



KATEDRA  
INFORMATIKY  
UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

# Úpravy obrazu

## Vybrané partie z IT

Mgr. Markéta Trnečková, Ph.D.

# Obraz

- Aritmetické operace
- Logické operace
- množinové operace

# Aritmetické operace

- **Obrazy:**  $f, g$  (velikost  $M \times N$ )
- **Aritmetické operace** (prvek po prvku):
  - sčítání
  - odčítání
  - násobení
  - dělení

# Aritmetické operace

## Součet obrazů

- $h(x, y) = f(x, y) + g(x, y)$
- $\forall x \in \{0, \dots, M\}, \forall y \in \{0, \dots, N\}$
- **Aplikace**
  - Morfing
  - Minimalizace šumu (průměrováním)



Obraz 1.



Obraz 2.



Morfing.

# Aritmetické operace

## Součet obrazů

- $h(x, y) = f(x, y) + g(x, y)$
- $\forall x \in \{0, \dots, M\}, \forall y \in \{0, \dots, N\}$
- **Aplikace**
  - Morfing
  - Minimalizace šumu (průměrováním)



Jeden z obrazů obsahující šum.



Zprůměrovaný obraz.

# Aritmetické operace

## Rozdíl obrazů

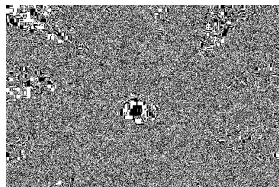
- $h(x, y) = f(x, y) - g(x, y)$
- $\forall x \in \{0, \dots, M\}, \forall y \in \{0, \dots, N\}$
- **Aplikace**
  - Zvýraznění rozdílů



Původní obraz.



Upravený obraz.



Rozdíl.

# Aritmetické operace

## Součin obrazů

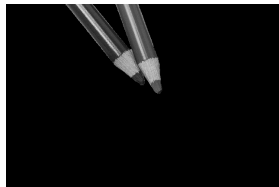
- $h(x, y) = f(x, y) \cdot g(x, y)$
- $\forall x \in \{0, \dots, M\}, \forall y \in \{0, \dots, N\}$
- **Aplikace**
  - Maskování
  - Stínování



Původní obraz.



ROI.



Součin ROI a obrazu.

# Aritmetické operace

## Součin obrazů

- $h(x, y) = f(x, y) \cdot g(x, y)$
- $\forall x \in \{0, \dots, M\}, \forall y \in \{0, \dots, N\}$
- **Aplikace**
  - Maskování
  - Stínování



Původní obraz.



Obraz stínu.



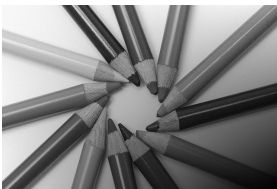
Součin stínu a obrazu.



# Aritmetické operace

## Podíl obrazů

- $h(x, y) = f(x, y) / g(x, y)$
- $\forall x \in \{0, \dots, M\}, \forall y \in \{0, \dots, N\}$
- **Aplikace**
  - Odstranění stínu



Obraz obsahující stín.



Obraz stínu.



Obraz bez stínu.

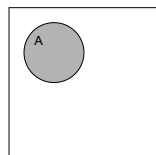
# Množinové operace

## ■ Základní pojmy

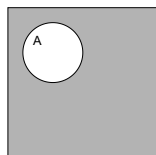
- univerzum  $\Omega$
- prvek množiny  $a \in A$
- prázdná množina  $\emptyset$
- Vennův diagram
- podmnožina  $B \subseteq A$
- komplement  $A^C$
- průnik množin  $A \cap B$
- sjednocení množin  $A \cup B$
- rozdíl  $A - B$



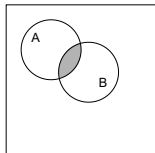
$\Omega$



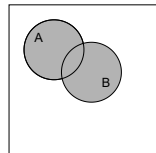
$A$



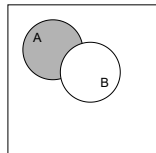
$A^C$



$A \cap B$



$A \cup B$



$A - B$

# Množinové operace

## ■ Množina:

- objekty v obraze
- pixely splňující nějakou vlastnost



Originální obraz.



Množina *A*.



Množina *B*.

# Logické operace

- pravda (true, nebo 1) a nepravda (false, 0)
- binární obrázky
- **negace** (NOT), **logický součin** (AND), **logický součet** (OR) a **exkluzivní součet** (XOR)

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>not a</i>	<i>a and b</i>	<i>a or b</i>	<i>a xor b</i>
0	0	1	0	0	0
0	1	1	0	1	1
1	0	0	0	1	1
1	1	0	1	1	0

# Úpravy obrazu

## ■ Geometrické transformace



## ■ Jasové transformace



## ■ Operace s okolím



# Geometrické transformace

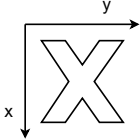
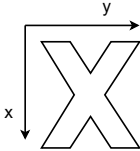
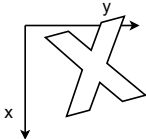
- transformace souřadnic:  $(x, y) = T(v, w)$
- **afinní transformace**

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

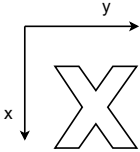
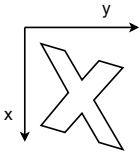
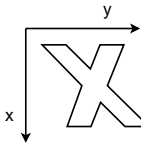
- výpočet nových souřadnic

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ w \\ 1 \end{bmatrix}$$

# Geometrické transformace

Název	Afinní matice	Rovnice	Ukázka
Identita	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$x = v$ $y = w$	
Zvětšení	$\begin{bmatrix} c_x & 0 & 0 \\ 0 & c_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$x = c_x v$ $y = c_y w$	
Otočení	$\begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$x = v \cos \theta - w \sin \theta$ $y = v \sin \theta + w \cos \theta$	

# Geometrické transformace

Název	Afinní matice	Rovnice	Ukázka
Posunutí	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{aligned} x &= v + t_x \\ y &= w + t_y \end{aligned}$	
Zkosení (vertikální)	$\begin{bmatrix} 1 & s_v & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{aligned} x &= v + s_v w \\ y &= w \end{aligned}$	
Zkosení (horizontální)	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ s_h & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{aligned} x &= v \\ y &= s_h v + w \end{aligned}$	



# Geometrické transformace

## Aplikace

- **Dopředné mapování**
- **Zpětné mapování**
  - $(v, w) = T^{-1}(x, y)$

# Geometrické transformace

## Interpolace – demonstrace

- obrázek  $1 \times 6$  pixelů chceme ho zvětšit  $1.5 \times$  v ose x



- zvětšení  $1.5 \times$  v ose x (výsledný obrázek  $1 \times 9$ )



- zvětšení pixelů na původní velikost – výběr barvy

- nejbližší soused



- bilineární interpolace



- bikubická interpolace



# Geometrické transformace

## Warping

### ■ Jednoúčelové



### ■ Obecné

# Geometrické transformace

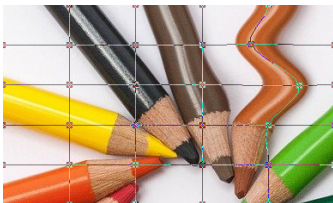
Warping – síť



Původní obraz.



Síť.



Modifikovaná síť.



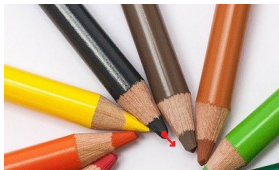
Výsledný obraz.

# Geometrické transformace

Warping – magnety



Původní obraz.



Magnet.



Výsledný obraz.

# Geometrické transformace

Warping – síť



Původní obraz.



Modifikovaná síť.

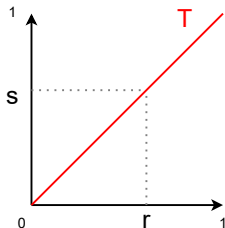


Výsledný obraz.

# Jasové operace

## Obraz

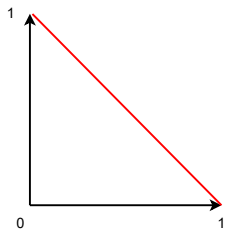
- $f(x, y)$  – jasová hodnota vstupního obrazu
- $g(x, y)$  – jasová hodnota výstupního obrazu
- **Transformační funkce  $T$ :**
  - $s = g(x, y)$  závisí na  $r = f(x, y)$
  - $s = T(r)$
  - **lookup tabulka**



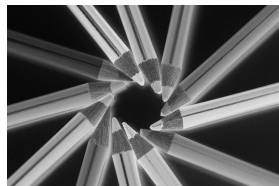
# Jasové operace

## Negativ obrázku

$$T(r) = 1 - r$$



Původní obraz.



Negativ.



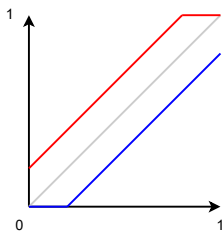
# Jasové operace

## Změna jasu

**Jas** = celková světlost obrazu

$$T(r) = r + c$$

$c$  konstanta



Zvýšení jasu.



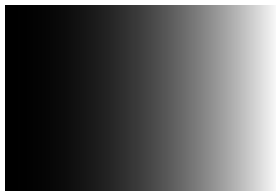
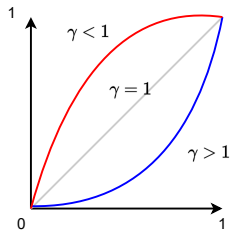
Snížení jasu.

# Jasové operace

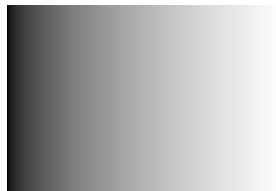
## Gamma transformace

$$T(r) = c \cdot r^\gamma$$

$c$  a  $\gamma$  kladné konstanty



$\gamma > 1$



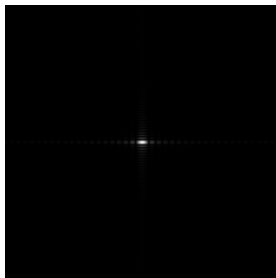
$\gamma < 1$

# Jasové operace

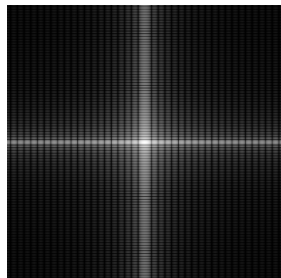
## Logaritmická transformace

$$T(r) = c \cdot \log(1 + r)$$

$c$  konstanta a  $r \geq 0$



Před aplikací.



Po aplikaci.

# Jasové operace

## Změna kontrastu

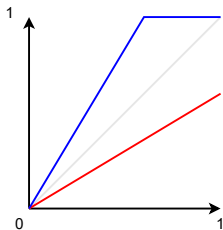
**Kontrast** = rozdíl mezi nejsvětlejší a nejtmaší částí obrazu

$$T(r) = c \cdot r$$

$c$  kladná konstanta

$$T(r) = c \cdot (r + c_1) + c_2$$

$c_1$  a  $c_2$  konstanty



# Jasové operace

## Roztažení kontrastu

**Roztažení kontrastu** = zvětšení rozsahu intenzit vstupního obrazu na celý možný rozsah intenzit



### Příklad

Jak by vypadala funkce roztažení kontrastu pro obrázek, kde nejnižší jasová hodnota je rovna 100 a nejvyšší 156?

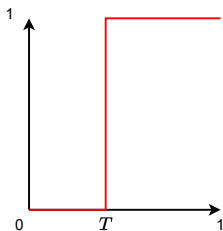
# Jasové operace

Prahování

$$T(r) = \begin{cases} s_0 & \text{pro } r < \textit{prah} \\ s_1 & \text{pro } r \geq \textit{prah} \end{cases}$$

## ■ Volba prahu:

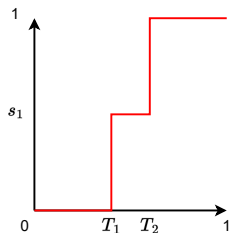
- experimentálně
- matematicky



# Jasové operace

Prahování – více prahů

$$T(r) = \begin{cases} s_0 & \text{pro } r < T_1 \\ s_1 & \text{pro } T_1 \leq r < T_2 \\ \dots & \\ s_n & \text{pro } T_n \leq r \end{cases}$$



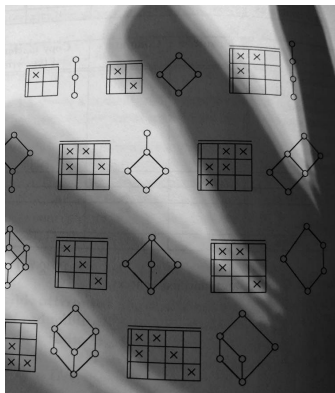
Původní obrázek.



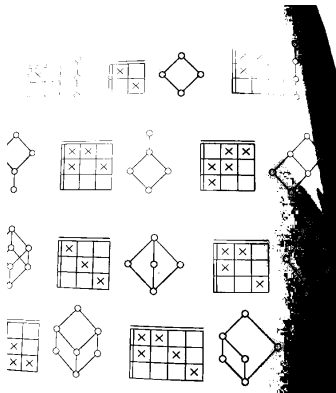
Naprahovaný obrázek.

# Jasové operace

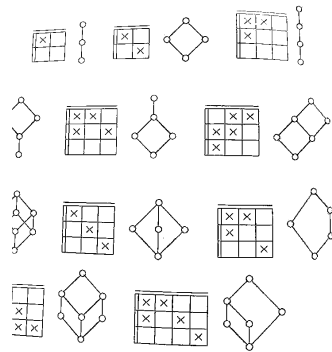
## Adaptivní prahování



Původní obrázek.



Globální prahování.

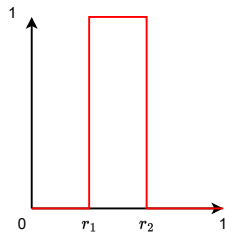
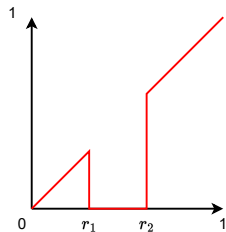


Adaptivní prahování.



# Jasové operace

Ořezávání hodnot intenzity



Původní obraz



Výsledný obraz.

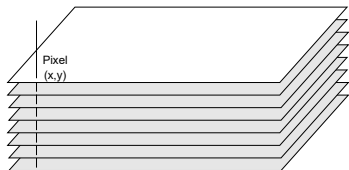
# Jasové operace

## Ořezávání bitů

### Bitové roviny

Bitová rovina 1 – nejméně významné  
bity

Bitová rovina 8 – nejvíce významné bity



# Jasové operace

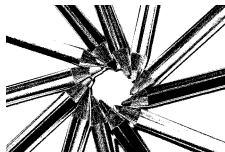
## Ořezávání bitů



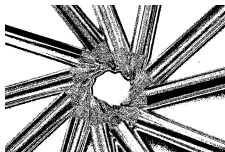
Původní obraz



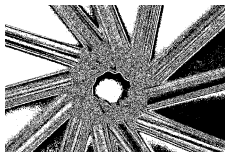
Bitová rovina 8.



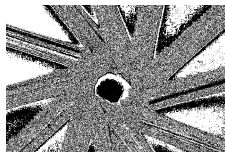
Bitová rovina 7.



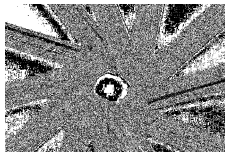
Bitová rovina 6.



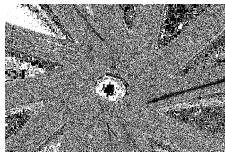
Bitová rovina 5.



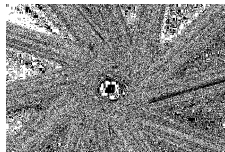
Bitová rovina 4.



Bitová rovina 3.



Bitová rovina 2.



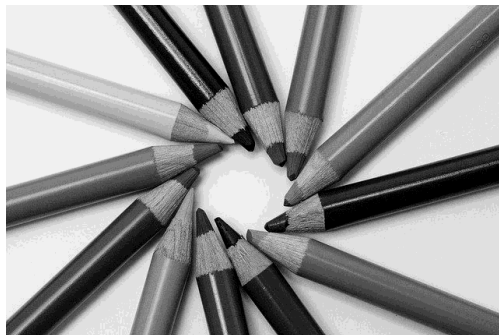
Bitová rovina 1.

# Jasové operace

## Ořezávání bitů



Původní obraz



4 nejvíce významné bity

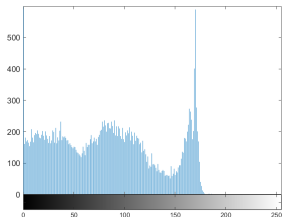
# Jasové operace

## Ekvalizace histogramu

$$s_k = T(r_k) = (L - 1) \sum_{j=0}^k p_r(r_j)$$



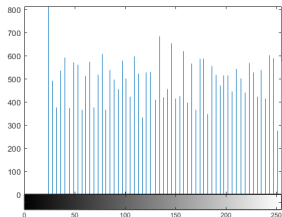
Vstupní obraz.



Histogram.



Výstupní obraz.



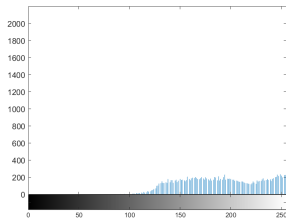
Histogram.

# Jasové operace

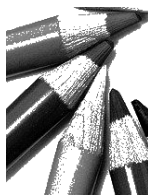
## Ekvalizace histogramu



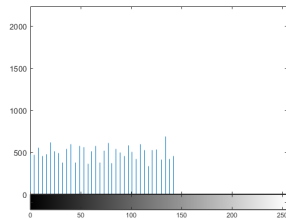
Vstupní obraz.



Histogram.



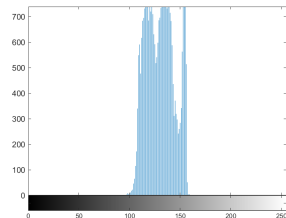
Výstupní obraz.



Histogram.



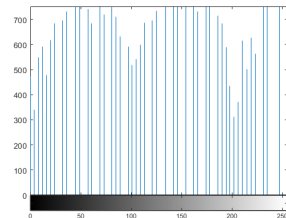
Vstupní obraz.



Histogram.



Výstupní obraz.



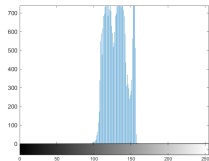
Histogram.

# Jasové operace

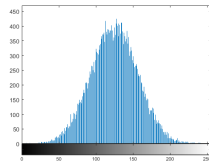
## Specifikace histogramu



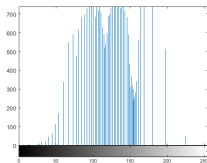
Vstupní obraz.



Histogram.



Specifikovaný histogram.



Histogram výsledného obrazu.



Výsledný obraz.

# Jasové operace

Jasové operace barevných obrazů

## Úprava každé složky zvlášť

- $s_j = T_j(r_j)$ ,
- $j = 1, 2, \dots, n$  ( $n$  počet složek)



# Změna jasu

- V **RGB** všechny složky
- $s_j = r_j + k$
- V **HSI** pouze jasová složka I
- $s_i = r_i + k, s_j = r_j$ , pro  $j \in \{h, s\}$

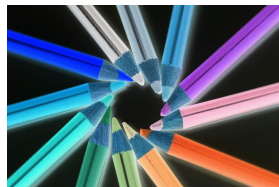
# Jasové operace

## Barevný komplement

- V **RGB** všechny složky
- $s_r = 1 - r_r$ ,  $s_g = 1 - r_g$ ,  $s_b = 1 - r_b$
- V **HSI** není přímočaré



Původní obrázek.



Komplement.

# Jasové operace

## Tónování

- V **RGB** všechny složky
- gamma korekce se stejným gamma



Původní obrázek.



Tónování s  $\gamma = 1.5$ .



Původní obrázek.



Tónování s  $\gamma = 0.5$ .

# Jasové operace

## Barevná korekce

- V **RGB** jedna složka
- gamma korekce



Původní obrázek.



Původní obrázek.



Původní obrázek.



R,  $\gamma = 1.5$ .



G,  $\gamma = 1.5$ .



B,  $\gamma = 1.5$ .



R,  $\gamma = 0.5$ .



G,  $\gamma = 0.5$ .



B,  $\gamma = 0.5$ .

# Jasové operace

## Vyrovnění histogramu

- V **RGB** všechny složky
- V obraze se objevují i barvy, které v původním nebyly
- V **HSI** složka I



Původní obrázek.



V RGB.



Původní obrázek.



V HSI.

# Jasové operace

Práce přímo s barevnými pixely

$$g_r = a_{11}f_r + a_{12}f_g + a_{13}f_b$$

$$g_g = a_{21}f_r + a_{22}f_g + a_{23}f_b$$

$$g_b = a_{31}f_r + a_{32}f_g + a_{33}f_b$$

**Maticově**

$$T = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}$$

**S průhledností a offsetem**

$$T = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} \end{bmatrix}$$

# Práce přímo s barevnými pixely

## Příklady

### Změna jasu

$$T_1 = \begin{bmatrix} c & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & c & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ k & k & k & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

### Zvýraznění barev

$$T_2 = \begin{bmatrix} s_r + s & s_r & s_r & 0 & 0 \\ s_g & s_g + s & s_g & 0 & 0 \\ s_b & s_b & s_b + s & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Matice můžeme skládat (násobení matic)

# Práce přímo s barevnými pixely

## Příklady

### Šedotónový obraz

$$\begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 & 0 & 0 \\ 0.299 & 0.587 & 0.114 & 0 & 0 \\ 0.299 & 0.587 & 0.114 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



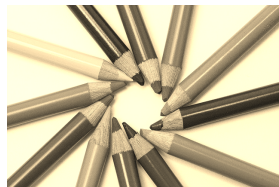
# Práce přímo s barevnými pixely

Sépia efekt

$$\begin{bmatrix} 0.393 & 0.349 & 0.272 & 0 & 0 \\ 0.769 & 0.686 & 0.534 & 0 & 0 \\ 0.189 & 0.168 & 0.131 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



Původní obrázek.



Sépia.

# Práce přímo s barevnými pixely

Výměna barevných složek (RGB do BGR)

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



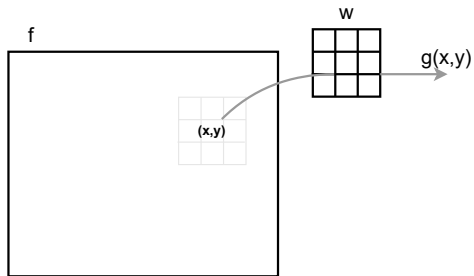
Původní obrázek.



BGR.

# Filtrování

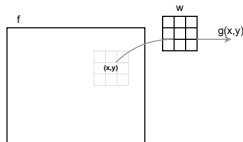
- **Operace s okolím,**  
neighbourhood operations
- **Vstupní obraz  $f$**
- **Výstupní obraz  $g$**
- **Filtr (maska)  $w$** 
  - Lineární filtry
  - Nelineární filtry



# Filtrování

## Lineární filtry

- $w$  velikosti  $3 \times 3$
- $g(x, y) = w(-1, -1)f(x - 1, y - 1) + w(-1, 0)f(x - 1, y) + \dots + w(1, 1)f(x + 1, y + 1)$
- **Obecně** filtr velikosti  $m \times n$  ( $m = 2a + 1$  a  $n = 2b + 1$ )
- $g(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t)f(x + s, y + t)$
- **zero padding**: zvětšení o  $a$  na obou koncích ve směru  $x$  a o  $b$  ve směru  $y$



# Filtrování

## Vyhlazovací filtry – Průměrování

- prvky matice rovny  $1/(m \cdot n)$

- maska  $3 \times 3$

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

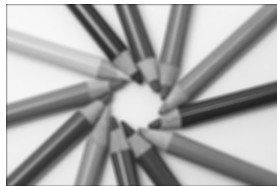
- **Vážené průměrování** – prvky blíže mají vyšší váhu

- maska  $3 \times 3$

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



Maska velikosti  $3 \times 3$ .



Maska velikosti  $10 \times 10$ .

# Filtrování

## Ostřící filtry

- založené na derivaci – 1. a 2. derivace

# Filtrování

## Laplaceův filtr

- **Vertikální:**  $\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y)$
- **Horizontální:**  $\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y)$
- **Dohromady:**  $\nabla^2 = f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)$

- **Filtr:**

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

- **Diagonální:**  $f(x+1, y-1) + f(x-1, y+1) - 2f(x, y)$  a  $f(x-1, y-1) + f(x+1, y+1) - 2f(x, y)$

- **Filtr:**

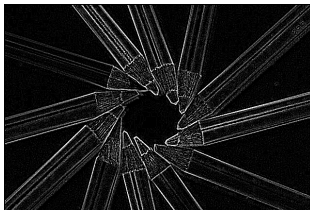
$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

# Filtrování

## Laplaceův filtr



Původní obraz.



Hrany v obraze.



Zvýrazněné hrany.



# Filtrování

## Robertsův filtr

- diagonální hrany

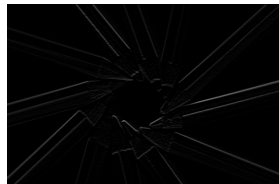
- $\nabla f(x, y) =$   
 $(f(x, y) - f(x - 1, y)) +$   
 $(f(x, y + 1) - f(x + 1, y))$

- **Filtr:**

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & -1 \end{bmatrix}$$



Původní obraz.



Hrany v obraze.

# Filtrování

## Sobelův filtr

### ■ Vodorovné hrany:

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

### ■ Filtr:

$$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

### ■ Svislé hrany:

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

### ■ Filtr:

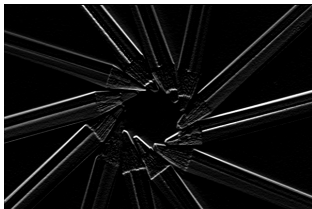
$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

# Filtrování

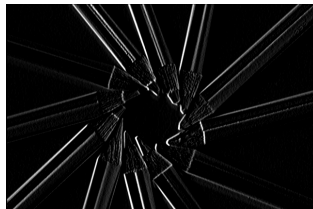
## Sobelův filtr



Původní obraz.



Vodorovné hrany v obraze.



Svislé hrany v obraze.

# Filtrování

## Prewittové filtry

### ■ Vodorovné hrany:

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

### ■ Filtr:

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

### ■ Svislé hrany:

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

### ■ Filtr:

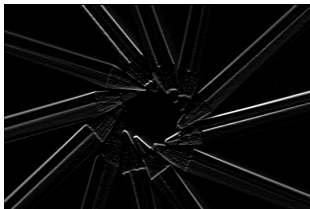
$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

# Filtrování

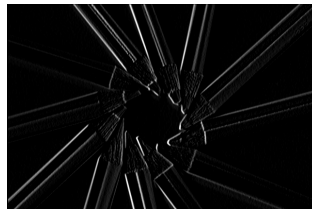
## Prewittové filtr



Původní obraz.



Vodorovné hrany v obraze.



Svislé hrany v obraze.

# Filtrování

## Nelineární filtry

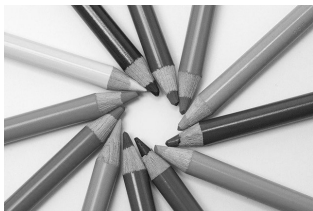
- nelze je zadat maskou
- volí se velikost okolí, na pixely v okolí je aplikována nelineární operace
- $g(x, y)$  a okolí  $3 \times 3$ , vezmeme hodnoty v okolí  $f(x, y) - f(x - 1, y - 1), f(x - 1, y), \dots, f(x + 1, y + 1)$

## Percentilové filtry (statistické)

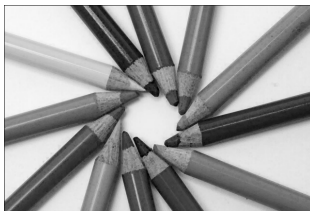
- 0. percentil – nejmenší hodnota v okolí (*min filtr*)
- 50. percentil – střední hodnota v okolí (*median filtr*)
- 100. percentil – největší hodnota v okolí (*max filtr*)

# Filtrování

## Percentilové filtry



Původní obraz.



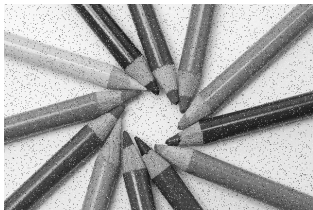
Min filtr.



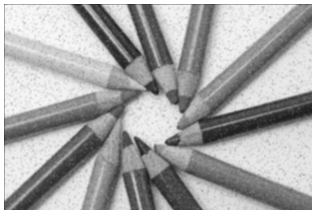
Max filtr.

# Filtrování

## Mediánový filtr



Původní obraz.



Filtrování průměrováním.



Mediánová filtrace.



# Filtrování

## Filtrování barevných obrázků

- nepracujeme s intenzitami, každý pixel = vektor hodnot

# Filtrování

Filtrování barevných obrázků – Průměrování

## RGB

$$g(x, y) = \begin{bmatrix} \frac{1}{(2a+1) \cdot (2b+1)} \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b f_r(x + s, y + t) \\ \frac{1}{(2a+1) \cdot (2b+1)} \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b f_g(x + s, y + t) \\ \frac{1}{(2a+1) \cdot (2b+1)} \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b f_b(x + s, y + t) \end{bmatrix}$$

## HSI

pouze jasová složka I

# Filtrování

Filtrování barevných obrázků – Průměrování



Původní obraz.



Filtrace v RGB.



Filtrace v HSI.

# Filtrování

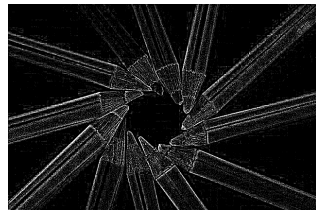
Filtrování barevných obrázků – Průměrování



Filtrace v RGB.



Filtrace v HSI.



Rozdíl.

# Filtrování

Filtrování barevných obrázků – Ostření

## RGB

$$g(x, y) = \begin{bmatrix} \nabla^2 = f_r(x + 1, y) + f_r(x - 1, y) + f_r(x, y + 1) + f_r(x, y - 1) - 4f_r(x, y) \\ \nabla^2 = f_g(x + 1, y) + f_g(x - 1, y) + f_g(x, y + 1) + f_g(x, y - 1) - 4f_g(x, y) \\ \nabla^2 = f_b(x + 1, y) + f_b(x - 1, y) + f_b(x, y + 1) + f_b(x, y - 1) - 4f_b(x, y) \end{bmatrix}$$

## HSI

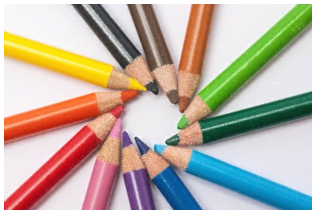
pouze jasová složka I

# Filtrování

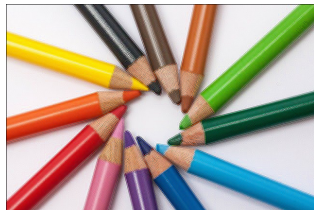
Filtrování barevných obrázků – Ostření



Původní obraz.



Filtrace v RGB.



Filtrace v HSI.