Sistemas de Visão e Percepção Industrial

3-Processamento a Baixo Nível

Parte 1 - Conceitos Base e Técnicas de Suavização

Universidade de Aveiro
Vitor Santos, 2022-2023

Sumário

- Bibliografia sugerida
  - Gonzalez, Chap. 3
  - Burger, Chap. 5,6
  - Davies, Chap. 3,4

Relações básicas entre pixels

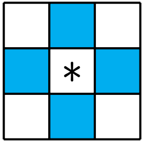
Vizinhanças de pixels

- Para um certo pixel '*' é possível definir vários tipos de vizinhança (conjuntos de pixels que estão em contacto com ele).
- Por vezes, os 8 vizinhos de um pixel têm a seguinte designação:

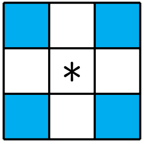
NW	N	NE
W	$*$	E
SW	S	SE

- As vizinhanças mais comuns de um pixel '*' são:

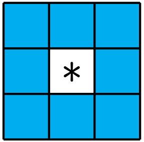
- N_4 (horizontal e vertical)



- N_D (diagonal)



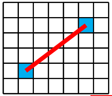
- $N_8 = N_4 \cup N_D$



Medidas de distância entre pixels

- Euclidiana

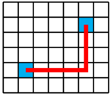
$$D_E(p,q) = \sqrt{(p_x - q_x)^2 + (p_y - q_y)^2}$$



$D_E = \sqrt{(4^2 + 3^2)} = 5$

- D_4 (ou city-block)

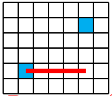
$$D_4(p,q) = |p_x - q_x| + |p_y - q_y|$$



$D_4 = 4 + 3 = 7$

- D_8 (ou chessboard)

$$D_8(p,q) = \max(|p_x - q_x|, |p_y - q_y|)$$



$D_8 = \max(4,3) = 4$

Pré-processamento

Pré-processamento de imagem

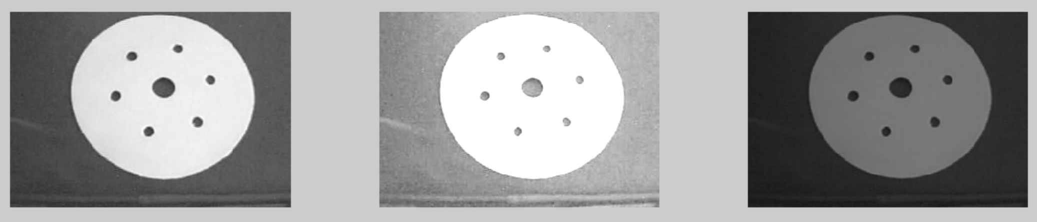
- Abordagens mais usuais
  - Espacial - sobre os pixels da imagem
  - Na frequência - Transformadas de Fourier
- Procedimentos comuns na abordagem espacial
  - Criação de uma nova imagem $g(x, y) = h[f(x, y)]$
    - $h()$: operador de pré-processamento que opera num pixel e/ou na sua vizinhança
  - Uso de máscaras de convolução (ou janelas ou filtros)
    - Matriz de coeficientes apropriados a determinado tipo de tratamento ou deteção de propriedades

Operações em pixels

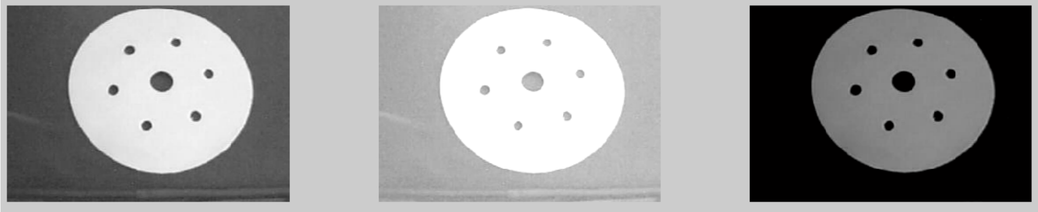
- Operações absolutas – operam em pixels individuais
  - Mudar a intensidade de um pixel
  - $g(x, y) = f(x, y) + a$
    - afeta a luminosidade de forma igual para todos os pixels
  - $g(x, y) = kf(x, y)$
    - afeta a luminosidade em função do valor do pixel – alterando o contraste geral
  - Acautelar a saturação: $g(x, y) \leq valormax$ (100%, 255, ...)
- Operações num pixel com base na vizinhança
  - Filtros de convolução
    - Operação que calcula um novo valor do pixel com base no valor original e nos da sua vizinhança.

Exemplos de operações absolutas

- Fator de escala: 2 e 0.5



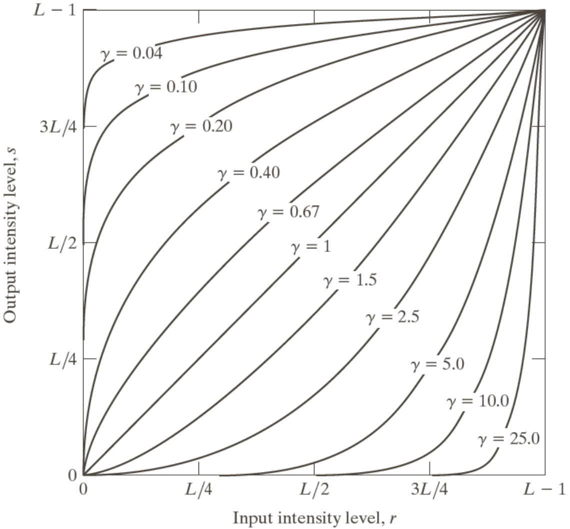
- Adição de constante: +100 e -100 (imagem: 0-255)



vsSimplePoint.m

Transformação de intensidade não linear

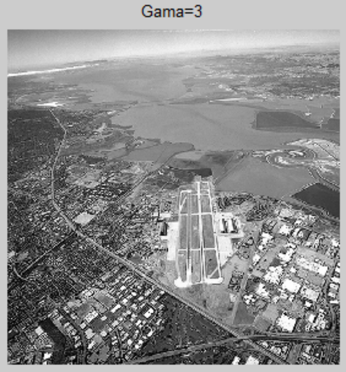
- Correção Gama

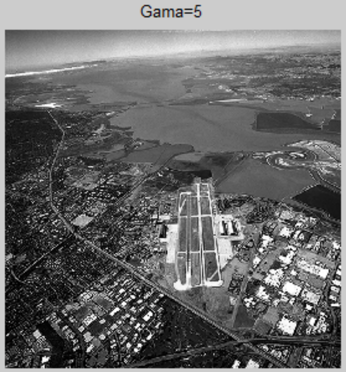


- Alteração do valor de um pixel de forma não linear, e em função do seu valor.
- Equação: $s = C \times r^{\gamma}$
- Para todas as curvas ilustradas tem-se: C=1;

Transformação de intensidade não linear (cont.)

- Correção Gama: $s = r^{\gamma}$





Filtros

Princípio da utilização de um filtro

- O novo pixel é função do pixel original e do filtro:

$$g(x, y) = \sum_{i=1}^{N} w_i \times p_i$$

  - onde p_i pertence à vizinhança do ponto em causa
  - Note-se que $g(x, y)$ pode ser o valor direto do novo pixel, ou ser usado de forma indireta e assim permitir calcular o seu novo valor.

- Os coeficientes de um filtro de 3x3:

$$\begin{bmatrix} w_1 & w_2 & w_3 \\ w_4 & w_5 & w_6 \\ w_7 & w_8 & w_9 \end{bmatrix}$$

Formalização da operação com um filtro

- Para todos os efeitos, um filtro é uma matriz bidimensional
- A aplicação do filtro F sobre a imagem A resulta na imagem B:
  - $B = A \star F$, onde o operador $\star$ se designa "correlação cruzada".
  - Se o filtro F for simétrico, esta operação é equivalente à "convolução"
  - Representa-se por: $B = A * F$
    - Como, em imagem, os filtros costumam ser simétricos, usa-se normalmente o termo filtro "convolução" e não de "correlação".
- Em Matlab o código correspondente à correlação/convolução é:
  - `B=filter2(F, A)`

Filtros de "convolução"

- $B = A * F$ [em matlab B=filter2(F, A)]
- Define-se matematicamente do seguinte modo:

$$B(u,v) = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} \sum_{j=-\infty}^{+\infty} A(u-i, v-j) \cdot F(i,j)$$

$$B(u,v) = \sum_{(i,j)\in R_F} A(u-i, v-j) \cdot F(i,j) = \sum_{(i,j)\in R_F} A(u+i, v+j) \cdot F(-i,-j)$$

$$B(u,v) = \sum_{(i,j)\in R_F} A(u+i, v+j) \cdot F^*(i,j)$$

$$F^*(i,j) = F(-i,-j)$$

Que representa a reflexão horizontal e vertical de F, ou seja, uma rotação de 180° da matriz F. Se F for simétrica, então virá $F^* = F$

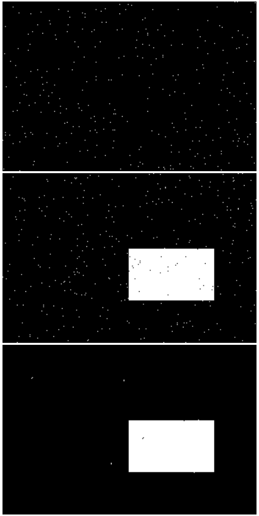
Exemplo de Filtro – para pontos isolados

- Numa imagem **binária** (pixels com valores 0 ou 1), o seguinte filtro pode ser usado para detetar se um pixel é um ponto isolado no meio de outros.

$$F_{PI} = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

- Se g(x,y) = 8 ou -8 o ponto (x,y) é isolado!
  - Note-se que os valores de –7, –6, –5, ..., 6, 7 correspondem a todas as outras possibilidades que não são pontos isolados.

Ilustração do filtro de pontos isolados

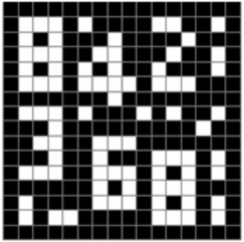


- Imagem com pontos isolados e outros.
- Pontos isolados na imagem detetados com o filtro.
- Imagem sem pontos isolados.
- Obtida a partir das duas anteriores.

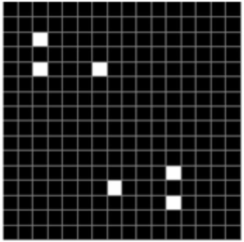
vsFiltIsol.m

Exercício de aplicação de um filtro (exame 2010)

- Indicar um filtro F de 3×3 que possa ser usado para obter a imagem B a partir da imagem A



A



B

- Sugestão: os pixels brancos de B resultam de todos os pixels da A que têm pixels brancos na vizinhança N4
- O resultado da operação de A*F não dá B, mas B pode-se obter a partir daquele resultado.
- O problema tem múltiplas soluções!

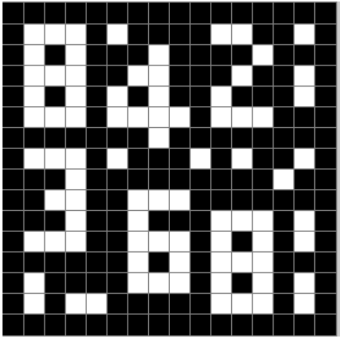
vsGetCenterHoles.m

Exercício de aplicação (cont.)

- Optando pelo filtro

$$F = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

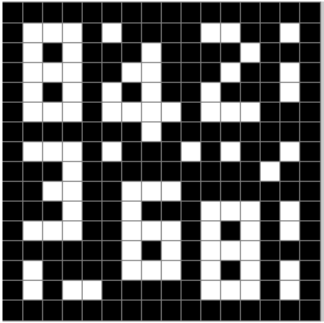
- Viria o seguinte resultado:



0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
1	-2	-2	-2	2	-4	1	1	0	1	-3	-3	2	1	-4	1
1	-2	4	-2	1	1	2	-3	1	0	1	3	-4	1	2	0
1	-1	-2	-1	1	2	-3	-1	1	0	2	-4	2	1	-3	1
1	-2	4	-2	2	-3	4	-2	2	1	-3	3	1	1	-3	1
1	-2	-2	-2	2	-2	-2	0	-3	2	-2	-2	-3	1	1	0
0	2	2	2	0	2	2	-3	2	1	1	2	1	0	1	0
1	-3	-2	-2	2	-4	1	1	1	-4	2	-4	1	2	-4	1
0	1	3	-2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	-4	2	0
0	1	-3	-1	1	1	-2	-2	-3	1	1	1	1	1	1	0
0	1	3	-2	1	1	-2	3	2	1	-2	-2	-2	2	-3	1
1	-3	-2	-2	1	1	-1	-2	-2	2	-2	4	-2	2	-3	1
0	2	1	1	0	1	-2	4	-2	2	-1	-2	-1	1	2	0
1	-3	1	1	1	1	-2	-2	-2	2	-2	4	-2	2	-3	1
1	-3	2	-3	-3	1	1	1	1	1	-2	-2	-2	2	-3	1
0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0

Exercício de aplicação (concl.)

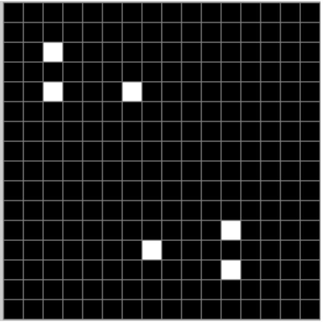
- Os pontos solução são aqueles onde o processo deu o valor 4.



`A`

0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
1	-2	-2	-2	2	-4	1	1	0	1	-3	-3	2	1	-4	1
1	-2	4	-2	1	1	2	-3	1	0	1	3	-4	1	2	0
1	-1	-2	-1	1	2	-3	-1	1	0	2	-4	2	1	-3	1
1	-2	4	-2	2	-3	4	-2	2	1	-3	3	1	1	-3	1
1	-2	-2	-2	2	-2	-2	0	-3	2	-2	-2	-3	1	1	0
0	2	2	2	0	2	2	-3	2	1	1	2	1	0	1	0
1	-3	-2	-2	2	-4	1	1	1	-4	2	-4	1	2	-4	1
0	1	3	-2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	-4	2	0
0	1	-3	-1	1	1	-2	-2	-3	1	1	1	1	1	1	0
0	1	3	-2	1	1	-2	3	2	1	-2	-2	-2	2	-3	1
1	-3	-2	-2	1	1	-1	-2	-2	2	-2	4	-2	2	-3	1
0	2	1	1	0	1	-2	4	-2	2	-1	-2	-1	1	2	0
1	-3	1	1	1	1	-2	-2	-2	2	-2	4	-2	2	-3	1
1	-3	2	-3	-3	1	1	1	1	1	-2	-2	-2	2	-3	1
0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0

`A2=filter2(F,A);`



`B=(A2==4);`

Suavização (Smoothing)

Técnicas de Suavização

- As técnicas de suavização dizem em geral respeito à redução de ruído.
- Média de imagens (série de N imagens da mesma cena)

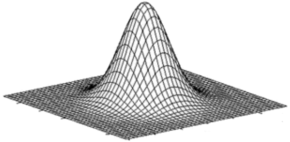
$$g(x,y) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} f_i(x,y)$$

- Filtro de média
  - Um filtro de 3x3 com todos os pesos de valor 1/9.

$$\begin{bmatrix} 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \end{bmatrix}$$

- Filtro 3x3 que aproxima uma Gaussiana

$$\frac{1}{16}\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$



Aplicação de filtros de média e gaussiana

vsGaussian.m

Código da operação dos filtros

```
B=imread('BadBoneScan.png');
B=im2double(B);
subplot(1,3,1)
imshow(B); title('Original');
f=ones(3,3)/9;
g=1/16*[1 2 1
        2 4 2
        1 2 1];
C=filter2(f,B);
D=filter2(g,B);
subplot(1,3,2), imshow(C); title('Filtro Media');
subplot(1,3,3), imshow(D); title('Filtro Gaussiana');
```

"Filtro" de Mediana

- Substitui cada pixel pela mediana da distribuição dos níveis de todos os pixels da sua vizinhança (incluindo o próprio). Filtros de 3x3 ou 5x5 são comuns.
- Vantagens em relação à média...? Não cria novos valores!
- Exemplo sobre um pixel com os seus 8 vizinhos ("filtro" de 3x3):

12	10	15
11	12	9
10	11	15

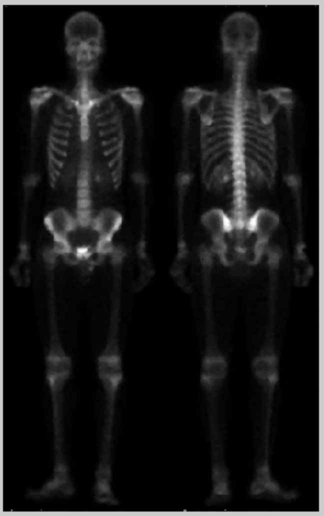
9, 10, 10, 11, $\boxed{11}$, 12, 12, 15, 15

12	10	15
11	11	9
10	11	15

- N.B. Embora se use a expressão "Filtro" quando se refere a operação de mediana, não se trata de um verdadeiro filtro de convolução como os anteriores — a operação pertence à categoria dos filtros ditos não lineares.

Exemplo de aplicação do "filtro" de Mediana

- Imagem "BadBoneScan.png" que tem muito ruido! Efeito da mediana.



vsMedian.m