Processamento de Imagens Digitais

Filtragem de Frequências e Outras Transformadas

Hugo Neves de Oliveira, Jefersson Alex dos Santos

{oliveirahugo, jefersson}@dcc.ufmg.br

DCC
DEPARTAMENTO DE
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

UFMG

Introdução

UFMG

Introdução

Última Aula

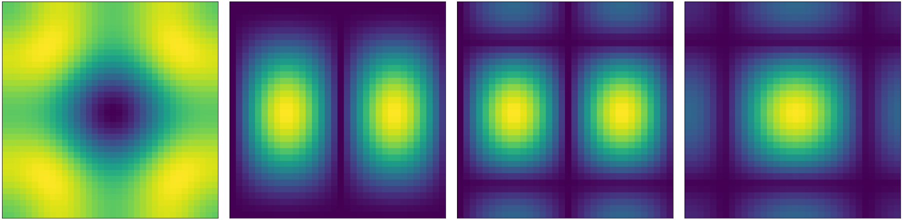
Na aula passada vimos as Transformadas de Fourier e suas propriedades, bem como aprendemos sobre o Teorema da Convolução

Aula Atual

Na primeira metade da aula de hoje serão demonstrados os diferentes tipos de filtros que podem ser aplicados no domínio da frequência. Na segunda metade, serão demonstradas outras transformadas para o domínio da frequência que podem ser utilizadas em diferentes contextos do processamento de imagens.

UFMG

Filtros no Domínio da Frequência



(a) Sobel 3×3. **(b)** Laplace 5×5. **(c)** Prewitt 3×3. **(d)** Mean 3×3.

Figura: Máscaras de frequência de alguns filtros.

Deslocamento do Espectro de Fourier

- Rebatimento das metades do sinal
- Considerar apenas a componente real ou imaginária
- Expressar o espectro em módulo
- Mostrar imagens em escala de log

Exemplo Prático

Exemplo Prático - FFT Plot

FFT_Shift.ipynb

UFMG

Filtragem de Frequências

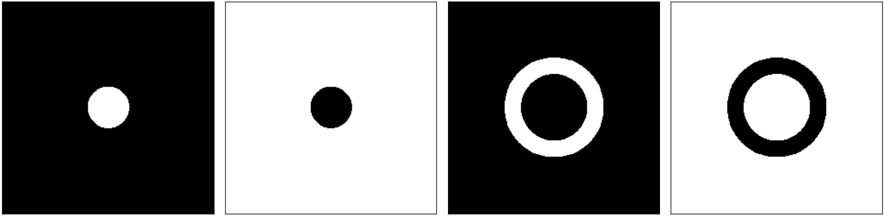
UFMG

Tipos de Filtros

- Filtros Passa-Baixas
- Filtros Passa-Altas
- Filtros Passa-Faixa
- Filtros Corta-Faixa

UFMG

Filtros no Domínio da Frequência



(a) Filtro Passa-Baixas. **(b)** Filtro Passa-Altas. **(c)** Filtro Passa-Faixa. **(d)** Filtro Corta-Faixa.

Figura: Tipos clássicos de filtros de frequência.

UFMG

Exemplo Prático

Exemplo Prático - Filtragem de Frequências

2D_Freq_Filtering.ipynb

UFMG

Fenômeno de Gibbs

Fenômeno de Gibbs

Um sinal que varia de forma discreta (i.e. possui descontinuidades) precisa de um número infinito de componentes de frequência para ser reconstruído

UFMG

Fenômeno de Gibbs

- Filtros clássicos são, em geral, binários
- Filtros binários geram descontinuidades nas frequências que compõem o sinal
- Se nenhuma frequência for quantizada, não há erros na reconstrução do sinal original
- Se houver quantização de frequências, a reconstrução das altas frequências de maior amplitude são comprometidas
- Esse tipo de erro de reconstrução é chamado de Fenômeno de Gibbs (em inglês, *Gibbs Phenomenon* ou *Ringing Artifact*)

UFMG

Exemplo Prático

Exemplo Prático - Fenômeno de Gibbs

1D_Gibbs.ipynb

UFMG

Fenômeno de Gibbs

Fenômeno de Gibbs

A forma mais comum de mitigar o Fenômeno de Gibbs é suavizar a máscara de frequências

UFMG

Transformada do Cosseno

Transformada Discreta do Cosseno

- Outra transformada muito usada para análise de imagens no domínio da frequência é a Transformada Discreta do Cosseno (*Discrete Cosine Transform*, DCT)
- Desempenha um papel fundamental na área de Compressão de Sinais e Imagens
- Comparação com a DFT
  - Aproximações extremamente fieis e não custosas
  - Valores reais
  - Forte propriedade de compactação de energia
    - Sinais do mundo real são, em geral, bem representados por poucos coeficientes de baixa frequência

UFMG

Transformada Discreta do Cosseno

- Família de transformadas
  - DCT-I, DCT-II, ..., DCT-VIII
  - Algumas dessas versões da DCT coincidem com as transformadas inversas de outras versões

- DCT-II e DCT-IV são as mais usadas no contexto do processamento de sinais e imagens

UFMG

Transformada Discreta do Cosseno

- Transformada direta da DCT-II
  - $F(u) = \left(\frac{2}{M}\right)^{\frac{1}{2}} c_u \sum_{x=0}^{M-1} f(x) cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{2M}\right]$,

    para $u = 0, 1, ..., M-1$ e $c_u = \begin{cases} \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{2}}, \text{ para u = 0} \\ 1, \text{ para u = 1, 2, ..., M-1} \end{cases}$

- Transformada inversa da DCT-II (correspondente à DCT-III)
  - $f(x) = \left(\frac{2}{M}\right)^{\frac{1}{2}} \sum_{u=0}^{M-1} c_u F(u) cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{2M}\right]$,

    para $x = 0, 1, ..., M-1$ e $c_u = \begin{cases} \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{2}}, \text{ para u = 0} \\ 1, \text{ para u = 1, 2, ..., M-1} \end{cases}$

Exemplo Prático

Exemplo Prático - DCT

DCT-DST.ipynb

Wavelets

UFMG

Problemas com a DFT e DCT

- Um único componente de frequência afeta todos os pixels da imagem no domínio do espaço
- Interpretabilidade de componentes de frequência requer muita experiência na área
- Filtragem no domínio da frequência em geral gera artefatos indesejados

UFMG

Wavelets

Wavelets

Boa parte desses problemas não aparecem na análise de sinais e imagens usando Wavelets. Para problemas numéricos, existe a *Discrete Wavelet Transform* (DWT).

UFMG

Wavelets

- DWTs uma representação “no meio do caminho” entre o domínio do espaço e o da frequência
- Gera diferentes “escalas” de frequência vs. espaço.
  - Cada escala codifica uma oitava do espectro de frequências
- Há uma correspondência visual entre os componentes de frequência das wavelets e seus efeitos no domínio espacial/temporal
- Computação e filtragens são feitas no domínio espacial (i.e. convoluções e subamostragem)

Aplicações de Wavelets

- Análise visual de sinais e imagens
- Extração de *features*
- Remoção de ruído
- Compressão (i.e. JPEG2000)

Níveis de Wavelets

Figura: Fluxo de uma transformada de Wavelets.

Níveis de Wavelets

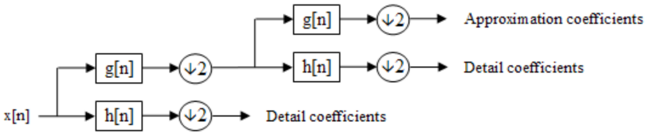


Figura: Fluxo de uma transformada de Wavelets.

UFMG

Níveis de Wavelets

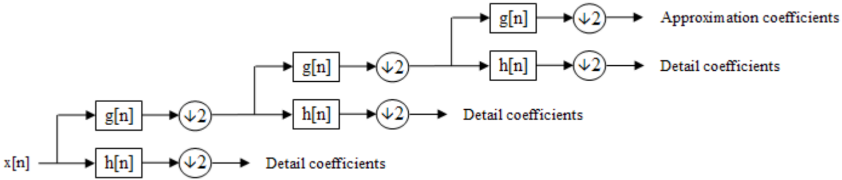


Figura: Fluxo de uma transformada de Wavelets.

UFMG

Oitavas de Frequência

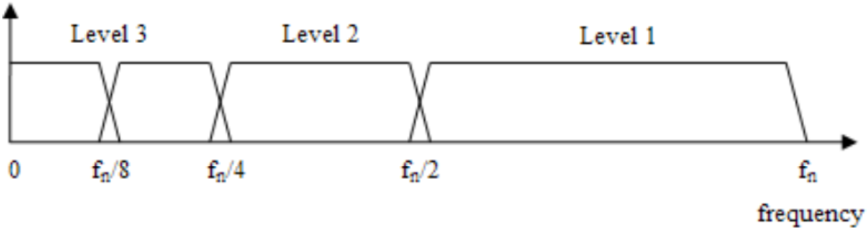


Figura: Oitavas de frequência cobertas pelos diferentes níveis das wavelets.

UFMG

Exemplo Prático

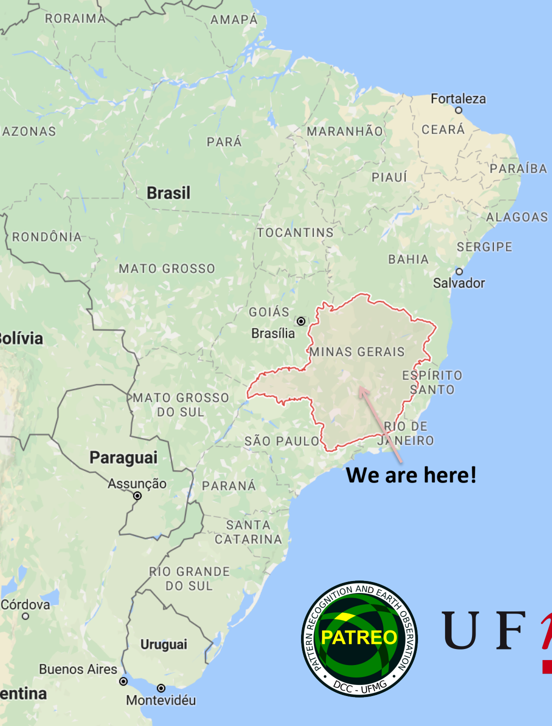
Exemplo Prático - Wavelets

Wavelets.ipynb

UFMG

Bibliografia

1. R. C. Gonzalez & R. E. Woods. Digital Image Processing, Addison-Wesley, 3rd Ed., 2007.
2. H. Pedrini & W. R. Schwartz. Análise de imagens digitais: princípios, algoritmos e aplicações. Thomson Learning, 2008.
3. A.S. Glassner. Principles of Digital Image Synthesis. Vols 1 and 2, Morgan Kauffman, 1995.
4. A.X.Falcão. Notas de aula em `http://www.ic.unicamp.br/~afalcao/mo443`
5. Diversos artigos tratando dos problemas relacionados à área de Processamento de Imagens, Visão Computacional e Reconhecimento de Padrões.



And here:

UFMG

www.patreo.dcc.ufmg.br