Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
PPGER – PPGCC

Aula 5: Realce e filtragem

Visão Computacional

Prof. Dr. Pedro Pedrosa

pedrosarf@ifce.edu.br

professorpedrosa.com

Processamento de imagens

Realce no domínio espacial

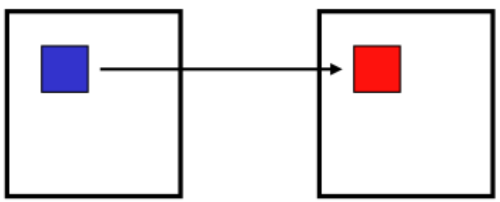
Realce no domínio do espaço

Introdução

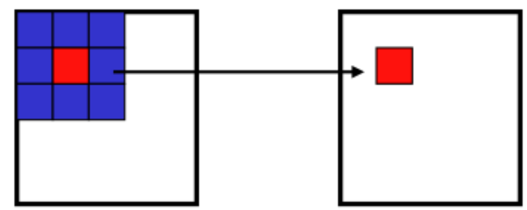
- A função chave no pré-processamento é melhorar a imagem, evidenciando uma característica importante e atenuando uma prejudicial, como o ruído, aumentando a probabilidade de sucesso das etapas conseqüentes.
- Ele pode ser dividido em dois tipos de processamento
  1. O realce de imagens: conjunto de técnicas para melhorar a imagem em um sentido predefinido.
  2. Restauração: reconstruir ou recuperar uma imagem degradada por um fenômeno conhecido a priori.
- Todos os métodos possuem um alto grau de heurística, pois é necessário entender muito bem o fenômeno de degradação para conseguir chegar no resultado mais próximo do ideal.

Realce - Introdução

- O realce pode ser realizado através de técnicas:
  - no domínio do espaço:
    - Os pontos da imagem são processados baseados em características locais ou na vizinhança do pixel, estes métodos possuem, em geral uma carga computacional mais baixa.



operação pontual
ex: modificação de brilho



vizinhança
ex: reforço de borda

  - no domínio da frequência
    - A imagem é analisada em um novo domínio, onde algumas características são melhor perceptíveis e melhor manipulação, contudo, algumas vezes estes métodos possuem carga computacional relativamente alta.

Realce no domínio espacial

Técnicas de realce:

- Transformações em níveis de cinza básicos
- Processamento de Histograma (Equalização, limiarizações automáticas, etc)
- Operações aritméticas, lógicas e por conjuntos
- Limiarização
- Aumento de contraste
- Limiarização
- Realce por medidas estatíticas (mediana, máximo, mínimo)
  - Estatísticas locais (máscara) são utilizadas para selecionar áreas que serão realçadas
- Estatísticas globais são utilizadas para ajustes grosseiros na imagem
  - ➢ Média é utilizada como informação do brilho e variância como medida de contraste
- Operadores gradientes realçam as bordas (Prewitt, Roberts, Sobel, Canny, etc)

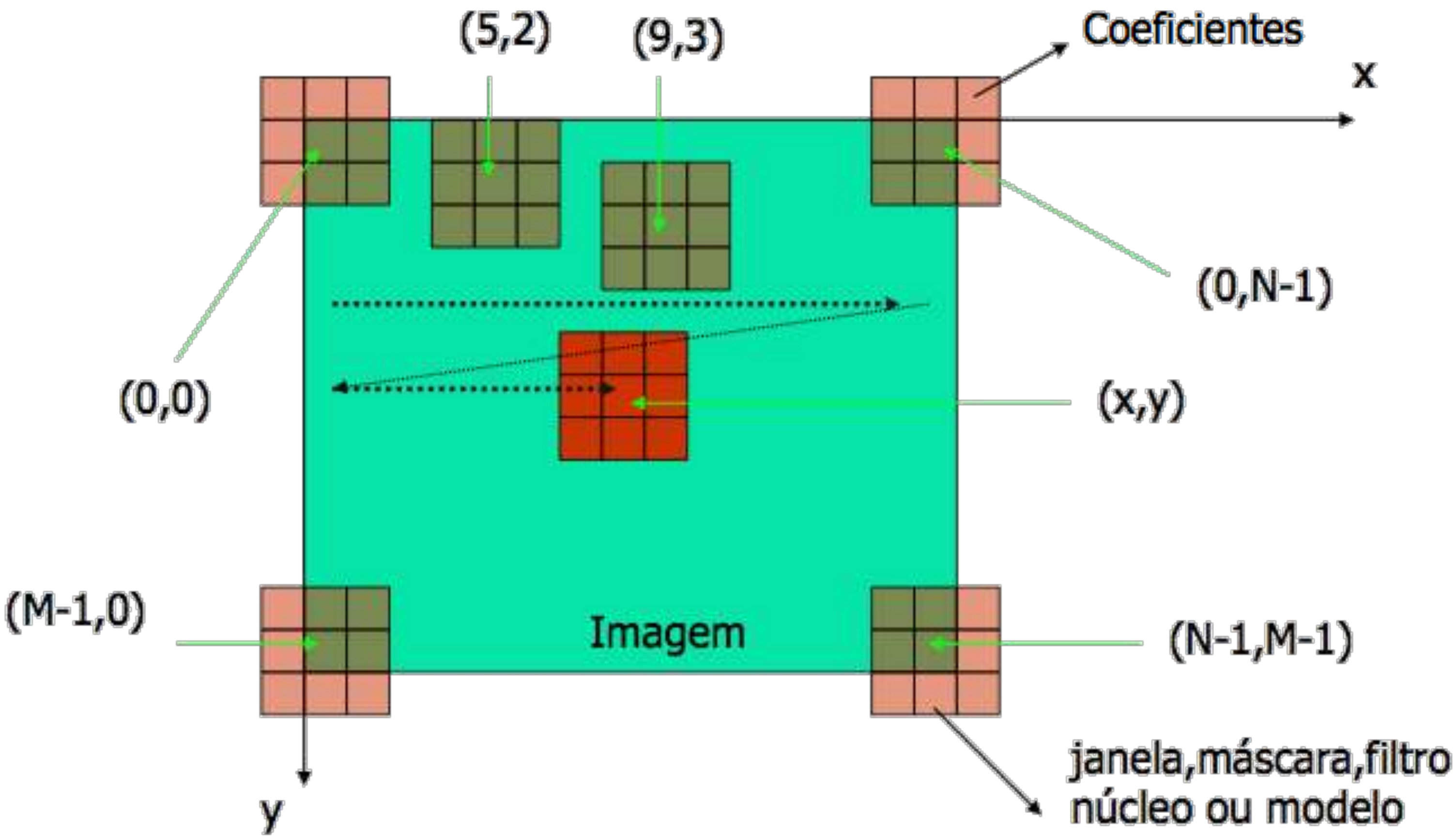
Processamento de imagens

Filtragem no domínio espacial

Filtragem no domínio espacial

Definições:

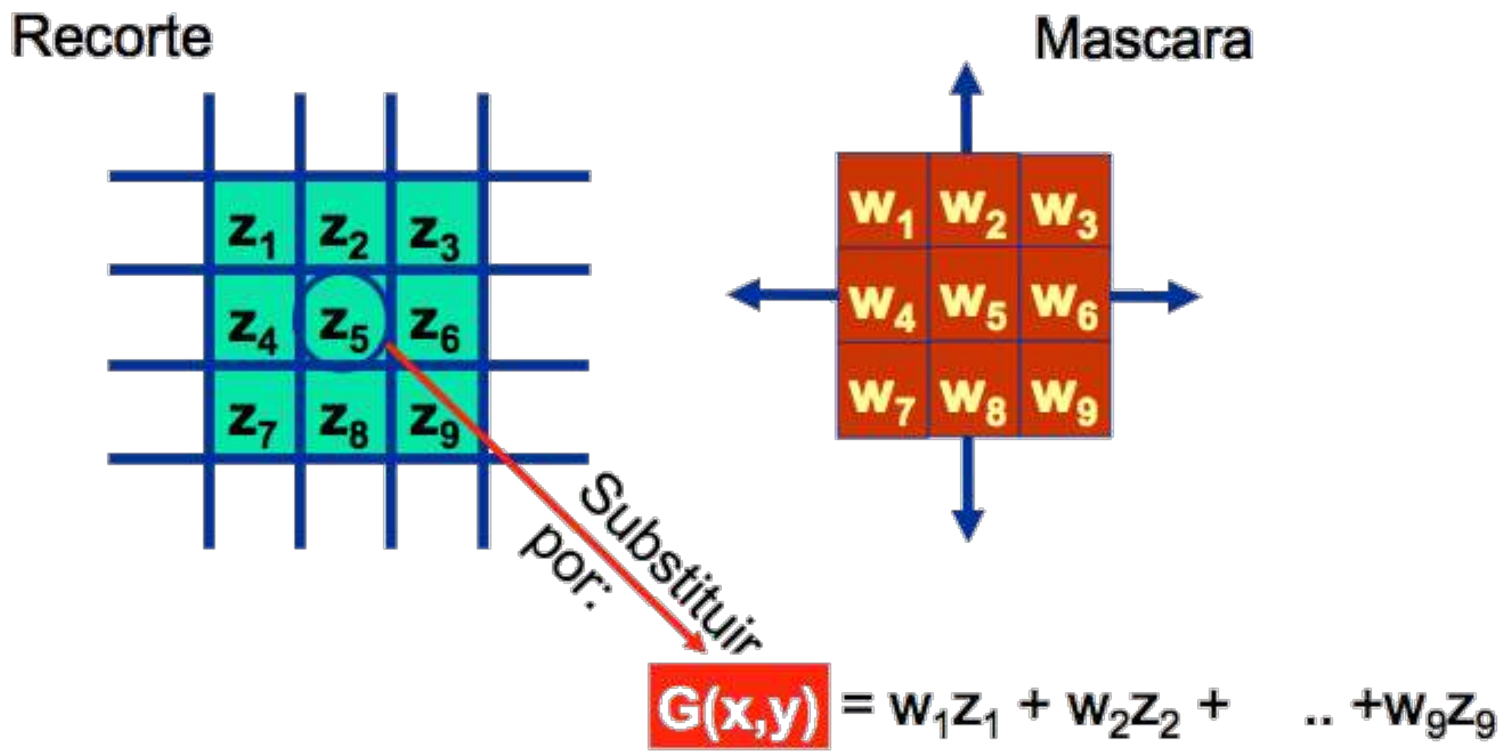
A filtragem no Domínio Espacial pode ser definida como a resposta da aplicação de uma máscara em todos os pontos da imagem, conforme ilustrado na figura a seguir:



Filtragem no domínio espacial

Definições:

Para uma filtragem linear, a resposta do filtro é dada pela soma dos produto dos pontos da imagem que são cobertos pela máscara, conforme ilustra a Figura:



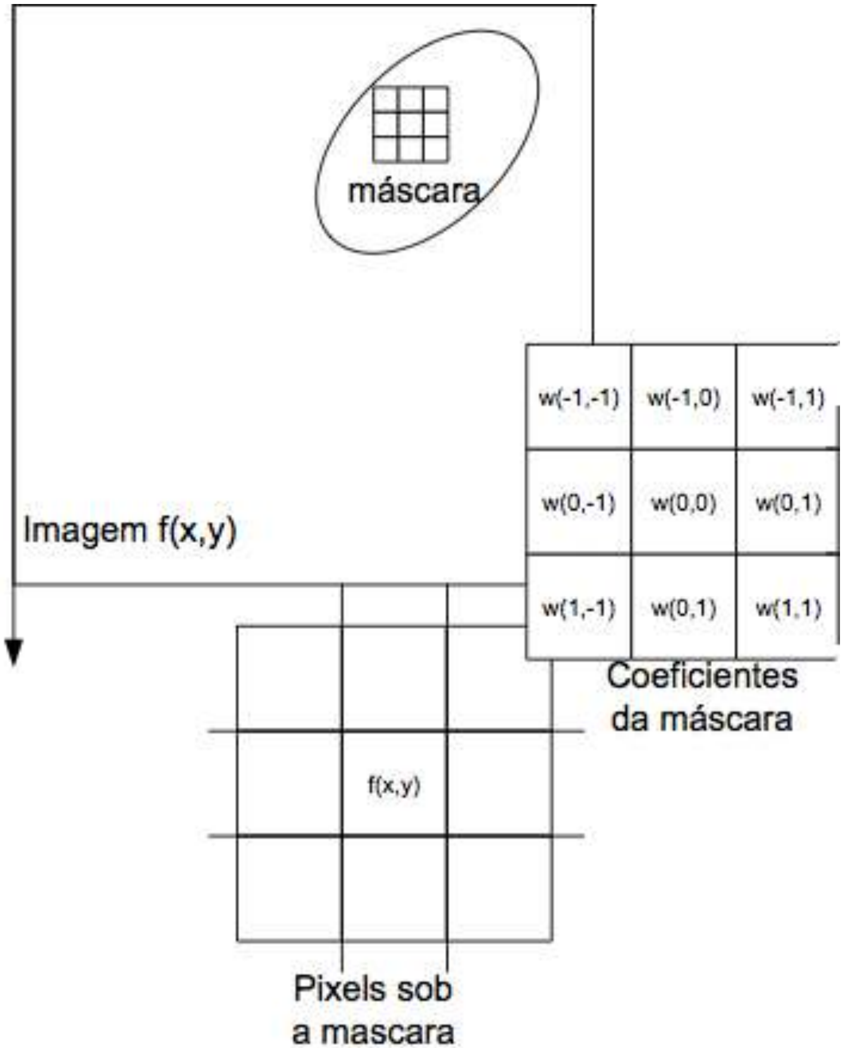
Filtragem no domínio espacial

Detecção de descontinuidades:

- Formas de Detecção
  - Pontos
  - Bordas
  - Linhas
- Metodologia Tradicional:
  - Através da convolução da imagem com filtros passa - alta.

$$g(x,y) = \sum_{s=-a}^{a} \sum_{t=-b}^{b} w(s,t) f(x+s, y+t)$$

  - Onde
    - g(x,y) é imagem filtrada
    - f(x,y) é a imagem original
    - w(s,t) são os coeficientes do filtro passa - alta



Detecção através de máscaras

Filtragem no domínio espacial

Definições:

- Em geral, uma filtragem linear de uma Imagem NxM por um filtro de tamanho nxm é dada pela aplicação da fórmula em cada pixel da imagem:

$$g(x, y) = \sum_{s=-a}^{a} \sum_{t=-b}^{b} w(s, t) f(x + s, y + t)$$

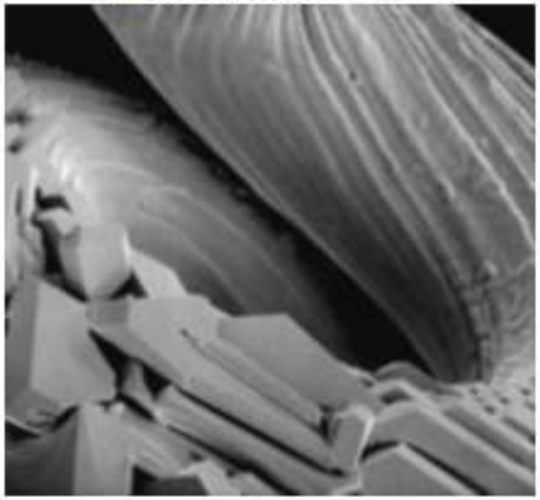
- O processo de aplicar esta fórmula é chamado de convolução.
- É possível aplicar filtros não lineares utilizando os princípios de janelamento, não utilizando a coeficientes e produtos.
- Um exemplo disto é o filtro mediano, que reordena os pixels dentro da janela e retornando como resposta o valor mediano do filtro.

Filtragem no domínio espacial

Tipos de filtro:

- Suavização: Remoção de ruído
  - Passa-baixa
  - Mediano
  - Estatísticos
  - Pseudo-média
  - Wavelets

- Sharpening: Ressaltar objetos
  - Passa-alta
  - High-Boost
  - Operadores de Gradiente
    - Prewit
    - Sobel
    - Roberts



Filtragem no domínio espacial

Filtros de suavização:

- Os filtros de suavização são utilizados com o objetivo:
  - Borramento:
    - Remover detalhes pequenos da imagem
  - Remoção de ruído
- A idéia mais simples de suavização é trocar o valor dos pixels da imagem, pela média dos seus vizinhos.

$$\frac{1}{9} \times \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array} \qquad \frac{1}{16} \times \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline 2 & 4 & 2 \\ \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline \end{array}$$

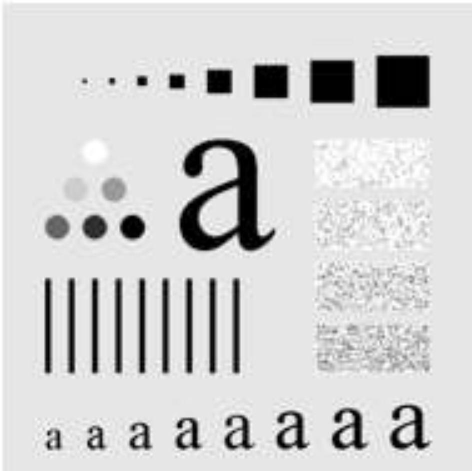
filtro box

média ponderada

ria

Filtragem no domínio espacial

Importância do tamanho da janela:



imagem

3x3

5x5

9x9

15x15

35x35

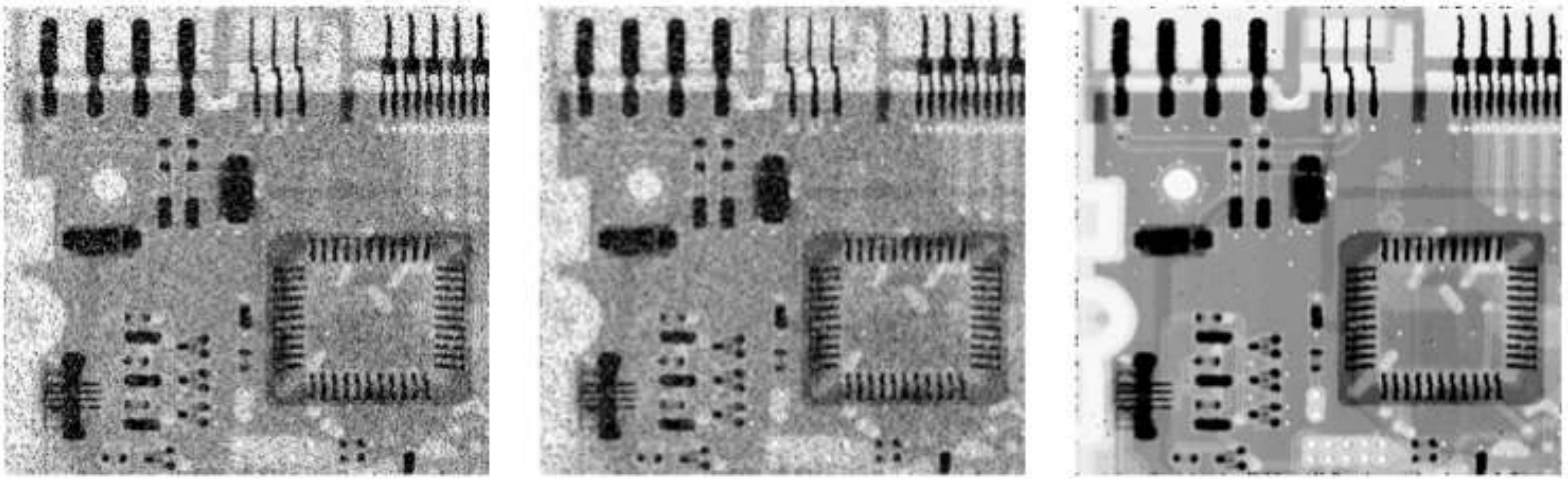
Filtragem no domínio espacial

Filtros estatísticos:

- São filtros não lineares cuja resposta é baseada o ordenamento dos pixels da vizinhança de um ponto. Este filtro troca o valor do pixel pelo valor determinado pelo ordenamento.
- Os mais conhecidos são o filtro de mínimo, máximo e mediana.
- Os filtros de mediana são muito populares por possuir um excelente desempenho para certos tipos de ruídos aleatórios.
- Além de possuir um menor borramento em relação a outros filtros lineares de mesmo tamanho.

Filtragem no domínio espacial

Filtros estatísticos exemplo:



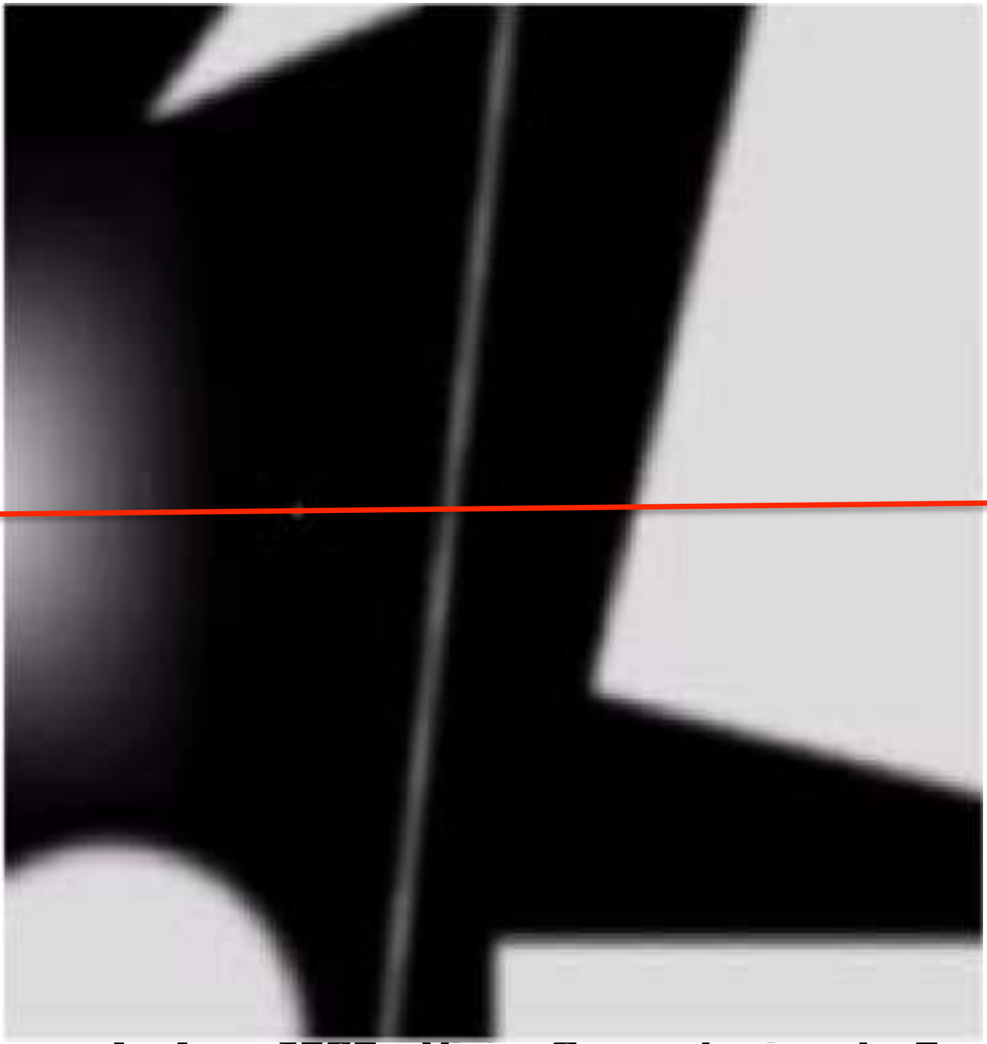
Filtragem no domínio espacial

Filtros estatísticos exemplo:

- São usados para tornar pequenos detalhes da imagem mais pronunciados, ou detectá-los, e para melhorar detalhes que tenham sido borrados
- Implementam diferenciação digital, pois a resposta de um operador derivativo é proporcional ao grau de descontinuidade da imagem no ponto em questão.

Filtragem no domínio espacial

Filtros estatísticos exemplo:

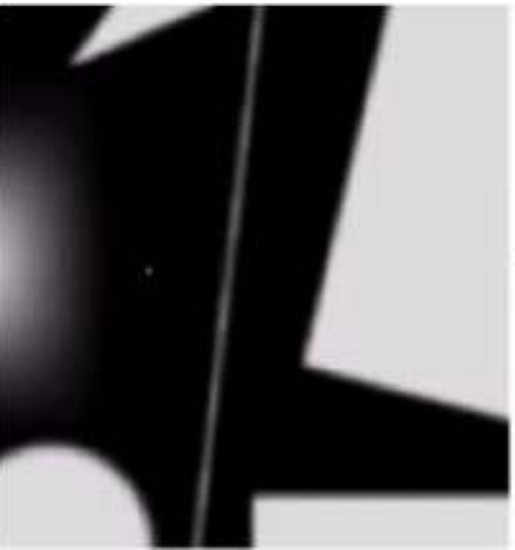


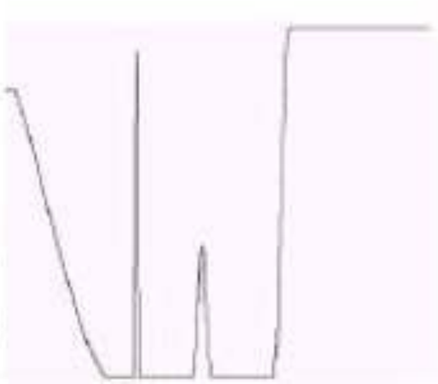
Linha de Análise

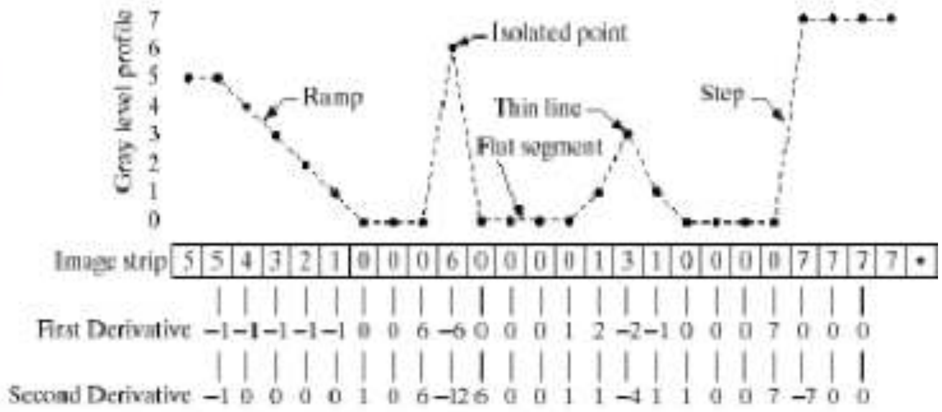
Filtragem no domínio espacial

Filtros estatísticos exemplo:

- São usados para tornar pequenos detalhes da imagem mais pronunciados, ou detectá-los, e para melhorar detalhes que tenham sido borrados
- Implementam diferenciação digital, pois a resposta de um operador derivativo é proporcional ao grau de descontinuidade da imagem no ponto em questão.







Filtragem no domínio espacial

Derivadas digitais:

A média é uma operação que realiza o borramento e é similar a uma integração, desta forma, as derivadas são capazes de ressaltar as informações de borda:

- Primeira Derivada

$$\frac{df}{dx} = f(x+1) - f(x)$$

- Segunda Derivada

$$\frac{d^2f}{dx^2} = f(x+1) + f(x-1) - 2f(x)$$

Filtragem no domínio espacial

Características das derivadas:

- 1a Derivada:
  - 0 para segmentos com níveis de cinza constante
  - Diferentes de zero em início de degraus e rampas
  - Diferente de zero para rampas.
- 2a Derivada :
  - 0 para segmentos com níveis de cinza constante
  - Diferentes de zero em início e finais de degraus e rampas
  - zero para rampas de inclinação constante.

Filtragem no domínio espacial

Características das derivadas:

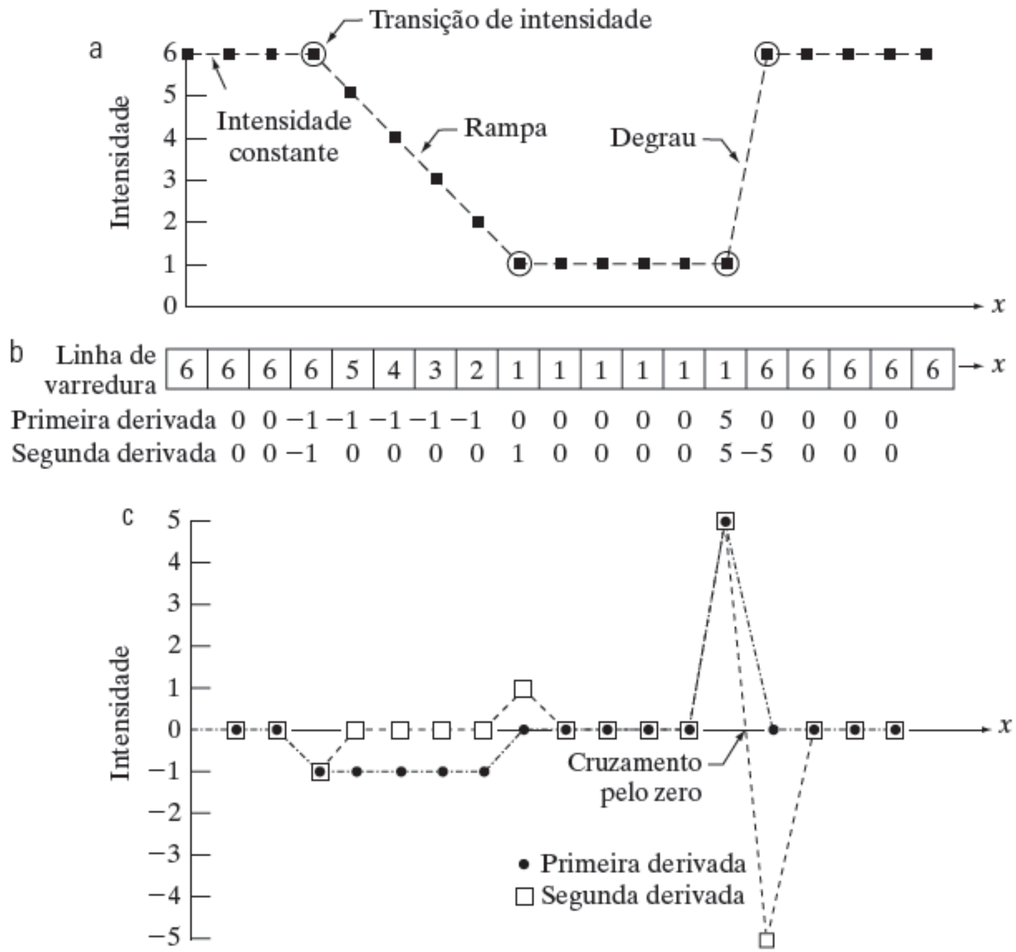


Figura 3.36 Ilustração do primeiro e do segundo derivativo de uma função digital unidimensional representando uma seção de um perfil de intensidade horizontal de uma imagem. Em (a) e (c), os pontos de dados são ligados por linhas tracejadas para facilitar a visualização.

Filtragem no domínio espacial

Características das derivadas:

- 1a Derivada:
  - 0 para segmentos com níveis de cinza constante
  - Diferentes de zero em início de degraus e rampas
  - Diferente de zero para rampas.
- 2a Derivada :
  - 0 para segmentos com níveis de cinza constante
  - Diferentes de zero em início e finais de degraus e rampas
  - zero para rampas de inclinação constante.

Filtragem no domínio espacial

Derivadas de 2a ordem:

- Deseja-se filtros isotrópicos.
- O método mais simples é o laplaciano:

$$\nabla^2 f = \frac{d^2 f}{dx^2} + \frac{d^2 f}{dy^2}$$

- Cujas versões derivadas parciais discretas são dadas por:

$$\frac{d^2 f}{d^2 x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y)$$

$$\frac{d^2 f}{d^2 y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y)$$

- O que resulta em:

$$\nabla^2 f = [f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1)] - 4f(x, y)$$

Filtragem no domínio espacial

Máscara do laplaciano:

0	1	0
1	−4	1
0	1	0

1	1	1
1	−8	1
1	1	1

0	−1	0
−1	4	−1
0	−1	0

−1	−1	−1
−1	8	−1
−1	−1	−1

Realce utilizando laplaciano

- Para realizar o realce utilizando o laplaciano utiliza-se a seguinte expressão:

$$g(x,y) = \begin{cases} f(x,y) - \nabla^2 f(x,y) & \text{se o centro da máscara é negativo} \\ f(x,y) + \nabla^2 f(x,y) & \text{se o centro da máscara é positivo} \end{cases}$$

Realce utilizando laplaciano

- A formula do slide anterior é utilizada para fins didáticos.
- Pode-se realizar o mesmo procedimento manipulando as equações:

$$f - \nabla^2 f = f - \left\{ \begin{bmatrix} f(x+1,y) + f(x-1,y) \\ + f(x,y+1) + f(x,y-1) \end{bmatrix} - 4f(x,y) \right\}$$

$$f - \nabla^2 f = 5f(x,y) - \begin{bmatrix} f(x+1,y) + f(x-1,y) \\ + f(x,y+1) + f(x,y-1) \end{bmatrix}$$

- O que resulta nas seguintes máscaras:

0	−1	0
−1	5	−1
0	−1	0

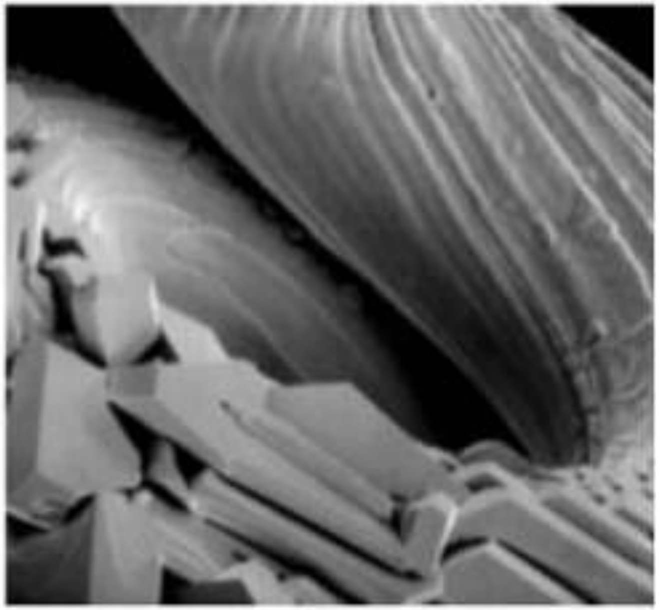
−1	−1	−1
−1	9	−1
−1	−1	−1

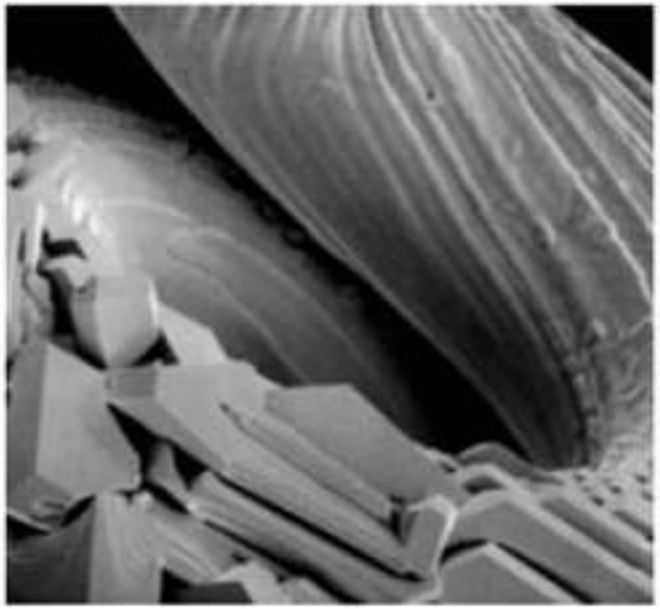
Filtragem no domínio espacial

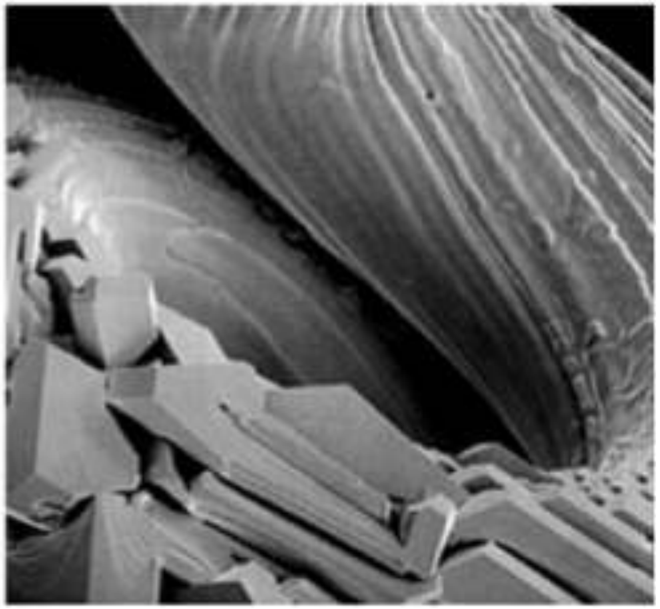
Exemplo:

0	−1	0
−1	5	−1
0	−1	0

−1	−1	−1
−1	9	−1
−1	−1	−1







Filtragem no domínio espacial

Filtro High-Boost:

- Uma imagem, filtrada com um filtro high-boosting é definida por

$$f_{hb}(x,y) = Af(x,y) - \overline{f}(x,y)$$

- Podem ser obtidos usando uma das máscaras abaixo

0	−1	0
−1	$A+4$	−1
0	−1	0

−1	−1	−1
−1	$A+8$	−1
−1	−1	−1

Filtragem no domínio espacial

1a derivada:

- Os operadores mais comuns para realizar a diferenciação em Processamento de Imagens são os Gradientes:

$$\nabla F = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dfrac{\partial f}{\partial x} \\ \dfrac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$

- A magnitude do gradiente é dada por:

$$\nabla f = mag(\nabla f) = [G_x^2 + G_y^2]^{\frac{1}{2}} = \left[\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2\right]^{1/2}$$

Filtragem no domínio espacial

Características do gradiente:

- Os operadores não são isotrópicos
- A magnitude (geralmente chamada de gradiente) é invariante a rotação
- Um valor aproximado da magnitude é dado por:

$$\nabla f \approx |G_x| + |G_y|$$

- Em que Gx e Gy são os gradientes nas direções x e y.
- Há 3 tipos de gradientes
  - Prewit
  - Roberts
  - Sobel

Filtragem no domínio espacial

Características do gradiente:

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

- Roberts

$$G_x = (z_9 - z_5)$$
$$G_y = (z_8 - z_6)$$

- Prewit

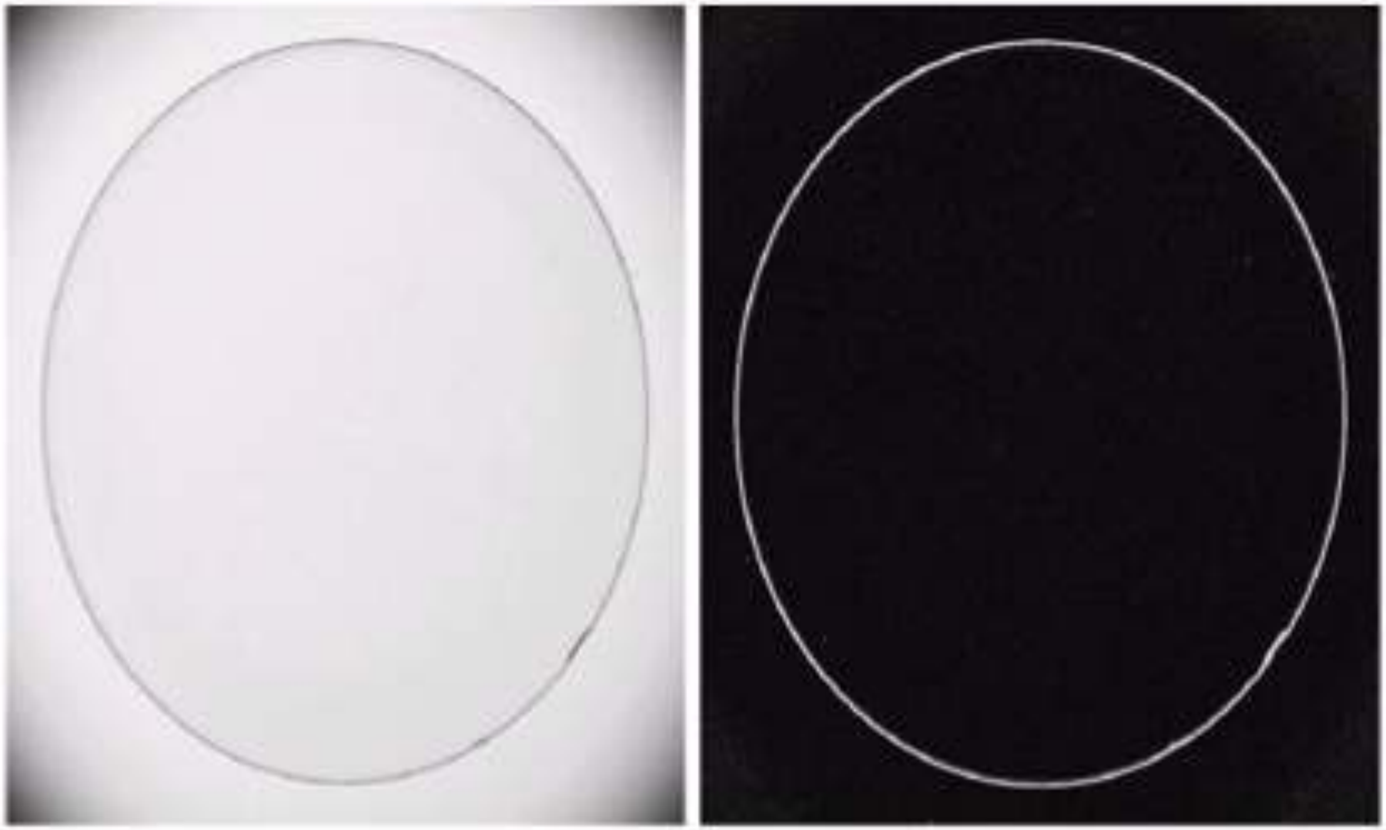
$$G_x = (z_8 + z_9) - (z_5 + z_6)$$
$$G_y = (z_6 + z_9) - (z_5 + z_8)$$

- Sobel

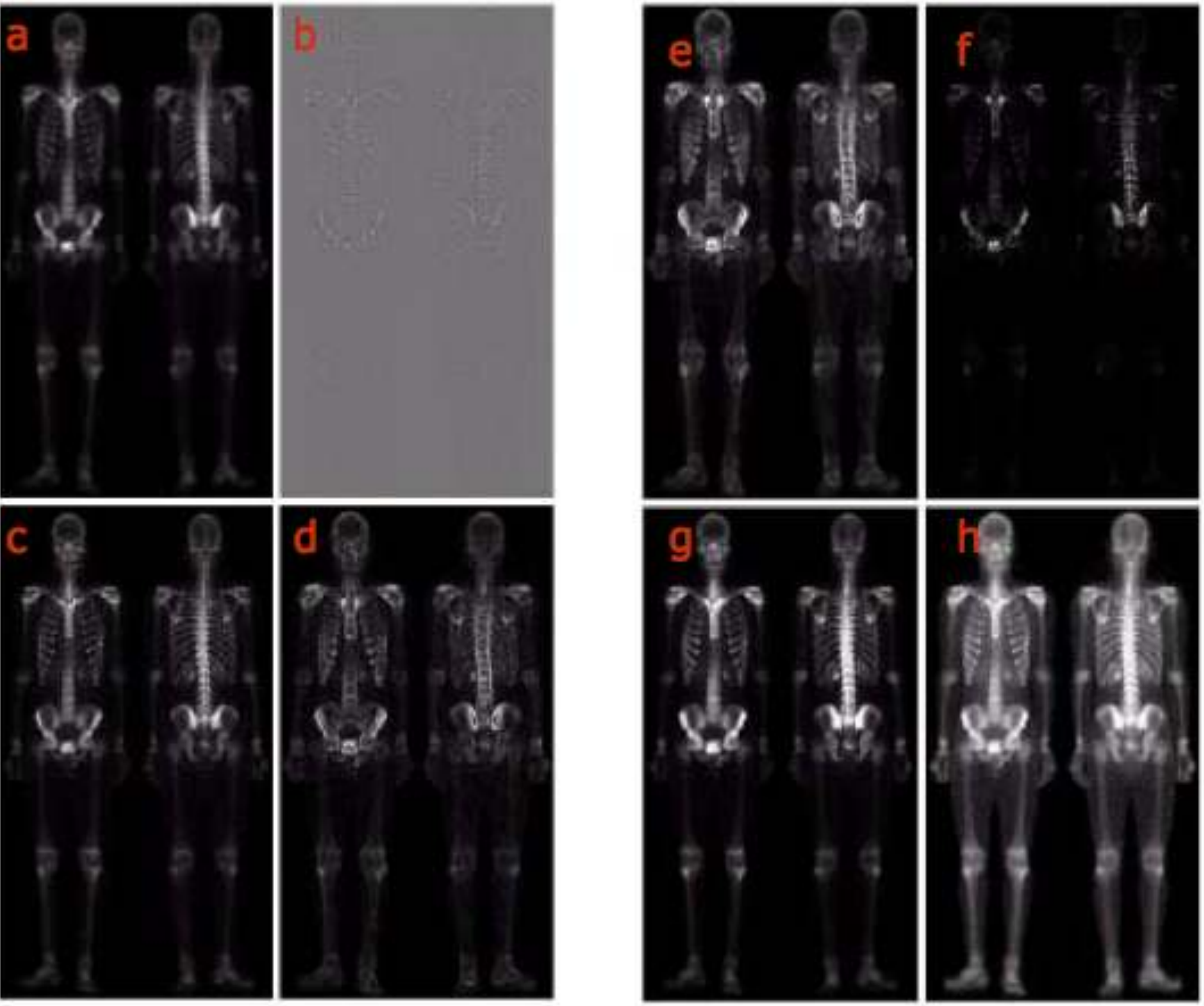
$$G_x = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3)$$
$$G_y = (z_1 + 2z_4 + z_7) - (z_3 + 2z_6 + z_9)$$

Filtragem no domínio espacial

Exemplo do gradiente:



Combinando métodos



a) Imagem Original
b) Laplaciano de a)
c) a)+b)
d) Sobel de a)
e) média 5x5 em d)
f) c)xe)
g) a)+f)
h) Ajuste de gama de g)

Transformada de fourier

Filtragem na frequência

Tranformada de Fourier

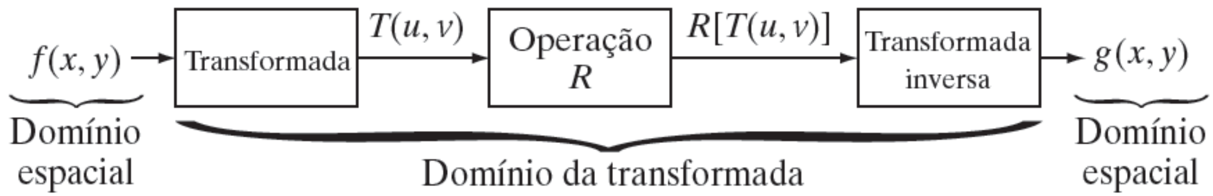


Figura 2.39 Abordagem geral para operar no domínio de uma transformada linear.

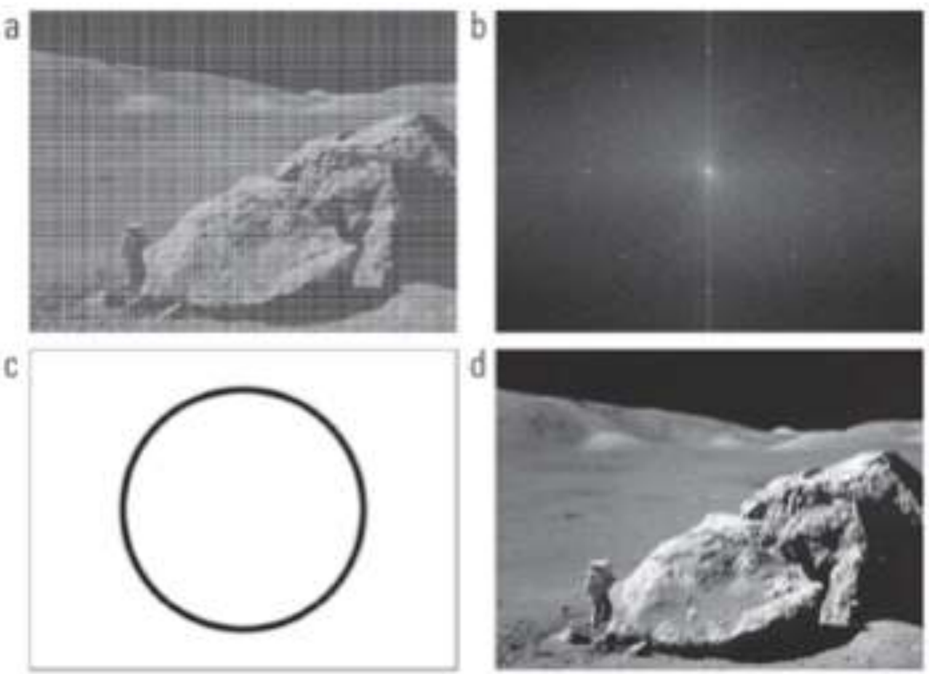
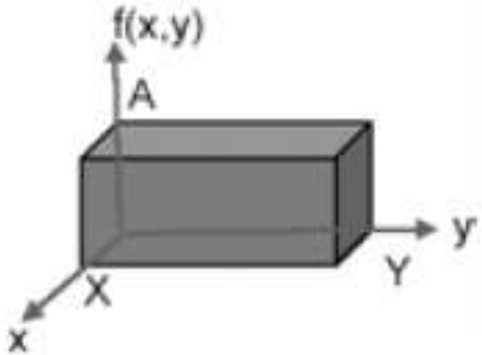


Figura 2.40 (a) Imagem corrompida por uma interferência senoidal. (b) Magnitude da transformada de Fourier mostrando pontos brilhantes de energia responsáveis pela interferência. (c) Máscara utilizada para eliminar os pontos brilhantes de energia. (d) Resultado obtido pelo cálculo da transformada da inversa de Fourier modificada. (Cortesia da Nasa).

Transformada de Fourier

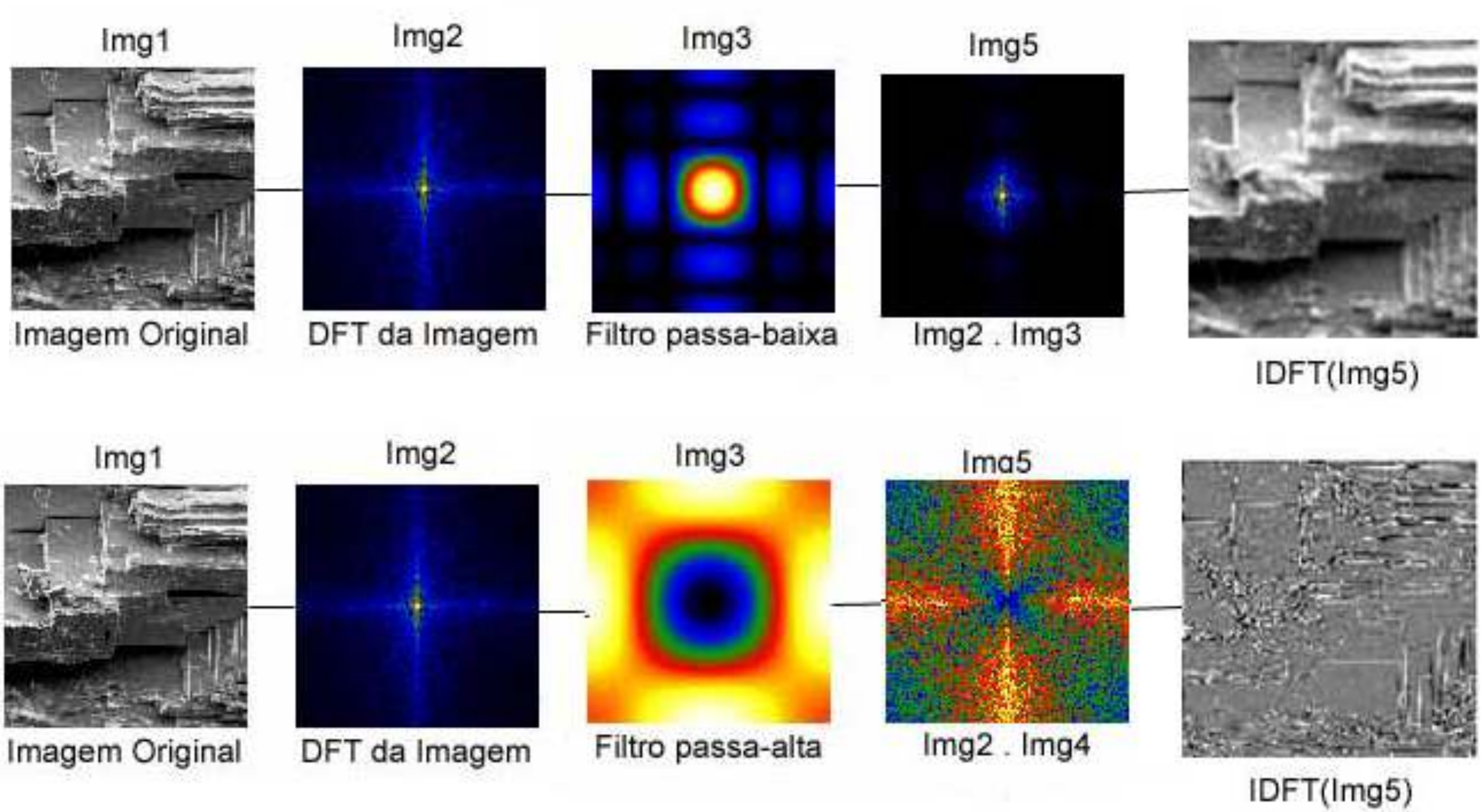


$$F(u,v) = \int_{-\infty}^{\infty}\int f(x,y)\, e^{-j2\pi(ux+vy)}\, dx\, dy$$

$$= A\int_0^X e^{-j2\pi ux}\, dx \int_0^Y e^{-j2\pi vy}\, dy$$

$$= AXY\left[\frac{\sin \pi uX}{\pi uX}\right]\left[\frac{\sin \pi vY}{\pi vY}\right] e^{-j\pi(uX+vY)}$$

Transformada de Fourier



Exemplo

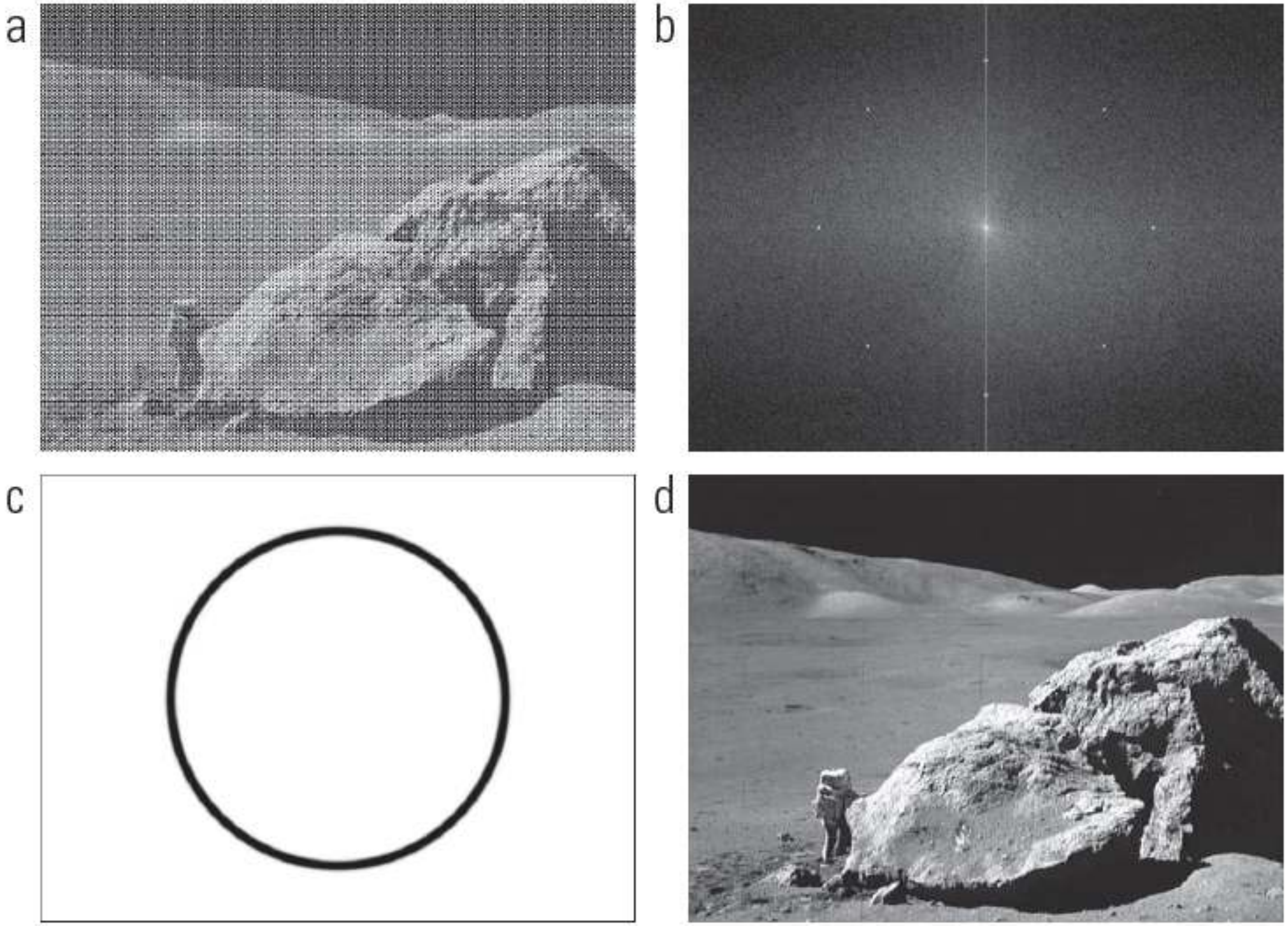


Figura 2.40 (a) Imagem corrompida por uma interferência senoidal. (b) Magnitude da transformada de Fourier mostrando pontos brilhantes de energia responsáveis pela interferência. (c) Máscara utilizada para eliminar os pontos brilhantes de energia. (d) Resultado obtido pelo cálculo da transformada da inversa de Fourier modificada. (Cortesia da Nasa).

Exemplos de implementação

- Utilizando Matlab
  - Link:

    https://www.dropbox.com/s/wviqgwm5hzkt3ov/PDI%20-%20Aula%206%20-%20MatLab%20-%20Material%20Extra.pdf?dl=0

- Utilizando OpenCv com linguagem C
  - Link

    https://www.dropbox.com/sh/9mvedtbejgxcgl5/AADpE56N2W0ONeICjxoiUvG9a?dl=0

Encaminhamentos

- Dúvidas?
- Próximo assunto
  - Tranformada Wavelet