Tópico 5 - Detecção de Bordas e Limiarização

João B. Florindo

Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica
Universidade Estadual de Campinas - Brasil
jbflorindo@ime.unicamp.br

Outline

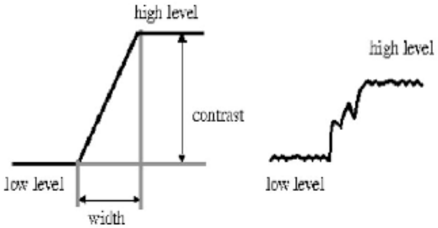
Detecção de Bordas

Contorno separando objeto do fundo.

Alta variação de intensidade $\Rightarrow$ Alta derivada espacial (gradiente)

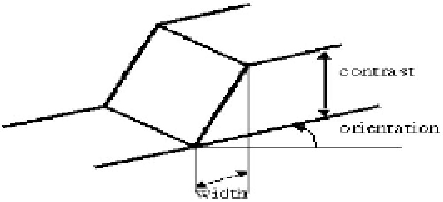
Alta frequência espacial (variação rápida)

Borda unidimensional: mudança de intensidade em uma direção (possivelmente com ruídos).



Detecção de Bordas

Borda bidimensional: conceito de orientação.



Operador de derivada é sensível a variação abrupta na intensidade (bordas).

Imagem 2D: derivadas parciais / gradiente.

Detecção de Bordas

Seja a imagem $\mathbf{a} \in (\mathbb{R})^{\mathbf{X}}$ em que $\mathbf{X} = \mathbb{R}^2$. Temos então o operador de gradiente:

$$G = \nabla \mathbf{a}(x, y) = \left(\frac{\partial \mathbf{a}}{\partial x}, \frac{\partial \mathbf{a}}{\partial y} \right)$$

e a respectiva magnitude:

$$|G| = \left[\left(\frac{\partial \mathbf{a}}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial \mathbf{a}}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2}$$

Ocorre entretanto que no caso mais comum em que temos $\mathbf{a} \in (\mathbb{Z})^{\mathbf{X}}$, em que $\mathbf{X} \subset \mathbb{Z}^2$, só podemos aproximar numericamente o gradiente.

Detecção de Bordas - Roberts

Método não-linear simples.

Problema de realçar bordas em uma direção específica mesmo que magnitudes sejam iguais.

Para uma imagem $\mathbf{a} \in \mathbb{R}^{\mathbf{X}}$ o resultado é dado por

$$\mathbf{b}(i,j) = ((\mathbf{a}(i,j) - \mathbf{a}(i+1,j+1))^2 + (a(i,j+1) - a(i+1,j))^2)^{1/2}$$

Detecção de Bordas - Roberts

Na formulação da álgebra de imagens temos a imagem original $\mathbf{a} \in \mathbb{R}^{\mathbf{X}}$ e o resultado $\mathbf{b} \in \mathbb{R}^{\mathbf{X}}$ é dado por

$$\mathbf{b} := ((\mathbf{a} \oplus \mathbf{s})^2 + (\mathbf{a} \oplus \mathbf{t})^2)^{1/2}$$

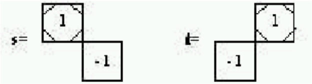
em que os *templates* são definidos por

$$\mathbf{s}_{(i,j)}(\mathbf{x}) = \begin{cases} 1 & \text{se } \mathbf{x} = (i,j) \\ -1 & \text{se } \mathbf{x} = (i+1, j+1) \\ 0 & \text{em outros casos} \end{cases}$$

$$\mathbf{t}_{(i,j)}(\mathbf{x}) = \begin{cases} 1 & \text{se } \mathbf{x} = (i,j) \\ -1 & \text{se } \mathbf{x} = (i+1, j-1) \\ 0 & \text{em outros casos} \end{cases}$$

Detecção de Bordas - Roberts

A figura abaixo ilustra o *template* graficamente e uma aplicação.



Resultado: valor alto nas bordas, baixo em regiões suaves, zero nas constantes.

Outline

Thresholding

Técnica básica de segmentação (particionamento em regiões de interesse)

Dois tipos de segmentação: por agrupamento de *pixels* similares ou descontinuidades de região

Thresholding se encaixa no 1º tipo e não leva em conta o contexto (vizinhança)

Imagem é binarizada baseando-se em regiões mais claras ou mais escuras.

Thresholding Global

Cada *pixel* é setado como pertencendo ao objeto de interesse ou ao fundo

Seja a imagem original $\mathbf{a} \in \mathbb{R}^{\mathbf{X}}$ e $[h, k]$ o intervalo de *thresholding*. A imagem binária resultante $\mathbf{b} \in \{0, 1\}^{\mathbf{X}}$ será dada por

$$\mathbf{b}(\mathbf{x}) = \begin{cases} 1 & \text{se } h \leq \mathbf{a}(\mathbf{x}) \leq k \\ 0 & \text{caso contrário.} \end{cases}$$

para todo $\mathbf{x} \in \mathbf{X}$.

Temos também o *threshold* unilateral:

$$\mathbf{b}(\mathbf{x}) = \begin{cases} 1 & \text{se } \mathbf{a}(\mathbf{x}) \geq k \\ 0 & \text{caso contrário.} \end{cases}$$

$$\mathbf{b}(\mathbf{x}) = \begin{cases} 1 & \text{se } \mathbf{a}(\mathbf{x}) \leq k \\ 0 & \text{caso contrário.} \end{cases}$$

Thresholding Global

Na formulação algébrica temos uma imagem $\mathbf{a} \in \mathbb{R}^{\mathbf{X}}$ e o intervalo de *thresholding* $[h, k]$

A imagem resultante $\mathbf{b} \in \{0, 1\}^{\mathbf{X}}$ é então obtida pela função característica

$$\mathbf{b} := \chi_{[h,k]}(\mathbf{a})$$

ou ainda no caso unilateral:

$$\mathbf{b} := \chi_{\geq k}(\mathbf{a})$$

$$\mathbf{b} := \chi_{\leq k}(\mathbf{a})$$

A figura ilustra o *threshold* para $h = 0.2$ e $k = 0.5$.