

عملیات مورفولوژی (Morphology operations):

عملیات مورفولوژی (Morphological Operations) در OpenCV مجموعه‌ای از تکنیک‌های پردازش تصویر هستند که برای تحلیل و تغییر شکل اشیاء در یک تصویر به کار می‌روند. این عملیات معمولاً بر روی تصاویر باینری (سیاه و سفید) اعمال می‌شوند، اما می‌توانند با تغییراتی بر روی تصاویر grayscale نیز استفاده شوند.

ایده اصلی پشت عملیات مورفولوژی، استفاده از یک "عنصر ساختاردهنده (Structuring Element)" است. این عنصر یک ماتریس کوچک با یک الگوی خاص (مانند مربع، دایره، خط) است که بر روی تصویر حرکت می‌کند. مقدار پیکسل مرکزی این عنصر ساختاردهنده بر اساس مقادیر پیکسل‌های زیر آن در تصویر ورودی تعیین می‌شود.

به زبان ساده، عملیات مورفولوژی به ما اجازه می‌دهند تا:

- نویزهای کوچک را حذف کنیم. مانند نقاط ریز سفید یا سیاه که به نویزهای فلفل نمکی معروفند.
- سوراخ‌های کوچک درون اشیاء را پر کنیم.
- اشیاء نزدیک به هم را به یکدیگر متصل کنیم.
- اشیاء متصل به هم را از یکدیگر جدا کنیم.
- مرزهای اشیاء را نازک‌تر یا ضخیم‌تر کنیم.
- شکل کلی اشیاء را تغییر دهیم.
- ویژگی‌های خاصی از اشیاء را برجسته کنیم. مانند مرزها یا اجزای کوچک

چند نمونه از مهم‌ترین عملیات مورفولوژیکی در OpenCV عبارتند از:

- **فرسایش (Erosion)** مرزهای اشیاء روشن را نازک‌تر می‌کند و می‌تواند نویزهای کوچک روشن را حذف کند.
- **توسعه (Dilation)** مرزهای اشیاء روشن را ضخیم‌تر می‌کند و می‌تواند سوراخ‌های کوچک را پر کرده و اشیاء نزدیک را به هم متصل کند.
- **بازگشایی (Opening)** ترکیبی از فرسایش و سپس توسعه است. برای حذف نویزهای کوچک روشن و صاف کردن مرزها استفاده می‌شود.
- **بستن (Closing)** ترکیبی از توسعه و سپس فرسایش است. برای پر کردن سوراخ‌های کوچک درون اشیاء و اتصال شکاف‌های کوچک استفاده می‌شود.
- **گرادیان مورفولوژیکی (Morphological Gradient)** تفاوت بین تصویر حاصل از توسعه و تصویر حاصل از فرسایش است و برای برجسته کردن مرزهای اشیاء استفاده می‌شود.

کلاه بالا (Top Hat) تفاوت بین تصویر اصلی و تصویر بازگشایی شده است و برای برجسته کردن عناصر روشن کوچکتر از عنصر ساختاردهنده استفاده می‌شود.

• **کلاه سیاه (Black Hat)** تفاوت بین تصویر بسته شده و تصویر اصلی است و برای برجسته کردن عناصر تاریک کوچکتر از عنصر ساختاردهنده استفاده می‌شود.

برای استفاده از این عملیات در OpenCV، شما معمولاً به موارد زیر نیاز دارید:

1. یک تصویر باینری: اگرچه برخی عملیات می‌توانند روی تصاویر grayscale نیز اعمال شوند
 2. یک عنصر ساختاردهنده: (Kernel) که شکل و اندازه عملیات را تعیین می‌کند. می‌توانید عناصر ساختاردهنده با اشکال مختلف (مربع، دایره، ضربدر و غیره) ایجاد کنید.
 3. تابع مربوط به عملیات مورفولوژیکی مورد نظر: مانند `cv2.erode()`، `cv2.dilate()`، `cv2.morphologyEx()` و غیره.
- در مجموع، عملیات مورفولوژیکی ابزارهای قدرتمندی در پردازش تصویر هستند که به ما امکان می‌دهند ساختار اشیاء را در تصاویر باینری تحلیل و دستکاری کنیم و برای بسیاری از کاربردها مانند حذف نویز، بخش‌بندی اشیاء و تحلیل شکل مفید هستند.
- در ادامه به بررسی روش‌های فوق خواهیم پرداخت.

: Structuring element

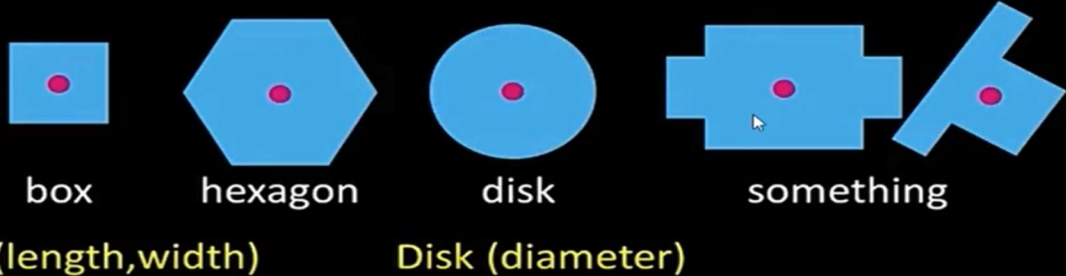
اما پیش از بررسی هر کدام از عملیات‌های فوق باید کمی در مورد Structuring element صحبت کنیم. برای انجام هر کدام از عملیات Dilation یا Erosion ما به یک Structuring element احتیاج داریم که این المنت معمولاً به صورت مربع دایره یا مستطیل اعمال می‌شود. در نهایت هر یک از المان‌ها دارای یک نقطه به نام origin هستند که این در انجام عملیات بسیار مهم است.

این origin معمولاً در وسط شکل هندسی ما قرار می‌گیرد، هرچند که میتوان با توجه به نوع مساله محل آن را تغییر داد. وظیفه origin قرار گرفتن بر روی تک تک پیکسل‌های تصویر اصلی است، این origin عملیاتی را انجام میدهد و در نهایت یک تصویر خروجی به ما بر میگرداند. این origin در واقع یک ماتریس کوچک است که برای "کاوش" یا "بررسی" تصویر ورودی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر، Structuring element مانند یک "کاوشگر" عمل می‌کند که شکل، اندازه و تأثیر همسایگی پیکسل‌ها را در عملیات مورفولوژی مشخص می‌کند.

Structuring Element

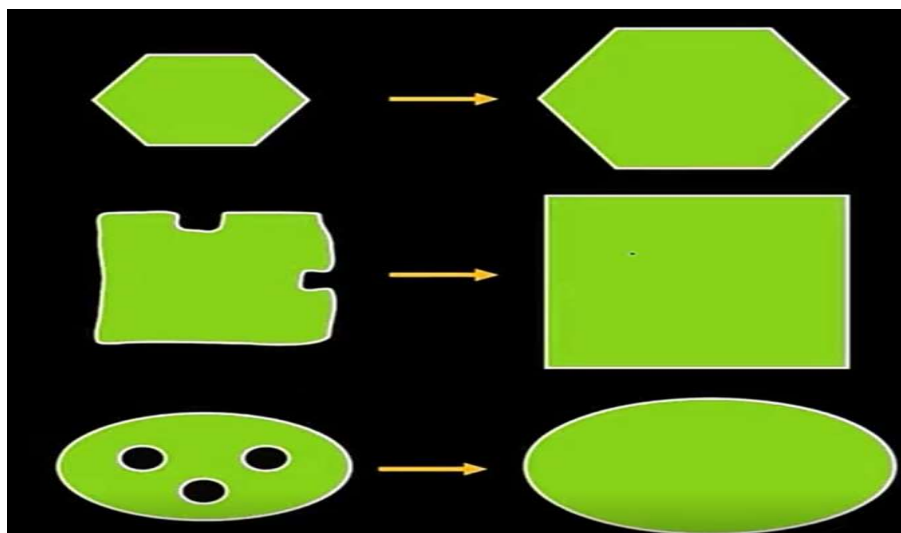
A shape mask used in basic morphological ops.

- Any shape, size that is digitally representable
- With a defined **origin**



:Dilation

در این عملیات مرز اشیاء روشن تر را ضخیم میکنیم. در واقع عکس گسترش می یابد و اصطلاحاً expand می شود.



به عنوان مثال در تصویر فوق با انجام عملیات Dilation می توانیم عکس میانی را که دارای لبه های از بین رفته است را به یک مربع کامل تبدیل کنیم.

اگر Dilation را به عنوان یک تابع در نظر بگیریم، این تابع 2 ورودی می گیرد:

1- تصویری که برای انجام عملیات به آن احتیاج داریم src

2- هسته یا عنصر ساختاری kernel

فرایند انجام عملیات Dilation:

فرض کنید عکسی داریم که توانسته ایم با استفاده از عملیات آستانه گذاری آن را به یک تصویر سیاه و سفید تبدیل کنیم. حال برای انجام این عملیات به یک کرنل احتیاج داریم که این کرنل معمولاً یک ماتریس 3×3 است با مقدار 1 است.

	(0,0)	(0,1)	(0,2)	
(0,0)	1	1	1	(0,2)
(1,0)	1	1	1	(1,2)
(2,0)	1	1	1	(2,2)
	(2,0)	(2,1)	(2,2)	

این ماتریس بر روی تصویر شروع به حرکت می کند. اگر تمام پیکسل های بخشی از تصویر که کرنل بر روی آن حرکت می کند عدد صفر باشند پیکسل خروجی نیز در نهایت صفر می شود. در غیر این صورت حتی اگر یکی از پیکسل ها نیز یک باشند به خروجی 1 می رسیم. به عبارتی یک عملیات or بر روی تصویر اتفاق می افتد.

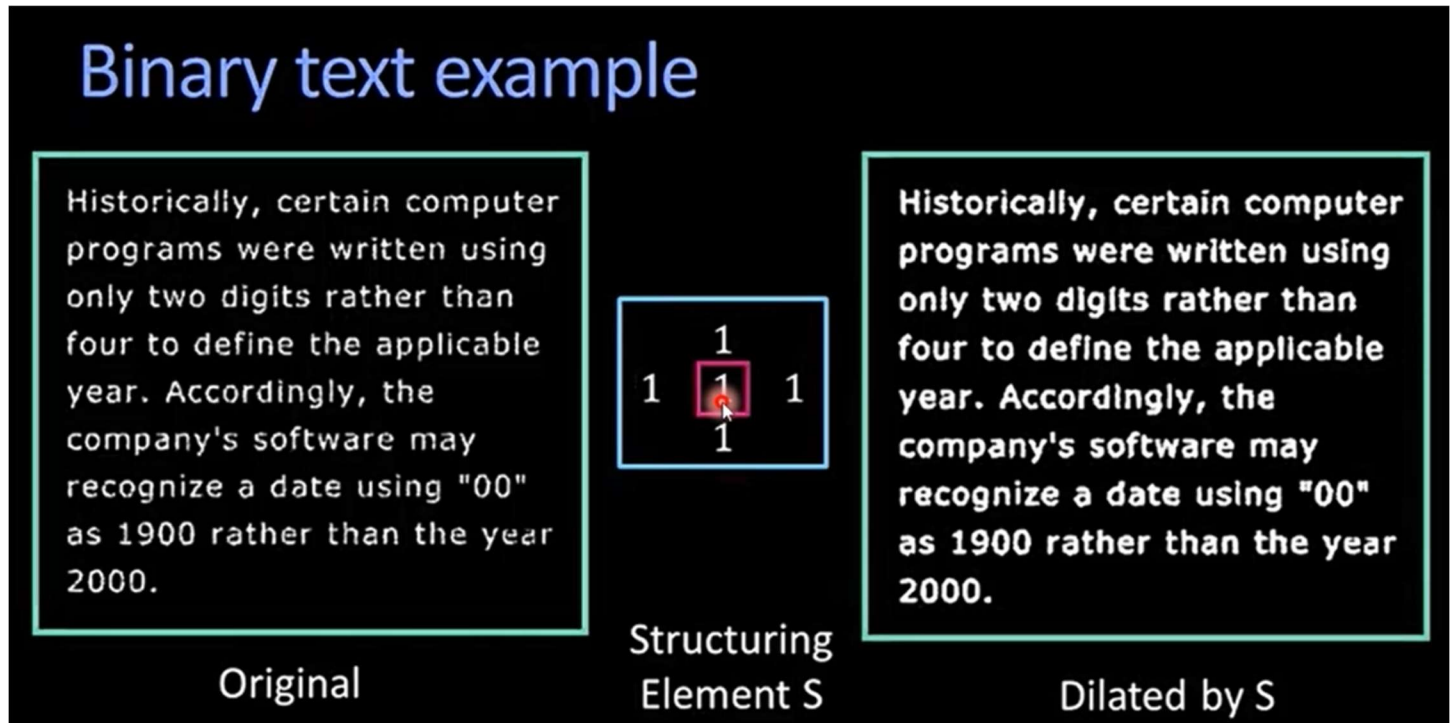
Dilation

Input: Binary image B , structuring element S

- Move S over B , placing **origin** at each pixel
- Considering only the 1-pixel locations in S , compute the binary **OR** of corresponding elements in B

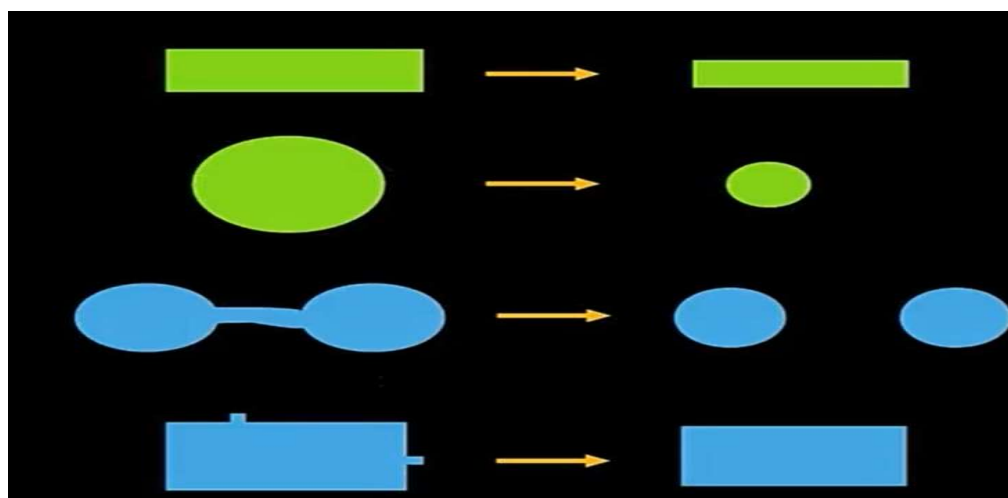


نمونه ای از انجام عملیات Dilation به هنگام اسکن اسناد به کمک ما می آید جایی که اسناد به درستی اسکن نشده اند و بخواهیم خطوط را پر نمایم.

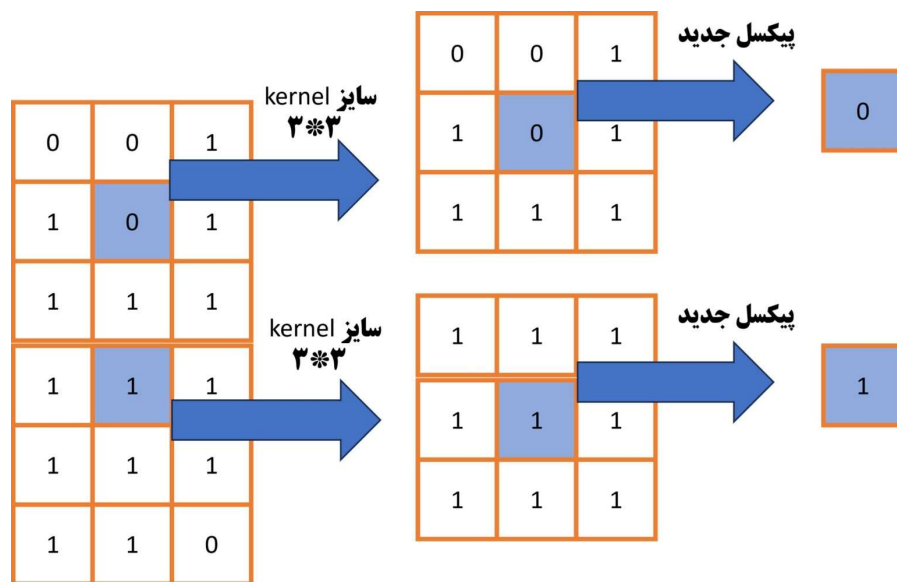


Erosion

بر خلاف عملیات قبلی Erosion عکس را نازک یا shrink می کند.



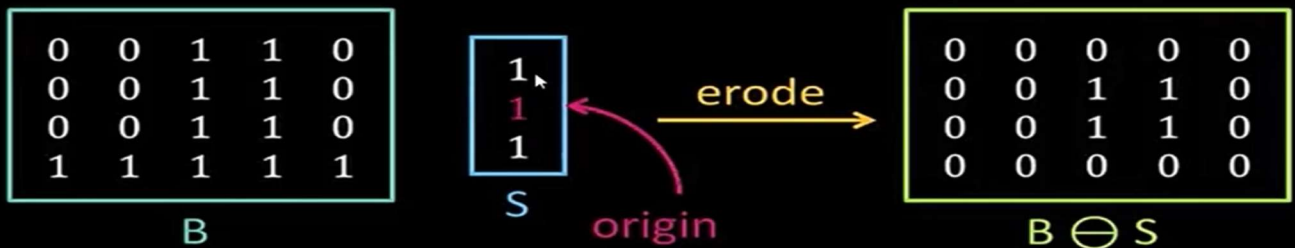
همانطور که در تصویر قابل مشاهده است با استفاده از این عملیات می توانیم ناترازی های موجود در یک عکس را از بین ببریم. مثلا در تصویر سوم می توانیم دایره ها را به سلول های سرطانی تشبیه کنیم و اگر بخواهیم آنها را زیر میکروسکوپ بررسی کنیم به راحتی میتوان آنها را کوچک کرده و شمارش نماییم. در این عملیات نیز کرنل بر روی تصویر حرکت می کند، اگر تمام پیکسل هایی که کرنل بر روی آنها قرار می گیرد 1 باشند پیکسل خروجی نیز 1 می شود در غیر این صورت اگر حتی یکی از پیکسل ها نیز صفر باشد پیکسل خروجی نیز صفر می شود. بنابراین عملیات and بر روی پیکسل ها صورت می گیرد.



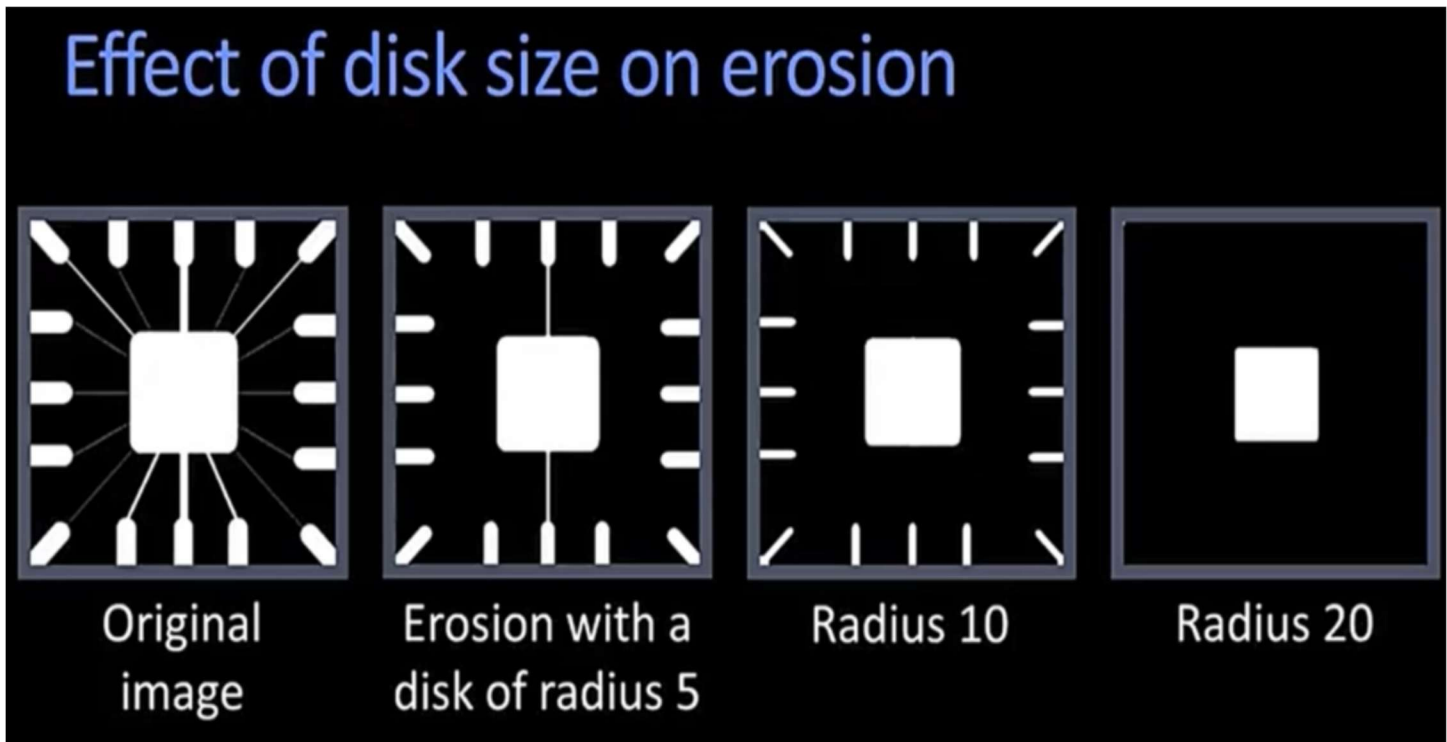
Erosion

Input: Binary image B , structuring element S

- Move S over B , placing **origin** at each pixel
- Considering only the 1-pixel locations in S , compute the binary **AND** of corresponding elements in B



نمونه ای از عملیات فرسایش:



عملیات opening :

از دو عملیات قبلی می توان به عنوان دو عملیات اصلی در مورفولوژی یاد نمود. بر اساس این دو عملیات می توان چند عملیات فرعی دیگر برای مورفولوژی تعریف نمود که مهمترین آنها عبارتند از opening و closing.

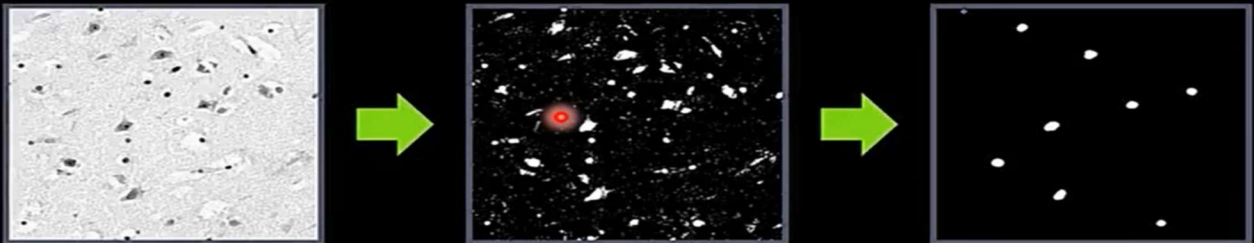
عملیات opening عبارت است از یک Erosion (فرسایش) که به دنبال آن یک Dilation (گسترش) زده می شود. این عملیات معمولاً باعث از بین رفتن نویزی های محیطی در تصویر می شوند. همچنین نکته مهمی که باید به آن توجه نمود این است که برخلاف دو عملیات اصلی که ما می توانستیم چندین بار آنها را بر روی تصویر انجام دهیم و هر بار به خروجی متفاوتی برسیم، در عملیات opening تنها یک بار انجام آن کافی است و اجرای چند باره آن تاثیری بر عکس نخواهد گذاشت. همچنین نکته مهم بعدی این است که سایز Structuring element باید همواره ثابت باشد و نمی توان آن را تغییر داد.

در ادامه نمونه ای از عملیات opening را با هم خواهیم دید.

Opening example – cell colony

Use large structuring element that fits into big objects

- Structuring Element: 11 pixel disc



عملیات closing :

در عملیات closing بر خلاف عملیات قبلی ابتدا از یک Dilation و سپس از یک Erosion استفاده می شود. این عملیات باعث ایجاد ساختاری نرم و روان در ساختار عکس می شود چراکه ابتدا عکس گسترش می یابد و سپس با استفاده از عملیات کاهش میتوان عکسی نرم و روان داشته باشیم.

نمونه ای از عملیات closing:

Closing Example - Segmentation

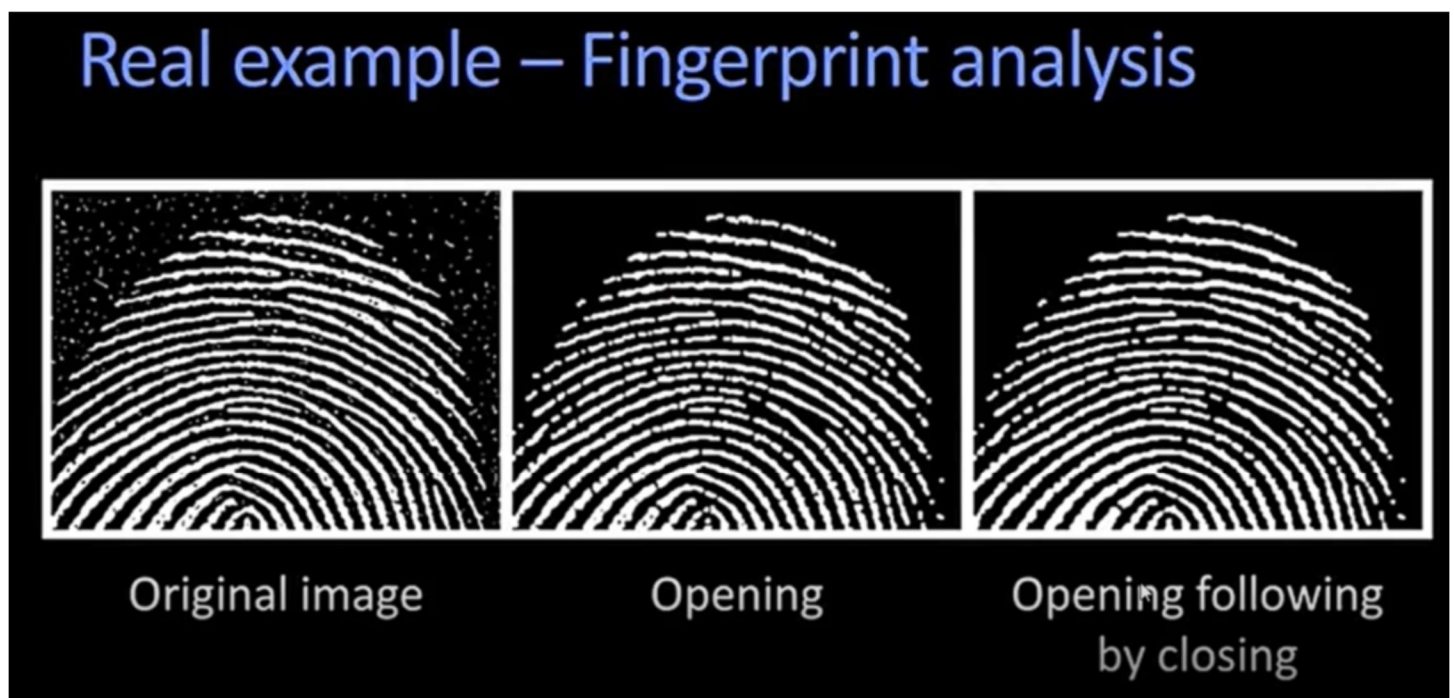
Simple segmentation:

1. Threshold
2. Closing with disc of size 20



اگر به عکس بالا دقت کنیم به واسطه وجود بازتاب نوری دسته تلفن روشن است و بعد از باینری کردن آن حفره های سیاهی بر روی آن باقی می ماند. عملیات closing باعث از بین رفتن حفره ها شده و ما به یک تصویر باینری خوب می رسیم. این عملیات باعث جدا سازی پس زمینه (background) از پیش زمینه می شود (foreground).

یکی از موارد مهمی که وجود دارد این است که این دو عملیات را می توان پشت سر هم انجام داد. یکی از موارد معروف مورد استفاده در این عملیات تمیز کردن اثر انگشت اشخاص است.



به نظر شما دلیل دوجود نویز در عکس اصلی چیست؟ بی کیفیت بودن حسگر اثر انگشت یا کثیف بودن آن