

Introdução ao Processamento de Imagem Digital (MO443/MC920)

Prof. Alexandre Xavier Falcão

Primeiro semestre de 2005

1 Filtros morfológicos

As operações de dilatação e erosão podem ser combinadas para gerar vários filtros morfológicos, que podem ser usados para remover ruído, realçar bordas, e suavizar a imagem para a segmentação. Esses filtros se caracterizam por resultarem de uma operação não-linear entre uma imagem e um elemento estruturante, e pelas seguintes propriedades:

- monotonicidade - O filtro Ψ preserva a relação de ordem entre as imagens cinza $\hat{I} = (D_I, I)$ e $\hat{J} = (D_J, J)$, onde $D_I = D_J$.

$$\hat{I} \leq \hat{J} \Rightarrow \Psi(\hat{I}) \leq \Psi(\hat{J}), \quad (1)$$

onde $\hat{I} \leq \hat{J}$ significa que $I(p) \leq J(p)$, para todo pixel $p \in D_I$. No caso de imagens binárias, poderíamos também escrever $U_I \subseteq U_J \Rightarrow \Psi(U_I) \subseteq \Psi(U_J)$.

- idempotência - O filtro Ψ aplicado duas vezes à imagem gera o mesmo resultado de quando é aplicado uma única vez.

$$\Psi(\Psi(\hat{I})) = \Psi(\hat{I}). \quad (2)$$

1.1 Abertura e Fechamento

A dilatação de uma imagem binária por um elemento planar E fecha os buracos, mas “engorda” a figura. O fechamento morfológico por E corrige esta distorção. O fechamento “suaviza” a fronteira dos objetos fechando indentações, fecha buracos, e une componentes próximas. A abertura é a operação dual (i.e. a abertura equivale ao complemento do fechamento do complemento da imagem), que também “suaviza” a fronteira, eliminando protusões, remove componentes menores que o elemento estruturante, e quebra ligações finas entre componentes conexos. Observações similares se aplicam para imagens cinza (relevos) e elementos não-planares.

A abertura $\hat{I} \circ (E, V)$ e o fechamento $\hat{I} \bullet (E, V)$ de uma imagem \hat{I} por um elemento (E, V) são definidas por:

$$\hat{I} \circ (E, V) = (\hat{I} \ominus (E, V)) \oplus (E, V) \quad (3)$$

$$\hat{I} \bullet (E, V) = (\hat{I} \oplus (E, V)) \ominus (E, V) \quad (4)$$

1.2 Filtros alternados seqüências

Filtros alternados seqüenciais resultam da aplicação alternada de aberturas (O de *opening*) e fechamentos (C de *closing*) morfológicos. Por exemplo,

$$CO(\hat{I}, (E, V)) = (\hat{I} \bullet (E, V)) \circ (E, V) \quad (5)$$

$$OC(\hat{I}, (E, V)) = (\hat{I} \circ (E, V)) \bullet (E, V) \quad (6)$$

$$COC(\hat{I}, (E, V)) = ((\hat{I} \bullet (E, V)) \circ (E, V)) \bullet (E, V) \quad (7)$$

$$OCO(\hat{I}, (E, V)) = ((\hat{I} \circ (E, V)) \bullet (E, V)) \circ (E, V) \quad (8)$$

Esses filtros também podem ser aplicados sucessivas vezes aumentando o tamanho do elemento estruturante a cada passo.

2 Gradiente morfológico

Como a erosão é uma operação anti-extensiva (a função resultante é menor que a original) e a dilatação é extensiva, bordas da imagem podem ser realçadas calculando-se o resíduo dessas operações.

$$\hat{G}_1 = \hat{I} - (\hat{I} \ominus (E, V)) \quad (9)$$

$$\hat{G}_2 = (\hat{I} \oplus (E, V)) - \hat{I} \quad (10)$$

$$\hat{G}_3 = (\hat{I} \oplus (E, V)) - (\hat{I} \ominus (E, V)) \quad (11)$$

As imagens resultantes são denominadas gradientes morfológicos e podem ser usadas na segmentação. Note que este tipo de gradiente é não-direcional.

3 Chapéu mexicano

Outra forma de realçar bordas (WTH de *white top-hat*) ou objetos escuros (BTH de *black top-hat*) na imagem é calculando o resíduo com relação à abertura e ao fechamento.

$$WTH(\hat{I}, (E, V)) = \hat{I} - (\hat{I} \circ (E, V)) \quad (12)$$

$$BTH(\hat{I}, (E, V)) = (\hat{I} \bullet (E, V)) - \hat{I} \quad (13)$$

O volume de resíduo para elementos estruturantes de diferentes tamanhos pode ser utilizado para descrever o conteúdo granulométrico da imagem (análise de textura por granulometria).

4 Transformada tudo-ou-nada

A transformada tudo-ou-nada (HMT de *hit-or-miss transform*) é normalmente usada para encontrar configurações específicas de pixels em imagens binárias. Não existe extensão da HMT para o caso de imagens cinza. Seja U_I o conjunto dos pixels com valor 1 em uma

imagem binária $\hat{I} = (D_I, I)$. Sejam E_0 e E_1 dois elementos estruturantes planares com mesma origem. A idéia é que E_0^t deve indicar a configuração desejada dos pixels com valor zero na imagem para a translação t e E_1^t deve indicar a configuração desejada dos pixels com valor 1 na imagem para a translação t . A transformada tudo-ou-nada de \hat{I} com E_0 e E_1 gera uma imagem binária $\hat{J} = (D_I, J)$ tal que U_J é definido por

$$U_J = \{t : (E_1^t \subseteq U_I) \text{ e } (E_0^t \subseteq U_I^c)\}, \quad (14)$$

onde U_I^c é o complemento do conjunto U_I com relação ao conjunto D_I . Ou seja, $J(t) = 1$ se a configuração dos pixels em torno de t satisfizer simultaneamente as configurações E_0^t e E_1^t .

Outra forma de calcular \hat{J} é

$$\hat{J} = (\hat{I} \ominus E_1) \cap (\hat{I}^c \ominus E_0) \quad (15)$$

5 Exercícios

1. Aplique os conceitos acima em exemplos numéricos e gráficos envolvendo imagens binárias e cinza.
2. Implemente as funções acima.