

Trabalho Prático – aplicação do operador gradiente na detecção de bordas
Não utilize operadores já prontos do Python (filtros ou transformações)

Entrega acompanhada de relatório

I) Objetivo

Estudo da aplicação de filtro passa baixa e o filtro diferencial (Sobel, Prewitt e Scharr) na composição do operador gradiente na detecção de borda (pontos de intensidade máxima local).

II) Descrição do problema

Uma imagem em tons de cinza é uma função bidimensional $f(x,y)$ que pode ser interpretada como uma superfície contendo aclives e declives correspondentes às transições, mais ou menos acentuadas, de intensidades de brilho. Essas transições podem ser úteis, por exemplo, como fonte de informação para configurar um descritor da imagem ou para uma operação de realce de bordas de elementos da imagem.

A taxa de variação pela transição de regiões de brilho na imagem pode ser detectada, em cada coordenada de pixel, pela magnitude do vetor $|\nabla(f)|$ obtido a partir da aplicação do operador gradiente $\nabla(f)$. Como o gradiente é um vetor, a sua determinação depende dos componentes horizontal e vertical (G_x, G_y) que o compõem em cada coordenada da imagem,

$$G_x = \frac{\partial f}{\partial x}$$

$$G_y = \frac{\partial f}{\partial y}$$

$$\nabla(f) = \begin{pmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{pmatrix}$$

O cálculo dos componentes equivale à aplicação de derivadas direcionais no domínio discreto, as quais podem ser realizadas por filtros derivativos adequados tais como Sobel, Prewitt e Scharr.

Além da aplicação de filtros derivativos existem algumas operações adicionais que podem ser necessárias. Filtros derivativos são muito sensíveis a ruídos na imagem. Se imagem de entrada estiver “ruidosa”, será necessário aplicar um filtro adequado para atenuação desse ruído.

As etapas básicas da aplicação do operador gradiente constam abaixo, na Figura 1.

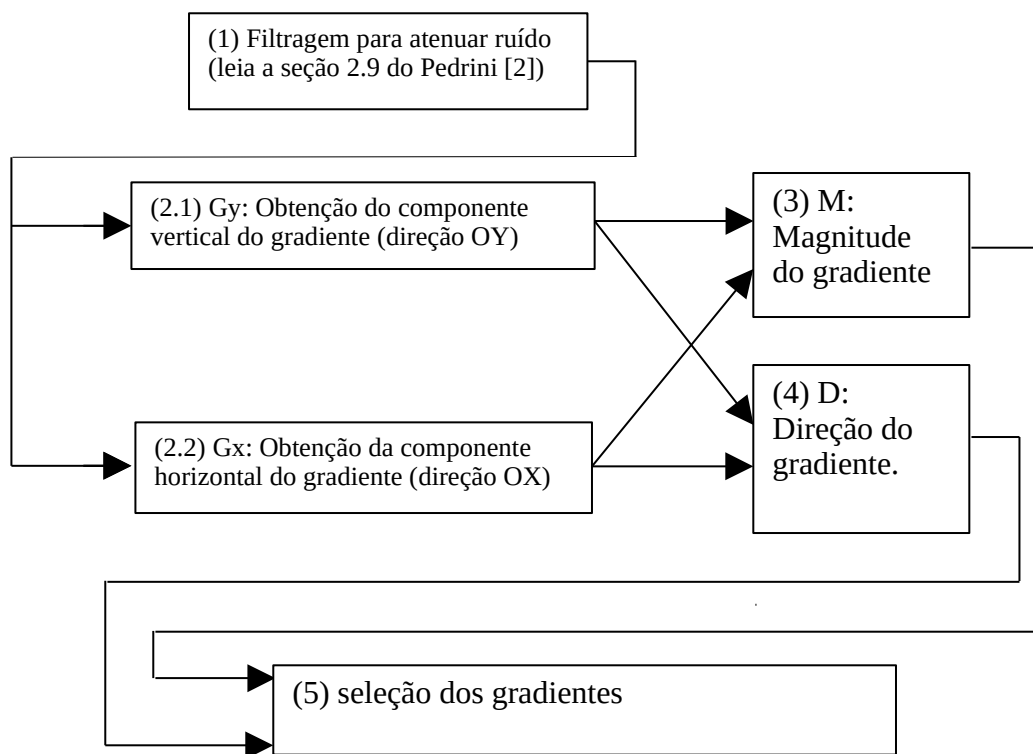


Figura 1: Fluxograma do cálculo do gradiente de uma imagem em tons de cinza.

1) Pré-filtragem

As etapas 2.1 e 2.2 são realizadas por filtros (h) baseados em derivadas, os quais são sensíveis às componentes de alta frequência. Por conta disso, a aplicação destes filtros normalmente é precedida por uma atenuação dos ruídos (leia a seção 2.9 do Pedrini [2]) na imagem a ser tratada. Esta atenuação pode ser realizada por meio de filtro passa-baixa (m).

$$H = h(m(\text{imagem}))$$

2) Aplicação do filtro derivativo

2.1) Determinação das componentes horizontais (G_x) utilizando máscara adequada (Sobel, Prewitt e Scharr) para a direção OX (taxa de variação entre colunas da imagem);

2.2) Determinação das componentes verticais (G_y) utilizando máscara adequada (Sobel, Prewitt e Scharr) para a direção OY (taxa de variação entre linhas da imagem);

Atenção: você não pode misturar operadores, exemplo: aplicar G_x por Sobel e G_y por Prewitt.

3) Determinação da magnitude do gradiente (M)

As matrizes/imagens G_x e G_y são utilizadas para a construção da matriz/imagem M, a qual representa as magnitudes dos pixels de f .

$$M(i, j) = \sqrt{(G_y(i, j))^2 + (G_x(i, j))^2}$$

4) Determinação da direção do gradiente (D)

As matrizes/imagens G_x e G_y são utilizadas para a construção da matriz/imagem D, a qual representa as direções dos gradientes cujas magnitudes foram calculadas em M(i,j):

$$D(i, j) = \arctan \frac{G_y(i, j)}{G_x(i, j) + \varepsilon}$$

Computacionalmente, o denominador precisa ser somado a um epsilon igual a um valor próximo de zero, por exemplo, $\varepsilon = 10^{-8}$.

Sugere-se a utilização da função *math.atan2* do Python.

5) Seleção dos gradientes

5.1) Seleção dos máximos locais

A magnitude $M(i,j)$ na Figura 2 será máximo local se for maior que as magnitudes dos gradientes dos seus dois vizinhos colineares adjacentes na direção do vetor XY, ou seja, na direção $D(i,j)$ do gradiente. Essas magnitudes vizinhas correspondem a C e G na Figura 2.

Caso a intensidade de $M(i,j)$ seja confirmada como um máximo local em relação às duas intensidades vizinhas (C e G), a intensidade $M(i,j)$ será copiada para as coordenadas $MaxLocais(i,j)$ de uma matriz/imagem de saída.

Na Figura 2, abaixo, percebemos que o par de vizinhos ao ponto E, pode ser C, G, D ou F, sendo que a escolha de um ou outro é definida pela direção do vetor XY. É preciso um processo de escolha do par de vizinhos.

O valor da magnitude no ponto Y pode ser calculado com base em vizinhos determinados, com certas perdas, da seguinte forma:

O par de vizinhos de $D(i,j)$ pode ser determinado pela avaliação do quão próximo, em termos angulares, o vetor XY está em relação às direções na vizinhança-8 ao redor do ponto $D(i,j)$ (acima, abaixo, esquerda, direita, etc). X e Y assumem as

respectivas magnitudes do par de vizinhos no eixo mais próximo em termos angulares. Na Figura 2 este par seria o (C, G).

Abaixo (quadro 1) se descreve uma estratégia para determinar os vizinhos de $D(i,j)$ e poder determinar se $D(i,j)$ é um máximo local nesse entorno.

Quadro1: pseudocódigo para determinação de vizinhos de $D(i,j)$

```

if  $22,5^\circ < D(i,j) \leq 67,5^\circ$ 
    Y = C, X = G
elseif  $67,5^\circ < D(i,j) \leq 112,5^\circ$ 
    Y = B, X = H
elseif  $112,5^\circ < D(i,j) \leq 157,5^\circ$ 
    Y = A, X = I
elseif  $157,5^\circ < D(i,j) \leq 180^\circ$ 
    Y = D, X = F
elseif  $-22,5^\circ < D(i,j) \leq 22,5^\circ$ 
    Y = F, X = D
elseif  $-67,5^\circ < D(i,j) \leq -22,5^\circ$ 
    ...
    ...

```

A	B	C
D	E	F
G	H	I

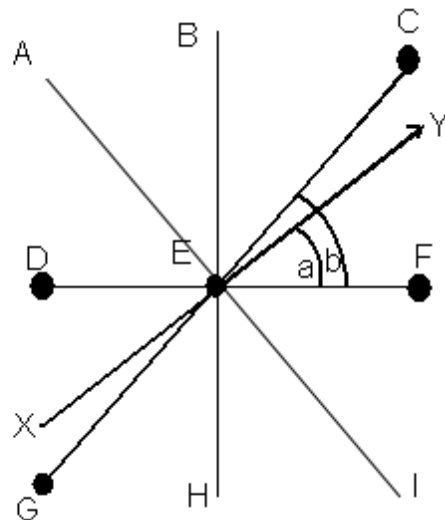


Figura 2: Cálculo do máximo local: vizinhança considerada e interpretação geométrica dos dois vizinhos a serem comparados, o ângulo $D(i,j)=a$ corresponde à direção do gradiente.

V) Tarefas

Utilize as imagens `Lua1_gray.jpg`, `chessboard_inv.png` e `img2.jpg` disponíveis no site da disciplina no Moodle (você pode utilizar outras adicionalmente, mas não em substituição a essas imagens citadas).

a) Implemente o operador gradiente de acordo com o que foi especificado anteriormente (não utilize funções de gradiente prontas): aplicando máscaras de Sobel, Prewitt e Scharr. Compare os resultados obtidos pelos três operadores.

Operadores de Prewitt:

$$Pw_x = \begin{pmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -1 & 0 & +1 \\ -1 & 0 & +1 \end{pmatrix} Pw_y = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +1 & +1 \end{pmatrix}$$

Operadores de Sobel:

$$Sb_x = \begin{pmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{pmatrix} Sb_y = \begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +2 & +1 \end{pmatrix}$$

Operadores de Scharr:

$$Sc_x = \begin{pmatrix} -3 & 0 & +3 \\ -10 & 0 & +10 \\ -3 & 0 & +3 \end{pmatrix} Sc_y = \begin{pmatrix} -3 & -10 & -3 \\ 0 & 0 & 0 \\ +3 & +10 & +3 \end{pmatrix}$$

b) Utilize seu operador de gradiente e implemente a função high-boost descrita na seção 3.6.2 do Gonzalez e Woods [1], utilize $k = 0,5; 1,0; 1,5$. Compare (Esteticamente/visualmente) os resultados obtidos pelos três operadores.

Faça um relatório a respeito dos experimentos, há um modelo latex em anexo, contendo: introdução, fundamentação, etapa experimental, análise de resultados, conclusão.

Bibliografia

[1] Gonzalez, R. e Woods, R. "Processamento digital de Imagens", 3a ed. Ed. Pearson, 2010.

[2] Pedrini, Hélio. Livros Análise de Imagens Digitais - Princípios, Algoritmos e Aplicações. Editora Thomson Learning, 2007.