

# MC920: Introdução ao Processamento de Imagem Digital

## Tarefa 5

Martin Ichilevici de Oliveira  
RA 118077

Rafael Almeida Erthal Hermano  
RA 121286

*Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas*  
18 de março de 2014

## 1 Ruído

### 1.1 Bipolar

A função de distribuição de probabilidade de um ruído bipolar é dada por:

$$p(z) = \begin{cases} P_a & \text{se } z = a \\ P_b & \text{se } z = b \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (1)$$

Onde  $P_a$  é o clareamento do *pixel* e  $P_b$  é o escurecimento de um *pixel*.

#### 1.1.1 *Salt and pepper*

Se  $P_a$  e  $P_b$  forem similares, temos um ruído *salt and pepper*, o qual caracteriza-se pela presença de pontos brancos e pretos espalhados pela imagem, de forma aparentemente aleatória. Aplicou-se este ruído à Figura 1a de forma artificial, produzindo o a Figura 1b. Ao longo deste trabalho, alguns filtros foram aplicados a fim de verificar seu efeito para o tratamento deste tipo de ruído.



(a) Figura original



(b) Com ruído *salt and pepper*

Figura 1: Imagem original e com filtro *salt and pepper*

#### 1.1.2 Unipolar

Se  $P_a \cdot P_b = 0$  temos um ruído unipolar já que apenas uma das faixas será modificada. Ou seja, apenas *pixels* brancos ou pretos irão aparecer devido a neste tipo de ruído.

### 1.2 Erlang

A função de distribuição de probabilidade Erlang foi originalmente desenvolvida para modelar tráfego de ligações telefônicas.

$$p(z) = \begin{cases} \frac{a^b \cdot z^{b-1}}{(b-1)!} \cdot e^{-az} & \text{se } z \geq 0 \\ 0 & \text{se } z < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Onde  $b$  é a forma e  $a$  é a taxa de crescimento.

### 1.2.1 Exponencial

Se  $b = 1$  temos um ruído exponencial

$$p(z) = \begin{cases} a \cdot e^{-az} & \text{se } z \geq 0 \\ 0 & \text{se } z < 0 \end{cases} \quad (3)$$

### 1.3 Rayleigh

Como a função de distribuição de probabilidade de Rayleigh possui uma assimetria entre os lados direito e esquerdo, ela pode ser utilizada para aproximar histogramas assimétricos.

$$p(z) = \begin{cases} \frac{1}{b} \cdot (z - a) \cdot e^{\frac{-(z-a)^2}{b}} & \text{se } z \geq 0 \\ 0 & \text{se } z < 0 \end{cases} \quad (4)$$

### 1.4 Uniforme

A função distribuição de probabilidade uniforme eleva os níveis de cinza na faixa de  $a$  até  $b$

$$p(z) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & \text{se } a \leq z \leq b \\ 0 & \text{se } z < 0 \end{cases} \quad (5)$$

### 1.5 Branco

Quando o ruído em um *pixel*  $i$  é estatisticamente independente do ruído causado em um *pixel*  $j$ , para quaisquer  $i, j$ , chamamos este ruído de branco. Matematicamente, ele é definido como um conjunto de ruídos estatisticamente independentes com média zero e variância finita. Assim, sua covariância é zero. Em termos práticos, isto implica que qualquer *pixel* da imagem pode receber um ruído de qualquer intensidade, independentemente do ruído recebido (ou não) pelos outros *pixels*.

### 1.6 Gaussiano

O ruído gaussiano normalmente ocorre na aquisição da imagem e pode ser causado por baixa iluminação, altas temperaturas ou transmissão.

$$p(z) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{z-\mu}{2\sigma^2}} & \text{se } a \geq 0 \\ 0 & \text{se } z < 0 \end{cases} \quad (6)$$



Figura 2: Imagem com ruído *gaussiano*

### 1.7 Geométrico

Ruídos geométricos são deformações na imagem que normalmente não provenientes dos sensores ou de funções de distribuição de probabilidade. Muitas vezes, o objeto origem (do qual se está obtendo a imagem) possui imperfeições. No âmbito de impressões digitais, estas podem ser cicatrizes, marcas de envelhecimentos, sujeiras, entre outros. Estas imperfeições podem ser caracterizados como ruídos geométricos uma vez que não deveriam estar presentes na imagem e alteram as minúcias, elemento primordial na identificação biométrica.

A Figura 3 mostra um exemplo claro de ruído geométrico (ainda que fora do campo da impressão digital). Podemos ver claramente as faixas verticais na Figura 3a, e sua ausência na Figura 3b.

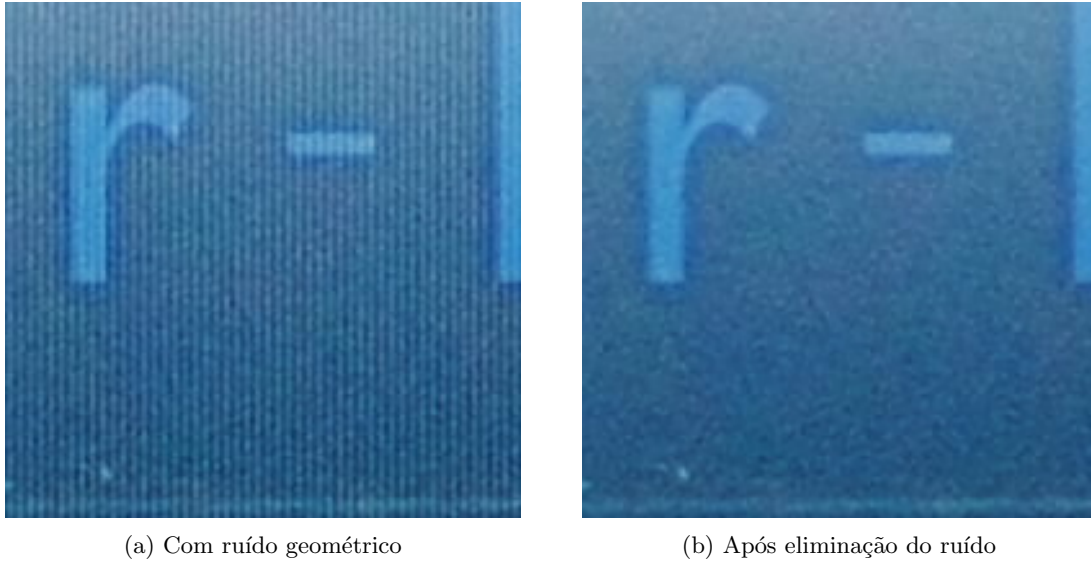


Figura 3: Exemplo de imagem com ruído geométrico e após filtro de redução aplicado pelo *software* Silkeepix[3]

## 2 Filtros espaciais de suavização

Filtros de suavização são utilizados para enevoamento (*blur*) e remoção de ruído. Estes filtros podem ser lineares ou não lineares. Dentre os lineares, destacam-se o filtro da média e o filtro gaussiano. Dentre os não-lineares, destaca-se o filtro da mediana.

### 2.1 Filtro da média

O filtro da média consiste em definir uma vizinhança e atribuir ao *pixel* central a intensidade média dos *pixels* desta vizinhança. A média pode tanto ser aritmética, em que cada *pixel* tem o mesmo peso, como ponderada. Por exemplo, consideremos uma vizinhança  $3 \times 3$ . Para a média aritmética, temos que a máscara vale:

$$w(s, t) = \frac{1}{9} \cdot \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

Uma implementação possível para a máscara da média ponderada, para a mesma vizinhança, é dada por:

$$w(s, t) = \frac{1}{16} \cdot \begin{vmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{vmatrix}$$

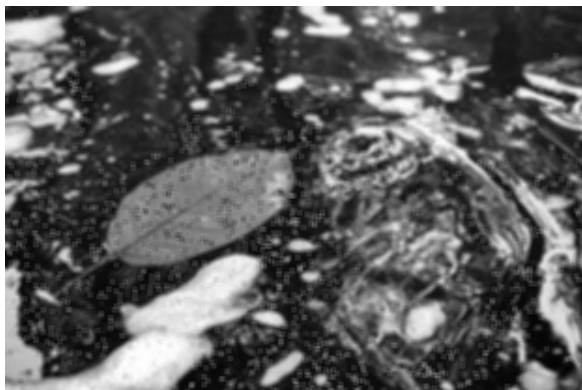
Aplicou-se o filtro da média aritmética à Figura 1a, produzindo as imagens exibidas na Figura 4a e 4b.

## 3 Filtros de domínio de frequência

### 3.1 Filtro Gaussiano

O filtro gaussiano diminui o nível de ruído de uma imagem, diminuindo ascensões e quedas, afim de diminuir a distorção na imagem. O filtro gaussiano é uma convolução que pode ser expressa como:

$$g(x, y) = \frac{1}{\sigma^2 2\pi} \cdot e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (7)$$



(a) Janela  $3 \times 3$



(b) Janela  $5 \times 5$

Figura 4: Filtro da média (aritmética) aplicado à Figura 1b.



Figura 5: Filtro gaussiano aplicado à Figura 2

## 4 Filtros estatísticos de ordem

Filtros estatísticos de ordem são filtros não lineares que ordenam a intensidade dos *pixels* do setor sendo considerando e estabelecem ao valor central desta área a intensidade do *pixel* que esteja na  $i$ -ésima posição. Dentre estes, o mais comum é o filtro da mediana.

### 4.1 Mediana

Como o próprio nome sugere, o filtro da mediana substitui a intensidade de um *pixel* pela intensidade da mediana de uma determinada vizinhança. Se por exemplo temos uma vizinhança  $3 \times 3$ , a mediana é o 5º valor. Esta técnica é especialmente útil quando lidamos com ruídos do tipo *salt and pepper*, já que este ruído é caracterizado justamente por possuir *pixels* brancos ou pretos em locais inesperados e aleatórios. Assim, este filtro age forçando com que *pixels* com intensidades discrepantes assumam valores mais próximos aos de seus vizinhos.

Aplicou-se o filtro da mediana com uma janela  $3 \times 3$  à Figura 1a, produzindo as imagens exibidas na Figura 6. Verificamos que o filtro da mediana foi muito mais eficaz para eliminar os ruídos *salt and pepper* do que o filtro da média, como já era esperado.

## Referências

- [1] GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard E.. **Digital Image Processing**. 3. ed. Upper Saddle River, NJ, EUA: Prentice-hall, 2006.
- [2] [http://en.wikipedia.org/wiki/White\\_noise](http://en.wikipedia.org/wiki/White_noise)
- [3] <http://www.isl.co.jp/SILKYPIX/english/newsletter/051222/>



Figura 6: Filtro da mediana aplicado à Figura 1b