



Jundi Shapur
University of Technology

پردازش تصاویر رقومی
فصل ششم: پالایش مورفولوژی

Nurollah Tatar
Digital Image Processing
2021

فهرست مطالب



- مقدمه
- Dilation
- Erosion
- Opening and closing
- پر کردن نواحی
- استخراج مرز
- اسکلت بندی

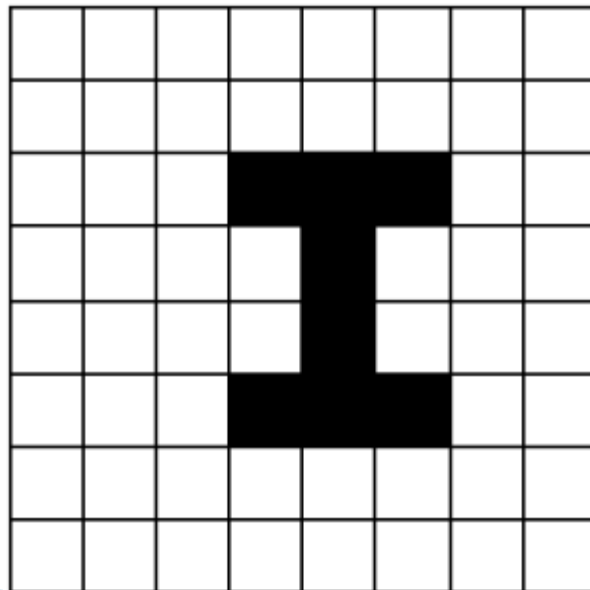
مقدمه

- مورفولوژی را در زبان فارسی با واژه "ریخت‌شناسی" ترجمه کرده‌اند. علاوه بر پردازش تصویر در سایر علوم نیز کاربرد دارد.
- در پردازش تصویر، پالایش‌های این حوزه با ریخت (و به طور کلی شکل) عوارض داخل تصویر سر و کار دارند.
- پردازش‌های مبتنی بر مورفولوژی در ابتدا برای پالایش (یا استخراج) ساختار و شکل عوارض تصاویر باینری توسعه داده شدند.

- تمامی این پردازش‌ها با دو عملگر پایه‌ای Dilation (گسترش) و Erosion (سایش) انجام می‌گیرند.
- به کارگیری اپراتورهای پایه‌ای فوق با ترتیب مختلف باعث بوجود آمدن دو اپراتور کاربردی دیگر به نام‌های opening و closing می‌شود.
- از این اپراتورها برای حذف نویز نیز استفاده می‌شود.
- این پردازش‌ها در دسته‌بندی پالایه‌های مکانی قرار دارند.

مقدمه

- برای تشریح مجموعه پردازش‌های مبتنی بر مورفولوژی فرض کنید یک تصویر سیاه و سفید داریم؛ که در آن پیکسل‌های نواحی سیاه رنگ مقدار صفر و پیکسل‌های نواحی سفید رنگ مقدار صفر دارند.



مقدمه

• المان ساختاری (structure elements):

- برای انجام مجموعه پردازش‌های مورفولوژی از یک نقاب استفاده می‌شود. چنانچه پیکسل‌های موثر نقاب مقدار ۱ و پیکسل‌های غیر موثر نقاب مقدار ۰ داشته باشند، به آن نقاب المان ساختاری

می‌گویند.

1	1	1
1	1	1
1	1	1

المان ساختاری ۸ اتصاله

0	1	0
1	1	1
0	1	0

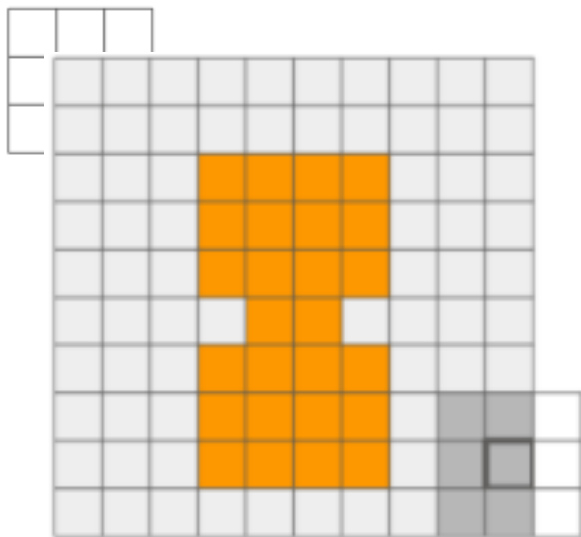
المان ساختاری ۴ اتصاله

سایش (Erosion)

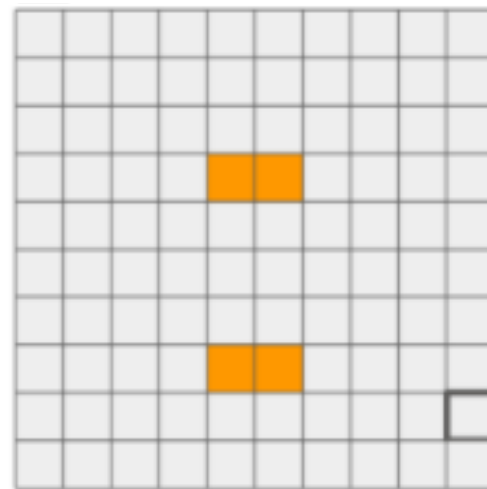
- چنانچه تصویر ورودی $f(x, y)$ و المان ساختاری $S(t, s)$ باشد
آنگاه Erosion تصویر ورودی با المان ساختاری فوق از رابطه
زیر بدست می آید:
$$g(x, y) = f(x, y) \ominus S(t, s)$$
- در این صورت اگر همه پیکسل‌های تصویر ورودی متناظر با
پیکسل‌های موثر در المان ساختاری، مقدار ۱ داشته باشند، مقدار
پیکسل مرکزی (به عبارتی پیکسلی که نقاب روی آن قرار گرفته)
در تصویر خروجی ۱ و در غیر اینصورت ۰ خواهد بود.

سایش (Erosion)

- مثال: سایش تصویر با المان ساختاری ۸ اتصاله با ابعاد 3×3 :



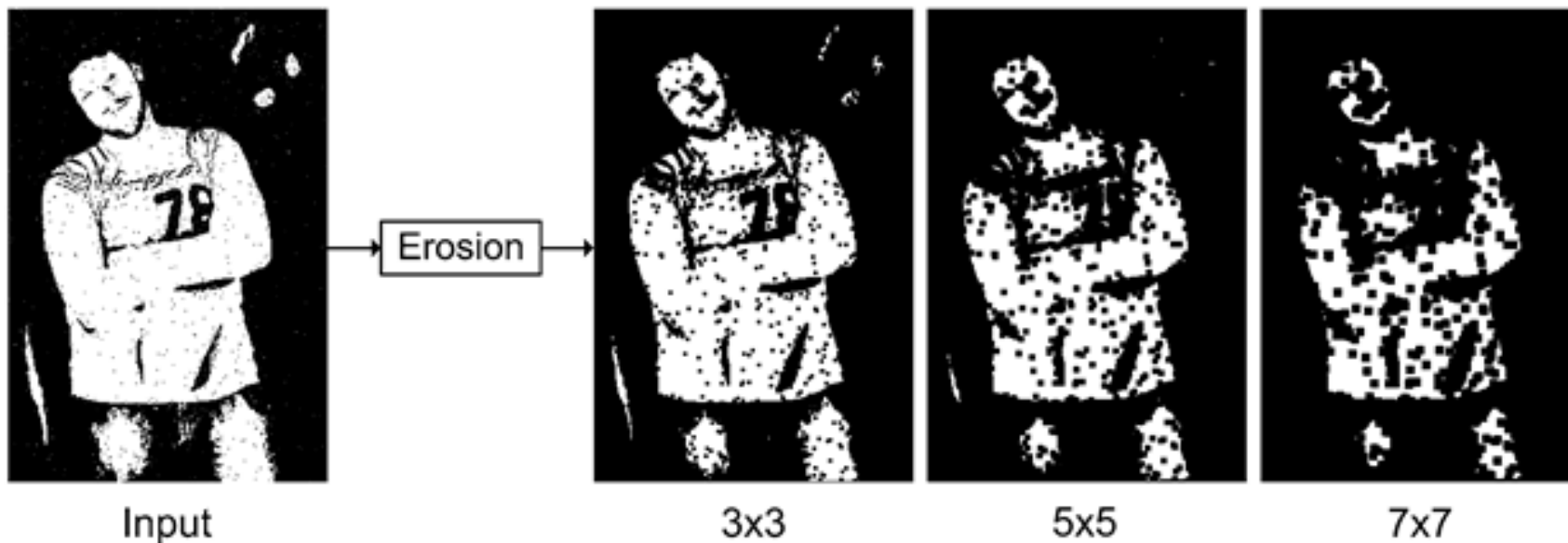
تصویر ورودی



تصویر خروجی پس از سایش

سایش (Erosion)

- مثال: تاثیر ابعاد المان ساختاری بر سایش تصویر



تصویر باینری ورودی

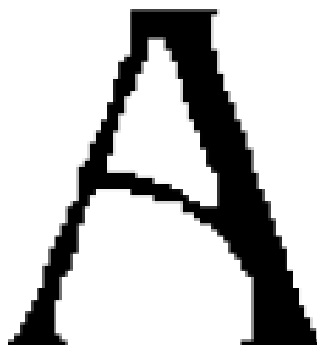
تصویر خروجی پس از سایش با المان‌های ساختاری مختلف

سایش (Erosion)

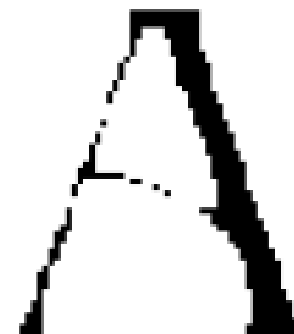
- مثال: تاثیر ابعاد المان ساختاری بر سایش تصویر



تصویر باینری ورودی



سایش با المان 3×3

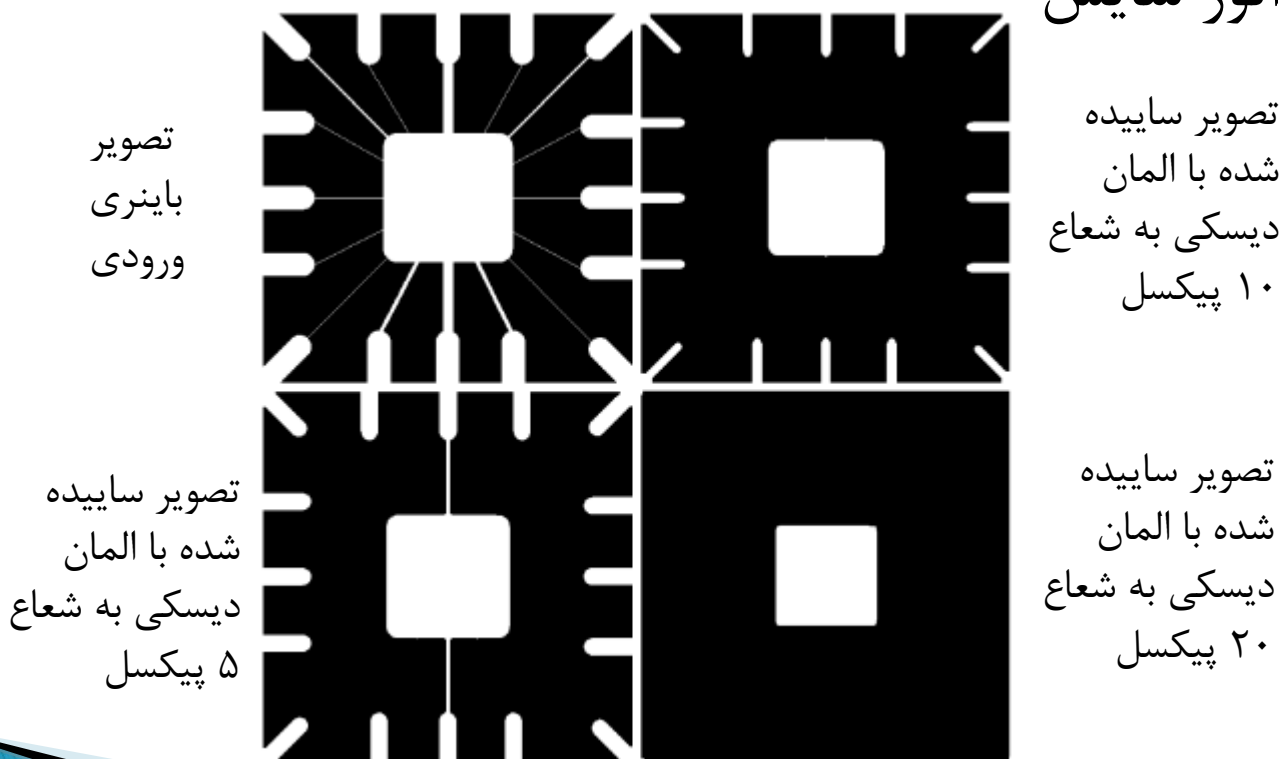


سایش با المان 5×5

سایش (Erosion)

- مثال: حذف نواحی فرعی و نگه داشتن ساختارهای اصلی با

اپراتور سایش



سایش (Erosion)

- با سایش می توان عوارض مستقل ولی متصل را از هم جدا کرد



تصویر ورودی



تصویر خروجی بعد از سایش

- با سایش می توان عوارض فرعی را حذف کرد



تصویر ورودی



تصویر خروجی بعد از سایش

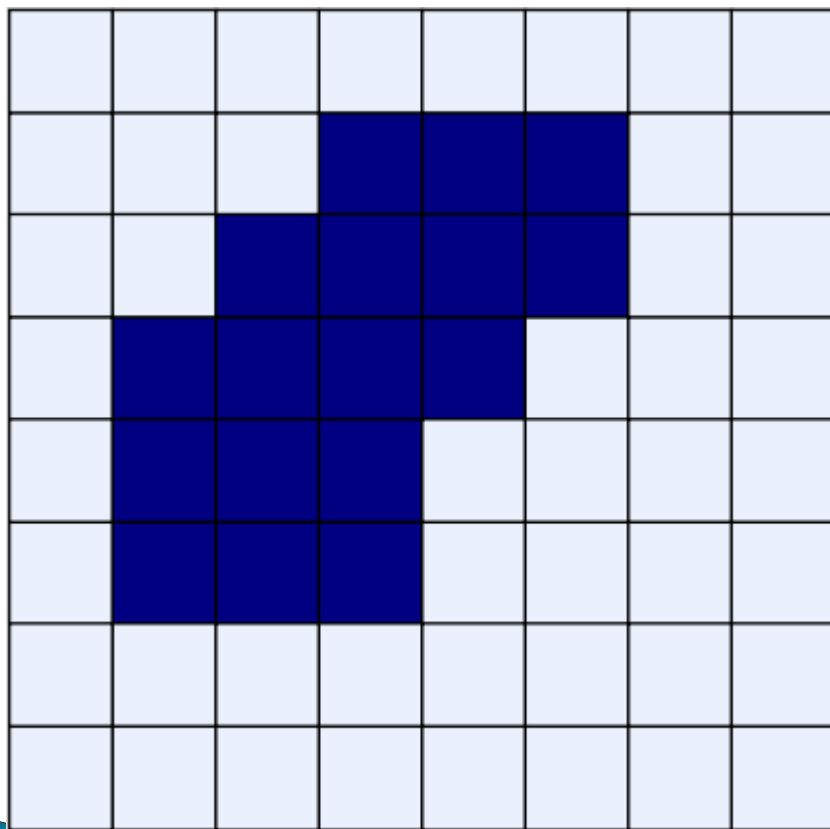
گسترش (Dilation)

- چنانچه تصویر ورودی $f(x, y)$ و المان ساختاری $S(t, s)$ باشد
آنگاه Dilation تصویر ورودی با المان ساختاری فوق از رابطه
زیر بدست می آید: $g(x, y) = f(x, y) \oplus S(t, s)$
- در این صورت اگر فقط یکی از پیکسل‌های تصویر ورودی متناظر
با پیکسل‌های موثر در المان ساختاری، مقدار ۱ داشته باشد،
مقدار پیکسل مرکزی (به عبارتی پیکسلی که نقاب روی آن قرار
گرفته) در تصویر خروجی ۱ و در غیر اینصورت ۰ خواهد بود.

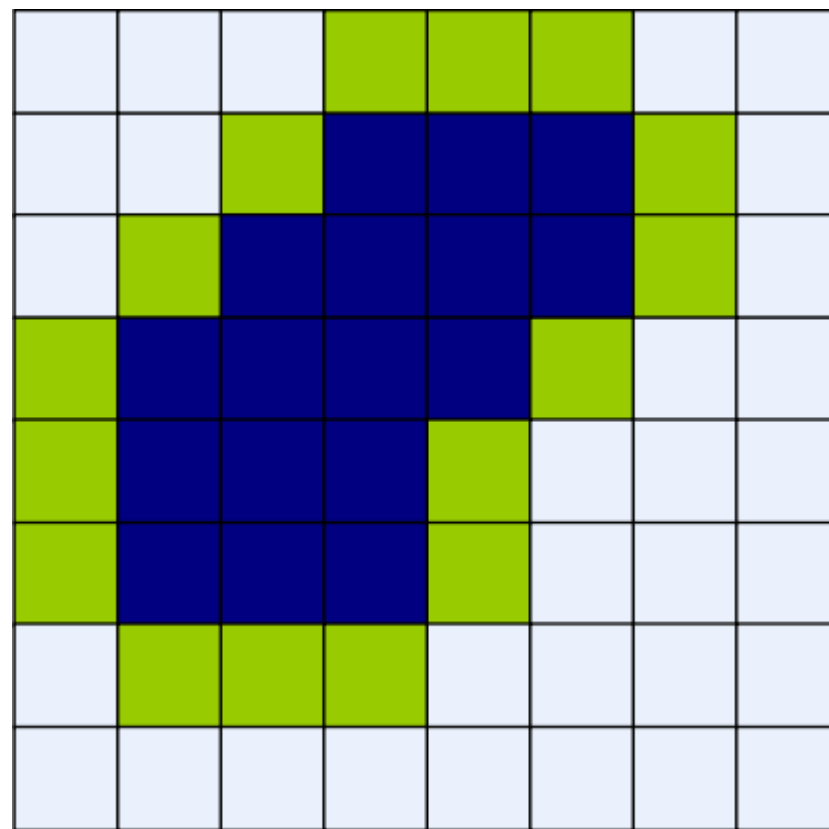
گسترش (Dilation)

0	1	0
1	1	1
0	1	0

• مثال: گسترش تصویر با المان ساختاری ۴ اتصاله با ابعاد 3×3 :



تصویر اولیه



تصویر پردازش شده با عملگر گسترش (Dilation)

گسترش (Dilation)

- مثال: تاثیر ابعاد المان ساختاری بر گسترش تصویر



تصویر باینری ورودی



گسترش با المان 3×3



گسترش با المان 5×5

گسترش (Dilation)

- مثال: بازیابی متون تصویری با عملگر گسترش تصویر (پیش پردازش تبدیل عکس به نوشته)

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.

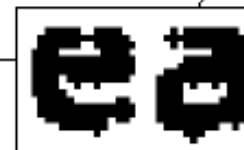


تصویر باینری ورودی

0	1	0
1	1	1
0	1	0

المان
ساختاری ۴
اتصاله

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.



تصویر گسترش یافته

گسترش (Dilation)

- با گسترش تصویر می توان عوارض مستقل ولی ناپیوسته را به هم وصل کرد.



تصویر ورودی



تصویر خروجی بعد از گسترش

- با گسترش تصویر می توان اثر چین خوردگی عوارض را کاهش داد.



تصویر ورودی



تصویر خروجی بعد از گسترش

گسترش و سایش

• گسترش و

سایش در

یک تصویر

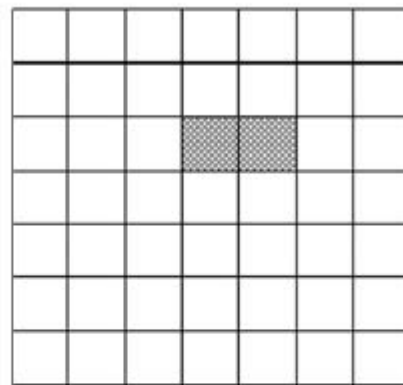
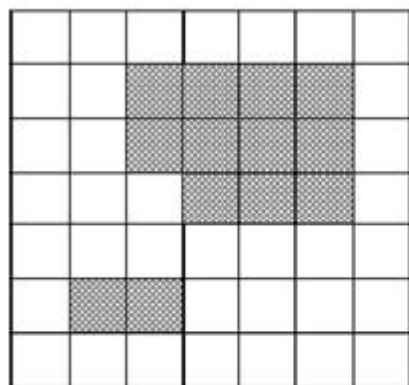
■ = 1 □ = 0

EROSION

−

0	1	0
1	1	1
0	1	0

=

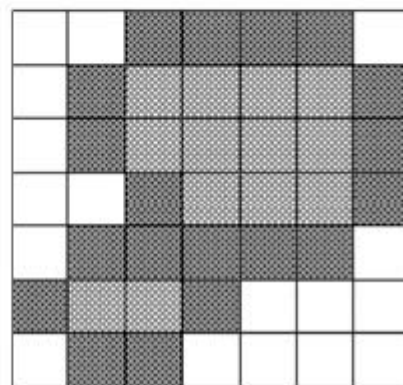
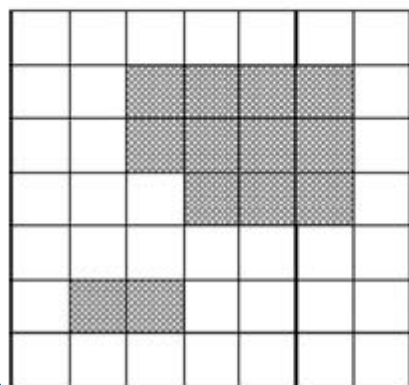


+

0	1	0
1	1	1
0	1	0

=

DILATION



Opening & Closing

Opening and closing

- با ترکیب دو عملگر سایش و گسترش، عملگرهای opening و closing به دست می‌آیند که بسیار کاربردی اند.
- چنانچه یک تصویر باینری ابتدا ساییده شود و سپس گسترش داده شود، به آن Opening می‌گویند.

$$g(x, y) = (f(x, y) \ominus S(t, s)) \oplus S(t, s) = f(x, y) \circ S(t, s) \rightarrow \text{Opening}$$

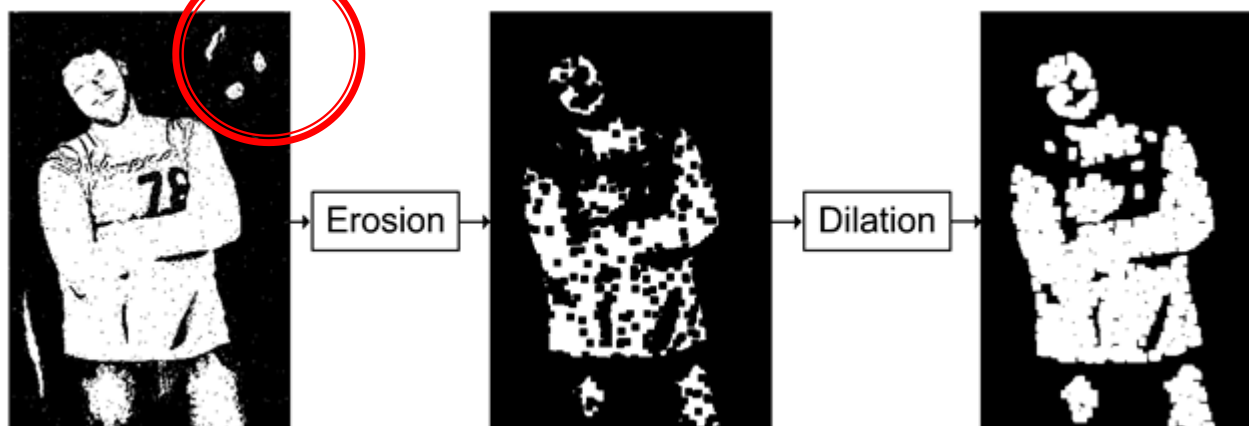
- چنانچه یک تصویر باینری ابتدا گسترش یابد و سپس ساییده شود، به آن Closing می‌گویند.

$$g(x, y) = (f(x, y) \oplus S(t, s)) \ominus S(t, s) = f(x, y) \bullet S(t, s) \rightarrow \text{Closing}$$

Opening

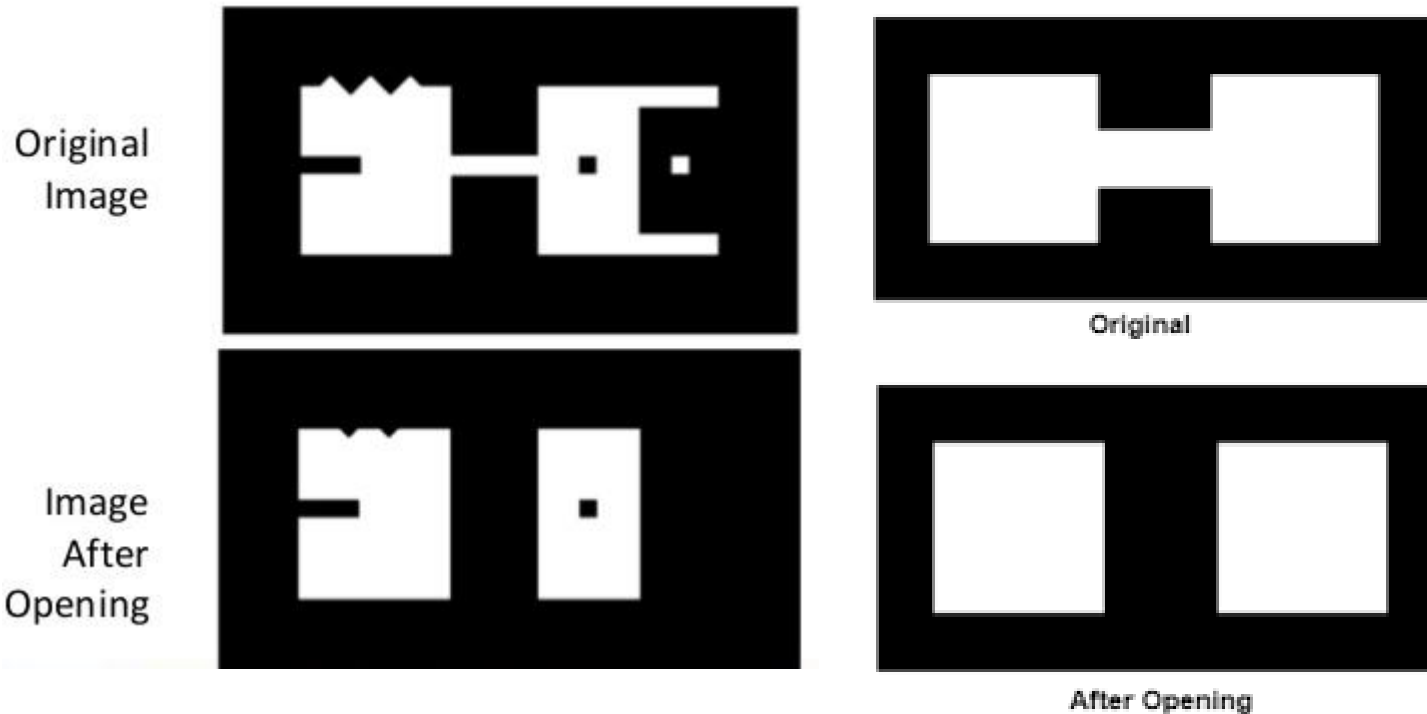
$$g(x, y) = (f(x, y) \ominus S(t, s)) \oplus S(t, s) = f(x, y) \circ S(t, s) \rightarrow \text{Opening}$$

- برای درک بهتر این عملگر فرض کنید تصویر اول با یک المان ساختاری مشخص، ابتدا ساییده و سپس گسترش یابد.
- نتیجه این عملگر حذف عوارض فرعی خواهد بود.



Opening

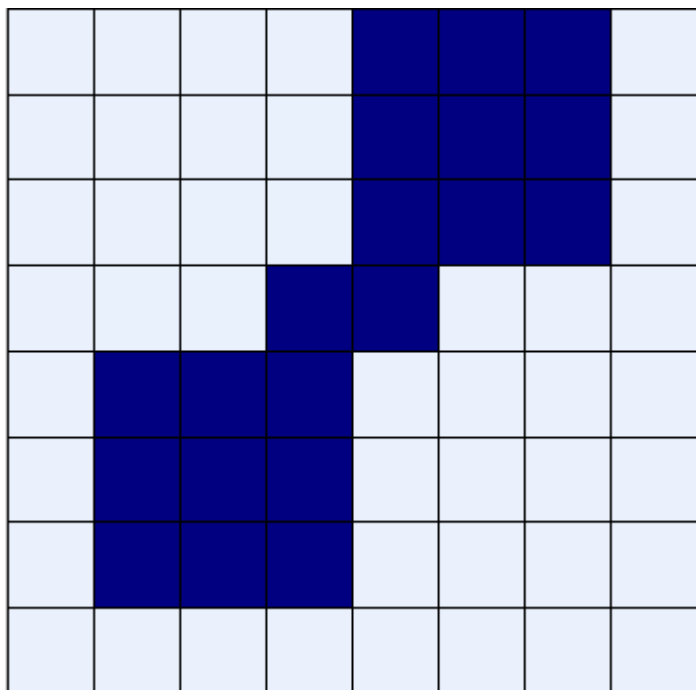
- مثال: نتیجه اعمال Opening بر تصاویر باینری



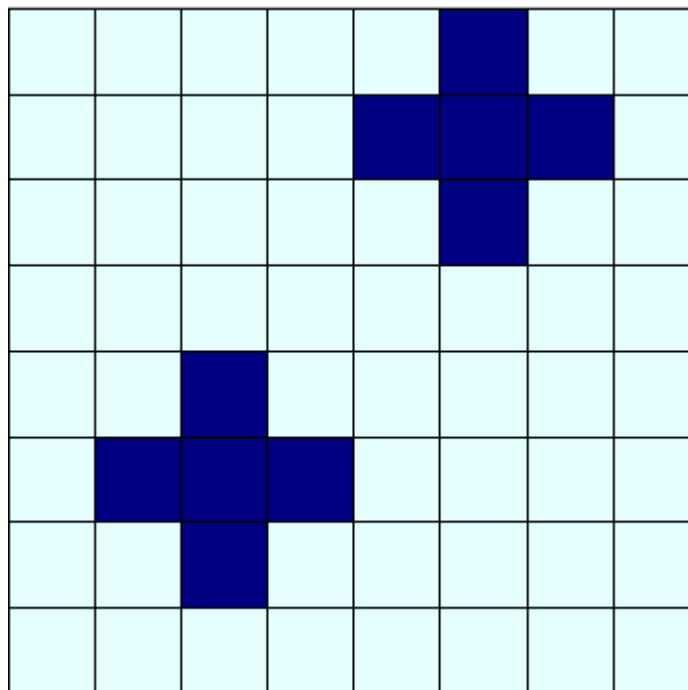
Opening



- مثال: opening تصویر با المان ساختاری ۴ اتصاله با ابعاد 3×3



تصویر اولیه

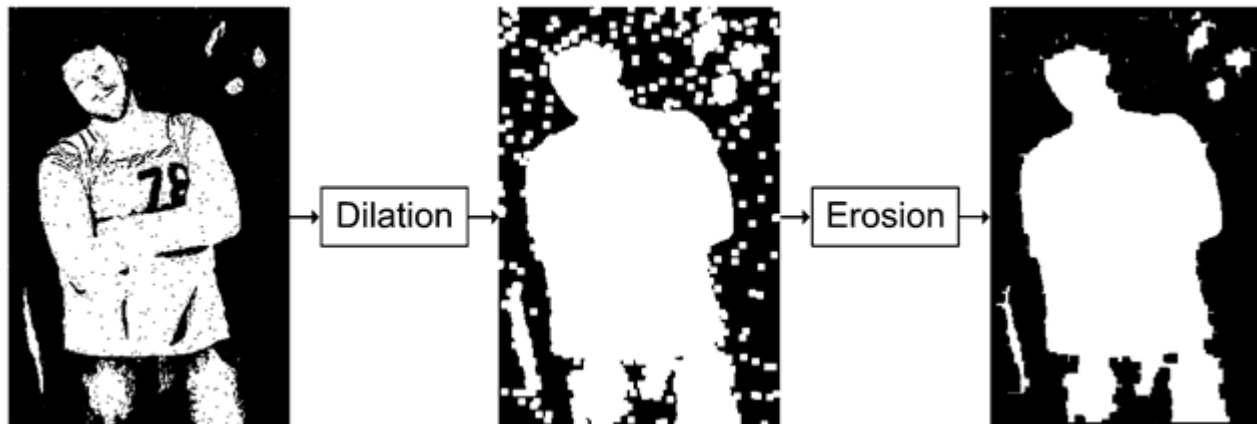


تصویر پردازش شده با عملگر Opening

Closing

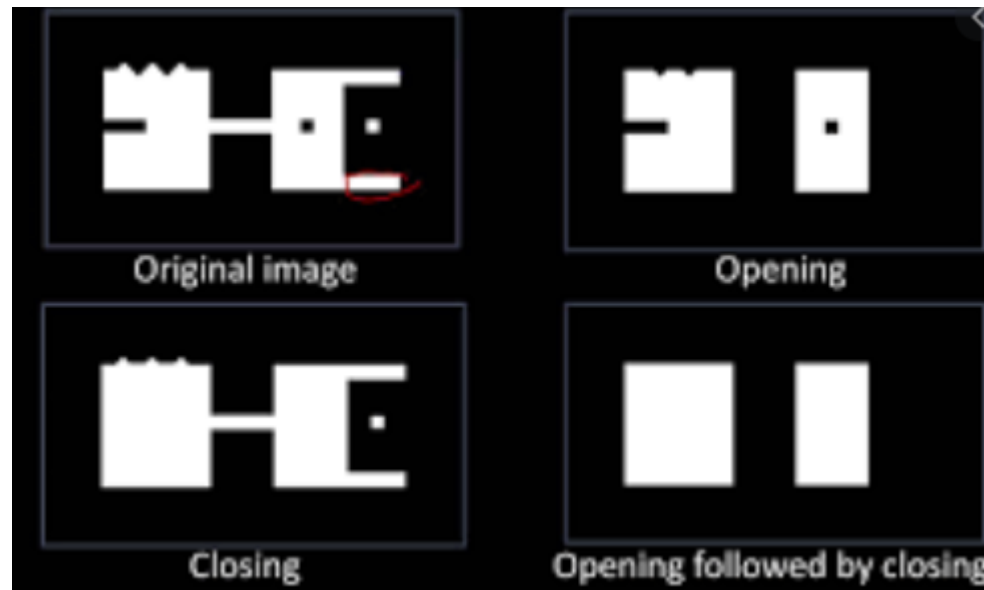
$$g(x, y) = (f(x, y) \oplus S(t, s)) \ominus S(t, s) = f(x, y) \bullet S(t, s) \rightarrow \text{closing}$$

- برای درک بهتر این عملگر فرض کنید تصویر اول با یک المان ساختاری مشخص، ابتدا گسترش و سپس ساییده شود.
- نتیجه این عملگر پرشدن نواحی خالی خواهد بود.

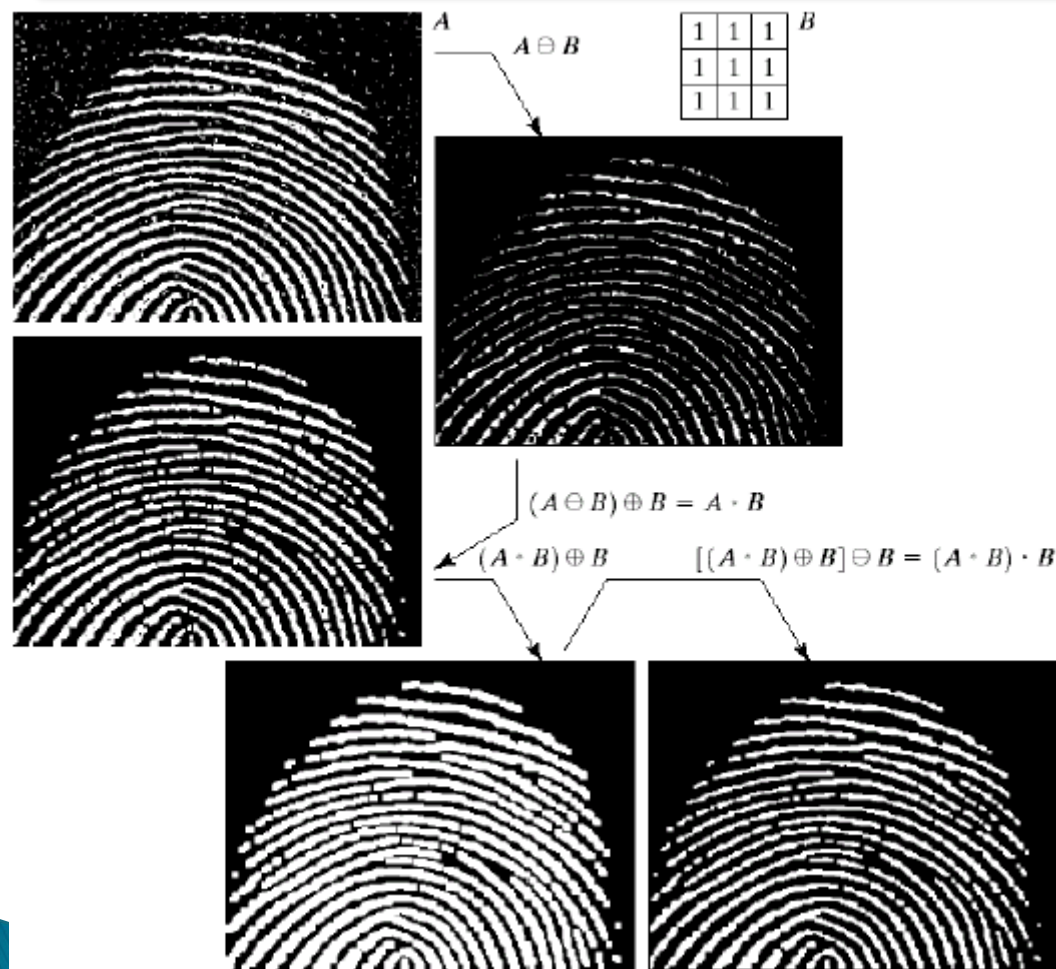


Opening and closing

- معمولا عملگرهای مورفولوژی با هم ترکیب می شوند.
- مانند شکل زیر: ترکیب opening و closing برای استخراج ساختار کلی عوارض



Opening and closing



• ترکیب عملگرهای

مورفولوژی

• ترتیب عملگرهای

شکل روبرو:

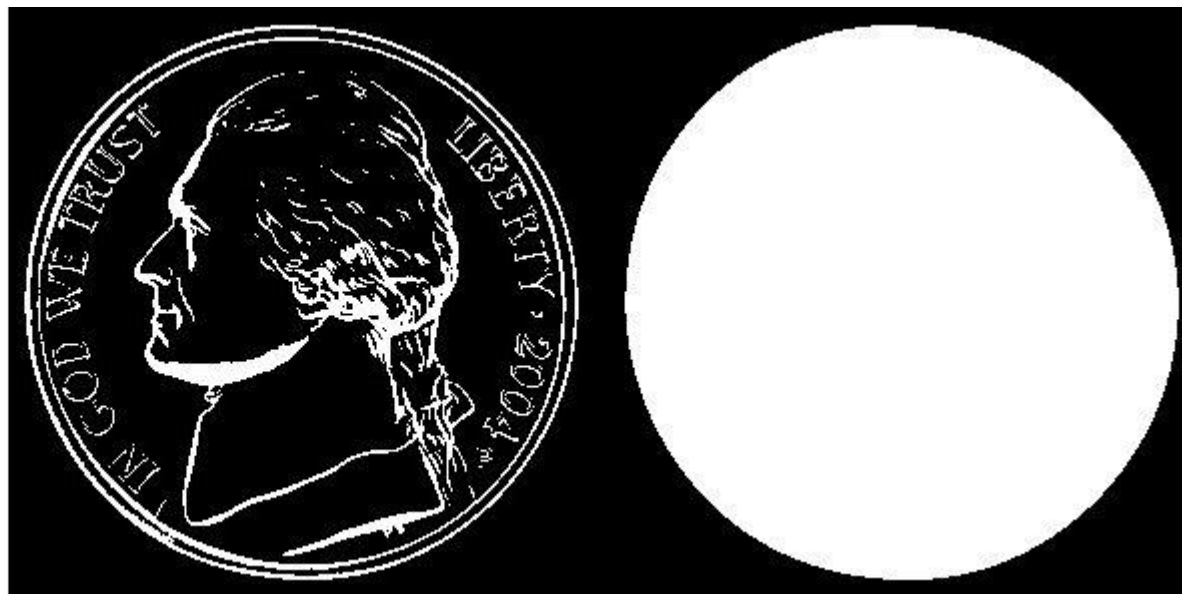
1. سایش
2. گسترش
3. گسترش
4. سایش

Region Filling

پر کردن نواحی (Region Filling)



تصویر اولیه از یک سکه



تصویر باینری شده آن

محدوده کامل شناسایی شده
سکه با پر کردن نواحی خالی

پر کردن نواحی (Region filling)

- در این روش طی یک فرآیند تکراری با گسترش نواحی خالی عوارض پر می شوند.
- چنانچه تصویر اولیه f باشد. فرآیند این روش به صورت زیر است:
 1. ایجاد یک تصویر صفر به اسم g (با ابعاد تصویر f)
 2. انتخاب یک پیکسل از نواحی خالی f (تعیین موقعیت آن)
 3. تغییر مقدار آن پیکسل در تصویر g به مقدار ۱
 4. گسترش تصویر g با یک المان ساختاری ۴ اتصاله 3×3

پر کردن نواحی (Region filling)

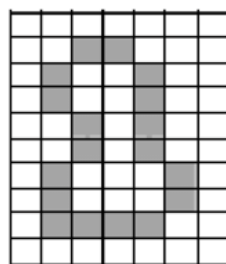
5. تغییر مقادیر تصویر g به صفر در جاهایی که f مقدار ۱ دارند.
6. تکرار مراحل ۴ و ۵ تا زمانی که دیگر تغییری اتفاق نیفتد. به عبارتی تا زمانی که دیگر پیکسلی مقدارش تغییر نکند.
7. در پایان نیز جاهایی که f مقدار ۱ دارد، در آن موقعیتها مقدارشان در تصویر g به ۱ تبدیل می شود.

$$X_K = (X_{K-1} \oplus B) \cap A_C \quad K = 1, 2, 3, \dots$$

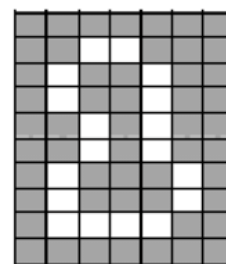
X_{K-1} ← نقطه شروع (داخل محدوده)
 B ← المان ساختاری
 A_C ← مکمل تصویر

پر کردن نواحی (Region filling)

- فرآیند پر کردن نواحی با تکرار گسترش (به صورت گرافیکی)



A



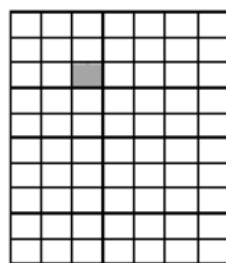
A^c



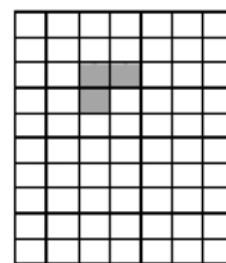
B

$$X_K = (X_{K-1} \oplus B) \cap A^c$$

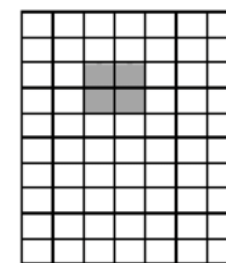
$$K = 1, 2, 3, \dots$$



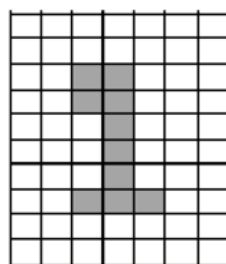
X_0



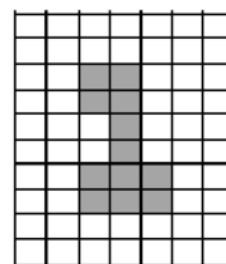
X_1



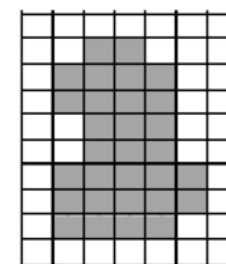
X_2



X_6



X_7



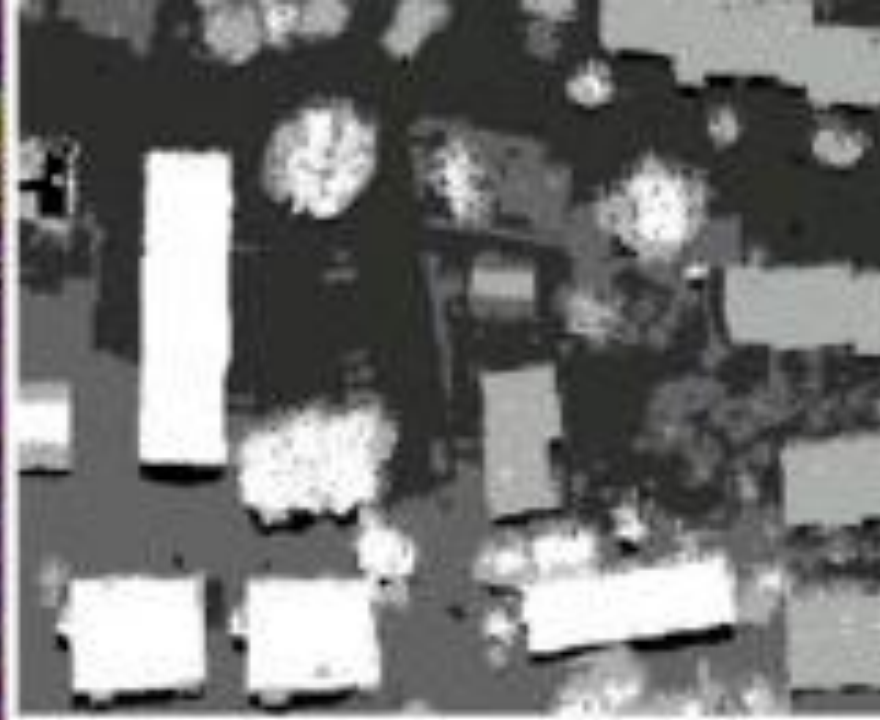
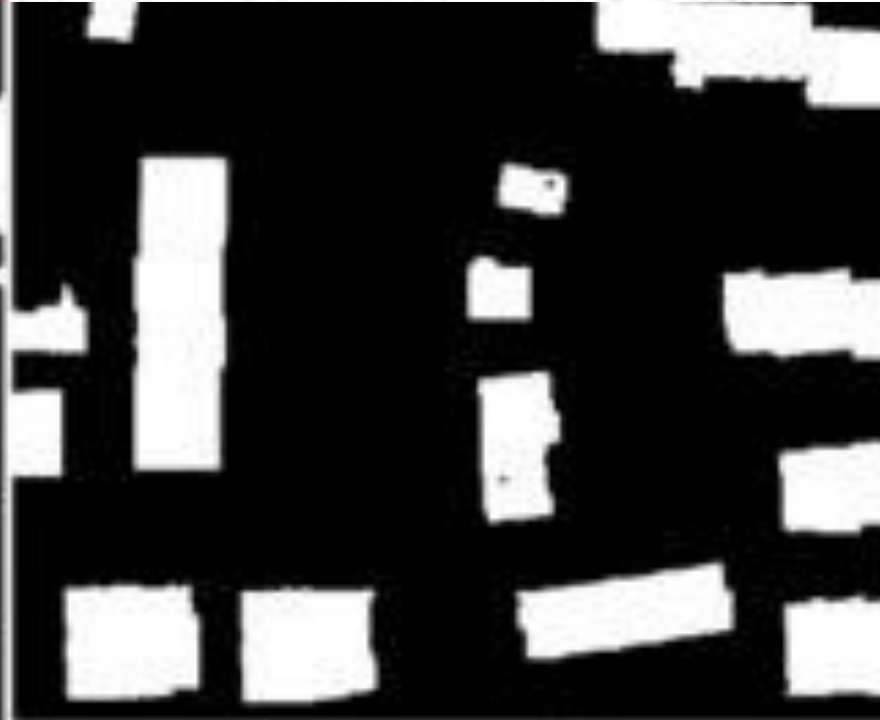
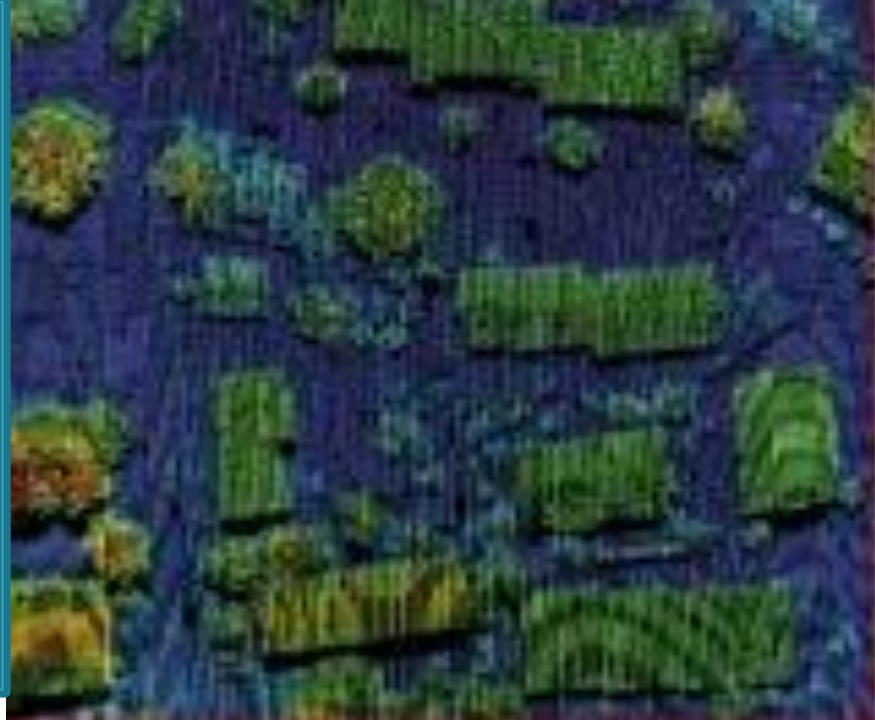
$X_7 \cup A$

Boundary Extraction

Non-ground objects



Digital Surface Model (DSM)

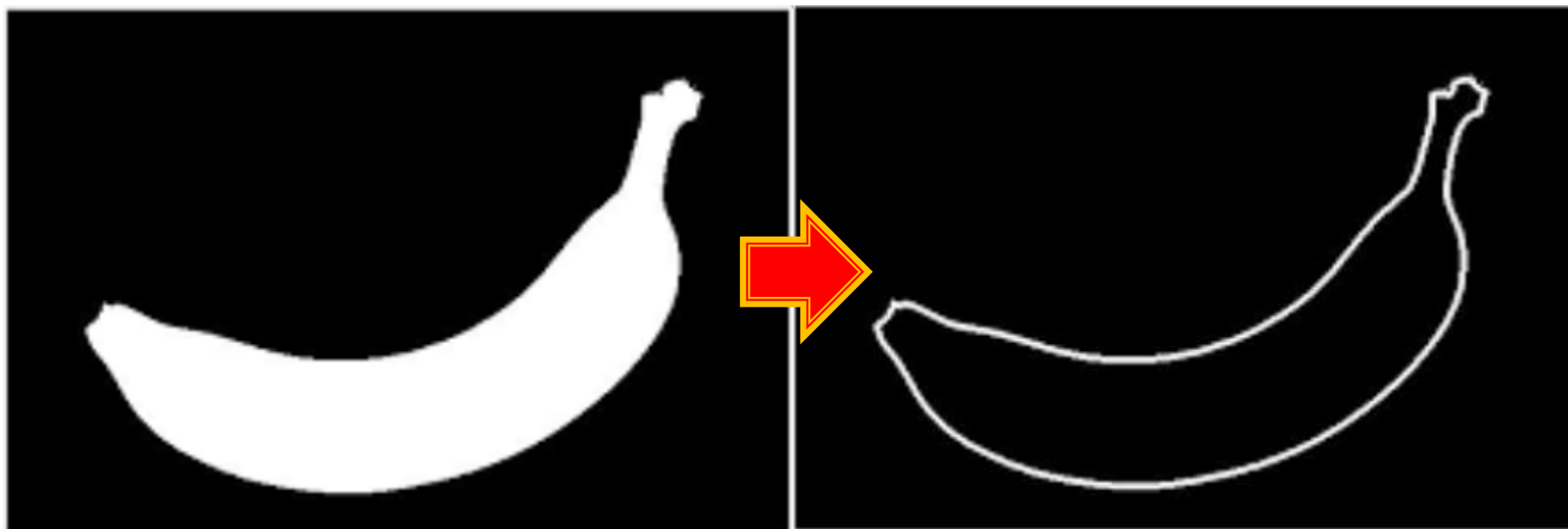


Building objects

normalized DSM (nDSM)

استخراج مرز (Boundary extraction)

- چگونه مرز بیرونی عوارض را استخراج کنیم؟

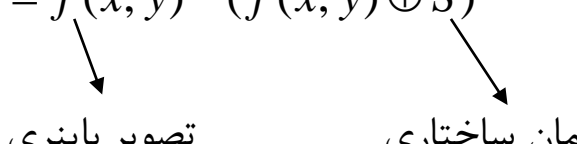


استخراج مرز (Boundary extraction)

- برای استخراج مرز از روی تصاویر باینری فرآیند زیر انجام می گیرد.

1. تصویر با یک المان ساختاری ۸ اتصاله 3×3 گسترش می یابد.
2. چنانچه تصویر باینری اولیه از تصویر گسترش یافته کسر شود، نتیجه آن مرز عوارض خواهد بود.

$$g(x, y) = f(x, y) - (f(x, y) \oplus S)$$


تصویر باینری المان ساختاری

استخراج مرز (Boundary extraction)

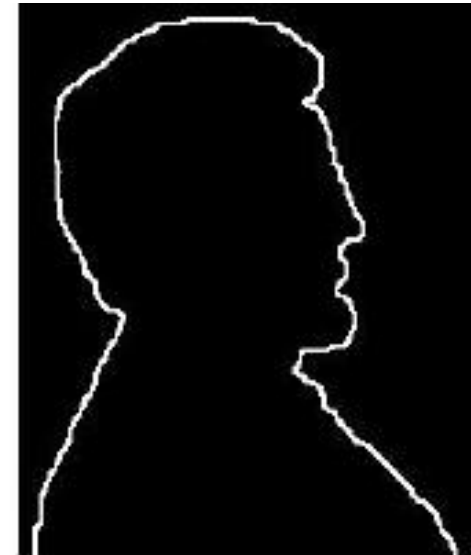
- مثال: استخراج مرز عوارض با اپراتورهای مورفولوژی



تصویر اولیه

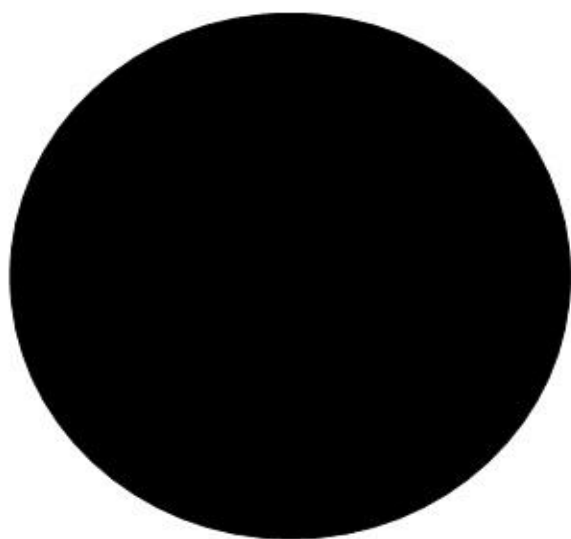
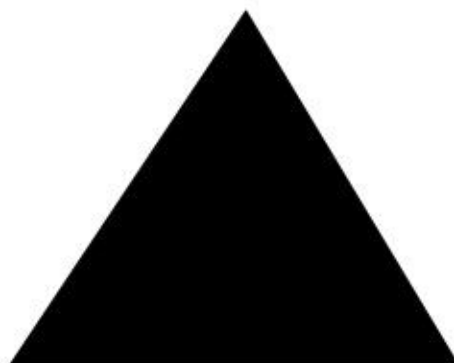
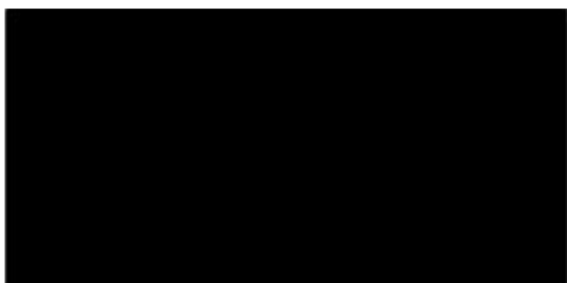


تصویر گسترش یافته



مرز استخراج شده

Connected Component Analysis



آنالیز مولفه‌های متصله

- همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است، پس از به کارگیری آنالیز مولفه‌های متصله بر روی تصویر باینری عوارض مختلف در تصویر خروجی مقدار منحصر بفردی خواهند داشت.

0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1
1	1	1	0	0	1	0
1	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1

تصویر باینری اولیه

0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	2	2	2
1	1	1	0	0	2	0
1	0	0	0	0	2	0
0	0	0	3	0	0	0
0	0	3	3	0	0	0
0	0	0	0	0	4	4

پس از آنالیز مولفه‌های اتصال

آنالیز مولفه‌های متصله

- الگوریتم این روش نیز به مانند روش پرکردن نواحی خالی است.
لذا چنانچه تصویر اولیه f باشد. فرآیند آن به صورت زیر است:
 1. ایجاد دو ماتریس صفر به اسم‌های T و g (با ابعاد تصویر f)
 2. انتخاب یک پیکسل از نواحی با مقدار ۱ از روی f
 3. تغییر مقدار آن پیکسل در ماتریس T به مقدار ۱
 4. گسترش ماتریس T با یک المان ساختاری ۴ اتصاله 3×3
 5. ضرب ماتریس T در تصویر f . جهت عدم گسترش در نواحی 0

آنالیز مولفه‌های متصله

6. تکرار مراحل ۴ و ۵ تا زمانی که دیگر تغییری اتفاق نیفتد.
7. پس از مرحله ۶، جاهایی از ماتریس g که در T مقداری برابر با ۱ دارند به آنها مقداری غیر از ۰ و ۱ داده می‌شود.
8. همچنین جاهایی در ماتریس g که مقدار غیر صفر دارند، در تصویر f مقدارشان صفر خواهد شد.
9. مراحل ۱ تا ۸ تا زمانی که دیگر پیکسل با مقدار ۱ در تصویر f وجود نداشته باشد، تکرار می‌شود.

آنالیز مولفه‌های متصله

0	1	0
1	1	1
0	1	0

• مراحل این الگوریتم به صورت گرافیکی برای عارضه اول:

0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	1	1
1	1	1	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	0

f

0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

T مراحل ۱ تا ۳

1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

T مرحله ۴

0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

T مرحله ۵

1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

T تکرار مرحله ۴

0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

T تکرار مرحله ۵

1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

T تکرار مرحله ۴

0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

T تکرار مرحله ۵

0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

g در مرحله ۷

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	1	0
0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	0

تغییر f در مرحله ۸

آنالیز مولفه‌های متصله

0	1	0
1	1	1
0	1	0

• مراحل این الگوریتم به صورت گرافیکی برای عرضه دوم:

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1

f

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

T در مراحل ۱ تا ۳

0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	1	1	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

T در مرحله ۴

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

T در مرحله ۵

0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1
0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

T تکرار مرحله ۴

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	1	1
0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

T تکرار مرحله ۵

0	0	0	0	1	1	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1
0	0	0	0	1	1	1	1
0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

T تکرار مرحله ۴

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	1	1
0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

T تکرار مرحله ۵

0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	2	2	2	0
1	1	1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	2	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

g در مرحله ۷

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	0

تغییر f در مرحله ۸

آنالیز مولفه‌های متصله

0	1	0
1	1	1
0	1	0

- مراحل این الگوریتم به صورت گرافیکی برای عارضه سوم :

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	0

f

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

T در مراحل ۱ تا ۳

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	1	1	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

T در مرحله ۴

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

T در مرحله ۵

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	1	1	0	0	0
0	0	1	1	1	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0

T تکرار مرحله ۴

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

T تکرار مرحله ۵

0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	2	2	2	0
1	1	1	0	0	2	0	0
1	0	0	0	0	2	0	0
0	0	0	3	0	0	0	0
0	0	3	3	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

g در مرحله ۷

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	0

تغییر f در مرحله ۸

آنالیز مولفه‌های متصله

0	1	0
1	1	1
0	1	0

- مراحل این الگوریتم به صورت گرافیکی برای عارضه چهارم :

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1

f

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0

T در مراحل ۱ تا ۳

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0

T در مرحله ۴

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1

T در مرحله ۵

0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	2	2	2
1	1	1	0	0	2	0	0
1	0	0	0	0	2	0	0
0	0	0	0	3	0	0	0
0	0	0	3	3	0	0	0
0	0	0	0	0	4	4	0

g در مرحله ۷

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

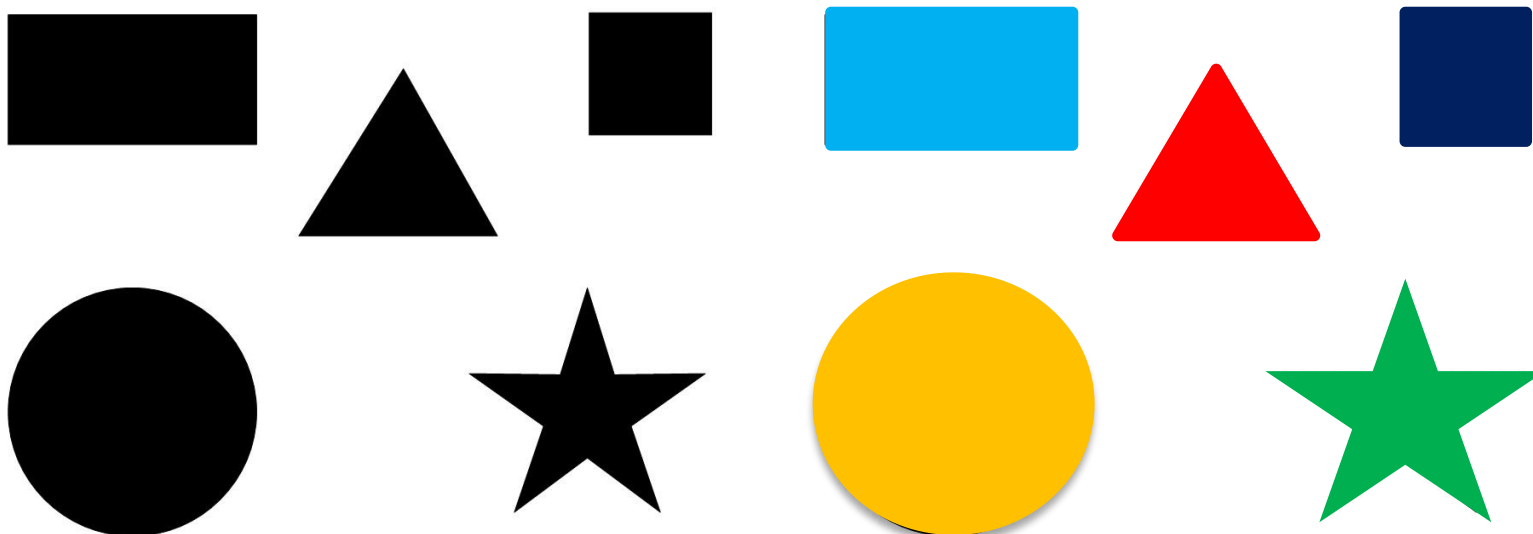
تغییر f در مرحله ۸

0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	2	2	2
1	1	1	0	0	2	0	0
1	0	0	0	0	2	0	0
0	0	0	0	3	0	0	0
0	0	3	3	0	0	0	0
0	0	0	0	0	4	4	0

نتیجه نهایی پس از
آنالیز مولفه‌های متصله

آنالیز مولفه‌های متصله

- چنانچه عوارض تفکیک شوند می‌توان آنها را بهتر تشخیص داد.
مثلا تعیین کرد کدام دایره است، کدام مربع، کدام مثلث و ...



تصویر باینری

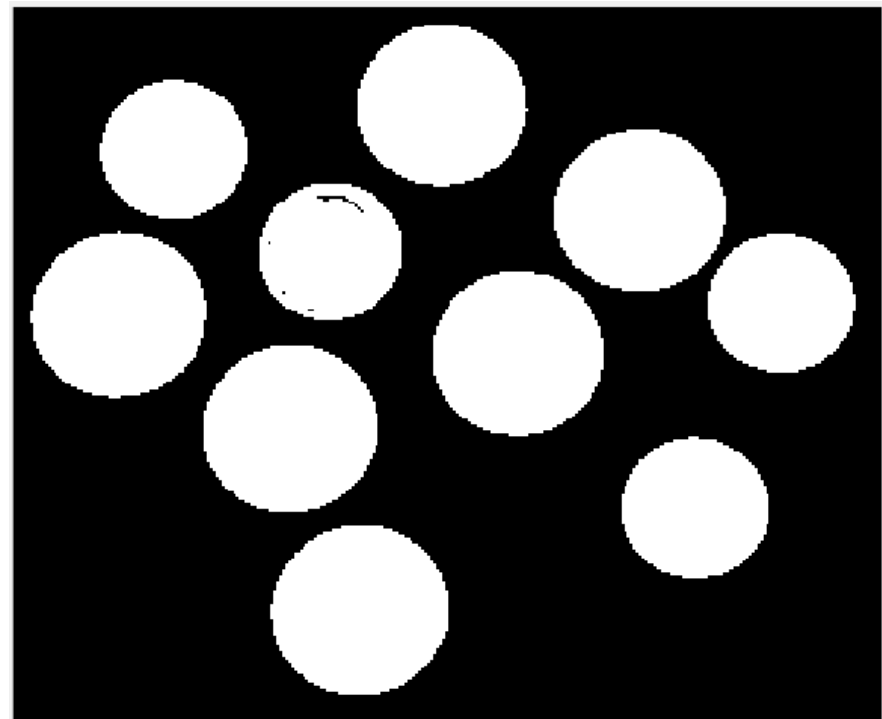
بعد از آنالیز مولفه‌های متصله

آنالیز مولفه‌های متصله

- از جمله کاربردهای آنالیز مولفه‌های متصله می‌توان به استخراج اطلاعات هندسی عوارض مختلف اشاره کرد.
- به طور مثال فرض کنید، تعدادی ساختمان از روی یک تصویر سنجش از دور استخراج کرده‌اید؛ برای تعیین مساحت، ابعاد و سایر اطلاعات آن عوارض بعد از باینری کردن تصویر، اولین گام تفکیک عوارض مختلف است.

آنالیز مولفه‌های متصله

- مثال: باینری کردن تصویر coins.png

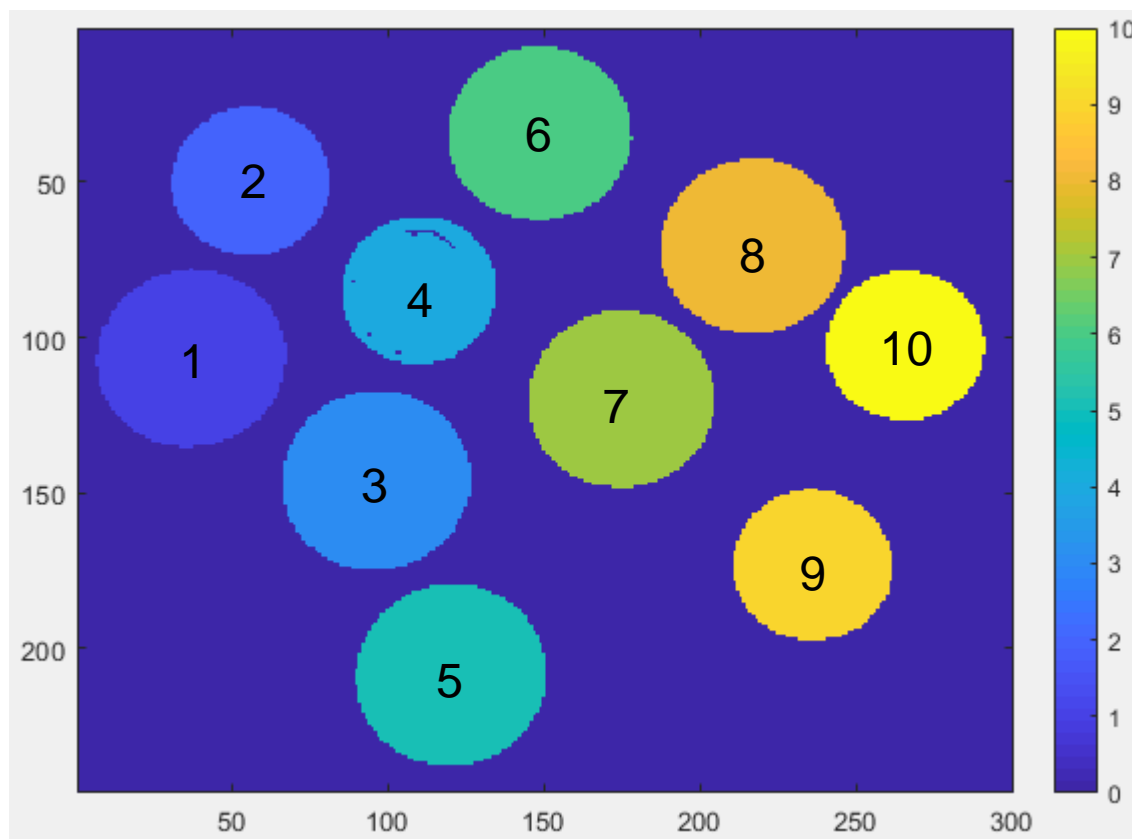


تصویر اولیه

تصویر باینری (اعمال حد آستانه ۹۵ به تصویر اولیه)

آنالیز مولفه‌های متصله

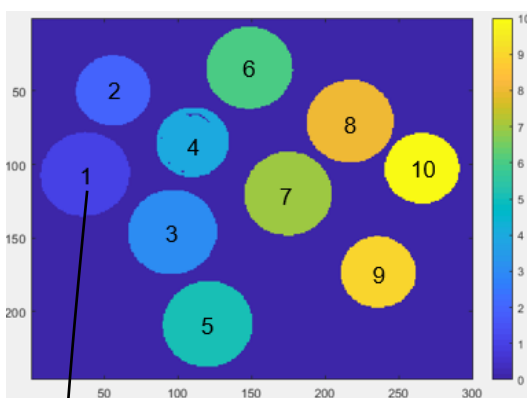
- مثال: تفکیک عوارض از روی تصویر باینری شده coins.png



بعد از اعمال برچسب گذاری با روش مولفه های متصله

آنالیز مولفه‌های متصله

• مثال: استخراج اطلاعات از عوارض



مشخصات عوارض مختلف در تصویر coins

شماره عارضه	تعداد پیکسل	شعاع	مختصات مرکز		میانگین درجه خاکستری	انحراف معیار	مقدار گرادیان
			X	Y			
1	2710	29.4	37.1	106.7	185	23.2	108.4
2	1907	24.6	56.1	49.8	184	23.7	121.8
3	2734	29.5	96.3	146.0	172	18.7	96.5
4	1827	24.1	110.0	85.0	133	23.7	113.4
5	2807	29.9	120.3	208.6	180	22.2	104.3
6	2572	28.6	148.6	34.4	179	18.9	89.3
7	2659	29.1	174.9	119.9	172	19.1	97.7
8	2613	28.8	217.0	70.7	183	22.4	101.7
9	1946	24.9	236.0	173.3	206	29.4	124.6
10	1918	24.7	265.8	102.6	208	30.3	137.4

آنالیز مولفه‌های متصله

- استخراج اطلاعات هندسی و رادیومتریکی عوارض مختلف به متخصصین پردازش تصویر کمک می‌کند تا تشخیص و برآورد بهتری از عوارض داشته باشند.
- به طور مثال برای تشخیص سکه‌های مثال اسلایدهای قبل می‌توان از مساحت، شعاع و درجات خاکستری استفاده کرد و ارزش هر سکه را به صورت اتوماتیک تشخیص داد. مثلاً بگوییم سکه شماره ۱ یک سکه‌ی پنج سنتی است.

آنالیز مولفه‌های متصله

- مثال: سکه ۵ سنتی جفرسون



Skeletonization

اسکلت بندی (Skeletonization)

- در کاربردهای متعددی مانند شناسایی الگو، شناسایی نویسنده از روی دستخط، ذخیره سازی و ... لازم است اسکلت کلی عوارض استخراج شود.
- روشهای اسکلت بندی را با روشهای لاغرسازی نیز تعریف می کنند، اما عبارت "اسکلت" دقیقتر است.
- اسکلت بندی در پردازش داده های سه بعدی (مانند اسکلت عارضه متحرک در هر لحظه) نیز مورد استفاده قرار می گیرد.

اسکلت بندی

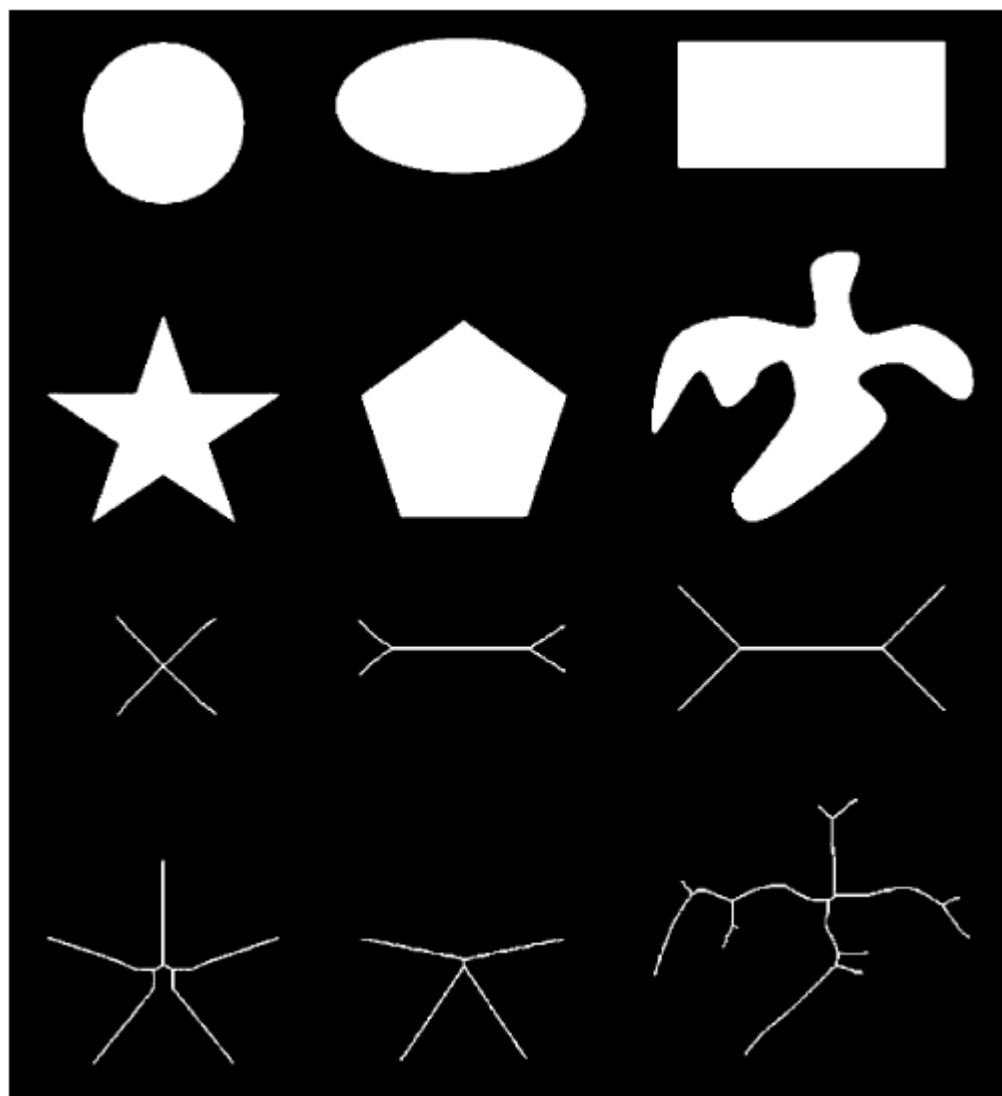
- به طور کلی هدف از اسکلت بندی تصاویر باینری، استخراج اسکلت عوارض واقع در تصویر است.

ورودی ۱

ورودی ۲

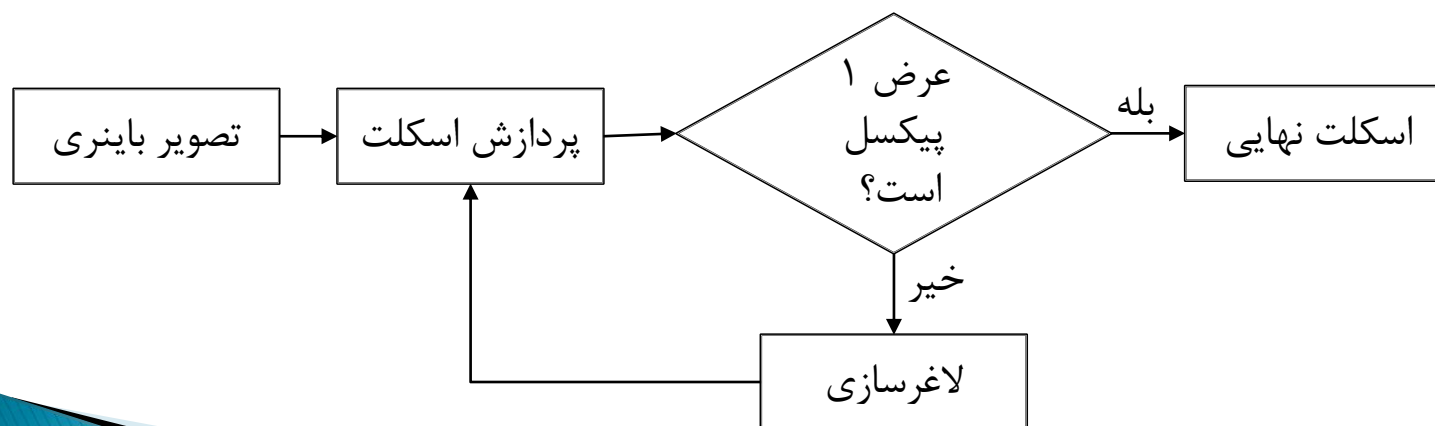
خروجی ۱

خروجی ۲



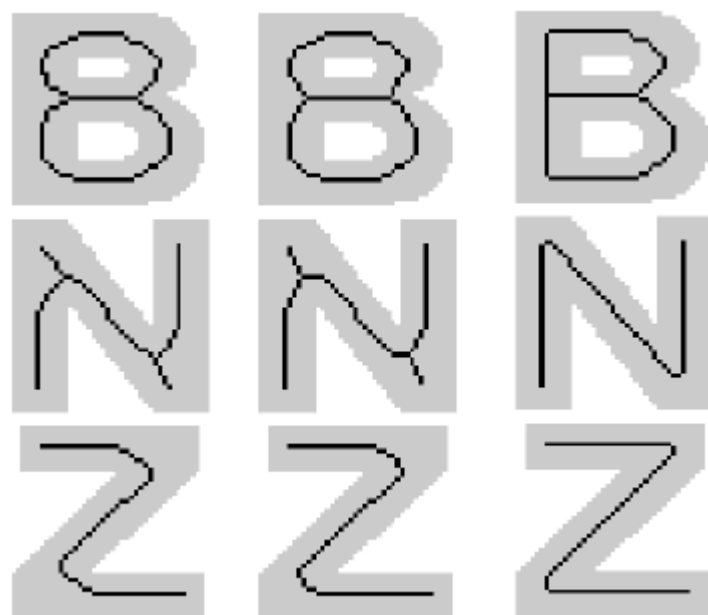
اسکلت بندی

- تاکنون روش‌های متعددی برای استخراج اسکلت عوارض باینری ارائه شده است. اما به طور کلی روش‌های اسکلت‌بندی طی یک فرآیند تکراری تا جایی که به عرض یک پیکسل برسند تصویر را لاغر می‌کنند.



اسکلت بندی

- مثال: خروجی اسکلت بندی روش‌های مختلف برای استخراج



روش
Chin
1987

روش
Guo
1992

روش
Chen
1996

اسکلت حروف

توضیح شکل روبرو:

- محدوده خاکستری: محدوده

عوارض در حالت باینری

- خطوط سیاه رنگ: اسکلت

استخراج شده

اسکلت بندی

• مثال: روشهای مختلف با داده‌های مختلف

Original Image	Altuwaijri Thinning	Zhang's Thinning	Original Image	Altuwaijri Thinning	Zhang's Thinning
ح	ح	ح	ل	ل	ل
ص	ص	ص	خ	خ	خ
ط	ط	ط	ث	ث	ث
ش	ش	ش	ق	ق	ق

Morphological
filtering for other
data

مورفولوژی در سایر داده‌ها

- ورودی تمام روش‌هایی که در این فصل تا پیش از این اسلاید ارائه شد، تصاویر باینری بودند. به عبارتی تمام این روش‌های با داده‌های ۰ و ۱ کار می‌کردند.

1	0	0	0	1	1	1
1	1	1	0	0	1	0
1	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0

- اما برای سایر داده‌ها (مانند تصاویر خاکستری، مدل‌های رقومی و ...) امکان پردازش مورفولوژی در آنها وجود دارد؟

مورفولوژی در سایر داده‌ها

- برای به کارگیری الگوریتم‌های مورفولوژی در سایر داده‌ها از دو عملگر \min و \max استفاده می‌شود. سایش و گسترش در آنها به صورت زیر است:

1. مقدار همه پیکسل‌های تصویر ورودی متناظر با پیکسل‌های موثر در المان ساختاری، به صورت صعودی مرتب می‌شوند.
- **بالاترین** مقدار به عنوان خروجی **گسترش** در نظر گرفته می‌شود.
- **کمترین** مقدار به عنوان خروجی **سایش** در نظر گرفته می‌شود.

تصویر اولیه

150	150	145	130	142	140	50
162	163	165	159	145	90	51
156	154	150	150	87	85	49
152	150	145	88	88	47	45
140	135	85	86	47	47	54
90	90	90	91	55	52	36
92	91	48	47	48	45	52

مورفولوژی در سایر داده‌ها

- مثال: سایش و گسترش در داده‌های ۸ بیتی با یک المان ساختاری ۸ اتصاله

max

	165					

min

	145					

تصویر گسترش یافته

تصویر سایش شده

Processing

تصویر اولیه

150	150	145	130	142	140	50
162	163	165	159	145	90	51
156	154	150	150	87	85	49
152	150	145	88	88	47	45
140	135	85	86	47	47	54
90	90	90	91	55	52	36
92	91	48	47	48	45	52

مورفولوژی در سایر داده‌ها

- مثال: سایش و گسترش در داده‌های ۸ بیتی با یک المان ساختاری ۸ اتصاله

Dilation

163	165	165	165	159	145	140
163	165	165	165	159	145	140
163	165	165	165	159	145	90
156	156	154	150	150	88	85
152	152	150	145	91	88	54
140	140	135	91	91	55	54
92	92	91	91	91	55	52

Erosion

150	145	130	130	90	50	50
150	145	130	87	85	49	49
150	145	88	87	47	45	45
135	85	85	47	47	45	45
90	85	85	47	47	36	36
90	48	47	47	45	36	36
90	48	47	47	45	36	36

تصویر گسترش یافته

تصویر سایش شده

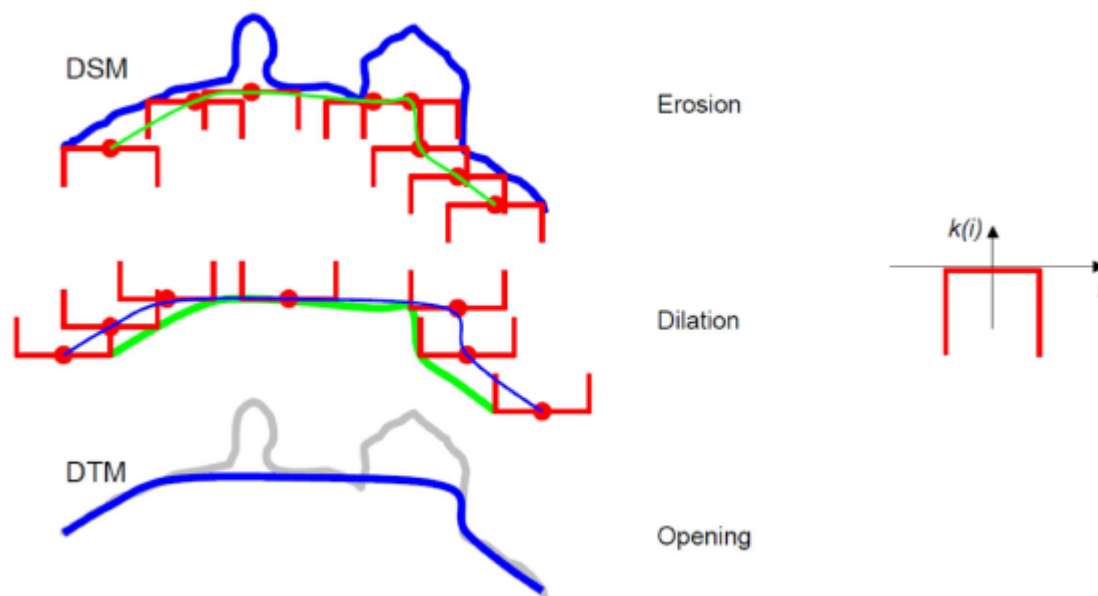
Processing

cal Filtering

Jundi Shapur

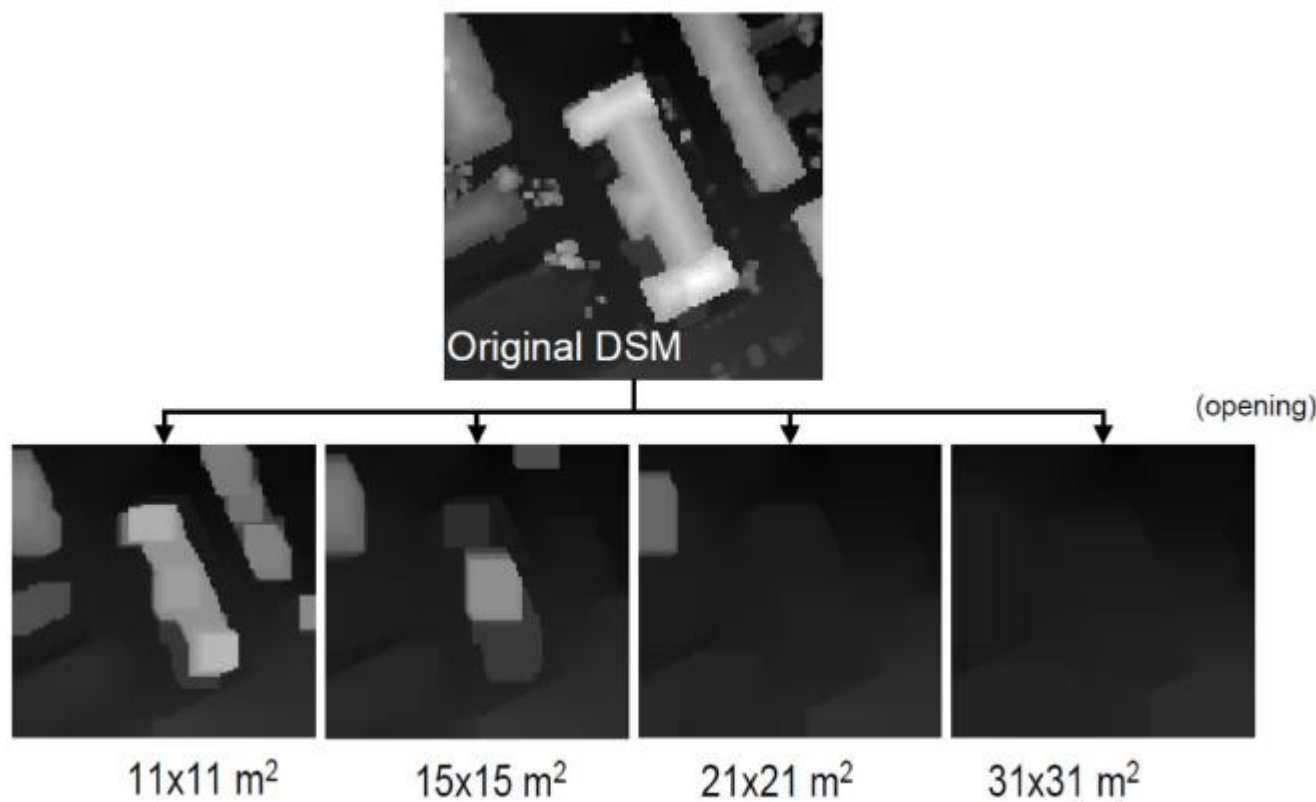
مورفولوژی در سایر داده‌ها

- از اپراتورهای مورفولوژی برای حذف ساختمان‌ها و عوارض سه‌بعدی مدل رقومی سطح استفاده می‌شود.



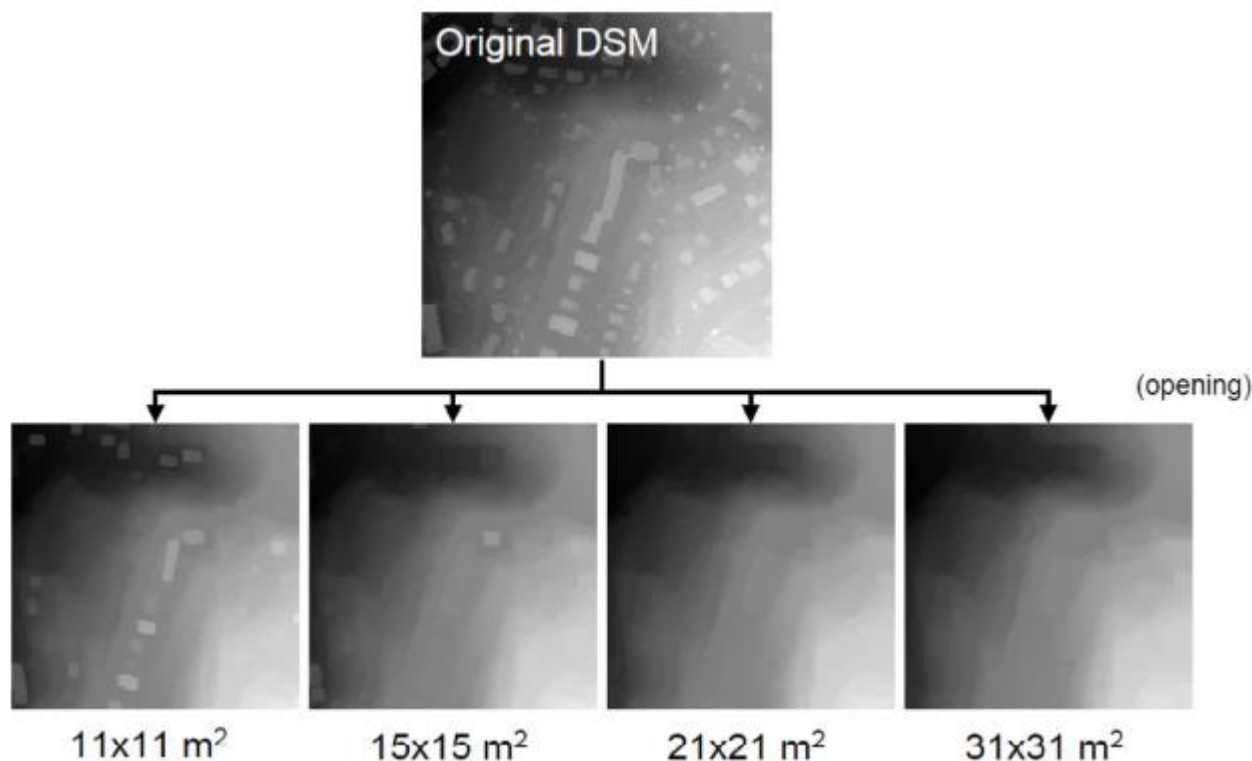
مورفولوژی در سایر داده‌ها

- از اپراتورهای مورفولوژی برای حذف ساختمان‌ها و عوارض سه‌بعدی مدل رقومی سطح استفاده می‌شود.



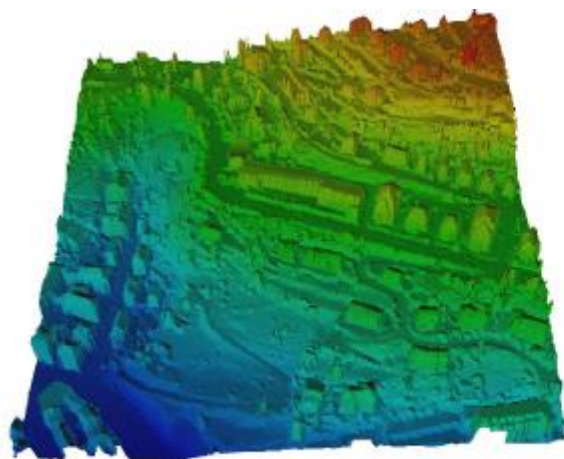
مورفولوژی در سایر داده‌ها

- برای تبدیل مدل رقومی سطح (DSM) به مدل رقومی ارتفاعی (DTM) از اپراتور opening استفاده می‌شود.

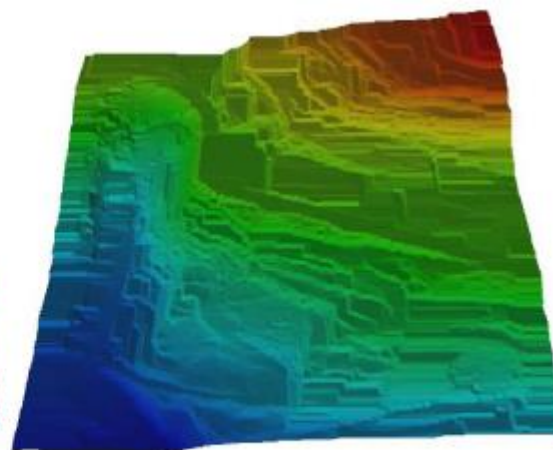


مورفولوژی در سایر داده‌ها

- برای تبدیل مدل رقومی سطح (DSM) به مدل رقومی ارتفاعی (DTM) از اپراتور opening استفاده می‌شود.



Original DSM



DTM obtained by opening

تمرین شماره ۶- برنامه نویسی

1	1	1
1	1	1
1	1	1

- روش‌های مبتنی بر مورفولوژی مانند Opening ، Dilation، Erosion، Closing و روش Connected Component Analysis را در محیط متلب (یا پایتون) پیاده سازی کنید.
- نکته: تنها در مورد روش Connected Component Analysis می‌توانید از کد آماده متلب استفاده کنید.
- نتیجه این فعالیت را در سیستم خود اجرا کرده و از اجرای آن عکس بگیرید. کدها و عکس را تا جلسه بعد به آدرس noorollah.tatar@gmail.com موضوع "تمرین شماره ۶ درس پردازش تصویر" ایمیل کنید.

تمرین شماره ۶- تحقیقاتی

- چنانچه دانشجویان مایل باشند می توانند به جای برنامه نویسی تمرین ۶ یک فعالیت تحقیقاتی انجام دهند.
- موضوع فعالیت تحقیقاتی: الگوریتم Geodesic dilation چگونه DSM را به DTM تبدیل می کند؟
- نکته ۱: این فعالیت اختیاری است.
- منبع برای این فعالیت مقاله روبروست: A morphological reconstruction algorithm for separating off-terrain points from terrain points in laser scanning data
- نتیجه این فعالیت را تا جلسه بعد به آدرس noorollah.tatar@gmail.com
- با موضوع "تمرین شماره ۶ درس پردازش تصویر" ایمیل کنید.

سوال؟