

Detecção de Contornos

- Definição de Contornos (Bordas)

Contorno \rightarrow Variações rápidas da função intensidade ou de suas derivadas espaciais, devidas a mudanças descontínuas de orientação ou de reflectância das superfícies, ou a efeitos de oclusão ou sombra

Contorno ideal \rightarrow Fronteira entre duas regiões de intensidades distintas e aproximadamente uniformes

\rightarrow Descontinuidade em degrau, numa seção da função intensidade tomada perpendicularmente ao contorno

Contorno real \rightarrow A transição não é abrupta, devido a borramento, por exemplo

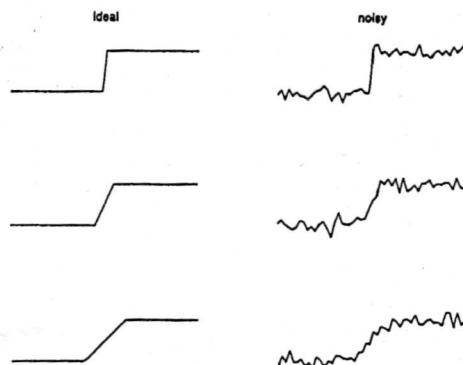
\rightarrow Alguns contornos são melhor modelados por uma descontinuidade em degrau nas derivadas da intensidade

- Realce de Contornos

Borda ideal ao longo da reta $x \sin \theta - y \cos \theta + \rho = 0$

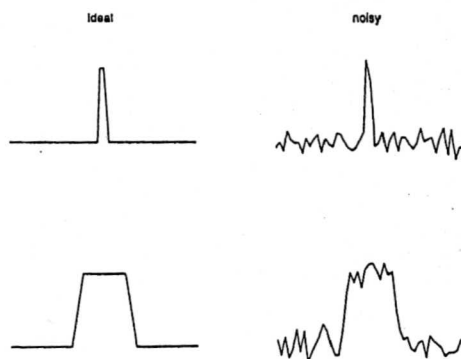
$\rightarrow I(x, y) = B_1 + (B_2 - B_1)u(x \sin \theta - y \cos \theta + \rho)$

onde $I(x, y)$ é a função intensidade, B_1 e B_2 são seus valores dos dois lados da borda, e $u(\cdot)$ é a função degrau unidimensional



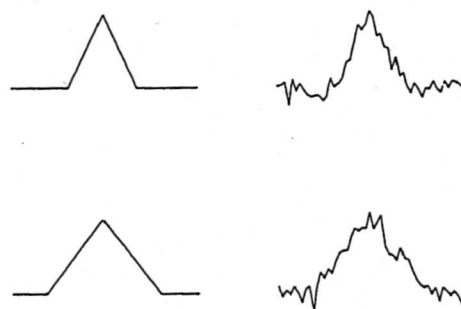
(a)

Left: ideal step (top, transition occurs over one pixel) and ramp edges. Right: corresponding noisy version, obtained by adding Gaussian noise (standard deviation 5% of the step height).



(b)

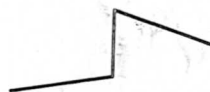
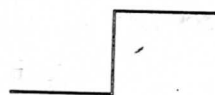
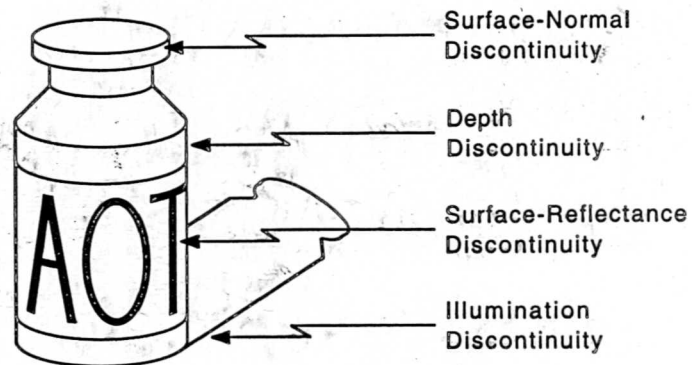
Left: ideal ridge edges. Right: corresponding noisy version, obtained as for step edges.



(c)

Left: ideal roof edges. Right: corresponding noisy version, obtained as for step edges.

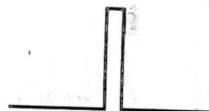
Figure 4.2 Three types of 1-D edge profiles.



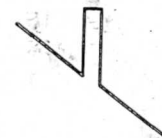
Step Edges



Roof Edge



Line Edges



Tomando as derivadas da imagem,

$$\frac{\partial I}{\partial x} = \sin \theta (B_2 - B_1) \delta(x \sin \theta - y \cos \theta + \rho)$$

$$\frac{\partial I}{\partial y} = -\cos \theta (B_2 - B_1) \delta(x \sin \theta - y \cos \theta + \rho)$$

onde $\delta(\cdot)$ é a função delta unidimensional

→ As derivadas da imagem realçam as bordas, mas o efeito é direcional, i.e., depende da direção da borda

Combinando os resultados acima, obtém-se o *gradiente quadrado*

$$\left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial I}{\partial y}\right)^2 = [(B_2 - B_1) \delta(x \sin \theta - y \cos \theta + \rho)]^2$$

→ Proporciona um realce rotacionalmente simétrico, mas é um operador não-linear

Tomando as segundas derivadas, pode-se obter o *laplaciano* da imagem

$$\left(\frac{\partial^2 I}{\partial x^2}\right) + \left(\frac{\partial^2 I}{\partial y^2}\right) = (B_2 - B_1) \delta'(x \sin \theta - y \cos \theta + \rho)$$

onde $\delta'(\cdot)$ é a derivada da função delta

→ O laplaciano é um operador linear, rotacionalmente simétrico, e informa o sinal da diferença de intensidades através da borda

- Aproximações Discretas dos Operadores Diferenciais

Componentes do Gradiente:

$$\frac{\partial I}{\partial x} = \frac{1}{2\epsilon}[(I_{i+1,j+1} - I_{i,j+1}) + (I_{i+1,j} - I_{i,j})]$$

$$\frac{\partial I}{\partial y} = \frac{1}{2\epsilon}[(I_{i+1,j+1} - I_{i+1,j}) + (I_{i,j+1} - I_{i,j})]$$

Gradiente quadrado:

$$\left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial I}{\partial y}\right)^2 = \frac{1}{\epsilon^2}[(I_{i+1,j+1} - I_{i,j})^2 + (I_{i,j+1} - I_{i+1,j})^2]$$

onde ϵ é a distância entre pixels, i corresponde a x , e j corresponde a y .

Laplaciano:

i) Sem incluir vizinhos diagonais

$$\nabla^2 I = \frac{1}{\epsilon^2}[(I_{i-1,j} + I_{i,j-1} + I_{i+1,j} + I_{i,j+1}) - 4I_{i,j}]$$

ii) Incluindo vizinhos diagonais

$$\begin{aligned} \nabla^2 I = & \frac{1}{6\epsilon^2}[4(I_{i-1,j} + I_{i,j-1} + I_{i+1,j} + I_{i,j+1}) \\ & + (I_{i+1,j+1} + I_{i+1,j-1} + I_{i-1,j+1} + I_{i-1,j-1}) - 20I_{i,j}] \end{aligned}$$

→ Ilustra o tipo de comportamento da FEP de um sistema que efetua o laplaciano (Depressão central negativa envolvida por uma barreira positiva)

- GRADIENTE:

MOLECULA COMPUTACIONAL ('STENCIL')

$$\frac{\partial I}{\partial u} : \quad \frac{1}{2\epsilon} \begin{array}{|c|c|} \hline -1 & 1 \\ \hline -1 & 1 \\ \hline \end{array} \begin{array}{l} j+1 \\ j \\ i \quad i+1 \end{array}$$

$$\frac{\partial I}{\partial y} : \quad \frac{1}{2\epsilon} \begin{array}{|c|c|} \hline 1 & 1 \\ \hline -1 & -1 \\ \hline \end{array}$$

- OPERADORES DE PREWITT:

$$\frac{\partial I}{\partial u} : \quad \begin{array}{|c|c|c|} \hline -1 & 0 & 1 \\ \hline -1 & 0 & 1 \\ \hline -1 & 0 & 1 \\ \hline \end{array} \begin{array}{l} i \\ i \end{array}$$

$$\frac{\partial I}{\partial y} : \quad \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline -1 & -1 & -1 \\ \hline \end{array} \begin{array}{l} i \\ i \end{array}$$

- OPERADORES DE SOBEL:

$$\frac{\partial I}{\partial u} : \quad \begin{array}{|c|c|c|} \hline -1 & 0 & 1 \\ \hline -2 & 0 & 2 \\ \hline -1 & 0 & 1 \\ \hline \end{array}$$

$$\frac{\partial I}{\partial y} : \quad \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline -1 & -2 & -1 \\ \hline \end{array}$$

- LAPLACIANO:

$$\frac{1}{\epsilon^2} \begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & 1 & 0 \\ \hline 1 & -4 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 0 \\ \hline \end{array}$$

$$\frac{1}{6\epsilon^2} \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 4 & 1 \\ \hline 4 & -20 & 4 \\ \hline 1 & 4 & 1 \\ \hline \end{array}$$

(SEM VIZINHOS DIAGONAIS)

Δ_1

0	1
-1	0

 Δ_2

1	0
0	-1

(a)

 Δ_1

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

 Δ_2

1	1	1
0	0	0
-1	-1	-1

(b)

 Δ_1

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

 Δ_2

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

(c)

 Δ_1

-3	-1	1	3
-3	-1	1	3
-3	-1	1	3
-3	-1	1	3

 Δ_2

3	3	3	3
1	1	1	1
-1	-1	-1	-1
-3	-3	-3	-3

(d)