

Técnicas de Focalização (Aguçamento)

IA898A - Processamento Digital de Imagens
26/09/2018

Marcio Albano Hermelino Ferreira
FEEC - UNICAMP

Conteúdo

1. Motivação
2. *Unsharp Masking Adaptativo (Aguçamento / Sharpening)*
3. Técnicas de *Restauração (Deblurring)*
 - Filtro de *Wiener*
 - *Richardson-Lucy*
4. *Jupyter Notebook*

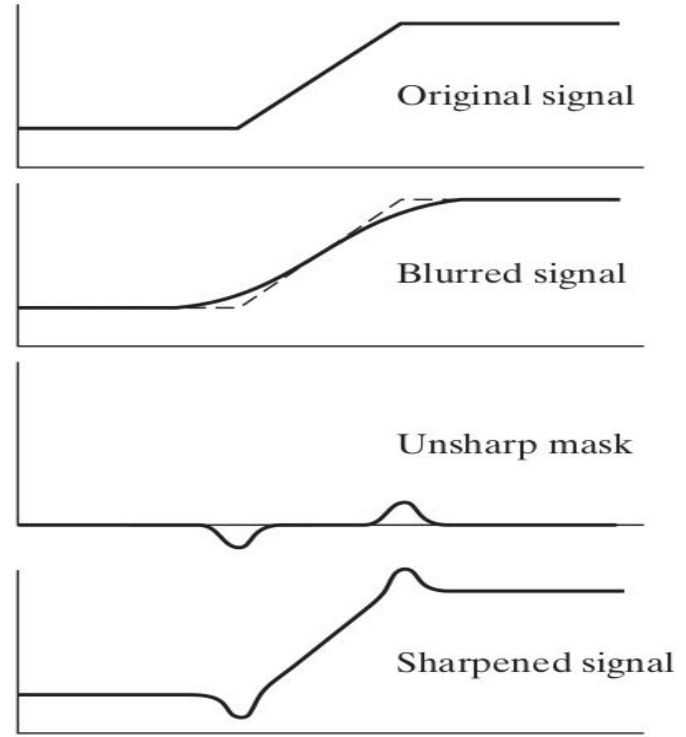
Motivação

FOCUS
FOCUS
FOCUS
FOCUS
FOCUS

Unsharp Masking



$$g(x, y) = f(x, y) + k * g_{\text{mask}}(x, y)$$



Unsharp Masking

- **Vantagem:** Simplicidade
- **Desvantagens:**
 - i) Acentua o contraste de forma mais forte em regiões escuras que em regiões mais claras;
 - ii) Acentua ruído/efeitos da digitalização.

Unsharp Masking com Filtro Adaptativo

- Adição de um filtro adaptativo no caminho de correção;
- Garante robustez à presença de ruídos;
- Realçar detalhes de contraste médio na imagem de entrada mais do que os de alto contraste (bordas abruptas), evitando efeitos de *overshoot*.

Unsharp Masking - Overshoot (Exemplo)



[https://en.wikipedia.org/wiki/Overshoot_\(signal\)#/media/File:Usm-unsharp-mask.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Overshoot_(signal)#/media/File:Usm-unsharp-mask.png)

Unsharp Masking com Filtro Adaptativo

O comportamento do filtro muda baseando-se em características estatísticas (variância) da imagem dentro da região de filtragem definida pela janela.

Vantagem: Performance superior [2]



Original



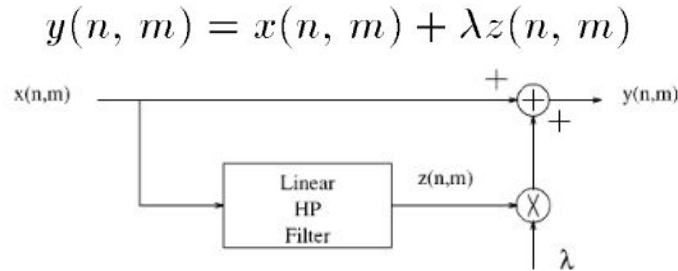
Unsharp Mask



Filtro Adaptativo

Unsharp Masking com Filtro Adaptativo

Desvantagem: Aumento da Complexidade

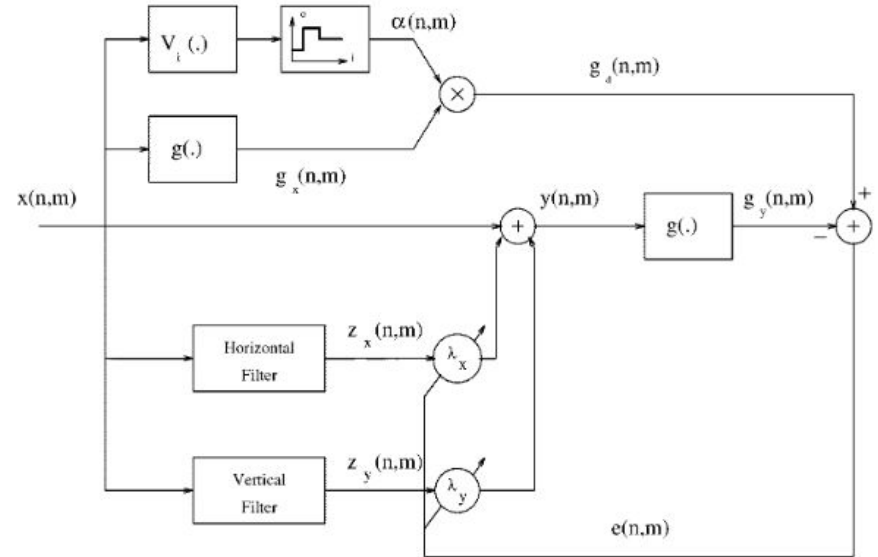


$$\mathbf{\Lambda}(n, m) = [\lambda_x(n, m), \lambda_y(n, m)]^T$$

$$y(n, m) = x(n, m) + \mathbf{\Lambda}^T(n, m)\mathbf{Z}(n, m)$$

$$g_y(n, m) = g_x(n, m) + g(\mathbf{\Lambda}^T\mathbf{Z})(n, m)$$

Maior detalhamento em [2]



Unsharp Masking com Filtro Adaptativo

$$\mathbf{\Lambda}(n, m) = [\lambda_x(n, m), \lambda_y(n, m)]^T$$

$$y(n, m) = x(n, m) + \mathbf{\Lambda}^T(n, m)\mathbf{Z}(n, m)$$

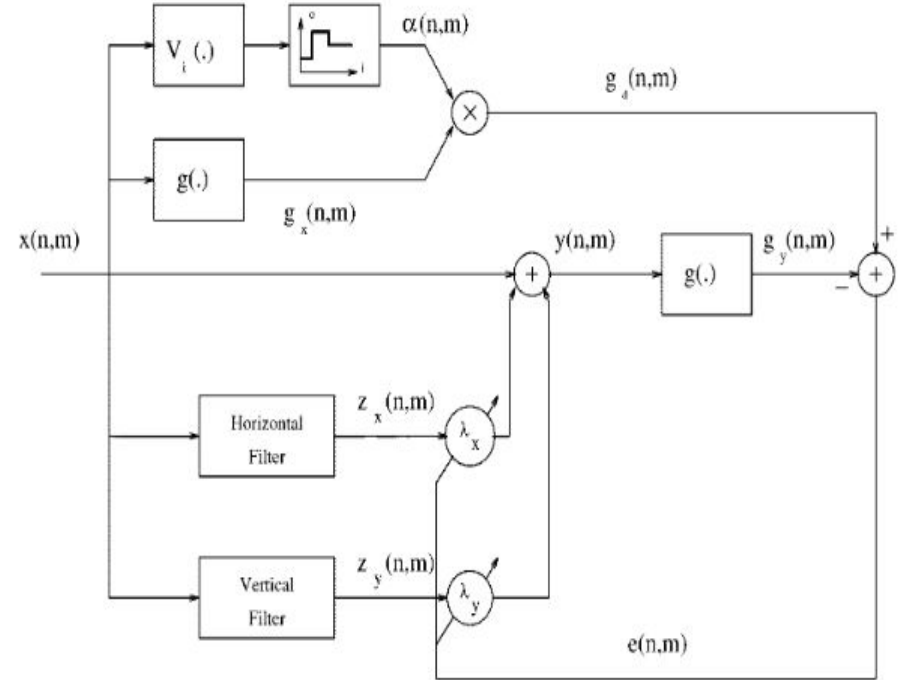
$$g_y(n, m) = g_x(n, m) + g(\mathbf{\Lambda}^T\mathbf{Z})(n, m)$$

$$g_d(n, m) = \alpha(n, m)g_x(n, m)$$

$$\alpha(n, m) = \begin{cases} 1, & \text{if } v_i(n, m) < \tau_1 \\ \alpha_{dh}(> 1), & \text{if } \tau_1 \leq v_i(n, m) < \tau_2 \\ \alpha_{dl}(1 < \alpha_{dl} < \alpha_{dh}), & \text{if } v_i(n, m) \geq \tau_2. \end{cases}$$

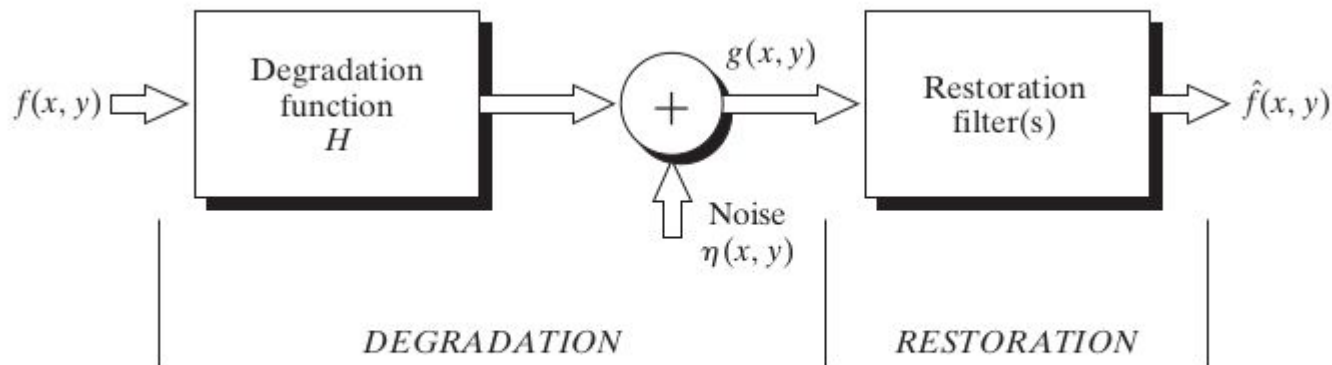
$$v_i(n, m) = \frac{1}{9} \sum_{i=n-1}^{n+1} \sum_{j=m-1}^{m+1} (x(i, j) - \bar{x}(n, m))^2$$

Maior detalhamento em [2]



$$J(n, m) = E[e^2(n, m)] = E[(g_d(n, m) - g_y(n, m))^2]$$

Restauração de Imagens



$$g(x, y) = h(x, y) \star f(x, y) + \eta(x, y)$$

$$G(u, v) = H(u, v)F(u, v) + N(u, v)$$

Filtragem Inversa

$$\hat{F}(u, v) = \frac{G(u, v)}{H(u, v)}$$

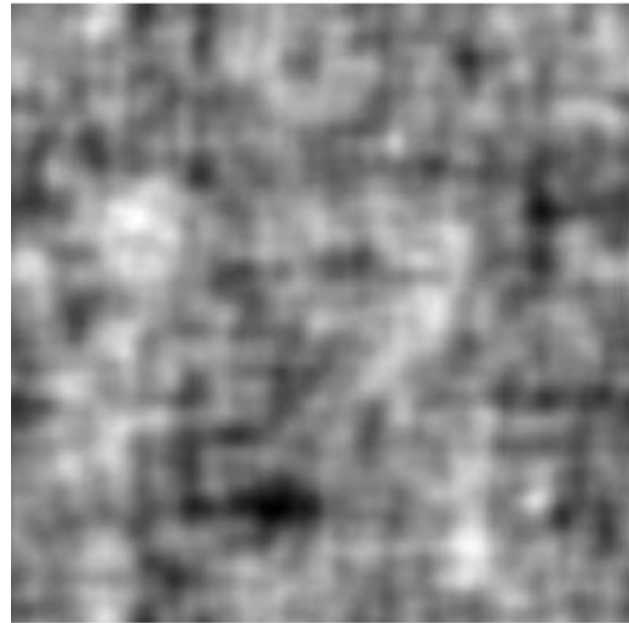
$$\hat{F}(u, v) = F(u, v) + \frac{N(u, v)}{H(u, v)}$$

Filtragem Inversa

$$\hat{F}(u, v) = F(u, v) + \frac{N(u, v)}{H(u, v)}$$



Imagem Degradada (Blur)



Filtragem Inversa Direta

Filtro de Wiener

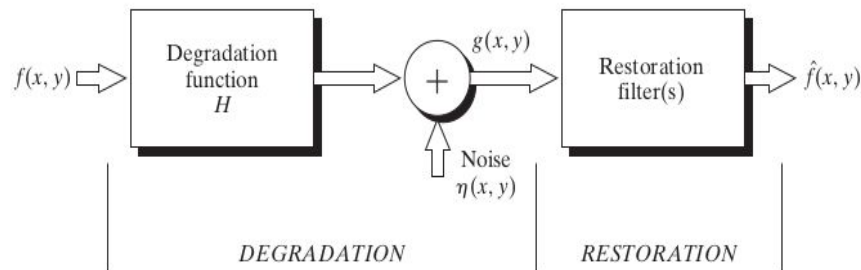
Imagens, ruído: **variáveis aleatórias**

Minimização do Erro Quadrático Médio
(Mean Square Error)

$$e^2 = E\{(f - \hat{f})^2\}$$

$$\hat{F}(u, v) = \left[\frac{1}{H(u, v)} \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + K} \right] G(u, v)$$

$$K = S_{\eta}(u, v) / S_f(u, v).$$



Se o ruído é igual a zero, voltamos para a filtragem inversa!

K: Razão entre os espectros de potência do ruído e da função degradada

Filtro de Wiener

$$\hat{F}(u, v) = \left[\frac{1}{H(u, v)} \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + K} \right] G(u, v)$$



Imagem Degradada (Blur)



Filtro de Wiener

Aplicação

- Restauração de Imagens do Telescópio Hubble [5]



Deconvolução de Richardson-Lucy

- Processo iterativo e não-linear para recuperar uma imagem que foi degradada por uma função de dispersão de ponto (*point spread function* - *PSF*)
- Aplicação do teorema de Bayes
$$\hat{u}^{(t+1)} = \hat{u}^{(t)} \cdot \left(\frac{d}{\hat{u}^{(t)} \otimes P} \otimes P^* \right)$$
- Possui bom funcionamento na presença de ruído

Maior detalhamento em [6]

Referências

- [1] GONZALEZ, WOODS - Digital image Processing, 3rd edition
- [2] POLESEL, A. ; RAMPONI, G.; MATTHEWS, J.V. “Image Enhancement via Adaptive Unsharp Masking”
IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, VOL. 9, NO. 3, MARCH 2000
- [3] “Image and Video Processing: From Mars to Hollywood with a Stop at the Hospital” (Guillermo Sapiro - *Duke University*)
<https://www.coursera.org/learn/image-processing/>
- [4] “Fundamentals of Digital Image and Video Processing” (Aggelos K. Katsaggelos - *Northwestern University*)
<https://www.coursera.org/learn/digital/>
- [5] HANISCH, R. J. - “Image restoration for the Hubble Space Telescope”
Proceedings Volume 2198, Instrumentation in Astronomy VIII;
- [6] RICHARDSON, W.H. “Bayesian-Based Iterative Method of Image Restoration”, J. Opt. Soc. Am. A 27, 1593-1607 (1972),

Jupyter Notebook