

Afinamento

Uma característica importantes das transformações é o **homotopismo**. Uma transformação é homotópica quando ela não altera a quantidade de componentes de uma imagem. (Por componente, aqui entende-se a parte claramente isolada do fundo). A operação de afinamento é uma transformação homotópica na qual os componentes vão tendo a sua espessura reduzida até um número pequeno (usualmente 1 pixel), sem que haja mudança no número ou tipo de componentes. A definição de afinamento é uma transformação hit-miss. $X \text{ afi } V = X / (V \text{ him } X)$ onde a operação X / Y deve ser entendida como $X \cap Y^c$. O processo completo de afinar consiste em iterar a imagem com um ou vários pares de de elementos estruturantes até não haver mais modificações no resultado final. Afinar é um processo homotópico e portanto ele não altera a propriedade da conectividade. Quando o resultado final é alcançado a transformação vira idempotente e portanto continuar afinando não alterará o resultado alcançado.

A escolha do par estruturante é importante. A literatura (vide, por exemplo, FAC96, pág. 72) apresenta diversas sugestões de pares para afinar. Esta não é uma escolha trivial e os parâmetros para ela ainda não são completamente dominados.

Vejamus um exemplo de afinamento, na forma de uma matriz a_0 , com a máscara m_a

$$m_a = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 0 \end{bmatrix}$$

Para a construção da máscara acima, usou-se uma codificação especial. A intenção é colocar na mesma máscara 2 conjuntos distintos, denominados de B^i e B^e , respectivamente os estruturantes internos e externos da imagem. Como ambos são conjuntos disjuntos isso pode ser feito. Usando a referência vista acima, temos:

conjunto	visto acima como	valor aqui
B^i	x	1
B^e	o	2
tanto faz	?	0

Operadores Morfológicos

Erosão Binária

Seja uma imagem binária I formada por uma grade retangular de $m \times n$ pixels. Seja um elemento estruturante E também retangular formado por $k \times l$ pixels. A *erosão* da imagem I pelo elemento E é uma nova imagem obtida deslizando-se o elemento estruturante pela imagem original, e tomando apenas os pixels da imagem original que quando colocados no centro do elemento estruturante garantiram a inclusão de todos os pixels significativos do elemento estruturante dentro da imagem original.

Seja o exemplo: Supondo a imagem binária, onde o zero está representado por um "." e o um está representado por um "X".

$$I = \begin{bmatrix} . & . & . & . & . & . \\ . & X & X & X & . & . \\ . & X & X & X & X & . \\ . & . & X & X & X & . \\ . & . & . & X & X & . \\ . & . & . & X & X & . \end{bmatrix}$$

E seja o elemento estruturante 3×3 assim formado

$$E = \begin{bmatrix} . & X & . \\ . & (X) & . \\ . & X & . \end{bmatrix}$$

O elemento central da máscara, reconhecido por um "(" é o elemento principal.

O elemento estruturante deve percorrer todos os pontos da imagem original, de maneira a que o elemento principal do mesmo (usualmente o elemento que está no centro) coincida com todos os elementos da imagem original.

Em cada um desses momentos, (o elemento central da máscara estruturante posicionado sobre um determinado pixel da imagem original), deve-se fazer a seguinte pergunta: Existe ALGUM pixel 1 da máscara estruturante sobre um pixel valendo 0 da imagem ?

Se a resposta for SIM, esta posição correspondente na saída (a imagem erodida) deve ser 0, senão ela será 1.

Por exemplo, no caso acima, quando o elemento principal (o 2,2 da máscara) está sobre a posição 1,1 da imagem, existem pelo menos um (na verdade, 3) pixels 1 da máscara sobre pontos que não são 1 na imagem. Por isso, a posição 1,1 da imagem erodida será zero. Seguindo adiante, a primeira posição valendo 1 na saída corresponde ao pixel 3,3 da entrada.

A imagem erodida, fica

$$E \text{ ero } I = \begin{bmatrix} . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . \\ . & . & X & X & . & . \\ . & . & . & X & X & . \\ . & . & . & X & X & . \\ . & . & . & . & . & . \end{bmatrix}$$

Os efeitos da operação de erosão podem ser assim descritos

- Diminui as partículas da imagem
- Elimina grãos de tamanho menor do que o tamanho do elemento estruturante
- Aumenta os buracos da imagem
- Permite a separação de grãos próximos.

Transformação hit-miss

Para realizar esta operação precisamos de dois elementos estruturantes E^i e E^e que formam um conjunto para a aplicação de hit-miss. Define-se o conjunto V como $V = (E^i, E^e)$ e neste, ambos os subconjuntos devem ser disjuntos, senão a transformação não está definida. O conjunto E^i será usado para testar a parte interna da imagem e o conjunto E^e será usado para a parte externa, ou melhor dizendo a imagem complementar à imagem interna. Com isto, temos a seguinte definição:

A transformação **him** sobre o conjunto X a partir dos elementos estruturantes $V = (E^i, E^e)$ é $\text{him}^v(X) = X \text{ him } V = \{x : E_x^i \subset X; E_x^e \subset X^c\}$

A partir desta definição, um ponto de X pertence a $X \text{ him } V$ se e somente se E^i "cabe" em X e E^e "cabe" em X^c .

Uma definição alternativa da transformação hit-miss, usando a definição da erosão pode ser: $E \text{ him } I = (E^i \text{ ero } I) \cap (E^e \text{ ero } I^c)$, onde I^c é a imagem complementar de I (o negativo...).

Para poder trabalhar esta operação morfológica, precisamos definir uma nova máscara formada por 3 símbolos:

- o Representa os pixels que formam o conjunto E^e
- X Representa os pixels que formam o conjunto E^i
- ? Representa os pixels irrelevantes, que não fazem parte de nenhum dos conjuntos E^e ou E^i .

Esqueletização

A esqueletização é apenas a automação do procedimento de *afinação* visto acima, até que nenhum pixel a mais seja retirado da imagem anterior.

Algoritmos

erosão Trivial, conforme explicado acima.

hitmiss Aplica a transformada hit-miss

- 1: matriz função hitmiss (máscara, imagem)
- 2: m1 ← máscara = 1
- 3: m2 ← máscara = 2
- 4: devolve (m1 erosão imagem) ∧ (m2 erosão ~ imagem)

afinamento Aplica o operador afinamento

- 1: matriz func ao afinamento (máscara, imagem)
- 2: temporário ← máscara him imagem
- 3: devolve imagem ∧ ~ temporário

esqueletização Aplica a esqueletização a uma imagem

- 1: matriz função esquelet (máscara, imagem)
- 2: ct1 ← quantidade de uns em imagem
- 3: ct2 ← 9999999
- 4: **enquanto** ct1 ≠ ct2 **faça**
- 5: imtemp ← afinamento (máscara, imagem)
- 6: ct2 ← quantidade de uns em imtemp
- 7: imagem ← imtemp
- 8: **fim enquanto**
- 9: devolva imagem

☞ Para você fazer

Aplique a esqueletização para a imagem a seguir, usando a máscara determinada.

Imagem

```
0 0 0 0 0 0 0 0
0 1 1 1 1 1 1 0
0 1 1 1 1 1 1 0
0 1 1 1 1 1 1 0
0 1 1 1 1 1 1 0
0 0 0 1 1 1 0 0
0 0 0 1 1 1 0 0
0 0 0 1 1 1 0 0
0 0 0 1 1 1 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
```

Máscara

```
1 1 0
1 1 2
0 2 2
```

Responda a imagem pedida no verso da folha.

1