MS-139 – Laboratório para Suporte Computacional das Disciplinas Básicas
Aluna: Clarissa de Castro Valise, RA: 008346.
Professor: Alberto Saa

Manipulação de imagens.

1. Introdução Teórica.

1.1 Representação de uma imagem digital.

Uma imagem digital em duas dimensões é uma função f(x,y), onde x e y são coordenadas espaciais (variáveis discretas e limitadas) e o valor de f em qualquer ponto (x,y) é proporcional ao nível de cinza da imagem no ponto (também limitada e geralmente discreta). As figuras 1 e 2 ilustram o sentido de leitura (varredura) de uma imagem e a convenção de eixos no geral adotada, respectivamente.

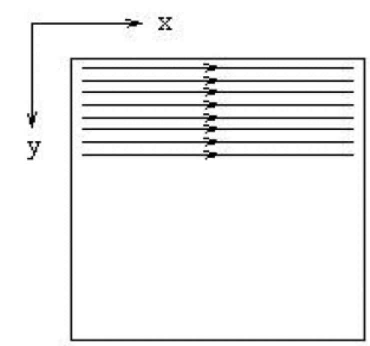


Figura 1. Convenção dos eixos mais utilizada. A imagem é varrida no sentido raster (ou seja, linha a linha, em toda a imagem).

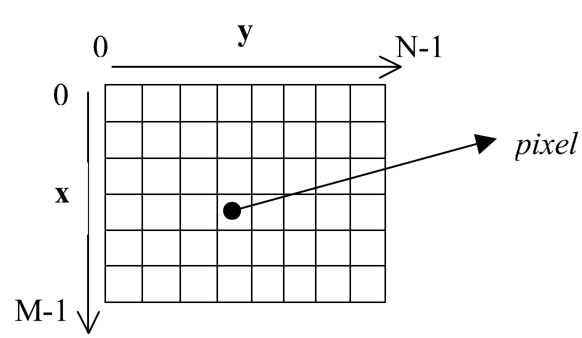


Figura 2. Convenção de eixos. No geral, os índices x,y variam a partir de 0.

Uma imagem digital pode ser considerada como uma matriz cujos índices de linha e coluna identificam a posição do ponto e o valor do elemento de matriz (pixel) correspondente identifica o nível de cinza. De acordo com a figura 2, a imagem em forma de matriz seria:

$$\mathbf{f(x,y)} = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \cdots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \cdots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \cdots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix}$$

O sentido dos eixos em uma imagem, bem como a variação dos índices e o sentido de varredura ilustrados nas figuras 1 e 2 são a convenção mais utilizada, podendo haver diferenças de acordo com o software utilizado. No caso do Matlab, a imagem é lida da esquerda para a direita, linha a linha, e o sentido dos eixos adotado está de acordo com a figura 1. Porém, os índices variam a partir de 1. Dessa forma, f(2,3), por exemplo, se refere ao valor do nível de cinza do pixel situado na 2ª linha e 3ª coluna no Matlab, enquanto, no caso geral, seria o valor de cinza do pixel situado na 3ª linha e 4ª coluna.

1.2 Amostragem e quantização.

A resolução de uma imagem (ou seja, o grau de detalhes perceptíveis) está diretamente ligada às técnicas de amostragem e quantização. A amostragem é a resolução espacial, e a quantização é a resolução de níveis de cinza. Como exemplo, considere a figura 3.

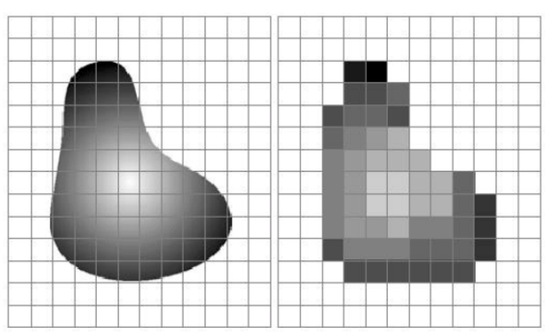
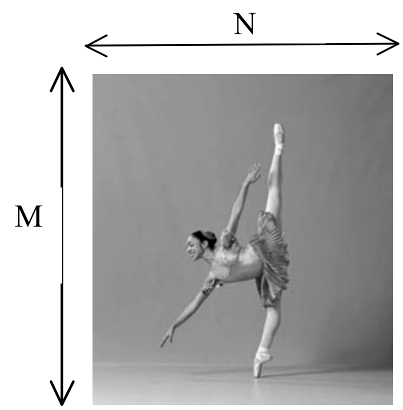


Figura 3. Exemplo de uma imagem contínua antes e depois de um processo de amostragem e quantização [2].

A resolução espacial de uma imagem (amostragem) envolve a quantidade de linhas e colunas utilizada. Ou seja, uma boa resolução de uma imagem depende do tamanho da matriz que está representando a imagem.



A quantização envolve o número de níveis de cinza (G) que f(x,y) pode assumir. No geral, usam-se potências de dois:

$$G=2^m \qquad (1)$$

O número de bits (b) requerido para guardar uma imagem digital é dado por:

$$b = N \times M \times m \qquad (2)$$

1.3 Relações básicas entre pixels.

1.3.1 Para um determinado pixel, pode-se definir sua **vizinhança**, **adjacência** e **conectividade** ([1],[2]), conforme ilustrado pelas figuras 4, 5, 6 e 7.

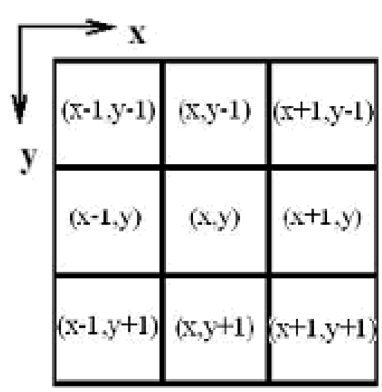
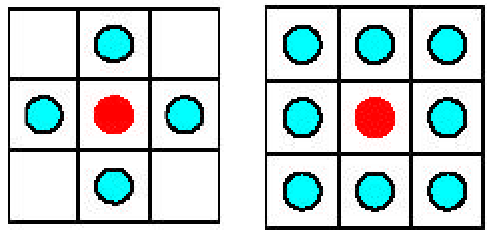


Figura 4. Vizinhança de um pixel (x,y)

Como exemplo tem-se a vizinhança-4 e a vizinhança-8 (figura 5).



(a) (b)

Figura 5. Vizinhança-4 (a) e vizinhança-8 (b).

A <u>adjacência</u> é uma vizinhança qualquer de um pixel (figura 6).

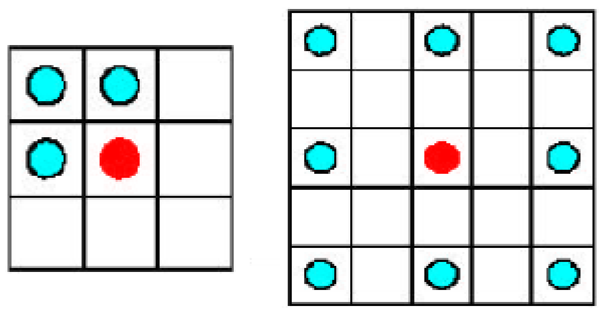


Figura 6. Adjacência de um pixel.

Dois pixels estão <u>conectados</u> se eles satisfazem uma relação de adjacência e seus valores de cinza satisfazem a um dado critério de similaridade. Como exemplo, considere uma imagem binária ilustrada na figura 7:

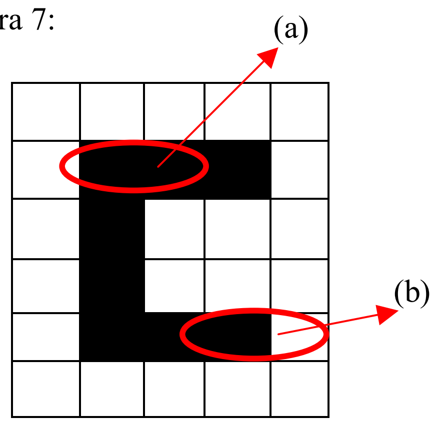


Figura 7. Exemplo de conectividade. No caso (a), foram considerados dois pixels adjacentes similares; no caso (b) tem-se apenas adjacência.

Nos dois casos têm-se pixels adjacentes. A diferença está na similaridade, em que no caso (a) os dois pixels são similares (mesmo nível de cinza), enquanto no caso (b) não há similaridade. Dessa forma, os pixels considerados em (a) estão conectados, e em (b) não estão conectados. Uma importância da conexão de pixels está na definição de bordas.

1.3.2 Operações baseadas em pixels.

As operações básicas baseadas em pixels são **aritmética** e **lógica**, realizadas entre pixels de imagens distintas, mas com posições (coordenadas) correspondentes. As operações aritméticas, para dois pixels p e q são definidas como:

- <u>Adição</u>: $p + q$
- <u>Subtração</u>; $p - q$
- <u>Multiplicação</u>: $p * q$ (também pq ou $p \times q$)
- <u>Divisão</u>: p / q

As operações lógicas principais estão definidas abaixo. Estas operações podem ser combinadas, o que permite formar qualquer outra operação deste tipo.

- <u>AND</u>: pANDq (também $p \,.\, q$)
- <u>OR</u>: pORq (também $p + q$)
- <u>COMPLEMENT</u>: NOTq

Pode-se notar, pelas definições, que as operações de lógica são aplicadas apenas em imagens binárias, enquanto as operações aritméticas podem ser aplicadas em pixels com uma variação maior de valores de cinza.

As operações descritas acima são utilizadas de duas maneiras: em uma base pixel-a-pixel, ou baseadas em uma vizinhança. A adição de duas imagens, por exemplo, é uma operação pixel-a-pixel. Operações baseadas em uma vizinhança no geral são acompanhadas do uso de uma máscara (filtro), em que o valor de um dado pixel é uma função dele mesmo e dos valores de cinza de seus vizinhos.

1.4 Algumas transformações básicas em imagens.

1.4.1 Translação. A translação de um ponto com coordenadas (x,y,z) para um novo local, em que o deslocamento é dado por (x_o, y_o, z_o), segue as seguintes equações:

$$\boxed{\begin{aligned} x^* &= x + x_o \\ y^* &= y + y_o \\ z^* &= z + z_o \end{aligned}} \qquad (3)$$

onde x*, y*, e z* são as coordenadas do novo ponto. A equação (3), expressa em forma de matriz, é:

$$\begin{bmatrix} x^* \\ y^* \\ z^* \\ 1 \end{bmatrix} \begin{matrix} = \\ = \\ = \\ = \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & x_o \\ 0 & 1 & 0 & y_o \\ 0 & 0 & 1 & z_o \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \qquad (4)$$

Pode-se escrever: $\mathbf{v^*} = \mathbf{T} \quad \mathbf{v}$,

onde **v** é o vetor que contém as coordenadas iniciais, **v*** contém as coordenadas transformadas e **T** é a matriz usada para a translação.

1.4.2 Escala.

A multiplicação por fatores S_x, S_y, e S_z ao longo dos eixos x, y e z é dada pela matriz de transformação:

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} S_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (5)$$

1.4.3 Rotação.

A matriz de rotação de um ponto em torno do eixo de coordenadas Z de um ângulo α é:

$$\mathbf{R}_\theta = \begin{bmatrix} \cos\theta & \operatorname{sen}\theta & 0 & 0 \\ -\operatorname{sen}\theta & \cos\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (6)$$

Para esta rotação considerou-se o sentido horário em torno do eixo Z. Esta transformação afeta apenas os valores das coordenadas X e Y.

A rotação de um ponto em torno do eixo X de um ângulo α pode ser realizada pela seguinte matriz de transformação:

$$\mathbf{R}_\alpha = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & \operatorname{sen}\alpha & 0 \\ 0 & -\operatorname{sen}\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (7)$$

Finalmente, a matriz de transformação da rotação em torno do eixo Y de um ângulo β é:

$$\mathbf{R}_\beta = \begin{bmatrix} \cos\beta & 0 & -\operatorname{sen}\beta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \operatorname{sen}\beta & 0 & \cos\beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (8)$$

1.5 Manipulação de imagens.

As transformações em imagens com que se pretende trabalhar neste projeto são:

- efeitos da alteração da resolução espacial e da resolução de nível de cinza (amostragem e quantização);
- melhoramento de imagem, através de operações lógicas e aritméticas ou transformação de níveis de cinza;

- alinhamento de imagens, através de transformações como rotação, translação e escala.

1.6 Referências utilizadas.

[1] Gonzalez, Rafael C. , “Digital Image Processing”, capítulos 1 e 2.

[2] Gabriela Castellano´s homepage, minicurso de processamento de imagens digitais, http://www.ifi.unicamp.br/~gabriela/cursos.html, acessado em 01/06/2006.