

Conceito

A Morfologia Matemática é uma teoria baseada na teoria de conjuntos, topologia, álgebra dos reticulados e funções randômicas para a análise da forma de objetos em estruturas espaciais. É uma ferramenta poderosa no processamento e análise de imagens.

Os filtros morfológicos são originalmente usados em imagens binárias, que possuem apenas dois valores de pixel: 0 e 1 (ou preto e branco). É possível obter imagens binárias a partir de imagens em tons de cinza por meio de limiarização. Os filtros morfológicos também podem ser aplicados em imagens em tons de cinza e coloridas, embora com algumas diferenças em relação às imagens binárias.

Elemento Estruturante

Um filtro morfológico é definido por meio de um elemento estruturante, que é uma matriz que especifica as propriedades do filtro. Essa matriz é similar à matriz de coeficientes de um filtro linear. No caso da morfologia binária, o elemento estruturante contém apenas os valores 0 e 1, e o hot spot indica a origem do sistema de coordenadas. O hot spot não precisa estar no centro do elemento estruturante e o seu valor não precisa ser 1. O elemento estruturante é utilizado em conjunto com as operações morfológicas básicas, como a erosão e a dilatação, para realizar operações mais complexas em uma imagem.

Removendo objetos

Para remover estruturas menores em uma imagem binária sem alterar as maiores, podemos aplicar o método de encolhimento e crescimento iterativo. Esse método consiste em encolher iterativamente todas as estruturas da imagem, removendo as menores, e em seguida, crescer as estruturas restantes. Para isso, utilizamos operações de encolhimento e crescimento que consistem em remover ou adicionar pixels de uma região de primeiro plano ao redor de suas bordas em relação ao plano de fundo.

A redução é feita apagando os pixels da borda do objeto, para determinar esses pixels, observa-se se eles tem todos os vizinhos, ou se algum pixel vizinho não pertence ao objeto, de forma iterativa. O crescimento é feito adicionando novos pixels vizinhos aos pixels de borda do objeto

Morfologia Matemática

Operações morfológicas Fundamentais

As operações de encolhimento e crescimento são conhecidas como erosão e dilatação, respectivamente, e são as duas operações morfológicas mais básicas. Embora possam ser usadas para remover ou adicionar camadas de pixel único, essas operações são muito mais gerais e podem ser combinadas para realizar operações morfológicas mais complexas em imagens binárias.

Propriedades

A erosão não é comutativa, o que significa que a ordem em que as erosões são realizadas afeta o resultado final. No entanto, se a erosão e a dilatação são combinadas, a regra da cadeia é válida. Além disso, a dilatação e a erosão são duais no sentido de que uma dilatação do primeiro plano pode ser realizada por uma erosão do plano de fundo e subsequente inversão do resultado.

A dilatação é comutativa e associativa, o que significa que a ordem em que as dilatações são realizadas não afeta o resultado final. Além disso, uma dilatação com um grande elemento estruturante pode ser implementada eficientemente como uma sequência de múltiplas dilatações com elementos estruturantes menores.

Erosão

A erosão é uma operação morfológica usada em processamento de imagens para reduzir o tamanho de objetos, eliminando pixels de borda ou "erodindo" a borda do objeto.

A erosão pode ser expressa em termos de álgebra de conjuntos como a interseção de um elemento estruturante com a imagem ou vice-versa.

Visualmente, a erosão pode ser vista como "cortar" os limites dos objetos na imagem, encolhendo-os. Para cada pixel da imagem, a operação de erosão verifica se o pixel e seus vizinhos próximos correspondem aos elementos do elemento estruturante. Se todos os pixels próximos ao elemento estruturante estão presentes na imagem, o pixel é mantido na saída. Caso contrário, é removido da saída.

Filtros em Disco

Em resumo, um filtro morfológico é especificado pelo tipo de operação e pelo conteúdo do elemento estruturante, cujo tamanho e forma dependem da aplicação e resolução da imagem. Elementos estruturantes em forma de disco são comumente usados para filtros isotrópicos, que têm o mesmo efeito em todas as direções. No entanto, não é possível compor um elemento estruturante isotrópico a partir de elementos unidimensionais. Uma solução é aplicar operadores em forma de disco menores de diferentes formas para aproximar um filtro em forma de disco grande, o que pode ser implementado eficientemente como uma sequência de pequenos filtros.

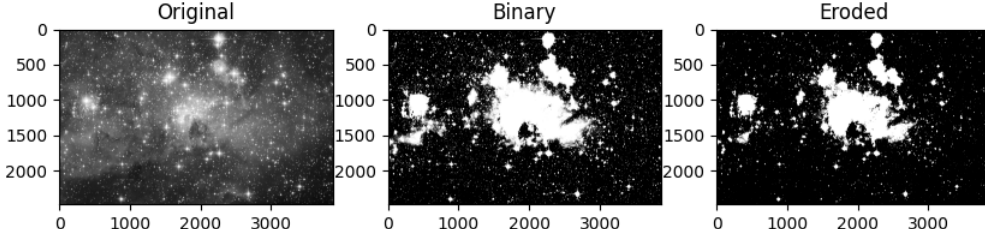
```
import cv2
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Load and convert to binary
img = cv2.imread('./images/image.jpg', 0)
_, binary = cv2.threshold(img, 0, 255, cv2.THRESH_BINARY+cv2.THRESH_OTSU)

# Disk kernel
kernel = cv2.getStructuringElement(cv2.MORPH_ELLIPSE, (5, 5))

# Erosion
eroded = cv2.erode(binary, kernel)

# Plot
fig, ax = plt.subplots(1, 2, figsize=(10, 5))
ax[0].imshow(img, cmap='gray')
ax[0].set_title('Original')
ax[1].imshow(binary, cmap='gray')
ax[1].set_title('Binary')
ax[2].imshow(eroded, cmap='gray')
ax[2].set_title('Eroded')
plt.show()
```



```
import cv2
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

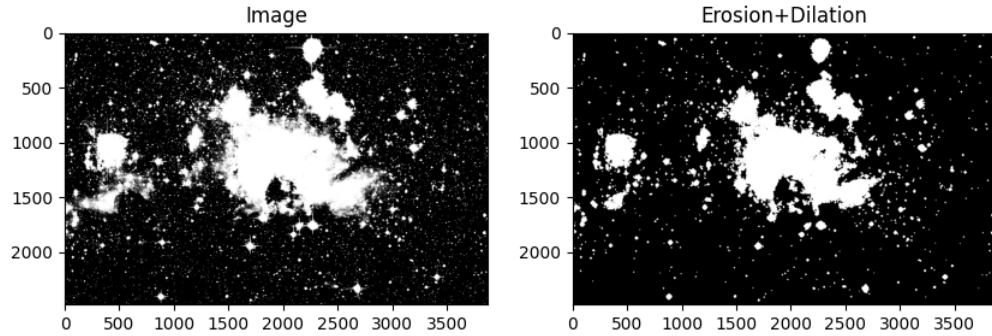
img = cv2.imread('./images/image.jpg', cv2.IMREAD_GRAYSCALE)
ret, img = cv2.threshold(img, 0, 255, cv2.THRESH_BINARY+cv2.THRESH_OTSU)

# cross kernel
kernel = cv2.getStructuringElement(cv2.MORPH_CROSS, (5, 5))

# erosion
shrink = cv2.erode(img, kernel, iterations=3)

# dilation
expand = cv2.dilate(shrink, kernel, iterations=3)

# plotting
fig, ax = plt.subplots(1, 2, figsize=(10, 5))
ax[0].imshow(img, cmap='gray')
ax[0].set_title('Image')
ax[1].imshow(expand, cmap='gray')
ax[1].set_title('Erosion+Dilation')
plt.show()
```



Dilatação

A dilatação é uma operação morfológica que "cresce" uma imagem e é definida como a soma vetorial de todos os pares possíveis de pontos coordenados dos conjuntos originais.

A dilatação também pode ser vista como o elemento estruturante sendo replicado em cada pixel de primeiro plano da imagem ou a imagem sendo replicada em cada elemento de primeiro plano do elemento estruturante.

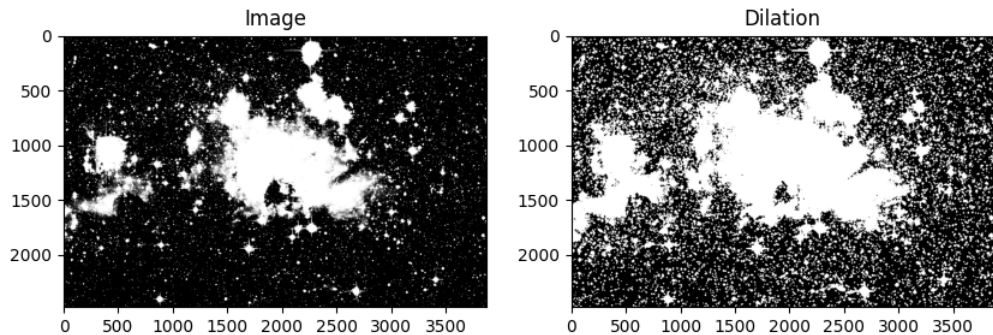
```
import cv2
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

img = cv2.imread('./images/image.jpg', cv2.IMREAD_GRAYSCALE)
ret, img = cv2.threshold(img, 0, 255, cv2.THRESH_BINARY+cv2.THRESH_OTSU)

# cross kernel
kernel = cv2.getStructuringElement(cv2.MORPH_CROSS, (5, 5))

# dilation
dilated = cv2.dilate(img, kernel, iterations=3)

# plotting
fig, ax = plt.subplots(1, 2, figsize=(10, 5))
ax[0].imshow(img, cmap='gray')
ax[0].set_title('Image')
ax[1].imshow(dilated, cmap='gray')
ax[1].set_title('Dilation')
plt.show()
```



```
import cv2
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

img = cv2.imread('./images/image.jpg', cv2.IMREAD_GRAYSCALE)
ret, img = cv2.threshold(img, 0, 255, cv2.THRESH_BINARY+cv2.THRESH_OTSU)

# cross kernel
kernel = cv2.getStructuringElement(cv2.MORPH_CROSS, (5, 5))

# erosion
eroded = cv2.erode(img, kernel, iterations=3)

# plotting
fig, ax = plt.subplots(1, 2, figsize=(10, 5))
ax[0].imshow(img, cmap='gray')
ax[0].set_title('Image')
ax[1].imshow(eroded, cmap='gray')
ax[1].set_title('Erosion')
plt.show()
```

