# Základy počítačovej grafiky a spracovanie obrazu

Ing. Viktor Kocur
viktor.kocur@fmph.uniba.sk

DAI FMFI UK

27.11.2017

# Obsah

# Rekapitulácia z minula

## Matlab - základy

- Operácie - maticové vs. po zložkách
- Indexácia - jedným indexom, n-ticou indexov, logickou maticou
- Funkcie - konštrukcia funkcií pomocou m-file
- Control flow - if, switch, for, while

# Rekapitulácia z minula

## Matlab - základy

- Operácie - maticové vs. po zložkách
- Indexácia - jedným indexom, n-ticou indexov, logickou maticou
- Funkcie - konštrukcia funkcií pomocou m-file
- Control flow - if, switch, for, while

## Základy práce s obrázkami

- imread
- imshow vs. image a imagesc
- RGB vs. grayscale
- Datové typy!

# Obrázky na prácu

## Obrázky a skripty

Stiahnite si zip z `http://sccg.sk/~kocur/`.

# Úloha

## Scale

Vytvorte funkciu myimresize(I,s), ktorá vráti obrázok zväčšený pomerom s pomocou metódy nearest point interpolation. Ak spravíte algoritmus s for cyklom, tak sa pokúste z neho spraviť iba s vektorovými operáciami.

# Úloha

## Scale

Vytvorte funkciu myimresize(I,s), ktorá vráti obrázok zväčšený pomerom s pomocou metódy nearest point interpolation. Ak spravíte algoritmus s for cyklom, tak sa pokúste z neho spraviť iba s vektorovými operáciami.

## Riešenie - bez forcyklu

```
function I = myimresize(I, s)
    oldrows = size(I,1);
    oldcols = size(I,2);
    r = round(linspace(1,oldrows,round(s*oldrows)));
    c = round(linspace(1,oldcols,round(s*oldcols)));
    I = I(r,c);
end
```

# Príklad - myimresize2.m

## Bilineárna interpolácia

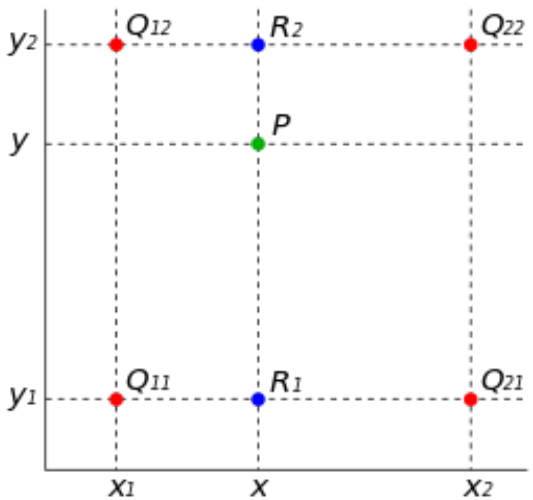
$$f(x,y) = a_{00} + a_{10}(x - x_1) + a_{01}(y - y_1) + a_{11}(x - x_1)(y - y_1)$$

$$a_{00} = f(x_1, y_1)$$

$$a_{10} = f(x_2, y_1) - f(x_1, y_1)$$

$$a_{01} = f(x_1, y_2) - f(x_1, y_1)$$

$$a_{11} = f(x_2, y_2) + f(x_1, y_1) - (f(x_2, y_1) + f(x_1, y_2))$$



# Histogram obrázku

**Pozn.:**

Od teraz budeme pracovať s šedotónovými obrázkami (.pgm)

## Nakreslenie histogramu

```
I = imread('zatisie.pgm');
imshow(I);
figure;
histogram(I);
J = imread('krajinka.pgm');
figure;
imshow(J);
figure;
histogram(J);
figure;
histogram(J,'BinLimits',[0 255]);
```

# Histogram obrázku - úloha

**Úloha**

Na histograme obrázku zátišia sú tri peaky. Upravte obrázok, tak aby pixely približne patriace len jednému z peakov boli úplne biele.

## Ekvalizácia pomocou histeq

```
J = imread('krajinka.pgm');
JEQ = histeq(J,256);
subplot(2,2,1);
imshow(J);
subplot(2,2,2);
imshow(JEQ);
subplot(2,2,3);
histogram(J,'BinLimits',[0 255]);
subplot(2,2,4);
histogram(JEQ,'BinLimits',[0 255]);
```

# Popis

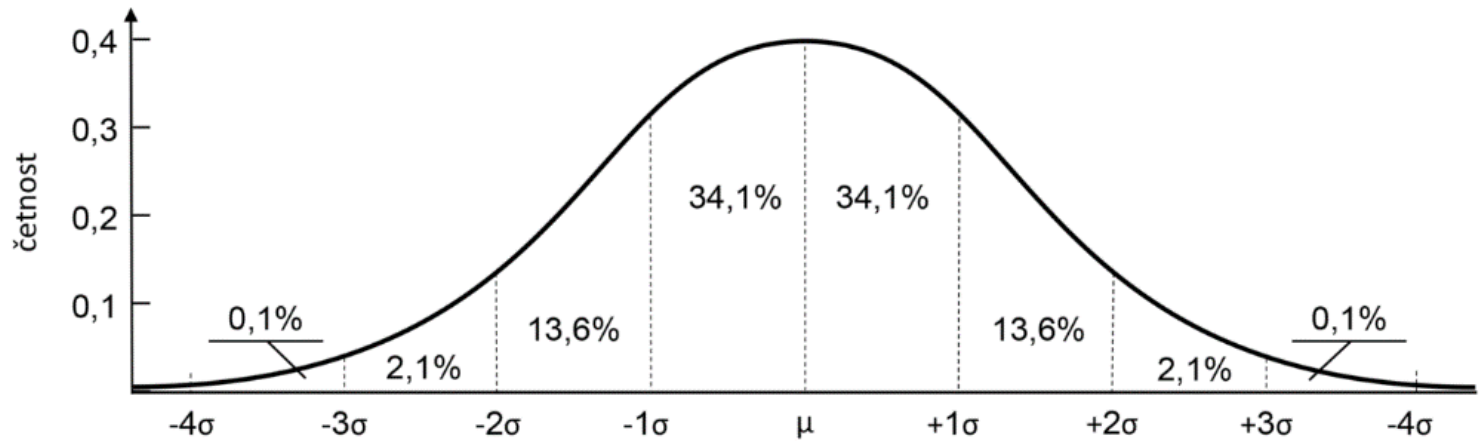
## Aditivita

$$I = I_{real} + S$$

## Gaussovský charakter šumu

$$P(S_{i,j} = x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

$\sigma$ - stredná odchylka, $\mu$ - stredná hodnota



## Generovanie gausovského šumu v matlabe

randn(size(I)) - funkcia generuje maticu náhodných čísel s gaussovskou distribúciou $\mu = 0$ a $\sigma = 1$ s rovnakou veľkosťou ako matica I.

## Generovanie gausovského šumu v matlabe

randn(size(I)) - funkcia generuje maticu náhodných čísel s gaussovskou distribúciou $\mu = 0$ a $\sigma = 1$ s rovnakou veľkosťou ako matica I.

## Úloha

Vytvorte funkciu zasum(I,s), vráti obrázok I zašumený gaussovským šumom s $\sigma = s$. Zašumte si ľubovolný obrázok s rôznymi strednými odchylkami.

## Hint

Najprv treba obrázok pretypovať na double pomocou im2double a potom zašumený naspäť pomocou im2uint8!

## Generovanie gausovského šumu v matlabe

randn(size(I)) - funkcia generuje maticu náhodných čísel s gaussovskou distribúciou $\mu = 0$ a $\sigma = 1$ s rovnakou veľkosťou ako matica I.

## Úloha

Vytvorte funkciu zasum(I,s), vráti obrázok I zašumený gaussovským šumom s $\sigma = s$. Zašumte si ľubovolný obrázok s rôznymi strednými odchylkami.

## Hint

Najprv treba obrázok pretypovať na double pomocou im2double a potom zašumený naspäť pomocou im2uint8!

## Riešenie

```
function O = zasum(I,s)
    O = im2uint8(im2double(I) + s/256*randn(size(I)));
end
```

# Impulzný šum

## Impulzný šum - korenie a soľ

Impulzný šum zmení s určitou pravdepodobnosťou jeden pixel na úplne čierny (korenie), alebo úplne biely (soľ).

## Generovanie impulzného šumu v matlabe

Použijeme funkciu rand(size(I)), ktorá vytvorí maticu, ktorej prvky sú náhodné s rovnomernou distribúciu na intervale $< 0, 1 >$.

# Impulzný šum - úloha

## Impulzný šum - korenie a soľ

Vytvorte funkciu okoren(I,p1,p2), ktorá vráti obrázok I zašumený impluzným šumom s pravdepodobnosťou p1 pre soľ a p2 pre korenie. Otestujte si na nejakom obrázku rôzne pravdepodobnosti zašumenia.

# Impulzný šum - úloha

## Impulzný šum - korenie a soľ

Vytvorte funkciu okoren(I,p1,p2), ktorá vráti obrázok I zašumený impluzným šumom s pravdepodobnosťou p1 pre soľ a p2 pre korenie. Otestujte si na nejakom obrázku rôzne pravdepodobnosti zašumenia.

## Riešenie

```
function I = okoren(I,p1,p2)
    R = rand(size(I));
    I(R < p1) = 0;
    I(R > 1-p2) = 255;
end
```

# Princíp

## Prečo chceme vyhladzovať?

Pri pozorovaní jemne zašumeného obrázku okom je stále jednoduché pozorovať obrázok a porozmieť jeho obsahu. V počítačovom videní však často aj slabý šum môže narušiť funkčnosť niektorých algoritmov počítačového videnia. Preto je veľmi často vhodné zmierniť mieru šumu. To sa dá dosiahnuť rôznými vyhladzovacími metódami.

# Princíp

## Prečo chceme vyhladzovať?

Pri pozorovaní jemne zašumeného obrázku okom je stále jednoduché pozorovať obrázok a porozmieť jeho obsahu. V počítačovom videní však často aj slabý šum môže narušiť funkčnosť niektorých algoritmov počítačového videnia. Preto je veľmi často vhodné zmierniť mieru šumu. To sa dá dosiahnuť rôznými vyhladzovacími metódami.

## Princíp

Obrázok vyhladzujeme tak, že pre každý pixel sa pozeráme na jeho okolie a z neho usúdime novú hodnotu daného pixelu.

# Konvolúcia a korelácia

## 2D Konvolúcia

$$J = I * M \iff J(r,c) = \sum_{u=-h}^{h} \sum_{v=-h}^{h} I(r-c, c-v) M(u,v)$$

# Konvolúcia a korelácia

## 2D Konvolúcia

$$J = I * M \iff J(r,c) = \sum_{u=-h}^{h} \sum_{v=-h}^{h} I(r-c, c-v) M(u,v)$$

## 2D Korelácia

$$J = I \circ M \iff J(r,c) = \sum_{u=-h}^{h} \sum_{v=-h}^{h} I(r+c, c+v) M(u,v)$$

# Konvolúcia a korelácia

## 2D Konvolúcia

$$J = I * M \iff J(r,c) = \sum_{u=-h}^{h} \sum_{v=-h}^{h} I(r-c, c-v) M(u,v)$$

## 2D Korelácia

$$J = I \circ M \iff J(r,c) = \sum_{u=-h}^{h} \sum_{v=-h}^{h} I(r+c, c+v) M(u,v)$$

## Konvolúcia vs. Korelácia

Pre symetrické masky je konvolúcia totožná s koreláciou. Obecne má však konvolúcia lepšie niektoré vlastnosti. Preto používame hlavne termín konvolúcia.

# Konvolúcia a korelácia

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 5 | 6 | 3 | 6 | 7 | 3 |
| 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 5 | 1 | 8 | 4 |
| 8 | 7 | 6 | 5 | 7 | 6 | 3 | 3 | 4 |
| 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 | 2 | 7 | 3 |
| 4 | 5 | 3 | 2 | 1 | 6 | 8 | 7 | 2 |
| 1 | 4 | 5 | 3 | 2 | 6 | 7 | 8 | 1 |
| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 2 | 1 |

Input image

$* \frac{1}{9}$

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

Mask

Convolution operation

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 1 | 1 1 | 1 2 | 5 | 6 | 3 | 6 | 7 | 3 |
| 1 2 | 1 3 | 1 4 | 6 | 7 | 5 | 1 | 8 | 4 |
| 1 8 | 1 7 | 1 6 | 5 | 7 | 6 | 3 | 3 | 4 |
| 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 | 2 | 7 | 3 |
| 4 | 5 | 3 | 2 | 1 | 6 | 1 8 | 1 7 | 1 2 |
| 1 | 4 | 5 | 3 | 2 | 6 | 1 7 | 1 8 | 1 1 |
| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 1 9 | 1 2 | 1 1 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| 3 | 4 | 5 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| 3 | 5 | 5 | 6 | 7 | 6 | 5 | 4 | 4 |
| 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 5 | 3 |
| 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 5 | 3 |
| 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 5 | 3 |
| 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 |

Output Image

# Konvolučné filtre v matlabe

## Funkcie

- conv2(A,B) - vráti 2D konvolúciu matíc A a B
- imfilter(A,h) - vráti obrázok A filtrovaný filtrom (maticiou) h !!! Lepšie optimalizovaný je imfilter

## Čo sa deje na okrajoch?

Keď sme na okrajoch obrázka, tak filter "siaha" mimo obrázka. Preto je potreboné definovať aké hodnoty máme doplniť. Použiejeme imfilter(A,h,'option'), kde options sú:

- X - pixely mimo obrázka akoby majú hodnotu X - defualtne 0
- 'symmetric' - za krajom sú pixely zrkadlovo obrátené z obrázka
- 'replicate' - opakujeme pixely z okraja
- 'circular' - filter presiahne na opačnú stranu obrázka

# Masky

## fspecial

- fspecial('average',hsize)
- fspecial('gaussian',hsize,sigma)
- fspecial('laplacian',alpha)

## Úloha

Vytvorte si priemerovacie gaussovské filtre s rôznymi paramerami a aplikujte ich na obrázok, ktorý ste zašumeli aditívnym gaussovským šumom tiež s rôznými parametrami. Otestujte tieto filtre aj na obrázky s impulzným šumom.

# Odstraňovanie impulzného šumu

## fspecial

V poslednej úlohe sme si všimli, že konvolučná filtrácia nám nepomohla odstŕaniť impulzný šum. Preto potrebujeme iný nástroj.

## Mediánová filtrácia

Mediánová filtrácia zoberie okolie pixelu a vypočíta medián hodnôť, ktoré sa v ňom nachádzajú. Tento medián potom bude hodnota pixelu vo vyfiltrovanom obrázku.

# Mediánová filtrácia

## Mediánová filtrácia v matlabe

- medfilt2(A) - vráti obrázok po mediánovej filtrácií v okne 3x3
- nlfilter(A,[m n],fun) - obecnejší filter, aplikuje vždy fun na okno m×n

## Úloha

Zašumte obrázok impulzným šumom s rôznymi pravdepodobnosťami a následne ho vyfiltrujte mediánovým filtrom. Skúste filtrovať aj obrázky zašumené aditívnym šumom.