

# MC920: Introdução ao Processamento de Imagem Digital

## Tarefa 2

Martin Ichilevici de Oliveira  
RA 118077

Rafael Almeida Erthal Hermano  
RA 121286

*Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas  
27 de fevereiro de 2014*

O domínio do processamento espacial de imagem é aplicado ao plano da imagem, enquanto o domínio do processamento de frequência da imagem é a modificação da transformada de Fourier da imagem.

O domínio espacial se refere aos pixels que compoem a imagem. Operações espaciais podem ser denotadas como sendo uma transformação:

$$g(x, y) = T[f(x, y)]$$

Em que  $f(x, y)$  é a imagem original e  $g(x, y)$  é a imagem processada.

$T[f(x, y)]$  pode ser aplicada em levando em conta uma vizinhança do ponto  $(x, y)$ .

## 1 Operações pontuais

Se a vizinhança possui tamanho 1x1, temos uma operação pontual. Neste caso  $T$  se transforma em um função de transformação de nível de cinza.

Alguns exemplos de operações pontuais são:

1. Image negative: consiste na inversão nos níveis de intensidade dos pixels de uma imagem.

$$T[f(x, y)] = L - f(x, y)$$

Onde  $L$  é a cor máxima na escala de cinza.

2. Log transformation: consiste em aumentar uma pequena faixa de cores da imagem.

$$T[f(x, y)] = c * \log(1 + f(x, y))$$

3. Power law transformation: Tal qual a transformação log, uma lei de potência consegue mapear uma faixa estreita de cores em uma faixa maior. Power law transformation é muito utilizada em transformações gama para correção de dispositivos de aquisição, como captura de raios x.

$$T[f(x, y)] = c \cdot f(x, y)^e$$

4. Contrast stretching: consiste em escurecer os pixels que possuem nível de cinza abaixo de  $M$  e clarear imagens com nível de cinza acima de  $M$ . O resultado final desta operação é uma imagem binária.

$$T[f(x, y)] = 0 \text{ se } f(x, y) < M \\ = 1 \text{ se } f(x, y) > M$$

5. Gray level slicing: Consiste em aumentar determinados níveis de cinza para destacá-los
6. Bit-plane slicing: consiste em separar em camadas os níveis de cinza, por exemplo, se a imagem é composta de pixels de 8 bits, poderiam ser criados 8 camadas, uma para cada bit.

## 2 Operações Globais

Caso a vizinhança a ser considerada para o cálculo de  $T(r)$  considere (quase) todos os *pixels* da imagem, então a chamamos uma operação global. Seja  $s$  uma função que produz um nível de intensidade para cada *pixel* da imagem de entrada. Consideremos transformações do tipo

$$s = T(r) \quad 0 \leq r \leq L - 1$$

, em que  $r$  é um nível de intensidade,  $L$  é a intensidade máxima da imagem e  $T(r)$  é uma função estritamente monotonicamente crescente no intervalo  $[0, L - 1]$ .

Podemos entender a distribuição de níveis de cinza em uma imagem como resultado de uma função aleatória, a função densidade de probabilidade. Esta função apenas diz a probabilidade de, dado um *pixel* qualquer, observarmos uma certa intensidade e é denotada por  $p_r(r)$  ou  $p_s(s)$ .

Dada a relação entre  $s$ ,  $r$  e  $T(r)$ , e assumindo que  $T(r)$  é diferenciável, então a densidade de probabilidade de  $s$  pode ser obtida por

$$p_s(s) = p_r(r) \left| \frac{dr}{ds} \right| \quad (1)$$

Uma função de grande importância no processamento de imagens é a função de distribuição cumulativa (FDC), que pode ser expressa por

$$s = T(r) = (L - 1) \int_0^r p_r(w) dw \quad (2)$$

Podemos então calcular  $p_s(s)$  para esta função, substituindo a expressão 2 na expressão 1.

$$\frac{ds}{dr} = \frac{dT(r)}{dr} = (L - 1) \frac{d}{dr} \left[ \int_0^r p_r(w) dw \right] = (L - 1) p_r(r)$$

$$\begin{aligned} p_s(s) &= p_r(r) \left| \frac{dr}{ds} \right| = p_r(r) \left| \frac{1}{(L - 1) p_r(r)} \right| \\ &= \frac{1}{L - 1} \quad 0 \leq s \leq L - 1 \end{aligned}$$

A formulação anterior assume que as funções são contínuas. Contudo, ao trabalhar com imagens digitais, trabalhamos com valores discretos. Em particular, a função de distribuição de probabilidade pode ser expressa por um histograma, cuja distribuição de probabilidade pode ser expressa pela Eq. 3.

$$p_r(r_k) = \frac{n_k}{MN} \quad (3)$$

em que  $n_k$  é a quantidade de *pixels* com intensidade  $r_k$  na imagem e  $M$ ,  $N$  são as dimensões da imagem. Substituindo 3 em 2, e substituindo a integral por um somatório (já que estamos lidando com uma função discreta), obtemos a expressão 4.

$$s_k = T(r_k) = \frac{L - 1}{MN} \sum_{j=0}^k n_j \quad (4)$$

A esta transformação denominamos equalização histográfica. Ela tem a característica de aprimorar o contraste de uma imagem, clareando *pixels* claros e escurecendo *pixels* escuros.

Aplicou-se o processo de equalização histográfica à Figura 1a, a qual foi convertida para uma imagem em tons de cinza, como mostra a Figura 1b. O resultado está na Figura 1c. Os histogramas correspondentes estão nas Figuras 2a e 2b. Como se pode observar pelos histogramas, o intervalo das intensidades foi expandido, com mais *pixels* claros e *pixels* escuros do que anteriormente. O resultado visual é claro - é possível, por exemplo, observar detalhes que estavam poucos claros na imagem original.

### 3 Operações de Vizinhança

Algumas operações utilizam pequenas vizinhanças ao redor da imagem, essas operações são denominadas operações de vizinhança

Operações de vizinhança utilizam uma mascara ao redor do ponto  $f(x, y)$ .

Filtros lineares são o somatório do produto do coeficiente do filtro com o valor do pixel no ponto.

Alguns exemplos de operações de vizinhança:

1. Smoothing Linear Filters: consiste em substituir um pixel pela média dos pixels de sua vizinhança, para reduzir ruídos aleatórios.
2. Mediam filter: consiste em substituir o pixel pelo mediana dos pixels da vizinhança



(a) Figura original

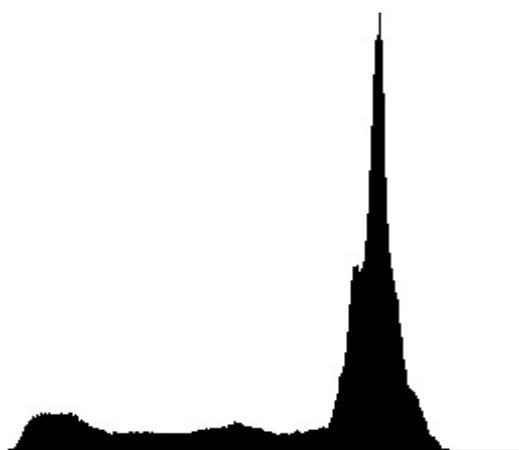


(b) Antes da equalização histogrâmica

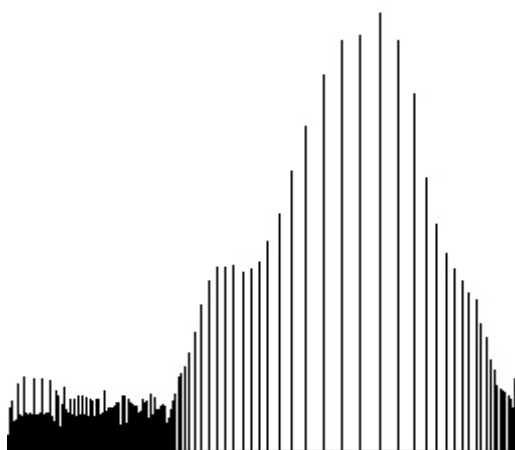


(c) Após equalização histogrâmica

Figura 1: Imagem original e em tons de cinza antes e após equalização histogrâmica



(a) Antes da equalização histogrâmica



(b) Após equalização histogrâmica

Figura 2: Histograma das Figuras 1b e 1c

## Referências

- [1] GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard E.. **Digital Image Processing**. 3. ed. Upper Saddle River, NJ, EUA: Prentice-hall, 2006.
- [2] [http://docs.opencv.org/doc/tutorials/imgproc/histograms/histogram\\_equalization/histogram\\_equalization.html](http://docs.opencv.org/doc/tutorials/imgproc/histograms/histogram_equalization/histogram_equalization.html)