Seminário 2

Victor Augusto Alves Catanante

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação
Universidade de São Paulo

São Carlos, 2018

Sumário

Introdução

Artigo:

- Liang, X.; Wang, X.; Guo, J.; Zheng, J. *Automatic segmentation of blurry region using haar-wavelet transform.* 2017 IEEE 2nd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC), 132–136, 2017.

Introdução

Motivação:

- *Blur*: questão importante no âmbito de imagens;
  - Influência negativa: perda de detalhes;
  - Influência positiva: informações sobre parâmetros de movimento e profundidade;
- Segmentação de *Blur*: ampliação do conceito de segmentação.

Introdução

Lacuna:

- Algoritmos de Segmentação de *Blur*
  - Alta complexidade e custo computacional;
  - Limitação ao escopo de cada aplicação.
- Proposição de um método baseado na Transformada de Wavelet de Haar.

Objetivo

- Alcançar altos níveis de precisão, relativamente;
- Realizar o processo de segmentação de forma rápida.

Transformadas em Geral

Transformações matemáticas (SILVEIRA, 2016)

- Transformação de um domínio em outro domínio;
- Obtenção de informações não visíveis no sinal original;
- Sinais: normalmente no domínio do tempo (1D) ou espaço (2D);

Transformada de Fourier

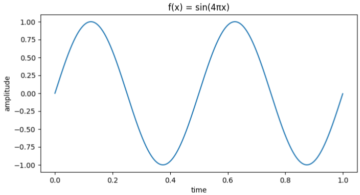
Transformada de Fourier (DFT) (BRIGHAM, 1988)

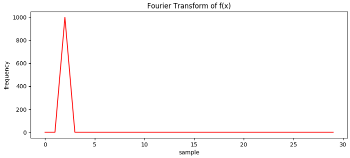
- Análise de sinais no domínio da frequência;
- Informações sobre a modificação da amplitude do sinal ao longo do tempo ou espaço;
- Equação 1: transformada contínua de Fourier em duas dimensões.

$$F(u,v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x,y) e^{-j2\pi(ux+vy)} dt \qquad (1)$$

Transformada de Fourier

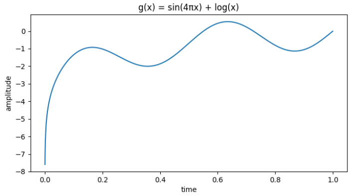
Transformada de Fourier (DFT)

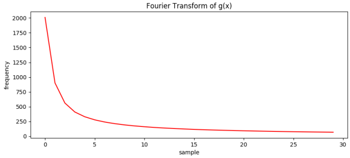




Transformada de Fourier

Transformada de Fourier (DFT)





Transformada de Fourier

Transformada de Fourier (DFT)

- Função global: possivelmente não eficaz para análises locais;
- Histogramas locais podem variar significativamente dentre a imagem;
- Perda da informação sobre qual a posição em que determinado padrão de frequência ocorre;
- Alternativa: análise em diversas resoluções ou uso de uma função janela.

Transformada de Fourier

Transformada de Fourier com Janelas (STFT) (BRIGHAM, 1988)

- Multiplicação da função de representa o sinal por uma função janela;
- "Deslizamento" da janela ao longo tempo ou espaço;
- Análise local mais apurada;
- Equação 2: transformada contínua de Fourier com janela.

$$F(u,v,\alpha,\beta) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} f(x,y)g(x-\alpha,y-\beta)e^{-j2\pi(ux+vy)}dt \tag{2}$$

Transformada de Fourier

Transformada de Fourier com Janelas (STFT)

- Espaço e frequência: inversamente proporcionais;
- Analogia da relação espaço-frequência com o Princípio da Incerteza de Heisenberg;
- Equação 3: princípio da incerteza de Heisenberg.

$$\Delta x_i \Delta p_i \geq \hbar \tag{3}$$

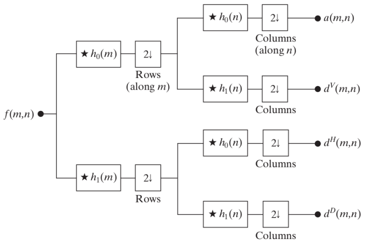
Multirresolução

Bancos de filtros (PONTI, 2014)

- Divisão da entrada em duas sub-bandas: passa alta e passa baixa;
- Síntese da entrada: produção de uma aproximação da saída;
- Reconstrução perfeita: saída = entrada.

Multirresolução

Figura 1: Banco de filtros com quatro sub-bandas.



Fonte: (GONZALEZ, 2008).

Wavelets

Transformada Wavelet Contínua (CWT) (PARK, 2004)

- Extração de informações de sinais não-estacionários;
- Detecção de variações em determinadas bandas;

Wavelets

Transformada Wavelet Contínua (CWT)

- Equação 4: transformada Wavelet contínua geral.

$$W_f^{\psi}(a,\tau) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \overline{\psi\left(\frac{t-\tau}{a}\right)} dt \tag{4}$$

- a: parâmetro positivo de escala;
- τ: parâmetro de localização da função analisadora;
- ψ: função Wavelet analisadora.

Wavelets

Função Wavelet de Haar (SILVEIRA, 2016)

$$\psi = \begin{cases} 1 & \text{if } -\frac{1}{2} \leq x < 0 \\ -1 & \text{if } 0 \leq x < \frac{1}{2} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Método proposto - Wavelets

Função Wavelet de Haar - método proposto

- Imagem é decomposta em quatro elementos com o mesmo tamanho;
- Obtenção de $3k + 1$ subimagens após um decomposição de k-ésima ordem;
- Subimagens: diferentes frequências e direções;
- Wavelet de Haar - simplicidade e performance computacional.

Método proposto - Wavelets

Figura 2: Decomposição de terceira ordem de uma imagem teste.

Fonte: (LIANG, 2017).

Método proposto - *Re-blurring*

Re-blurring

- Detalhes da imagem: ao sofrer desfoque novamente, as diferenças entre as regiões anteriormente borradas e não borradas é pequena;
- Anteriormente: grandes diferenças;
- Imagem de referência: construída por meio do processo de *Re-blurring*.

Método proposto - Decomposição

Decomposição com Wavelets de Haar

- Estimação da diferença entre a imagem teste e a novamente desfocada;
- Resultado: imagem parcialmente desfocada;
- Aplicação da transformada de terceira ordem em blocos de 16x16 pixels, ao redor de cada pixel.

Método proposto - Decomposição

Decomposição com Wavelets de Haar

- Cada bloco é decomposto em três subblocos;
- Ordem: $k = 1, 2, 3$;
- Blocos horizontais, verticais e diagonais: $\{BH_k, BV_k, BD_k\}$;
- Calcula-se também a relação de atenuação a_k entre os componentes do mesmo bloco na imagem teste e na imagem convoluída;

Método proposto - Decomposição

Decomposição com Wavelets de Haar

- A medida de quantidade de desfoque de um pixel (i, j) é dada pelo produto entre as relações de atenuação das três ordens, como apresentam as equações 2 e 3:

$$a_k(i,j) = \frac{\left\{||BH_k||_p + ||BV_k||_p + ||BD_k||_p\right\}\Big|_{T_r}}{\left\{||BH_k||_p + ||BV_k||_p + ||BD_k||_p\right\}\Big|_{T}} \tag{5}$$

$$a(i,j) = \prod_{k=1}^{3} a_k(i,j) \tag{6}$$

Método proposto - Decomposição

Decomposição com Wavelets de Haar

- $a(i, j)$: normalizado entre 0 e 1, e quanto mais próximo de 1, maior a magnitude do bloco extraído da imagem teste;
- Quanto mais próximo de zero, mais nítido é o bloco.
- A matriz $a(i, j)$ é denominada *blur map*;
- Calcula-se também a relação de atenuação a_k entre os componentes do mesmo bloco na imagem teste e na imagem convoluída.

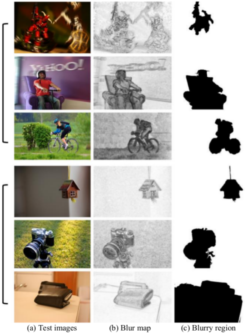
Análise dos Resultados

Base de imagens

- Dataset público de 1000 imagens com desfoque e borramento por movimento;
- Classificação supervisionada por pesquisadores experientes;
- A matriz $a(i, j)$ é denominada *blur map*;

Análise dos Resultados

Figura 3: Resultado da segmentação de regiões desfocadas de seis imagens.



Fonte: (LIANG, 2017).

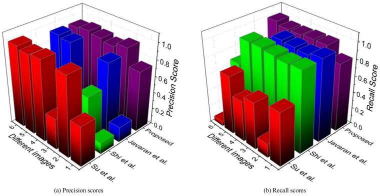
Análise dos Resultados

Métricas quantitativas de análise

- Precisão: proporção de pixels desfocados, classificados como pertencentes à região borrada original;
- *Recall*: proporção de pixels classificados com desfoque, classificados como tal;
- Resultados com índices normalizados: aproximadamente 0.85.

Análise dos Resultados

Figura 4: Visualização da comparação quantitativa dos resultados.



Fonte: (LIANG, 2017).

Conclusão

- Altos valores de precisão e recall obtidos experimentalmente;
- Wavelets de Haar: abordagem relevante para segmentação de desfoque.

Gonzalez, R.C.; Woods, R.E.
Digital Image Processing.
Pearson/Prentice Hall, 2009.

Brigham, E. O.
The Fast Fourier Transform and its Applications.
Pearson/Prentice Hall, 1988.

Liang, X.; Wang, X.; Guo, J.; Zheng, J.
Automatic segmentation of blurry region using haar-wavelet transform.
2017 IEEE 2nd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC), 132–136, 2017.

Park, K. C.
Chapter 11 - Essentials in Wavelet Theory.

Lecture notes on Topics in Multiphysics Modeling, University of Colorado, 2004

Silveira, T.; Kozakevicius, A. J.
Transformada Wavelet de Haar: Conceitos, Formulações e Aplicações.
IV Colóquio de Matemática da Região Sul, 2016

Ponti, M. A.
Multirresolution and the Wavelet Transform.
Lecture notes on Digital Image Processing, 2014.

Perguntas?