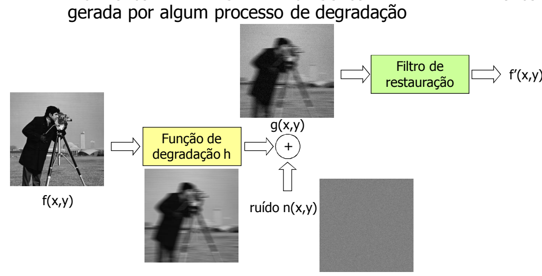
Fundamentos de Processamento de Imagens

Aula 16

Restauração de Imagens:
Filtragem Inversa

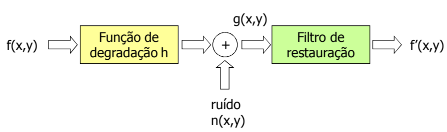
Modelagem dos Processos de Degradação e Restauração

- Seja f(x,y) uma imagem e seja g(x,y) uma versão de f(x,y) gerada por algum processo de degradação



Modelagem dos Processos de Degradação e Restauração

- Seja f(x,y) uma imagem e seja g(x,y) uma versão de f(x,y) gerada por algum processo de degradação



- No domínio espacial: g(x,y) = f(x,y)*h(x,y) + n(x,y)
- No domínio frequência: G(u,v) = F(u,v)H(u,v) + N(u,v)

Filtragem Inversa

- Assuma que a função de degradação seja conhecida
  - Estimada por meio de observação da imagem
  - Estimada por meio de experimentação com o equipamento que produziu a imagem
  - Estimada por meio de modelagem
- Desconsiderando-se a existência de ruído (ou incorporando-o à função de degradação), tem-se:

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

$$F'(u,v) = \frac{G(u,v)}{H(u,v)}$$ (divisão elemento a elemento)

Filtragem Inversa

- Assuma que a função de degradação seja conhecida
  - Estimada por meio de observação da imagem
  - Estimada por meio de experimentação com o equipamento que produziu a imagem
  - Estimada por meio de modelagem
- Pode-se escrever:

$$F'(u,v) = \frac{G(u,v)}{H(u,v)}$$ (divisão elemento a elemento)

onde $\frac{1}{H(u,v)}$ é chamado de filtro inverso

Filtragem Inversa

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

  tem-se:

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

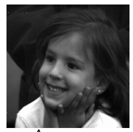
- Problemas
  - Mesmo que H(u,v) seja conhecido, não é possível recuperar f(x,y) exatamente, pois N(u,v) é uma função randômica e sua transformada de Fourier não é conhecida
  - H(u,v) pode assumir valores muito pequenos ou zero, dominando o valor estimado F'(u,v)
  - Caso N(u,v) = H(u,v) = 0, tem-se 0/0 para (u,v)

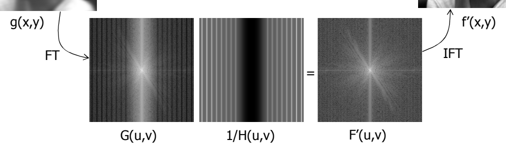
Exemplo de Filtragem Inversa

- Borramento (filtro gaussiano 1D), simul. movimento de câmera

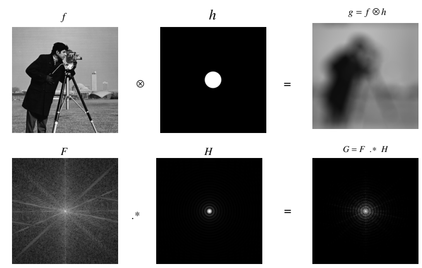
$$F'(u,v) = G(u,v)\frac{1}{H(u,v)}$$

Neste caso, H(u,v) é conhecido exatamente

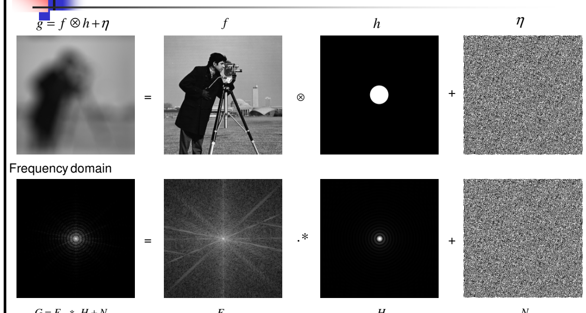




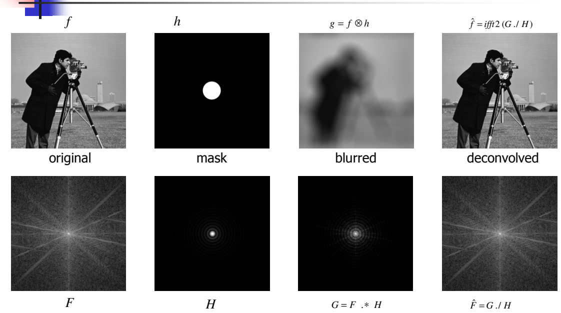
Caso sem Ruído



Caso com Ruído

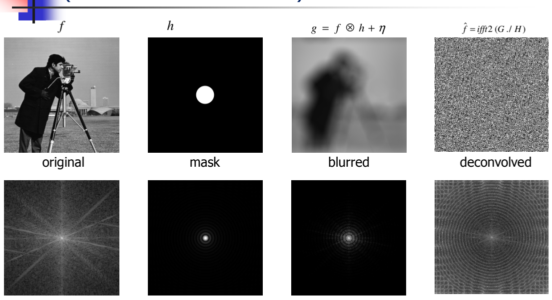


Filtragem Inversa sem Ruído



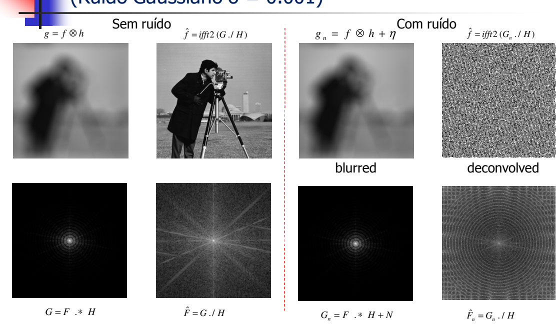
Filtragem Inversa com Ruído

(Gaussian Noise σ = 0.001)

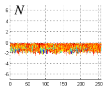


Comparação: com *vs* Sem Ruído

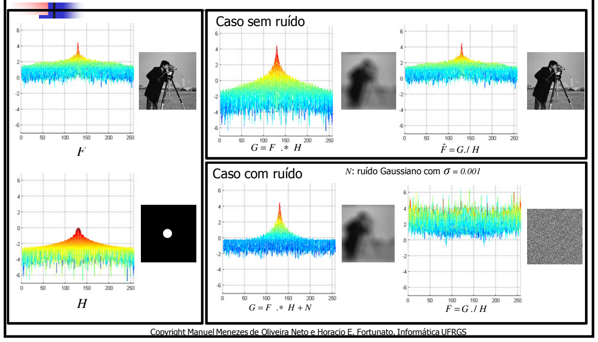
(Ruído Gaussiano σ = 0.001)



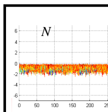
Exemplo de Deconvolução



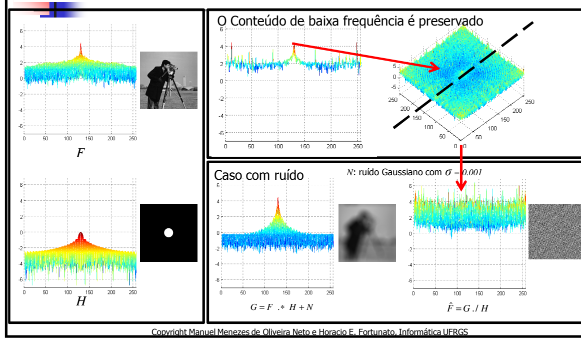
Gráficos: `mesh(log10(abs(Fourier Transform)))`



Exemplo de Deconvolução



Gráficos: `mesh(log10(abs(Fourier Transform)))`



Filtro de Wiener

- Solução mais rigorosa para o problema de ruído afetando o resultado da deconvolução (minimiza o erro quadrático)

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

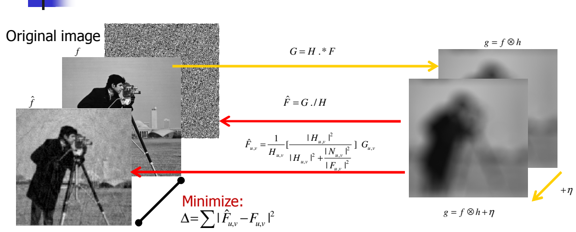
- Requer conhecimento do espectro de potência do ruído e da imagem não degradada!
- Baseado na minimização de um critério estatístico, produzindo um resultado ótimo no caso médio
- Caso não haja ruído, reduz-se a filtragem inversa

Filtro de Wiener

- O espectro de potência da imagem não degradada raramente é conhecido
- No caso de ruído branco (spectrally white noise), $|N(u,v)|^2$ é constante
- Quando $|N(u,v)|^2$ e/ou $|F(u,v)|^2$ não são conhecidos ou não podem ser estimados, utiliza-se uma constante (K), escolhida interativamente de modo a obter-se o melhor resultado visual

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

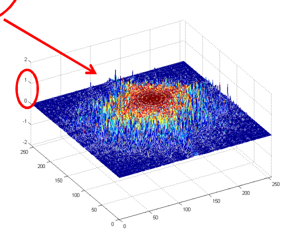
Filtro de Wiener



Mesmo exemplo dos slides anteriores, h : raio do círculo = 20, ruído Gaussiano com $\sigma = 0.001$

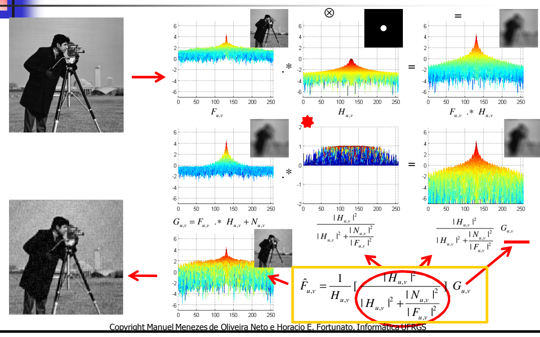
Filtro de Wiener

$$\hat{F}_{u,v} = \frac{1}{H_{u,v}}\left[\frac{|H_{u,v}|^2}{|H_{u,v}|^2 + \frac{|N_{u,v}|^2}{|F_{u,v}|^2}}\right]G_{u,v}$$



Deconvolução com Filtro de Wiener

Gráficos: `mesh(log10(abs(Fourier Transform)))`



Exemplo de uso do Filtro de Wiener

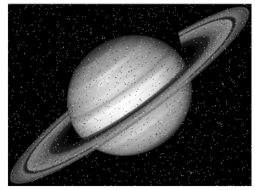


Imagem com ruído "salt & pepper"

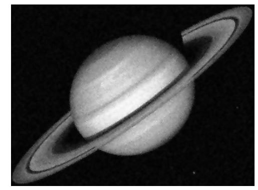


Imagem filtrada