

# MC920: Introdução ao Processamento de Imagem Digital

## Tarefa 8

Martin Ichilevici de Oliveira  
RA 118077

Rafael Almeida Erthal Hermano  
RA 121286

*Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas  
1 de abril de 2014*

## 1 Critérios de fidelidade aplicados a filtragem de ruídos

### 1.1 Critérios de fidelidade

#### 1.1.1 Erro total

O erro total mede o quadrado das diferenças entre os pontos originais e o resultado.

$$e = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [\hat{f}(x, y) - f(x, y)]^2 \quad (1)$$

#### 1.1.2 Erro médio quadrático

O erro médio quadrático pode ser definido como:

$$e_{rms} = \left[ \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [\hat{f}(x, y) - f(x, y)]^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

#### 1.1.3 Relação sinal ruído

A relação sinal ruído pode ser definida como:

$$SNR_{ms} = \frac{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} \hat{f}(x, y)^2}{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [\hat{f}(x, y) - f(x, y)]^2} \quad (3)$$

## 1.2 Critérios de qualidade

Para imagens cuja finalidade é a observação pelo olho humano, o único método correto de avaliar a qualidade da imagem é a avaliação subjetiva [1]. No campo de processamento de imagens, é comum a aplicação de filtros a fim de realçar ou isolar uma determinada característica. Tais filtros, contudo, podem interferir em elementos não desejados da imagem.

Procedimentos manuais para a verificação da qualidade dos filtros aplicados seriam longos e tediosos. Portanto, faz-se necessária uma forma objetiva de se mensurar a similaridade entre duas imagens, original e filtrada. O método de índice de similaridade estrutural (SSIM), se propõe a, de forma objetiva, conseguir reproduzir os resultados subjetivos. O SSIM é um índice que mede a similaridade entre duas imagens e pode ser definido como:

$$SSIM(X, Y) = [l(x, y)]^\alpha \cdot [c(x, y)]^\beta \cdot [s(x, y)]^\gamma \quad (4)$$

Onde  $l(x, y)$  é a comparação da luminância,  $c(x, y)$  comparação de contraste e  $s(x, y)$  compara estruturas. Os expoentes  $\alpha, \beta, \gamma$  são parâmetros para ponderar as importâncias de cada componente, e todos devem ser positivos.

### Comparação da luminância

Para comparação de luminância, devemos utilizar uma função que seja simétrica, limitada e possua um máximo único. A função usada é dada por:

$$l(x, y) = \frac{2\mu_x\mu_y + C_1}{\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1} \quad (5)$$

Onde,  $\mu_x, \mu_y$  são as médias dos pixels nos eixos e  $C_1 = (K_1 L)^2$ , com  $K_1 \ll 1$ , é uma constante para evitar instabilidades quando  $\mu_x^2 + \mu_y^2$  se aproxima de 0.

### Comparação da contraste

A função de comparação de contraste é análoga à comparação de luminância. A função usada é dada por:

$$c(x, y) = \frac{2\sigma_x\sigma_y + C_2}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2} \quad (6)$$

Onde,  $\sigma_x, \sigma_y$  é o desvio padrão dos valores dos pixels nos eixos. A constante  $C_2 = (K_2L)^2$ ,  $K_2 \ll 1$  tem a mesma função de  $C_1$ .

### Comparação de estruturas

A função usada na comparação de estruturas é dada por:

$$s(x, y) = \frac{2\sigma_{xy} + C_3}{\sigma_x\sigma_y + C_3} \quad (7)$$

$C_3$  tem a mesma forma e função de  $C_1$  e  $C_2$ .  $\sigma_{xy}$  é definida como:

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y) \quad (8)$$

### Implementação utilizada

Do trabalho [1], vamos definir os expoentes como sendo  $\alpha = \beta = \gamma = 1$  e as constantes  $C_3 = C_2/2$ . Tendo assim a função SSIM como sendo:

$$SSIM(X, Y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + C_1)(2\sigma_{xy} + C_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)} \quad (9)$$

Segundo [1], se o objetivo é avaliar a qualidade de uma imagem, não é apropriado usar o *SSIM* aplicando-o a toda a figura. Ao contrário, os autores recomendam a utilização do *MSSIM*, que é formado pela média da aplicação do *SSIM* a diversos *grids* da imagem. Em nossos experimentos, utilizamos um *grid* de  $11 \times 11$ , assim como os autores. Formalmente, temos:

$$MSSIM(X, Y) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M SSIM(x_j, y_j) \quad (10)$$

## 2 Experimentos

### 2.1 Comparação de índices

Foram aplicados os ruídos, gaussiano e sal e pimenta em uma imagem e em seguida, foram aplicados os filtros gaussiano, da mediana e difusão anisotrópica. Com os resultados das filtragens, foram calculados os erros total, médio quadrático, relação sinal ruído e o índice de similaridade estrutural [1]. As imagens podem ser vistas na Figura 2 e os resultados estão expressos na Tabela 1



Figura 1: Figura original

Filtro	Ruído	Total	Médio quadrático	Sinal Ruído	SSIM
Gaussiano	Gaussiano	78489	0.505	1.019	0.967
	Sal e pimenta	84155	0.523	0.963	0.983
Mediana	Gaussiano	84850	0.526	0.976	0.985
	Sal e pimenta	84832	0.525	0.947	0.995
Difusão anisotrópica	Gaussiano	170205517	23.538	29.630	0.913
	Sal e pimenta	107418886	18.699	45.079	0.945

Tabela 1: Medidas de erros e similaridade para as imagens da Figura 2

Como podemos ver na Tabela 1, todos os índices são compatíveis entre si. Isto é, imagens que tiveram alto erro total, erro médio quadrático ou sinal-ruído tiveram os menores valores de *SSIM*. Curiosamente, a Difusão anisotrópica foi a que apresentou os piores resultados, tanto visualmente como pelos índices.

### 2.2 Difusão anisotrópica e o *SSIM*

Para a difusão anisotrópica, estudou-se como a variação dos parâmetros número de iterações,  $\kappa$  e  $\gamma$  afetava a imagem original, através de um *grid search*. Os resultados do índice de similaridade estrutural para cada item foram plotados nos gráficos da Figura 3. Podemos ver como o número de iterações claramente borra a imagem, já que o *SSIM* decresce conforme aumentamos o número de iterações. O mesmo pode ser dito para  $\gamma$ . Aumentar  $\kappa$ , por outro lado, tem o efeito inverso - a imagem produzida é mais parecida com a original, o que pode ser constatado com o maior valor de *SSIM*.

## Referências

- [1] WANG, Z.; BOVIK, Alan C.; SHEIKH, Hamid R.; SIMONCELLI, Eero P.; **Image Quality Assessment: From error visibility to structural similarity**. IEEE Transactions on Image Processing, vol. 13, no. 4, 2004.



(a) Com ruído *salt and pepper*



(b) Filtro da mediana em ruído *salt and pepper*



(c) Filtro da Gaussiana em *salt and pepper*



(d) Difusão anisotrópica em *salt and pepper*



(e) Com ruído Gaussiano



(f) Filtro da mediana em ruído Gaussiano

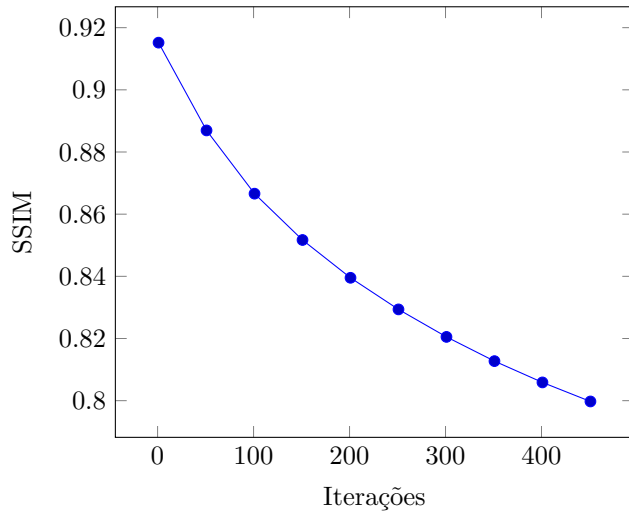


(g) Filtro da Gaussiana em ruído Gaussiano

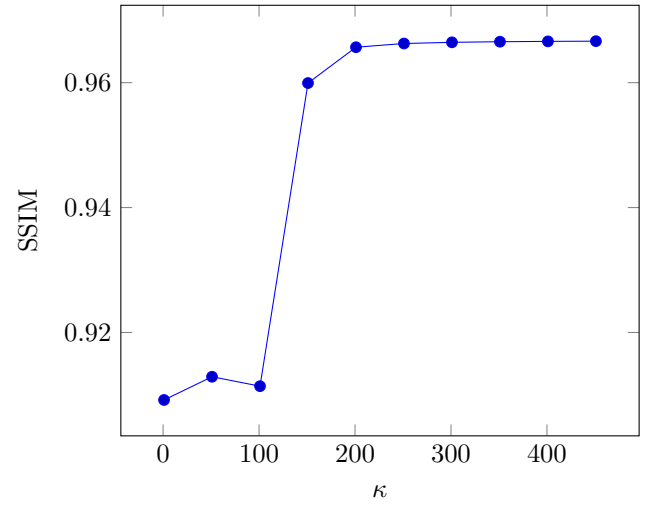


(h) Difusão anisotrópica em ruído gaussiano

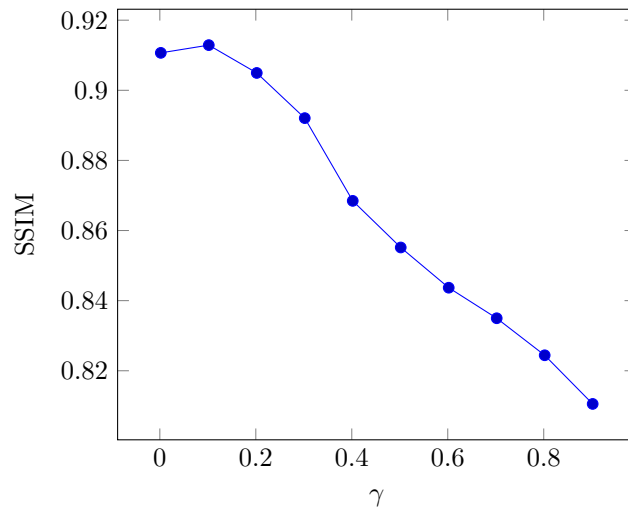
Figura 2: Imagens com ruídos e com filtros aplicados



(a) Variação do número de interações



(b) Variação de  $\kappa$ .



(c) Variação de  $\gamma$

Figura 3: Variação do SSIM de acordo com alterações nos parâmetros da difusão anisotrópica.