مبانی بینایی کامپیوتر

مدرس: محمدرضا محمدی

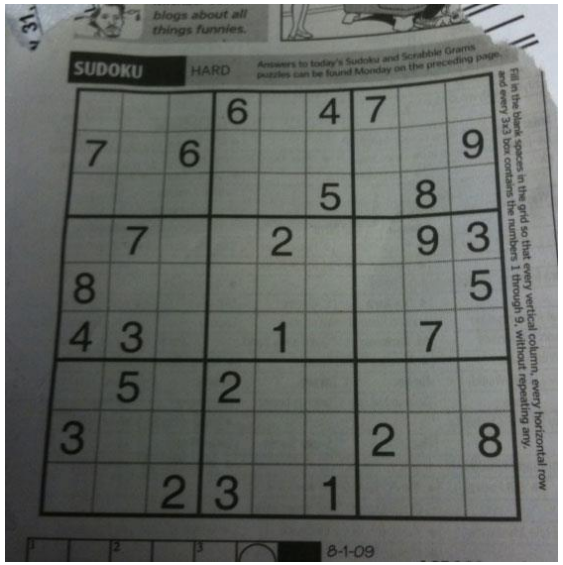
بهار ۱۴۰۲

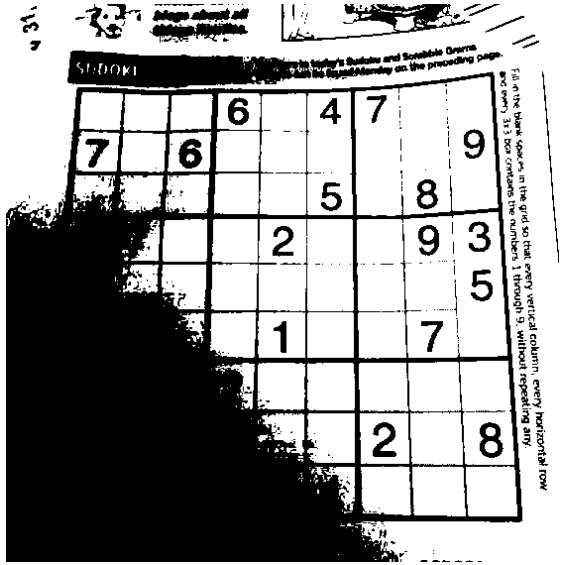
ناحیه‌بندی تصویر

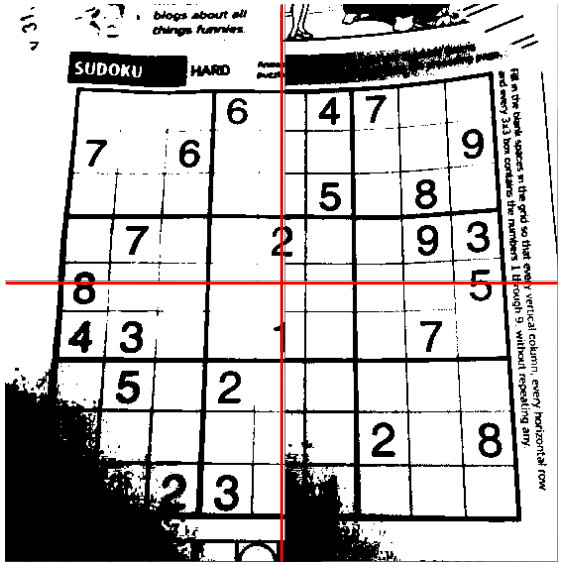
Image Segmentation

آستانه‌گذاری وفقی

- به منظور رفع چالش قبل، مناسب است تا برای هر ناحیه از تصویر یک آستانه متناسب تعریف شود
- در حالت حدی می‌توان برای هر پیکسل یک آستانه تعریف کرد
- البته این محاسبات پیچیده برای هر پیکسل هزینه‌بر است
- می‌توان میانگین پیکسل‌های اطراف هر ناحیه را به عنوان معیاری برای مقدار آستانه محاسبه کرد



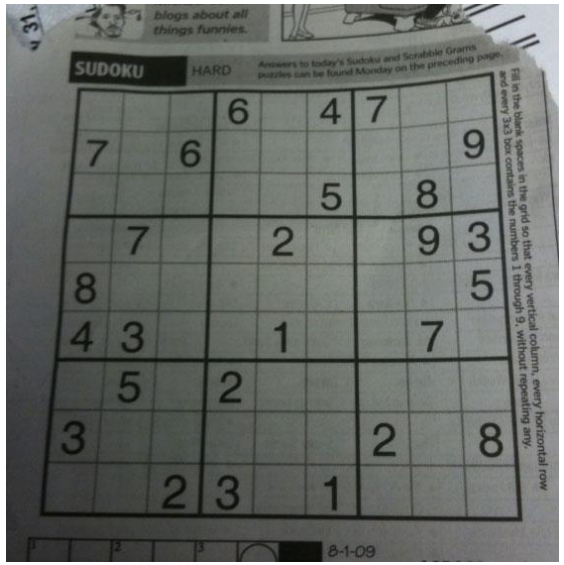


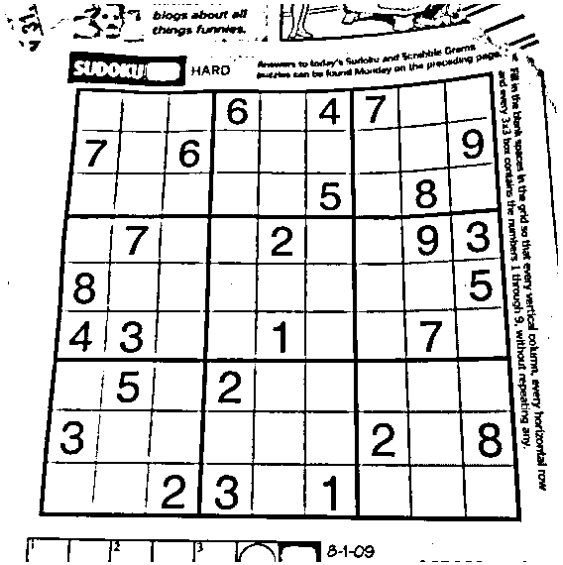


آستانه‌گذاری وفقی

```
dst = cv2.adaptiveThreshold(src, maxValue, adaptiveMethod, thresholdType, blockSize, C)

// src:                 Source 8-bit single-channel image
// maxValue:            Non-zero value assigned to the pixels for which the condition is satisfied
// adaptiveMethod:      Adaptive thresholding algorithm to use (MEAN or GAUSSIAN)
// thresholdType:       Thresholding type that must be either THRESH_BINARY or THRESH_BINARY_INV
// blockSize:           Size of a pixel neighborhood that is used to calculate a threshold value
// C:                   Constant subtracted from the mean or weighted mean
// dst:                 Destination image of the same size and the same type as src
```





استخراج ناحیه‌ها از تصویر باینری

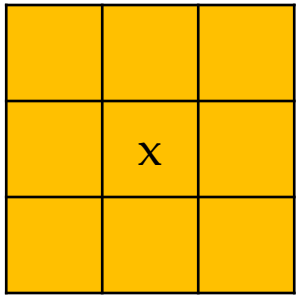
- با استفاده از روش‌های ذکر شده، یک تصویر دوسطحی بدست می‌آید
- حال باید پیسکل‌های مربوط به هر ناحیه را مشخص کنیم

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

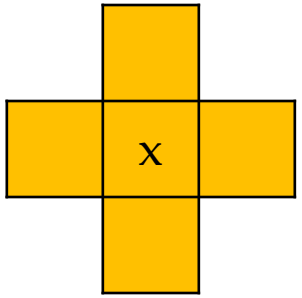
0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0
0	2	0	0	0	0	0	3
2	2	0	0	0	3	3	3
2	2	0	0	3	3	0	0
2	0	0	0	0	0	3	3
0	0	0	0	0	0	3	0

اتصال پیکسل‌ها

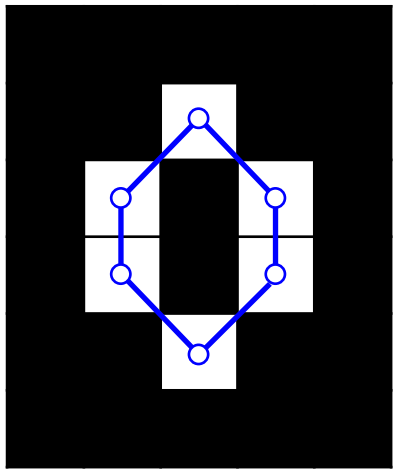
- کدام پیکسل‌ها به هم متصل هستند؟

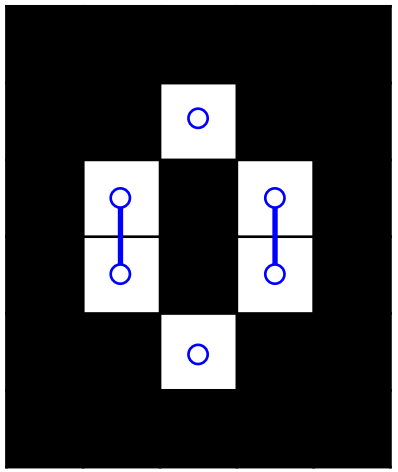


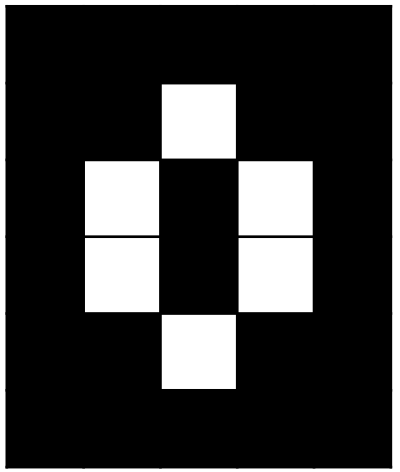
8-connectivity



4-connectivity

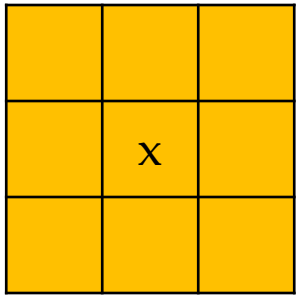




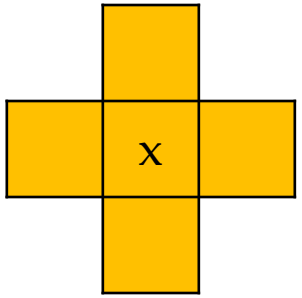


اتصال پیکسل‌ها

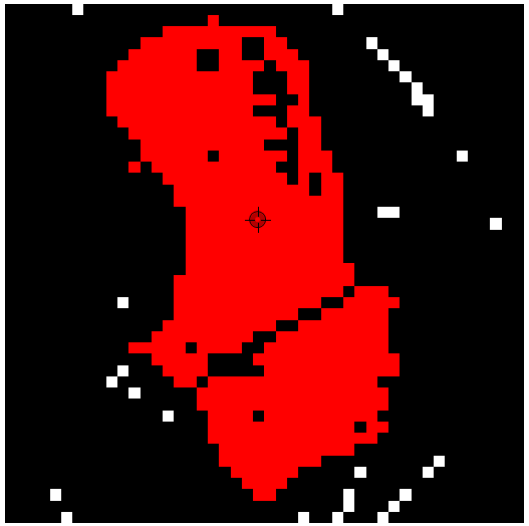
- کدام پیکسل‌ها به هم متصل هستند؟

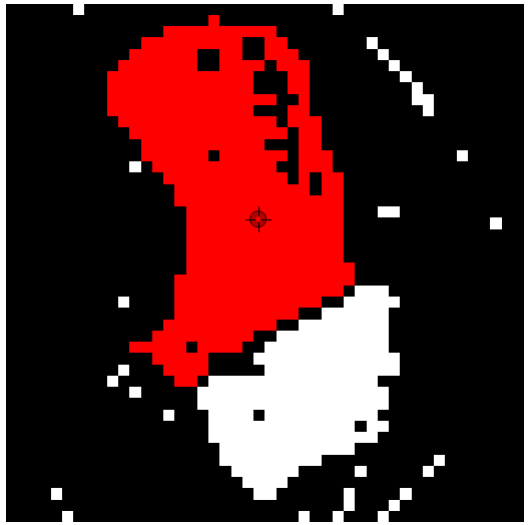


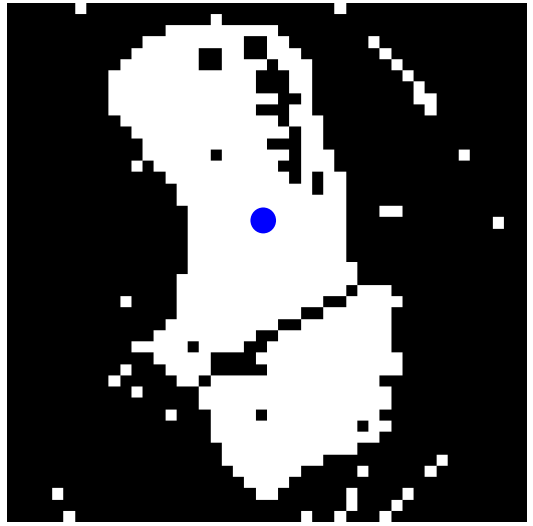
8-connectivity



4-connectivity

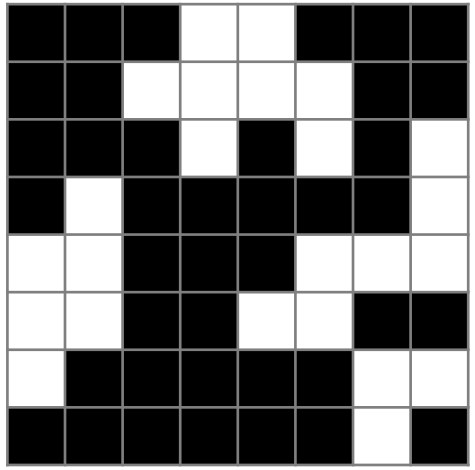






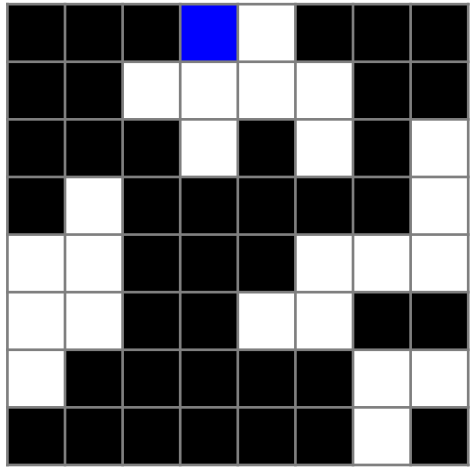
برچسب‌گذاری اجزاء متصل

- چگونه اجزاء متصل در تصویر باینری را مشخص کنیم؟
- الگوریتم یک جزء در هر زمان
  - در این الگوریتم برای استخراج اجزاء، از پیکسل نخست تصویر شروع می‌کنیم و به هر پیکسل که رسیدیم پیکسل‌های متصل به آن را محاسبه می‌کنیم



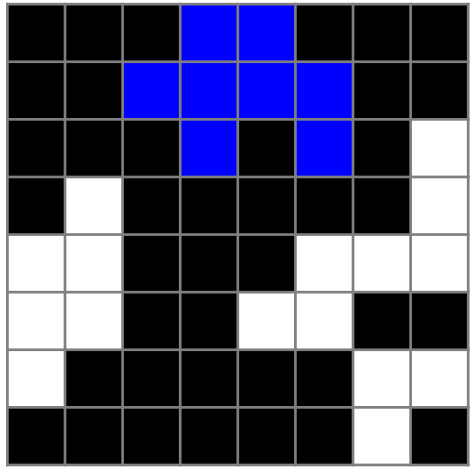
برچسب‌گذاری اجزاء متصل

- چگونه اجزاء متصل در تصویر باینری را مشخص کنیم؟
- الگوریتم یک جزء در هر زمان
  - در این الگوریتم برای استخراج اجزاء، از پیکسل نخست تصویر شروع می‌کنیم و به هر پیکسل که رسیدیم پیکسل‌های متصل به آن را محاسبه می‌کنیم



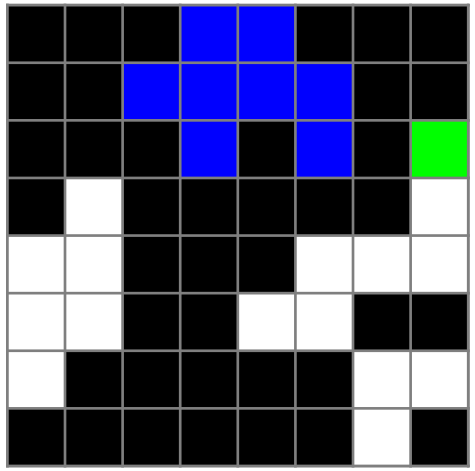
برچسب‌گذاری اجزاء متصل

- چگونه اجزاء متصل در تصویر باینری را مشخص کنیم؟
- الگوریتم یک جزء در هر زمان
  - در این الگوریتم برای استخراج اجزاء، از پیکسل نخست تصویر شروع می‌کنیم و به هر پیکسل که رسیدیم پیکسل‌های متصل به آن را محاسبه می‌کنیم



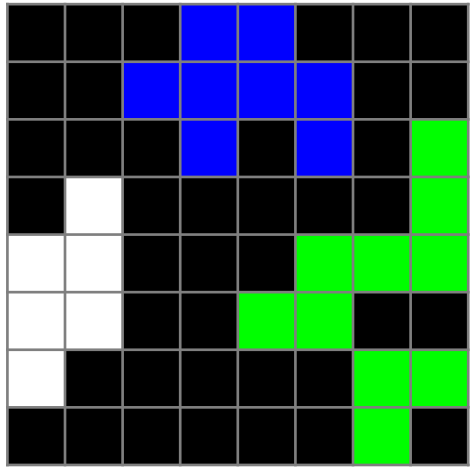
برچسب‌گذاری اجزاء متصل

- چگونه اجزاء متصل در تصویر باینری را مشخص کنیم؟
- الگوریتم یک جزء در هر زمان
  - در این الگوریتم برای استخراج اجزاء، از پیکسل نخست تصویر شروع می‌کنیم و به هر پیکسل که رسیدیم پیکسل‌های متصل به آن را محاسبه می‌کنیم
  - سپس، این روند برای پیکسل‌های بعدی که هنوز برچسب نخورده‌اند تکرار می‌شود



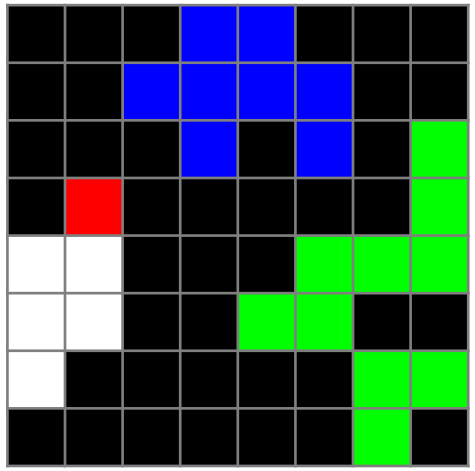
برچسب‌گذاری اجزاء متصل

- چگونه اجزاء متصل در تصویر باینری را مشخص کنیم؟
- الگوریتم یک جزء در هر زمان
  - در این الگوریتم برای استخراج اجزاء، از پیکسل نخست تصویر شروع می‌کنیم و به هر پیکسل که رسیدیم پیکسل‌های متصل به آن را محاسبه می‌کنیم
  - سپس، این روند برای پیکسل‌های بعدی که هنوز برچسب نخورده‌اند تکرار می‌شود



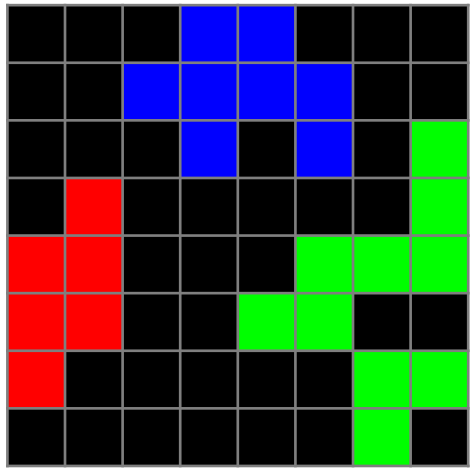
برچسب‌گذاری اجزاء متصل

- چگونه اجزاء متصل در تصویر باینری را مشخص کنیم؟
- الگوریتم یک جزء در هر زمان
  - در این الگوریتم برای استخراج اجزاء، از پیکسل نخست تصویر شروع می‌کنیم و به هر پیکسل که رسیدیم پیکسل‌های متصل به آن را محاسبه می‌کنیم
  - سپس، این روند برای پیکسل‌های بعدی که هنوز برچسب نخورده‌اند تکرار می‌شود



برچسب‌گذاری اجزاء متصل

- چگونه اجزاء متصل در تصویر باینری را مشخص کنیم؟
- الگوریتم یک جزء در هر زمان
  - در این الگوریتم برای استخراج اجزاء، از پیکسل نخست تصویر شروع می‌کنیم و به هر پیکسل که رسیدیم پیکسل‌های متصل به آن را محاسبه می‌کنیم
  - سپس، این روند برای پیکسل‌های بعدی که هنوز برچسب نخورده‌اند تکرار می‌شود

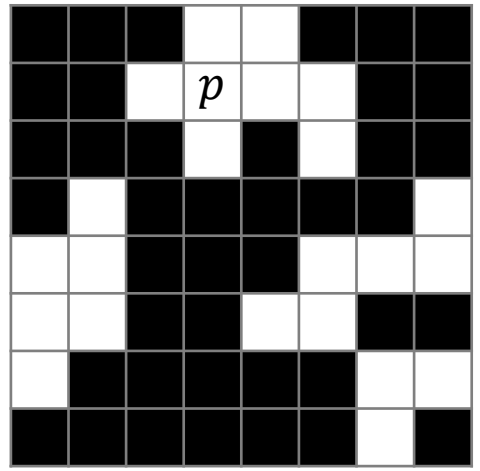


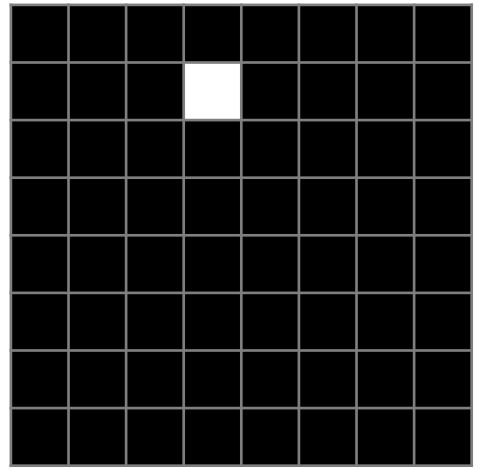
استخراج یک ناحیه متصل

```
// Finding the connected component containing an
   object pixel p
1. Initialize
    1. Create a result set S that contains only p
    2. Create a Visited flag at each pixel, and
       set it to be False except for p
    3. Initialize a queue (or stack) Q that
       contains only p.
2. Repeat until Q is empty:
    1. Pop a pixel x from Q.
```

$S = \{(1,3)\}$

$Q = \{(1,3)\}$



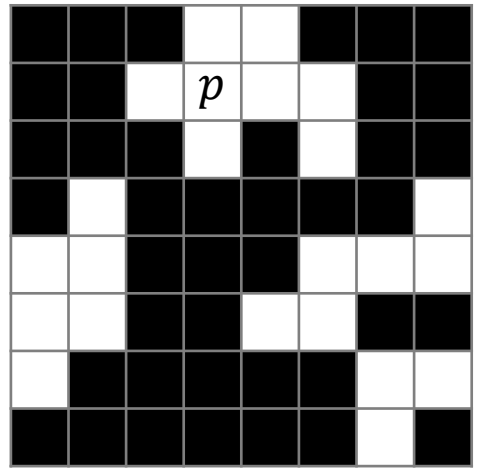


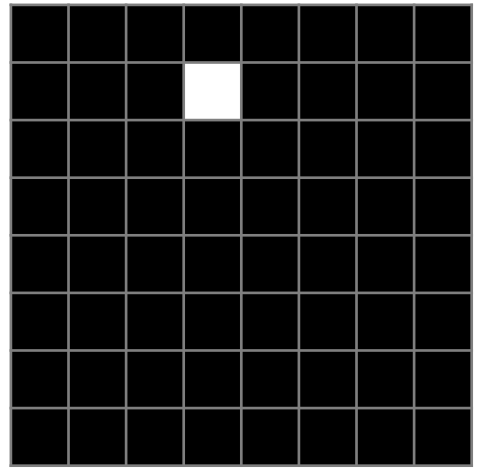
استخراج یک ناحیه متصل

```
// Finding the connected component containing an
   object pixel p
1. Initialize
    1. Create a result set S that contains only p
    2. Create a Visited flag at each pixel, and
       set it to be False except for p
    3. Initialize a queue (or stack) Q that
       contains only p.
2. Repeat until Q is empty:
    1. Pop a pixel x from Q.
    2. For each unvisited object pixel y
       connected to x, add y to S, set its flag
       to be visited, and push y to Q.
```

$S = \{(1,3)\}$

$Q = \{\ \ \}$



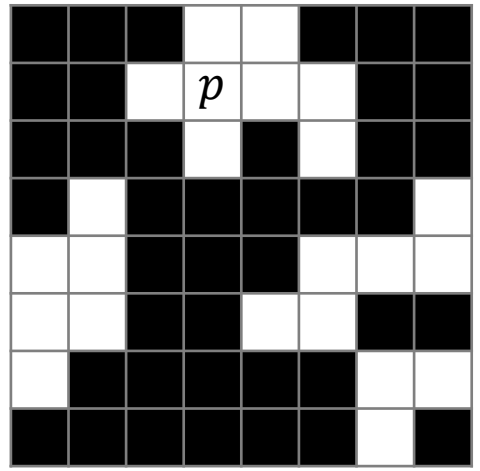


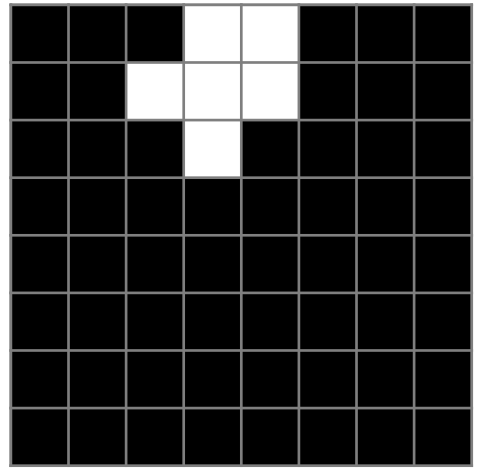
استخراج یک ناحیه متصل

```
// Finding the connected component containing an
   object pixel p
1. Initialize
    1. Create a result set S that contains only p
    2. Create a Visited flag at each pixel, and
       set it to be False except for p
    3. Initialize a queue (or stack) Q that
       contains only p.
2. Repeat until Q is empty:
    1. Pop a pixel x from Q.
    2. For each unvisited object pixel y
       connected to x, add y to S, set its flag
       to be visited, and push y to Q.
3. Output S
```

$S = \{(1,3), (0,3), (1,2), \dots\}$

$Q = \{(0,3), (1,2), \dots\}$



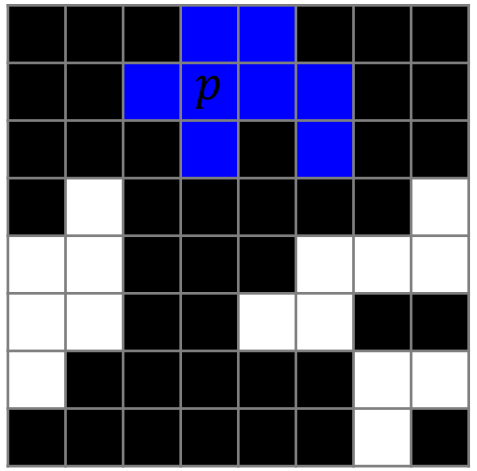


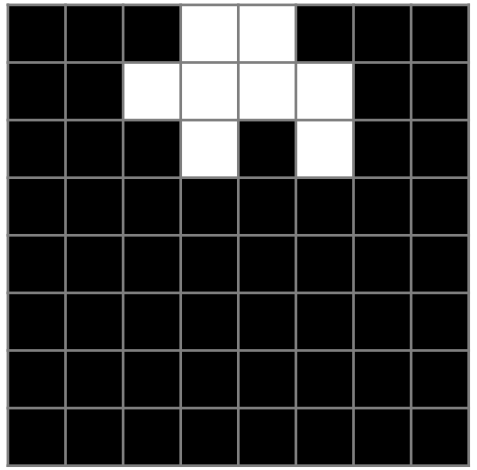
استخراج یک ناحیه متصل

```
// Finding the connected component containing an
   object pixel p
1. Initialize
    1. Create a result set S that contains only p
    2. Create a Visited flag at each pixel, and
       set it to be False except for p
    3. Initialize a queue (or stack) Q that
       contains only p.
2. Repeat until Q is empty:
    1. Pop a pixel x from Q.
    2. For each unvisited object pixel y
       connected to x, add y to S, set its flag
       to be visited, and push y to Q.
3. Output S
```

$S = \{(1,3), (0,3), (1,2), \dots\}$

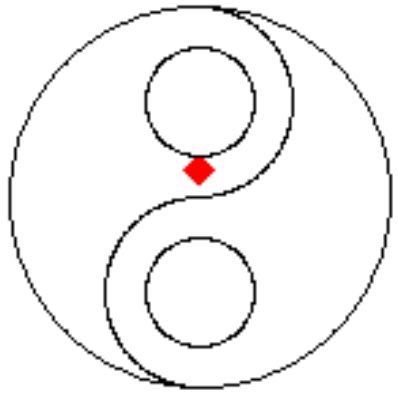
$Q = \{\quad\}$

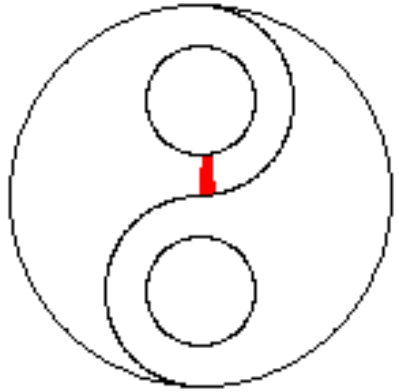




استخراج یک ناحیه متصل

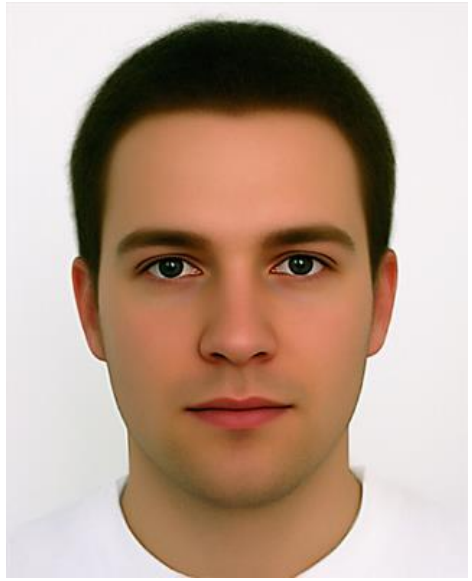
```
// Finding the connected component containing an
   object pixel p
1. Initialize
    1. Create a result set S that contains only p
    2. Create a Visited flag at each pixel, and
       set it to be False except for p
    3. Initialize a queue (or stack) Q that
       contains only p.
2. Repeat until Q is empty:
    1. Pop a pixel x from Q.
    2. For each unvisited object pixel y
       connected to x, add y to S, set its flag
       to be visited, and push y to Q.
3. Output S
```





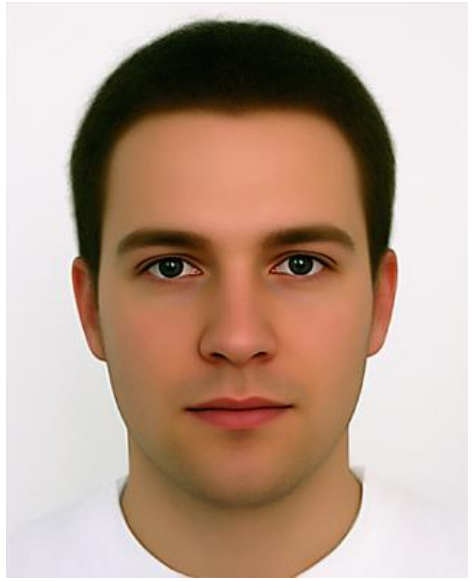
رشد ناحیه

- هدف از این الگوریتم استخراج ناحیه مربوط به یک شیئ در تصویر است که یک نقطه از آن را می‌دانیم
- به نقطه اولیه بذر یا seed گفته می‌شود



رشد ناحیه

- هدف از این الگوریتم استخراج ناحیه مربوط به یک شیئ در تصویر است که یک نقطه از آن را می‌دانیم
- به نقطه اولیه بذر یا seed گفته می‌شود

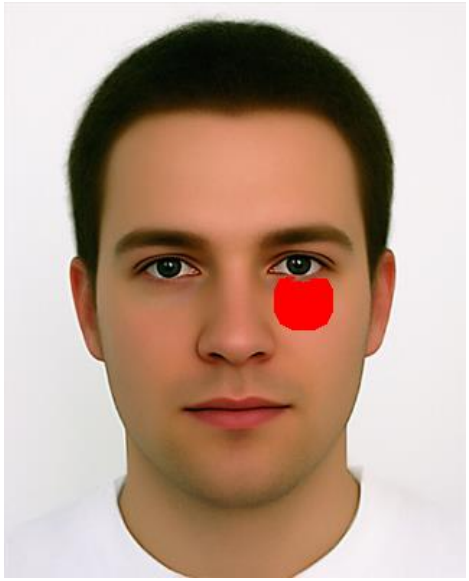


رشد ناحیه

- هدف از این الگوریتم استخراج ناحیه مربوط به یک شیئ در تصویر است که یک نقطه از آن را می‌دانیم
- به نقطه اولیه بذر یا seed گفته می‌شود

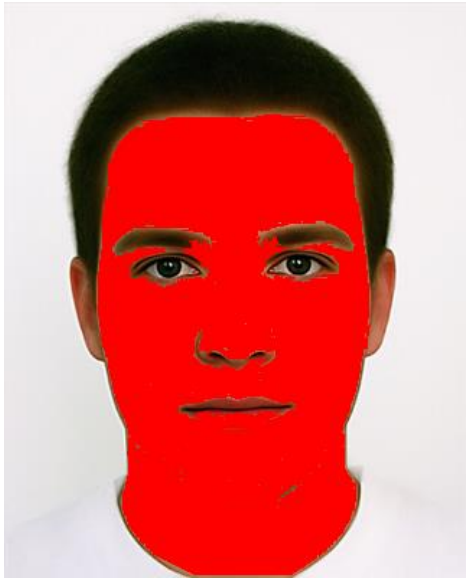
رشد ناحیه

- هدف از این الگوریتم استخراج ناحیه مربوط به یک شیئ در تصویر است که یک نقطه از آن را می‌دانیم
- به نقطه اولیه بذر یا seed گفته می‌شود



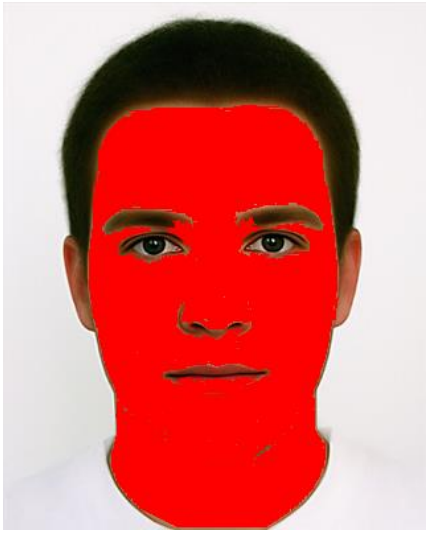
رشد ناحیه

- هدف از این الگوریتم استخراج ناحیه مربوط به یک شیئ در تصویر است که یک نقطه از آن را می‌دانیم
- به نقطه اولیه بذر یا seed گفته می‌شود



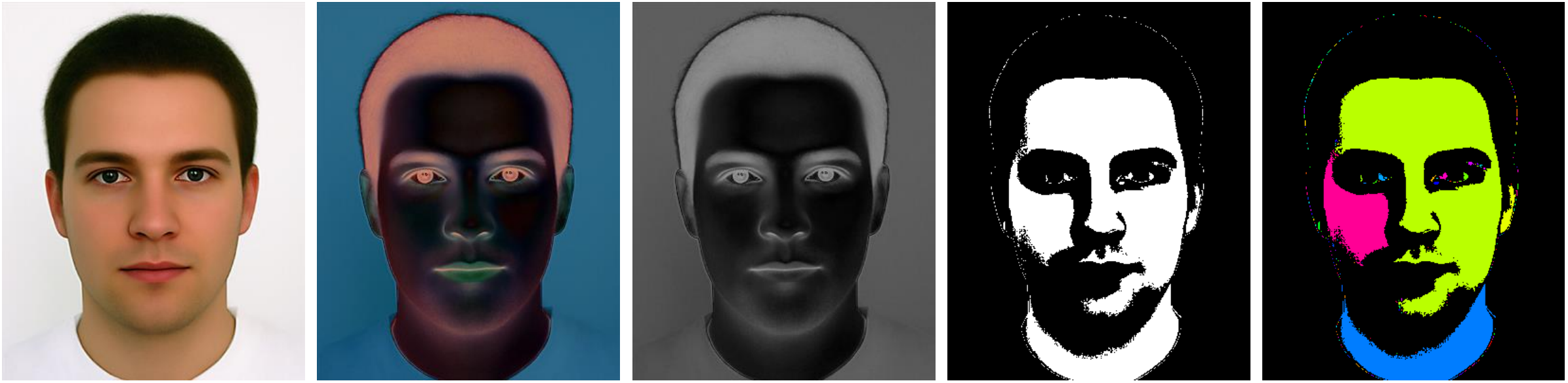
رشد ناحیه

- الگوریتم رشد ناحیه مشابه با استخراج یک جزء متصل در تصویر باینری است
- تفاوت با تصویر باینری آن است که مقادیر پیکسل‌ها باینری نیستند و حتی می‌توانند رنگی باشند
- در پیاده‌سازی، تفاوت اصلی در این است که پیکسل‌های همسایه به چه شرطی به ناحیه اضافه شوند؟
- باید محتوای مشابهی داشته باشد که معادل با اختلاف کم است
- اختلاف با چه معیاری سنجیده شود؟



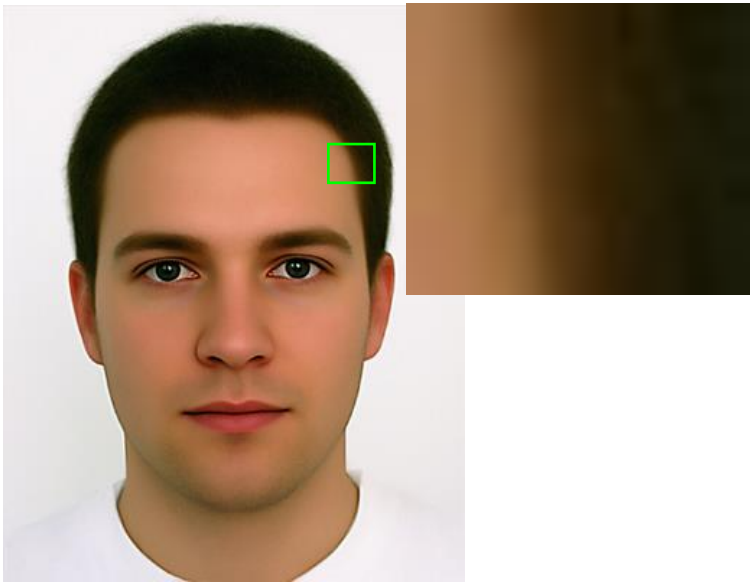
معیار اختلاف برای رشد ناحیه

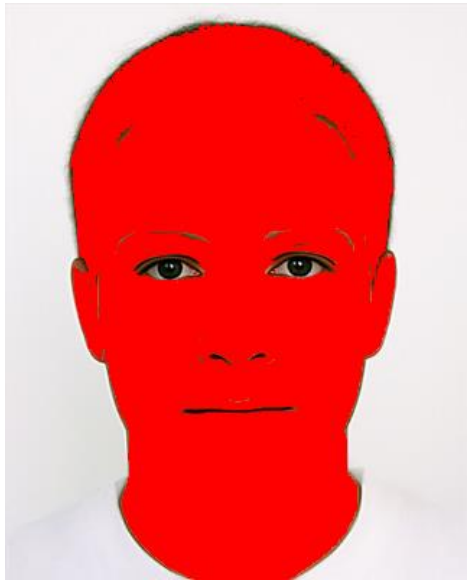
- می‌توان رنگ پیکسل مورد نظر را با رنگ پیکسل بذر مقایسه کرد و اگر اختلاف آنها از حدی کمتر بود به ناحیه اضافه شوند
  - این روش معادل با این است که ابتدا تصویر را بر اساس اختلاف با رنگ مورد نظر باینری کرده و سپس ناحیه متصل به این پیکسل را استخراج کنیم

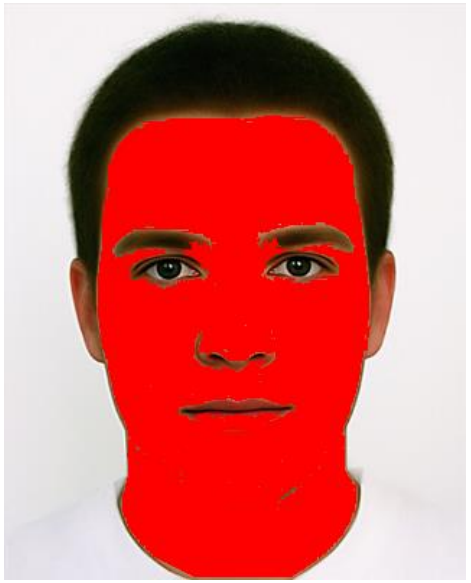


معیار اختلاف برای رشد ناحیه

- می‌توان مقایسه را بجای پیکسل بذر با پیکسل‌های مجاور انجام داد
  - به این حالت رشد محلی (در برابر رشد سراسری) گفته می‌شود
  - این روش برای حالت‌هایی که مرز ضعیف وجود دارد دچار نشت می‌شود





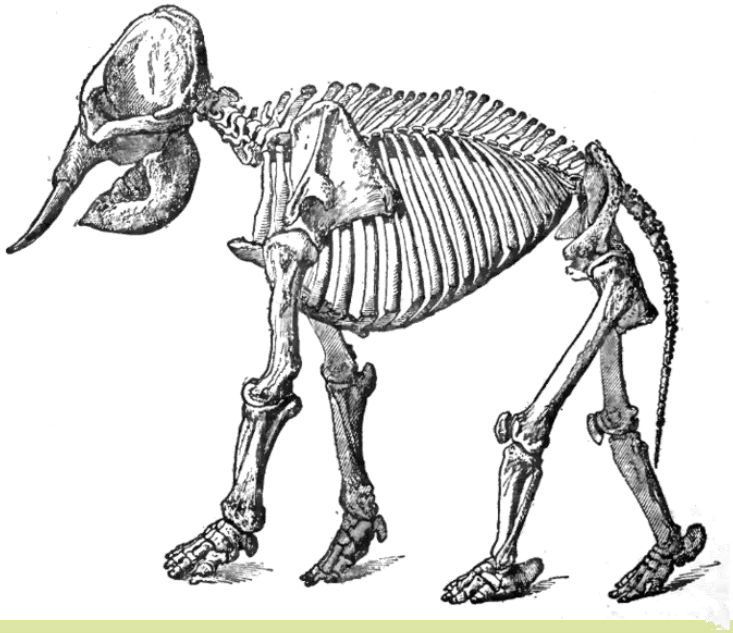


پردازش‌های مورفولوژی

Morphological Image Processing

مورفولوژی

- مورفولوژی (ریخت‌شناسی) شاخه‌ای از علم زیست‌شناسی است که به مطالعه شکل ظاهری و ویژگی‌های ساختاری خاص حیوانات و گیاهان می‌پردازد
- پردازش‌های مورفولوژی به ابزار و روش‌هایی گفته می‌شود که برای استخراج اجزای مفید تصویر نظیر مرزها و گوشه‌ها استفاده می‌شود
- عملگرهای مورفولوژی اغلب برای تصاویر باینری استفاده می‌شوند

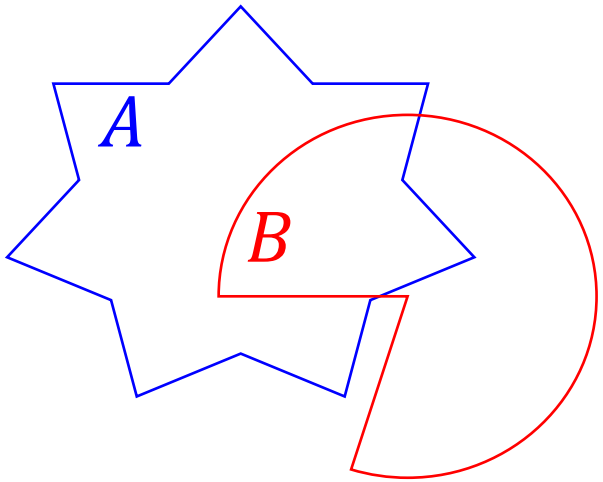


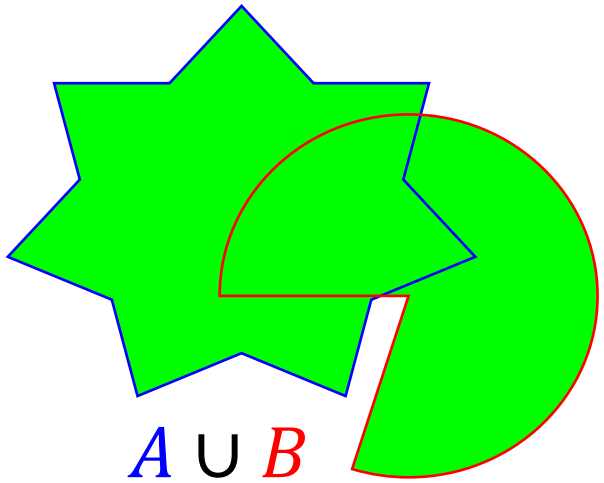
نظریه مجموعه‌ها

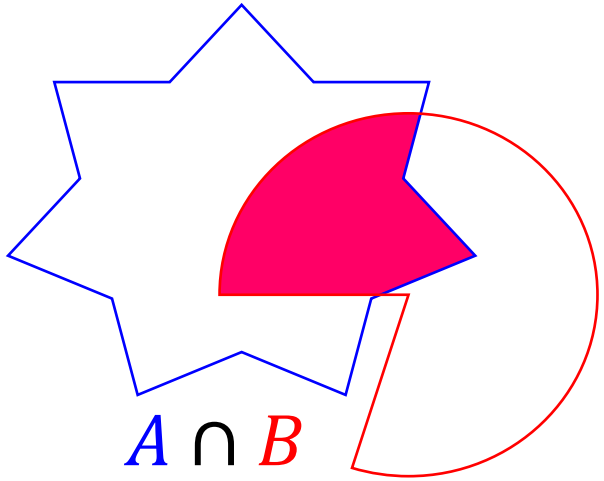
- اگر A یک مجموعه در Z^2 و $a = (a_1,a_2)$ یک عنصر از این مجموعه باشد، از نماد $a \in A$ استفاده می‌کنیم
- و اگر a یک عنصر از A نباشد، نماد $a \notin A$ را استفاده می‌کنیم
- مجموعه بدون عضو، مجموعه تهی نامیده می‌شود با نماد $\emptyset$
- اگر تمام عناصر مجموعه A در مجموعه B وجود داشته باشند، در آنصورت A زیرمجموعه B است و با نماد $A \subseteq B$ نشان داده می‌شود

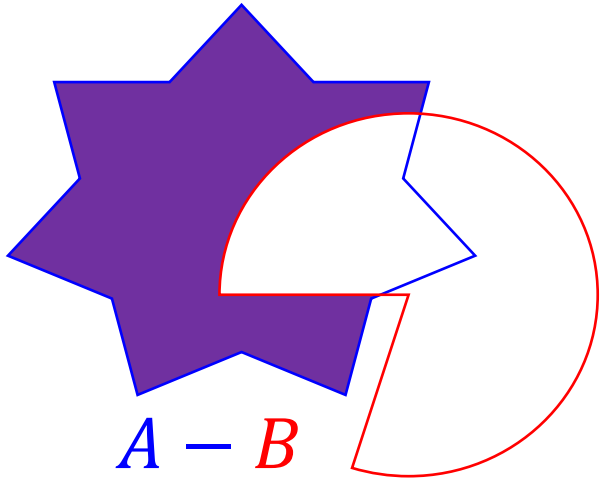
نظریه مجموعه‌ها

- اجتماع مجموعه‌های A و B شامل تمام عناصر این دو مجموعه است
- اشتراک مجموعه‌های A و B تنها شامل عناصر مشترک در دو مجموعه است
- تفاضل مجموعه A از مجموعه B شامل عناصری از A است که در B وجود ندارند $A - B = A \cap B^c$
- مکمل مجموعه A شامل تمام عناصری است که در مجموعه A وجود ندارند و با A^c نشان داده می‌شود









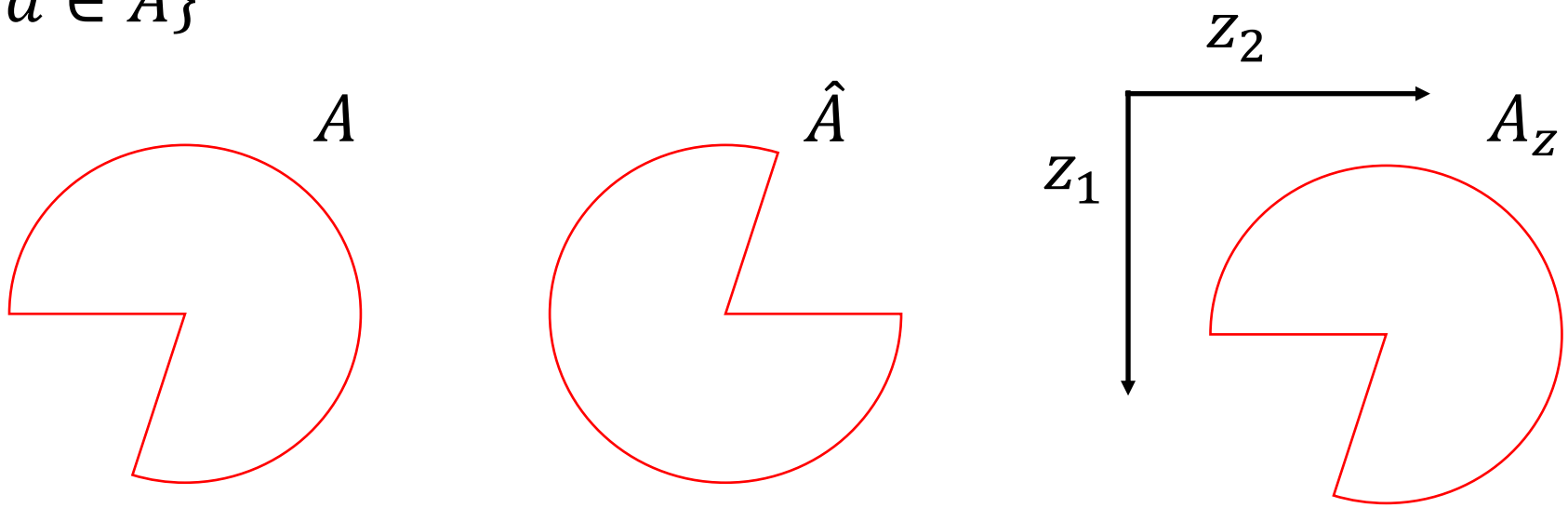
نظریه مجموعه‌ها

- انعکاس مجموعه A به صورت زیر تعریف می‌شود

$$\hat{A} = \{w | w = -a, \text{for } a \in A\}$$

- انتقال مجموعه A به اندازه نقطه $z = (z_1, z_2)$ عبارت است از

$$A_z = \{w | w = a + z, \text{for } a \in A\}$$



عملگر گسترش

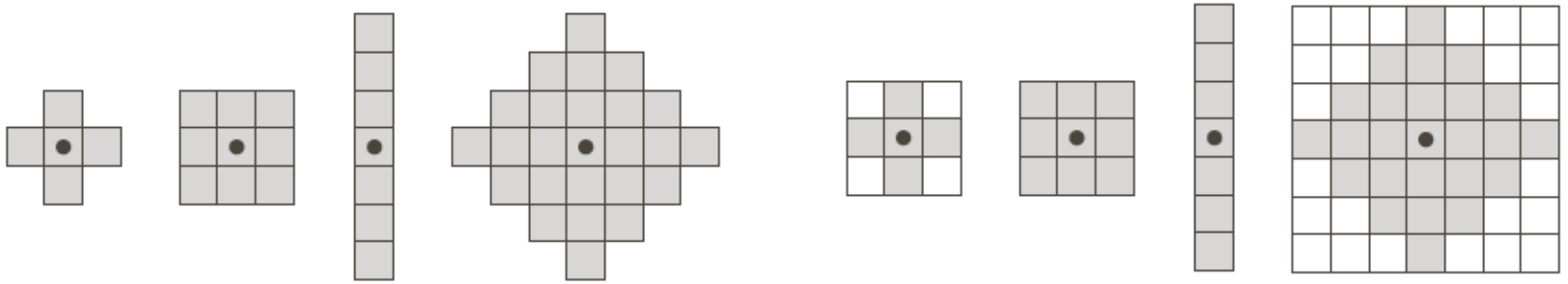
- عملگر گسترش (dilate) برای گسترش مجموعه A توسط B به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$A \oplus B = \left\{ z \middle| \left(\hat{B}\right)_z \cap A \neq \emptyset \right\}$$

- این رابطه به مفهوم بدست آوردن انعکاس B حول مرکز (لنگر) خودش و جابجایی آن به اندازه z است که اگر این نسخه از B دارای اشتراک با A بود، z جزء مجموعه جدید خواهد بود

عنصر ساختاری

- به مجموعه B در عملگر گسترش (و عملگرهای بعدی) عنصر ساختاری (Structuring Element) گفته می‌شود که انتخاب مناسب آن نتیجه مستقیم در عملکرد عملگرها دارد



مثال: گسترش 1D

$$A \oplus B = \left\{ z \left| \left(\hat{B}\right)_z \cap A \neq \emptyset \right. \right\}$$

Input image

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

Structuring Element

1	1	1

Output Image

1									

مثال: گسترش 1D

$$A \oplus B = \left\{ z \left| \left(\hat{B}\right)_z \cap A \neq \emptyset \right. \right\}$$

Input image

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

Structuring Element

1	1	1

Output Image

1	1								

مثال: گسترش 1D

$$A \oplus B = \left\{ z \left| \left(\hat{B}\right)_z \cap A \neq \emptyset \right. \right\}$$

Input image

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

Structuring Element

1	1	1

Output Image

1	1	0							

مثال: گسترش 1D

$$A \oplus B = \left\{ z \left| \left(\hat{B}\right)_z \cap A \neq \emptyset \right. \right\}$$

Input image

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

Structuring Element

1	1	1

Output Image

1	1	0	0						

مثال: گسترش 1D

$$A \oplus B = \left\{ z \left| \left(\hat{B}\right)_z \cap A \neq \emptyset \right. \right\}$$

Input image

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

Structuring Element

1	1	1

Output Image

1	1	0	0	1					

مثال: گسترش 1D

$$A \oplus B = \left\{ z \left| \left(\hat{B}\right)_z \cap A \neq \emptyset \right. \right\}$$

Input image

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

Structuring Element

1	1	1

Output Image

1	1	0	0	1	1	1	1	1	1

مثال: گسترش 2D