

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 α, β, γ 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, μ_x, μ_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, σ_x, σ_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 . σ_{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 11×11 , 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 filtrações, foram calculados os erros total, médio quadrático, relação sinal ruído e o índice de similaridade estrutural [1]. As imagens podem ser vistas nas Figuras 2 and 3 e os resultados estão expressos na Tabela 1



Figura 1: Figura original



(a) Com ruído.



(b) Filtro da mediana.



(c) Filtro da Gaussiana.



(d) Difusão anisotrópica.

Figura 2: Imagens com ruído sal e pimenta.

Na Figura 2, visualmente podemos concluir que o filtro da mediana foi o mais adequado para remover o ruído sal e pimenta, seguido pelo filtro Gaussiano e finalmente pela difusão anisotrópica. Os resultados da Tabela 1, comprovam este argumento, já que o filtro da mediana foi, dentre todos aqueles aplicados ao ruído sal e pimenta, o que obteve menor erro (total e quadrático médio) e sinal-ruído. Além disso, obteve o maior *SSIM*. Análise semelhante pode ser feita para as imagens com ruído Gaussiano.

Além disso, podemos ver na Tabela 1, todos os índices são compatíveis entre si. Isto é, imagens que tiveram



(a) Com ruído.



(b) Filtro da mediana.



(c) Filtro da Gaussiana.



(d) Difusão anisotrópica.

Figura 3: Imagens com ruído Gaussiano.

Filtro	Ruído	Total	Médio quadrático	Sinal Ruído	SSIM
Gaussiano	Gaussiano	125224	0.447	0.970	0.976
	Sal e pimenta	125151	0.447	1.007	0.973
Mediana	Gaussiano	121028	0.439	1.018	0.978
	Sal e pimenta	122391	0.442	0.990	0.982
Difusão anisotrópica	Gaussiano	76987294	11.079	199.905	0.974
	Sal e pimenta	176993532	16.798	85.637	0.941

Tabela 1: Medidas de erros e similaridade para as imagens das Figuras 2 e 3

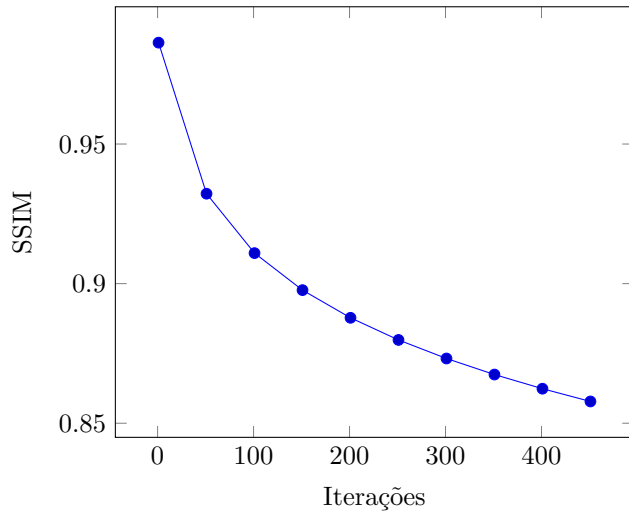
alto erro total, erro médio quadrático ou sinal-ruído tiveram os menores valores de *SSIM*. Curiosamente, a Difusão anisotrópica foi a que apresentou os piores resultados, tanto visualmente como pelos índices.

2.2 Difusão anisotrópica e o *SSIM*

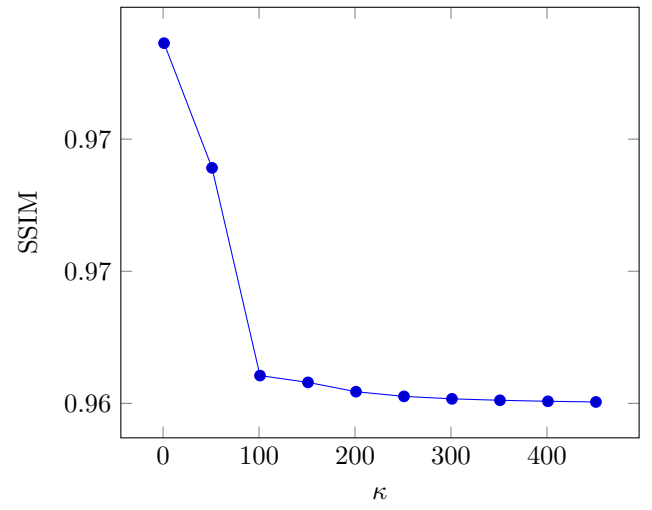
Para a difusão anisotrópica, estudou-se como a variação dos parâmetros número de iterações, κ e γ afetava a imagem original, através de um *grid search*. Os resultados do índice de similaridade estrutural para cada item foram plotados nos gráficos da Figura 4. Podemos ver como o número de iterações claramente borra a imagem, já que o *SSIM* decresce conforme aumentamos o número de iterações. O mesmo pode ser dito para γ . Aumentar κ , 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

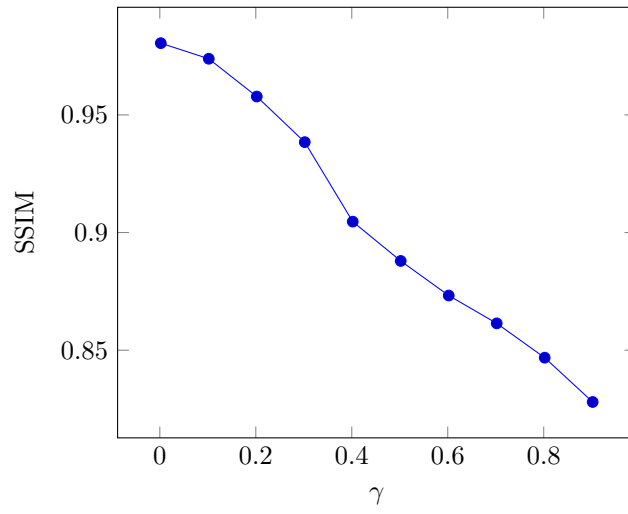
- [1] WANG, Z.; BOVIK, Alan C.; SHEIKH, Hamid R.; SIMONCELLI, Eero P.; **Image Quality Assessment: From error visibility to structural similarity**. IEEE Transactions on Image Processing, vol. 13, no. 4, 2004.



(a) Variação do número de interações



(b) Variação de κ .



(c) Variação de γ

Figura 4: Variação do SSIM de acordo com alterações nos parâmetros da difusão anisotrópica.