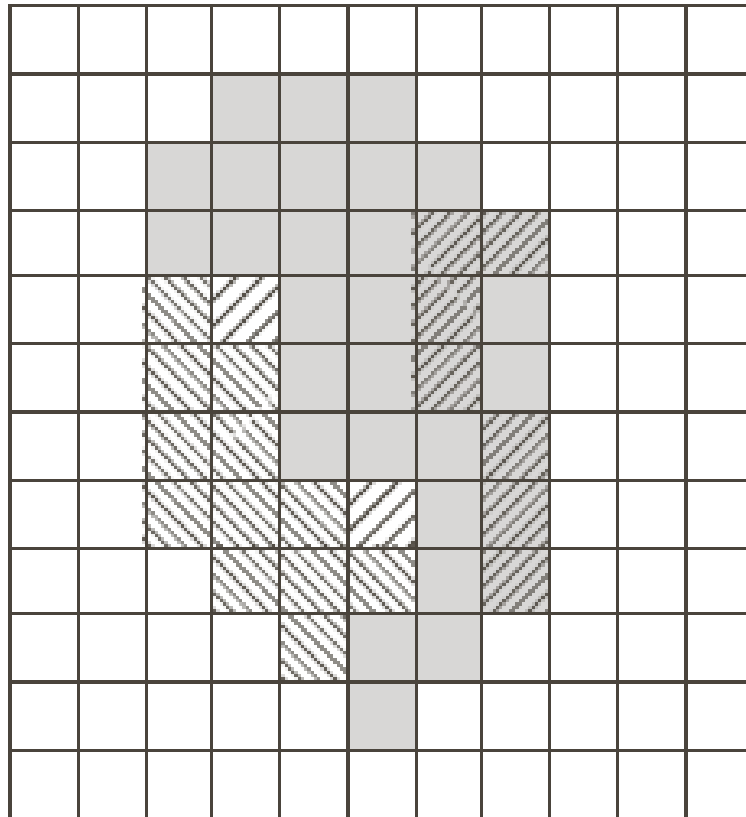




# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی

## ■ پوسته محدب

■ یک عیب روشن این رویه این است که پوسته محدب می تواند بیش از حداقل ابعاد مورد نیاز برای تضمین محدب بودن، رشد کند یک روش ساده برای کاهش این اثر، محدود کردن این رشد است بطوری که از ابعاد افقی و عمودی مجموعه نقاط اصلی تجاوز نکند



نتیجه محدود کردن بیشتر  
الگوریتم پوسته محدب به  
حداکثر ابعاد مجموعه نقاط  
اصلی در امتداد افقی و عمودی

# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی

■ نازک کردن (باریک کردن)

■ نازک کردن مجموعه  $\mathbf{A}$  با عنصر ساختاری  $\mathbf{B}$  براساس تبدیل تطبیق یا عدم تطبیق قابل تعریف است

$$\begin{aligned} A \otimes B &= A - (A * B) \\ &= A \cap (A * B)^c \end{aligned}$$

■ عمل مفیدتر برای نازک کردن متقارن  $\mathbf{A}$ ، میتنی بر دنباله ای از عناصر ساختاری است

$$\{B\} = \{B^1, B^2, B^3, \dots, B^n\}$$

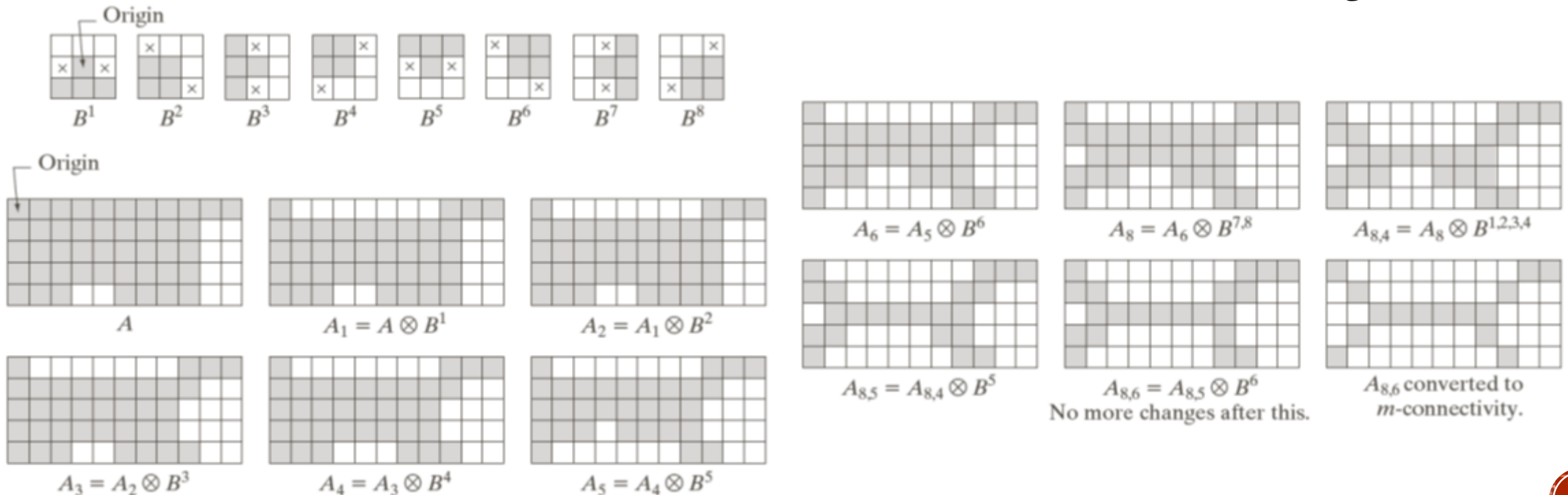
■ که  $B^i$  نسخه دوران یافته  $B^{i-1}$  است این فرایند نازک کردن  $\mathbf{A}$  با یک گذر از  $B^1$ ، سپس با یک بار گذر از  $B^2$  و غیره است تا اینکه  $\mathbf{A}$  با یکبار گذر از  $B^n$  نازک شود کل فرایند تکرار می شود تا تغییر دیگری رخ ندهد.

$$A \otimes \{B\} = (((...((A \otimes B^1) \otimes B^2)...) \otimes B^n)$$

# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی

■ نازک کردن

■ دنباله ای از عناصر ساختاری دوران یافته که برای باریک کردن استفاده می شوند شکل زیر نتیجه باریک کردن **A** با عناصر مختلف را نشان می دهد



# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی

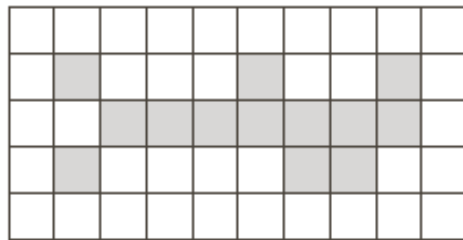
## ■ ضخیم کردن

■ عمل ضخیم کردن، دوگان عمل باریک کردن است و بصورت زیر تعریف می شود

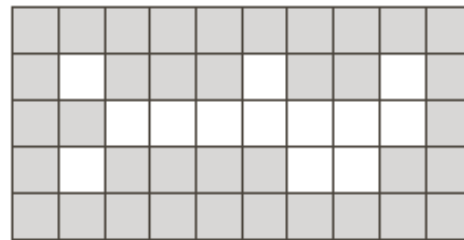
$$A \odot B = A \cup (A * B)$$

■ که **B** عنصر ساختاری مناسب برای ضخیم کردن است. همانند باریک کردن، ضخیم کردن نیز می تواند بصورت دنباله ای از عملیات تعریف شود

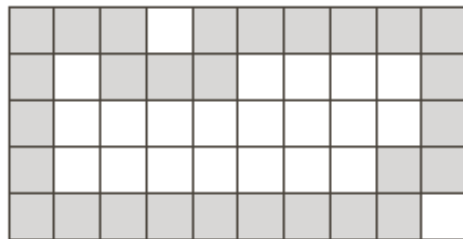
■ اما در عمل، بندرت الگوریتم جداگانه ای برای ضخیم کردن بکار می رود. در عوض، رویه متداول، باریک کردن پس زمینه مجموعه مورد نظر و سپس متمم کردن نتیجه است بعبارت دیگر، برای ضخیم کردن مجموعه **A** ابتدا  $C = A^c$  را ایجاد می کنیم **C** را باریک می کنیم و سپس  $C^c$  را بدست می آوریم



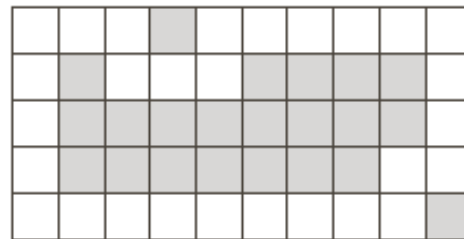
الف) مجموعه **A**



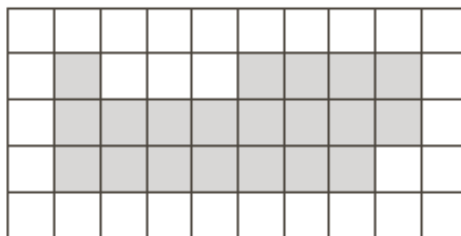
ب) مکمل **A**



پ) نتیجه باریک کردن مکمل **A**



ت) مکمل (پ)



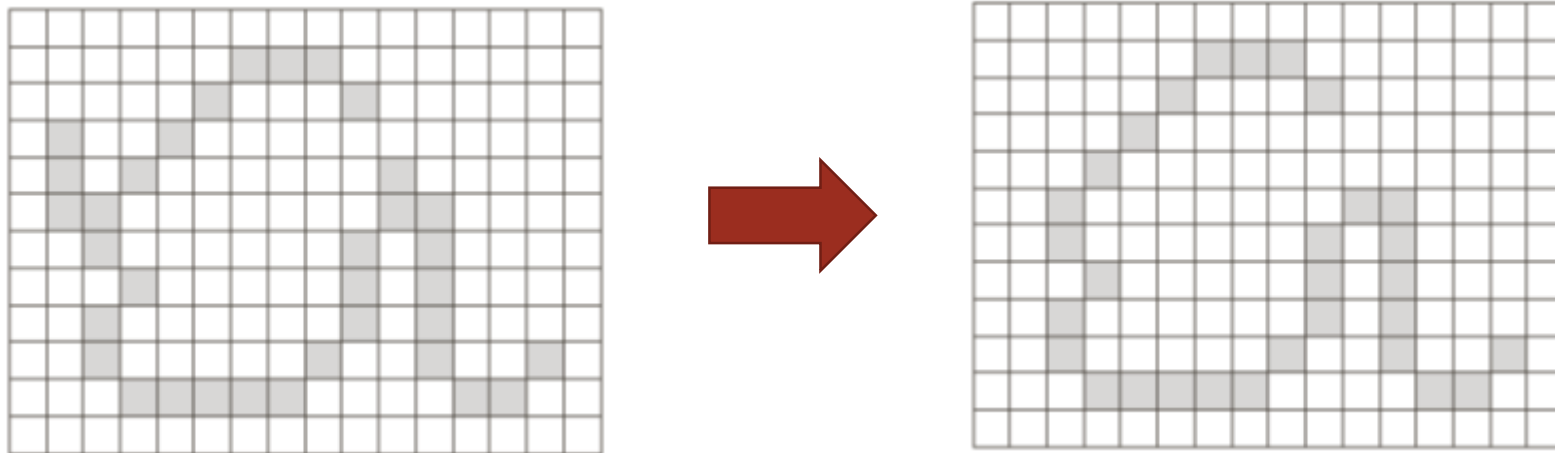
ث) نتیجه نهایی بدون نقاط جدا از هم

# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی

## ▪ هرس کردن

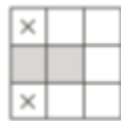
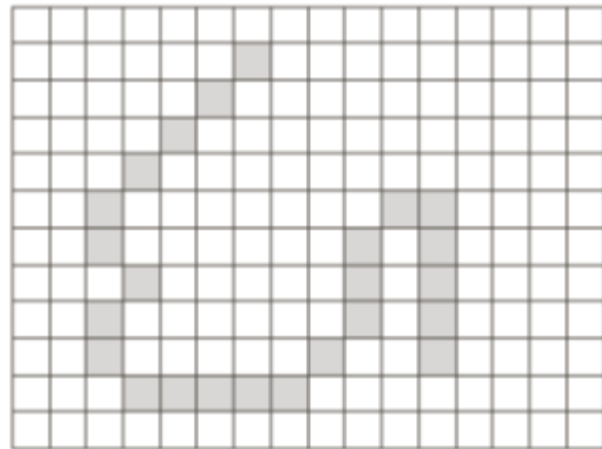
- روشهای هرس کردن، مکمل اساسی برای الگوریتم های باریک کردن و چارچوب بندی است زیرا این رویه ها مولفه های مزاحمی را حذف می کنند که باید بوسیله پس پردازش تمیز شوند
- شکل روبرو چهارچوب "a" دست نویس را نشان می دهد. باریک کردن مجموعه ورودی  $\bar{A}$  با دنباله ای از عناصر ساختاری که برای تشخیص نقاط پایانی طراحی شدند منجر به نتیجه مطلوب می شود یعنی قرار می دهیم

$$X_1 = A \otimes \{B\}$$



# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی

▪ هرس کردن



$B^1, B^2, B^3, B^4$  (rotated  $90^\circ$ )

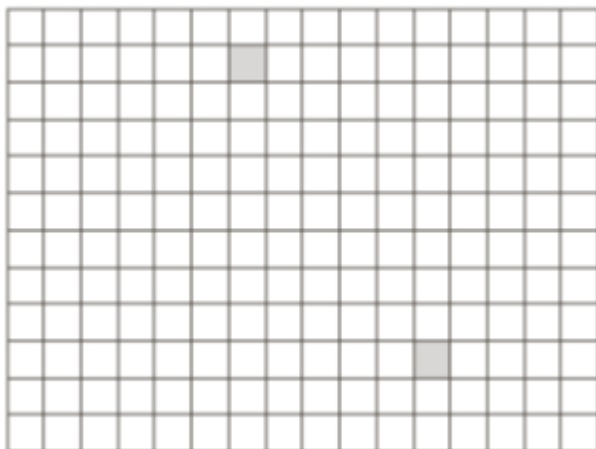


$B^5, B^6, B^7, B^8$  (rotated  $90^\circ$ )

▪ مرحله اول: عملگر باریک کردن را روی مجموعه  $\mathbf{A}$  اعمال کنید

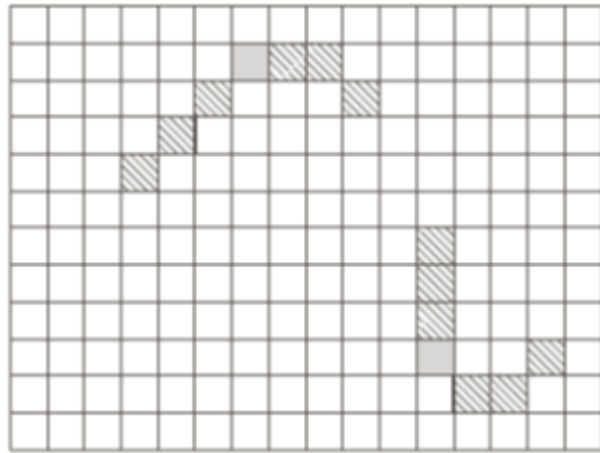
$$X_1 = A \otimes \{B\}$$

▪ مرحله دوم: شامل بازیابی کاراکتر به شکل اصلی آن است که انشعاب های مزاحم حذف شده باشند. برای این کار ابتدا باید مجموعه  $\mathbf{X}_2$  ساخته شود که شامل تمام نقاط پایانی در  $\mathbf{X}_1$  باشد



$$X_2 = \bigcup_{k=1}^8 (X_1 * B^k)$$

# فصل هفتم - پردازش تصویر با شکل شناسی

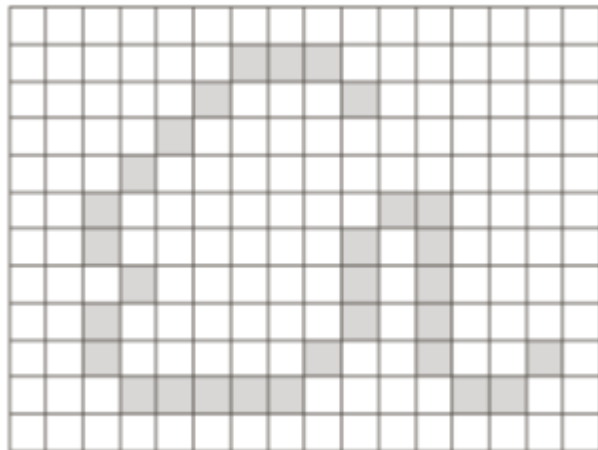


▪ مرحله سوم: در این مرحله، گسترش نقاط پایانی با استفاده از  $\mathbf{A}$  بعنوان فاصل می باشد

$$X_3 = (X_2 \oplus H) \cap A$$

$H : 3 \times 3$  structuring element

▪ که  $\mathbf{H}$  عنصر ساختاری  $3 \times 3$  از یک هاست و اشتراک  $\mathbf{A}$  پس از هر مرحله انجام می شود



▪ مرحله چهارم: اجتماع  $\mathbf{X}_3$  و  $\mathbf{X}_1$  نتیجه مطلوب را ارائه می دهد

$$X_4 = X_1 \cup X_3$$