

INF01046 – Fundamentos de processamento de imagens

Aula 12 – Realce no domínio da frequência

Horacio E. Fortunato

Instituto de Informática
Universidade Federal de Rio Grande do Sul
Porto Alegre – RS

hefortunato@inf.ufrgs.br

Link do curso: <http://www.inf.ufrgs.br/~hefortunato/cursos/INF01046>

2º semestre de 2009



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Processamento Digital de Imagens - Nesta disciplina

Sensores e Aquisição de Imagens



- Sistema visual Humano
- Modalidade de Imagens
- Câmeras Digitais

Processamento para a interpretação humana



- Realce de Imagens:
 - Processamento de histograma
 - Filtragem espacial
 - Filtragem no domínio da frequência
- Restauração de Imagens:
 - Remoção de ruído
 - Remoção de borramento
- Espaços de Cores
- Imagens em Alta Faixa Dinâmica

Percepção por máquina



- Detecção de linhas e bordas
- Limiarização
- Segmentação

Armazenamento e Comunicação



- Compressão de Imagens



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

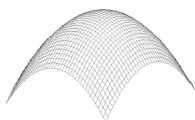
Realce no domínio da frequência - Laplaciano

A transformada de Fourier do laplaciano de uma função $f(x,y)$ é:

$$\nabla^2 f(x,y) \Leftrightarrow -(2\pi)^2 \cdot ((u/N)^2 + (v/M)^2) F(u,v)$$

E pode ser implementado no domínio da frequência utilizando o filtro:

$$H_{Lap}(u,v) = -(2\pi)^2 \cdot ((u/N)^2 + (v/M)^2)$$



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Realce no domínio da frequência - Laplaciano

Se utilizamos a transformada de Fourier centrada, então o filtro toma a forma:

$$H_{Lap}(u,v) = -(2\pi)^2 \cdot \left[\frac{(u-N/2)^2}{N^2} + \frac{(v-M/2)^2}{M^2} \right]$$

No domínio espacial utilizamos o laplaciano para realçar as bordas de uma imagem:

$$g(x,y) = f(x,y) - \nabla^2 f(x,y)$$

Onde $f(x,y)$ é a imagem original e $g(x,y)$ a imagem realçada.

No domínio da frequência isto é expressado como:

$$G(u,v) = F(u,v) - H_{Lap} \cdot F(u,v) \rightarrow G(u,v) = (1 - H_{Lap}) \cdot F(u,v)$$

$$G(u,v) = \left(1 + (2\pi)^2 \cdot \left[\frac{(u-N/2)^2}{N^2} + \frac{(v-M/2)^2}{M^2} \right] \right) \cdot F(u,v)$$



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Exemplo de realce utilizando o laplaciano no domínio da frequência:

$$G(u,v) = \left(1 + (2\pi)^2 \cdot \left[\frac{(u-N/2)^2}{N^2} + \frac{(v-M/2)^2}{M^2} \right] \right) \cdot F(u,v)$$



Original



Realçada com Laplaciano no domínio da frequência

Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Exemplo de realce utilizando o laplaciano no domínio espacial:



Original



Realçada

0	1	0
1	-4	1
0	1	0
1	1	1
1	-8	1
1	1	1

Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Unsharp masking, High-Boost e High-Freq. Emphasis no domínio espacial

Unsharp masking: obter um filtro passa altas como:

passa altas = 1 - passa baixas

$$f_{hp}(x, y) = f(x, y) - f_{lp}(x, y)$$

High-Boost: obter um filtro passa altas como:

passa altas = A - passa baixas, (A > 1) (aumenta o peso da imagem original)

$$f_{hb}(x, y) = A \cdot f(x, y) - f_{lp}(x, y) \text{ com } A > 1$$

Ou reemplazando o passa altas pelo passa baixas do unsharp masking:

$$f_{hb}(x, y) = (A-1) \cdot f(x, y) + f_{hp}(x, y) \text{ com } A > 1$$

High-Frequency emphasis:

$$f_{hfe}(x, y) = a \cdot f(x, y) + b \cdot f_{hp}(x, y) \text{ com } a > 0 \text{ e } b > a$$



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Unsharp masking, High-Boost e High-Freq. Emphasis no domínio da frequência

Unsharp masking: obter um filtro passa altas como:

passa altas = 1 - passa baixas

$$f_{hp}(x, y) = f(x, y) - f_{lp}(x, y) \rightarrow H_{hp}(u, v) = 1 - H_{lp}(u, v)$$

High-Boost: obter um filtro passa altas como:

passa altas = A - passa baixas, (A > 1) (aumenta o peso da imagem original)

$$f_{hb}(x, y) = (A-1) \cdot f(x, y) + f_{hp}(x, y) \rightarrow H_{hb}(u, v) = (A-1) + H_{hp}(u, v) \text{ com } A > 1$$

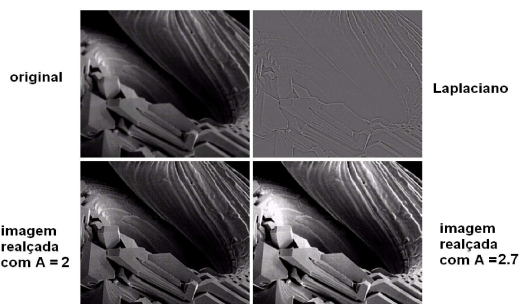
High-Frequency emphasis:

$$f_{hfe}(x, y) = a \cdot f(x, y) + b \cdot f_{hp}(x, y) \rightarrow H_{hfe}(u, v) = a + b \cdot H_{hp}(u, v) \text{ com } a > 0 \text{ e } b > a$$



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Exemplo de High-Boost Filter no domínio da frequência



$$f_{hb}(x, y) = (A-1) \cdot f(x, y) + f_{hp}(x, y) \rightarrow H_{hb}(u, v) = (A-1) + H_{hp}(u, v) \text{ com } A > 1$$

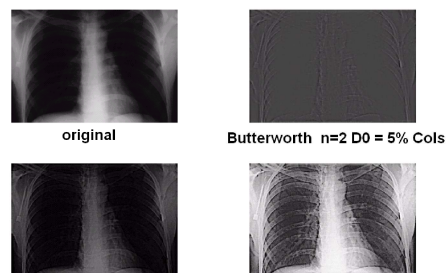
Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Exemplo de High-Freq. emphasis no domínio da frequência

$$f_{hfe}(x, y) = a \cdot f(x, y) + b \cdot f_{hp}(x, y) \rightarrow H_{hfe}(u, v) = a + b \cdot H_{hp}(u, v) \text{ com } a > 0 \text{ e } b > a$$



High-Freq emphasis
a = 0.5 b = 2.0

+ equalização de
histograma

Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Filtro homomórfico (domínio da frequência)

Utilizando o modelo simples de iluminação - reflectância: $f(x, y) = i(x, y) \cdot r(x, y)$

Expressamos a imagem como o produto de duas funções e esperamos que a função $i(x, y)$ varie lentamente em tanto que a função $r(x, y)$ não. Claramente isto não é necessariamente certo e vai depender da imagem e a iluminação presente.

Das propriedades da Transformada de Fourier vemos que:

$$i(x, y) \cdot r(x, y) \Leftrightarrow I(u, v) \cdot R(u, v) \text{ é Falso!}$$

Entanto que si tomamos o logaritmo podemos separar as contribuições de $\ln(i)$ e $\ln(r)$ no domínio da frequência:

$$\ln(i(x, y) \cdot r(x, y)) = \ln(i(x, y)) + \ln(r(x, y)) \Leftrightarrow I_{\ln}(u, v) + R_{\ln}(u, v) \rightarrow OK$$

A idéia é então aplicar um filtro no domínio da frequência à DFT do logaritmo da imagem, esperando poder diferenciar a componente de iluminação da componente de reflectância pela faixa de frequências delas.



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Filtro homomórfico, continuação

A sequência de operações toma a forma:



A figura seguinte apresenta um exemplo de filtro que atenua as baixas frequências, conforme o expressado, esperamos que ao aplicar o filtro na DFT do logaritmo, atenuemos a componente de baixas frequências (que associamos à iluminação) e destaquemos a componente da reflectância:

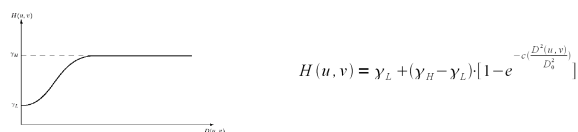


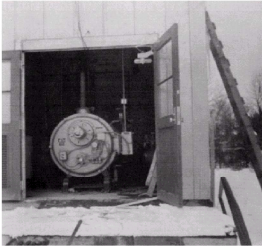
Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.



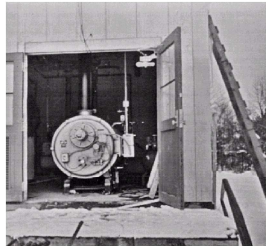
Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Filtro homomórfico - Exemplo

Observe o aumento de detalhes no interior da oficina:



Original



com filtro homomórfico

Imagem extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales e woods.



Processamento Digital de Imagens - Tarefas

Tarefas Acumuladas:

- Leia os Capítulos 1, 2, e 3 (aulas 01 a 09) do livro Gonzalez, R. & Woods 2da Ed. (em Inglês)
- Faça os exercícios dos Capítulos 1 a 3 do livro Gonzalez, R. & Woods 2da Ed. (em Inglês)
- Leia as seções 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4.1 a 4.4.4 do Capítulo 4 do livro Gonzalez, R. & Woods 2da Ed. (em Inglês)
- Faça os exercícios do Capítulo 4, (Problemas 4.1 até 4.12) do livro Gonzalez, R. & Woods 2da Ed. (em Inglês)
- Estude as seções 1, 2 e 3 do tutorial do MATLAB:
http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/pdf_doc/matlab/getstart.pdf

Tarefas Novas:

- Leia as seções 4.4.5 e 4.5 do Capítulo 4 (aula 12) do livro Gonzalez, R. & Woods 2da Ed. (em Inglês)
- Faça os exercícios do Capítulo 4, (Problemas 4.13 até 4.22) do livro Gonzalez, R. & Woods 2da Ed. (em Inglês)

Nota Importante: No livro Gonzalez, R. & Woods em português os capítulos possuem número diferente

Livro Gonzalez, R. & Woods 2ª Ed. (em Inglês):

Gonzalez, R. & Woods, R. Digital Image Processing 2ª Ed. Prentice Hall, 2002.

Link do curso: <http://www.inf.ufrgs.br/~hefortunato/cursos/INF01046>

