



**Lesnická
a dřevařská
fakulta**

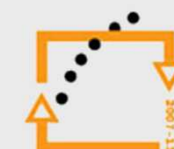
1.8.2012, Brno

**Připravil: Václav Sebera, Martin
Brabec, Jan Baar**

**Předmět: Zpracování obrazu pro
úlohy dřevařského inženýrství**

Filtrace digitálního obrazu

Mendelova
univerzita
v Brně

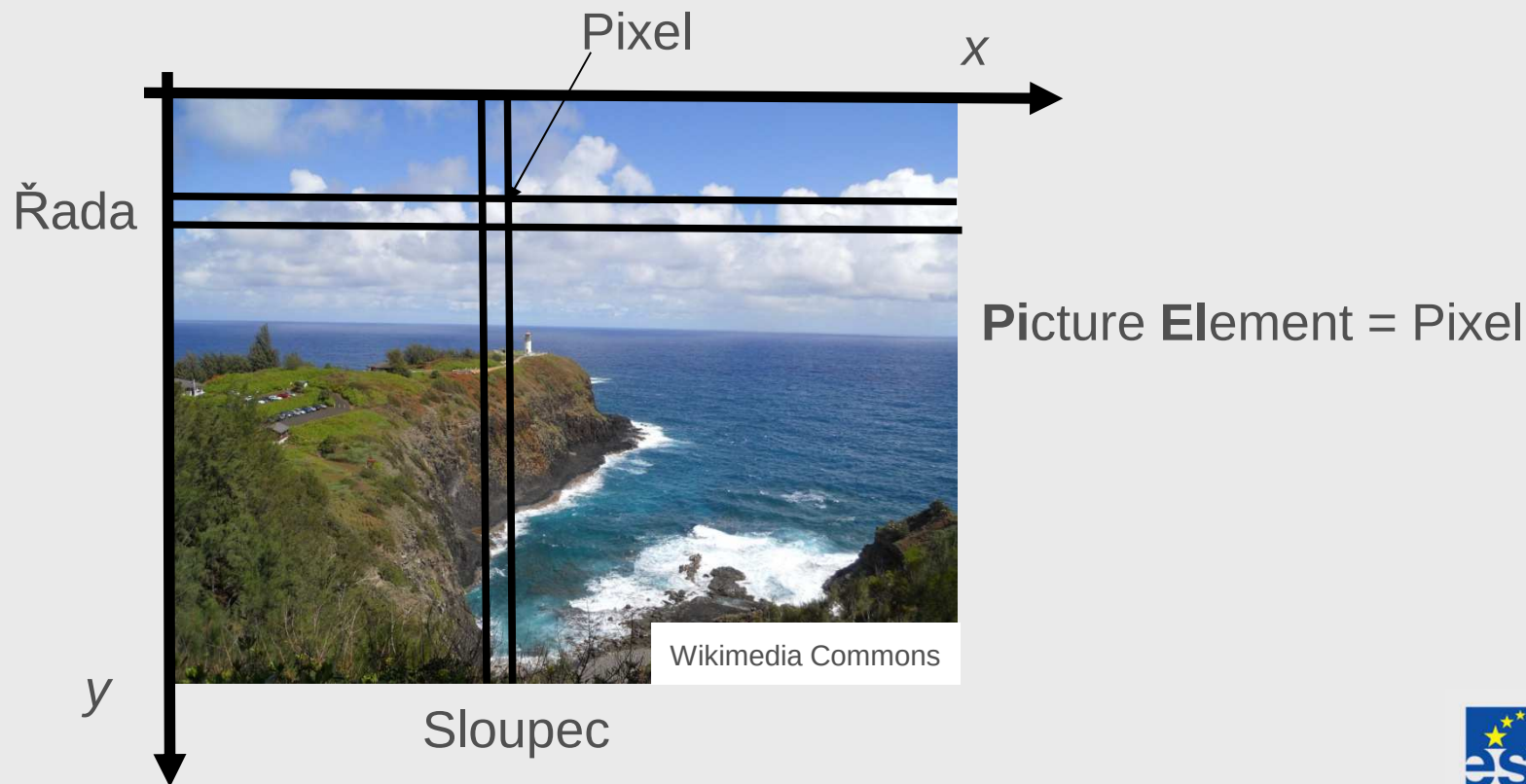


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obsah

- a) Princip filtrace obrazu
 - Filtrace obrazu s ohledem na okolní pixely
- b) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace
 - Cílová pozice filtrovaného obrazu
 - Tvar a velikost filtračních masek
 - Pozice zpracovávaného pixelu ve filtrační masce
 - Váha (významnost) jednotlivých okolních pixelů
 - Separabilita filtrů
 - Matematická operace při výpočtu nové hodnoty pixelu

Digitální obraz (snímek)



- 2D funkce $f(x,y)$ nebo matice
- x , y , $f(x,y)$ jsou diskrétní a konečné (vs. kontinuální a nekonečné reality)
- Velikost snímku = $X_{\max} \times Y_{\max}$ --> např. 640X480
- Každý pixel má hodnotu, např. „intenzitu/jas“: grey-scale --> $f(x,y) = [0,255]$

Princip filtrace digitálního obrazu

1) Filtrace obrazu

- modifikace hodnoty pixelu (obrazové funkce)
- filtrací nelze získat novou informaci, pouze některé informace potlačit nebo zvýraznit
- úprava hodnoty pixelu se provádí **s ohledem** nebo **bez ohledu** na okolní pixely

Typický příklad filtrace s
ohledem na okolní pixely

Redukce šumu



Wikimedia Commons

Typický příklad filtrace bez
ohledu na okolní pixely

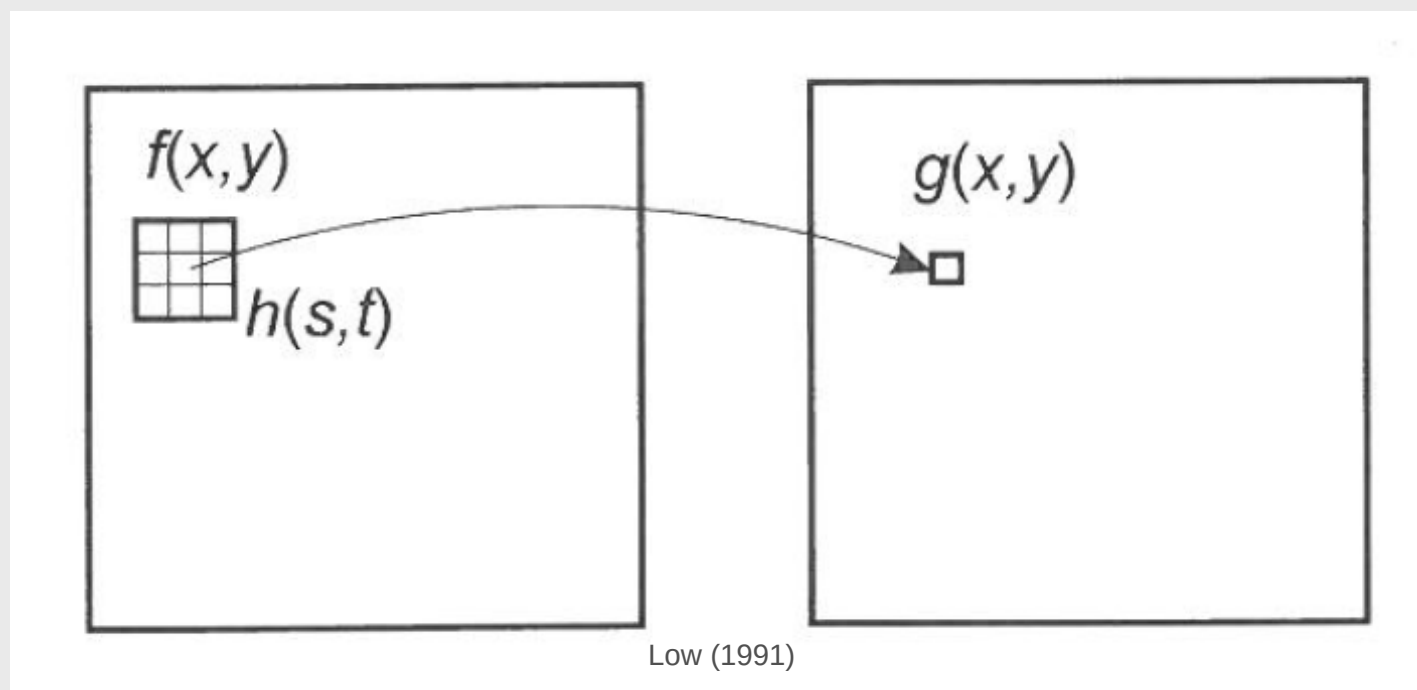
Zvýšení jasu



Princip filtrace digitálního obrazu

2) Filtrace obrazu s ohledem na okolní pixely (lokální filtrace)

- všechny pixely v obraze se zpracovávají zvlášť a postupně (řádek po řádku)
- nová hodnota zpracovávaného pixelu se počítá z hodnot pixelů v jeho blízkém okolí
- filtrační okolí zpracovávaného pixelu se označuje jako filtrační maska = $h(s,t)$



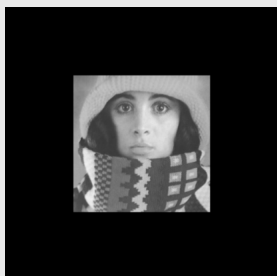
Princip filtrace digitálního obrazu

2) Filtrace obrazu s ohledem na okolní pixely (lokální filtrace)

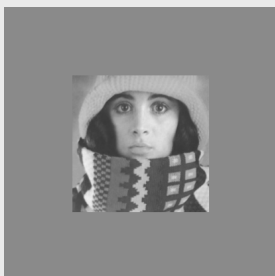
– u okrajových pixelů obrazu chybí okolní hodnoty pro přefiltrování, řešením je:

- a) **Doplnění chybějících hodnot ve filtračním okolí** → více způsobů
- b) **Maska se pohybuje pouze v oblasti obrazu** → výstupem zmenšený obraz o polovinu masky z každé strany
- c) **Na okrajích obrazu se použije zmenšená maska** → výjimečně

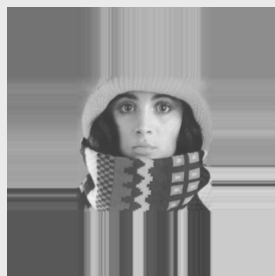
Vyplnění nulovými hodnotami



Vyplnění průměrnou hodnotou celého obrazu



Vyplnění periodickou kopií krajní řady nebo sloupce



Vyplnění periodickou kopií výchozího obrazu



Vyplnění zrcadlovou kopií výchozího obrazu



Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

a) Cílová pozice filtrovaného obrazu

Nerekurzivní filtrace – ukládání do nového souboru

– všechny pixely ve filtrační masce mají vždy původní hodnotu

9	4	7	1	3	8	4	0	6
3	2	8	4	3	5	0	9	0
4	3	7	6	9	2	8	7	1
3	5	6	2	1	0	9	6	8
5	2	1	9	7	5	4	8	0
2	3	9	2	8	4	5	1	0
2	7	6	3	1	9	0	3	7
5	8	3	2	4	9	7	2	3
5	9	7	4	3	5	9	6	2

		4						

Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

a) Cílová pozice filtrovaného obrazu

Nerekurzivní filtrace – ukládání do nového souboru

– všechny pixely ve filtrační masce mají vždy původní hodnotu

9	4	7	1	3	8	4	0	6
3	2	8	4	3	5	0	9	0
4	3	7	6	9	2	8	7	1
3	5	6	2	1	0	9	6	8
5	2	1	9	7	5	4	8	0
2	3	9	2	8	4	5	1	0
2	7	6	3	1	9	0	3	7
5	8	3	2	4	9	7	2	3
5	9	7	4	3	5	9	6	2

		4	5					

Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

a) Cílová pozice filtrovaného obrazu

Nerekurzivní filtrace – ukládání do nového souboru

– všechny pixely ve filtrační masce mají vždy původní hodnotu

9	4	7	1	3	8	4	0	6
3	2	8	4	3	5	0	9	0
4	3	7	6	9	2	8	7	1
3	5	6	2	1	0	9	6	8
5	2	1	9	7	5	4	8	0
2	3	9	2	8	4	5	1	0
2	7	6	3	1	9	0	3	7
5	8	3	2	4	9	7	2	3
5	9	7	4	3	5	9	6	2

		4	5	3				

Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

a) Cílová pozice filtrovaného obrazu

Rekurzivní filtrace – přepisování vstupního souboru

– některé z pixelů ve filtrační masce mají přefiltrovanou hodnotu

26	18	35	48	21	78	65	27	10
42	41	32	18	57	29	61	54	35
65	77	7	6	9	2	8	7	1
3	5	6	2	1	0	9	6	8
5	2	1	9	7	5	4	8	0
2	3	9	2	8	4	5	1	0
2	7	6	3	1	9	0	3	7
5	8	3	2	4	9	7	2	3
5	9	7	4	3	5	9	6	2

26	18	35	48	21	78	65	27	10
42	41	32	18	57	29	61	54	35
65	77	21	6	9	2	8	7	1
3	5	6	2	1	0	9	6	8
5	2	1	9	7	5	4	8	0
2	3	9	2	8	4	5	1	0
2	7	6	3	1	9	0	3	7
5	8	3	2	4	9	7	2	3
5	9	7	4	3	5	9	6	2

Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

a) Cílová pozice filtrovaného obrazu

Rekurzivní filtrace – posun filtrační masky možný jenom v jednom směru
– nežádoucí posun hran a významných bodů v obraze

26	18	35	48	21	78	65	27	10
42	41	32	18	57	29	61	54	35
65	77	21	6	9	2	8	7	1
3	5	6	2	1	0	9	6	8
5	2	1	9	7	5	4	8	0
2	3	9	2	8	4	5	1	0
2	7	6	3	1	9	0	3	7
5	8	3	2	4	9	7	2	3
5	9	7	4	3	5	9	6	2

26	18	35	48	21	78	65	27	10
42	41	32	18	57	29	61	54	35
65	77	21	16	9	2	8	7	1
3	5	6	2	1	0	9	6	8
5	2	1	9	7	5	4	8	0
2	3	9	2	8	4	5	1	0
2	7	6	3	1	9	0	3	7
5	8	3	2	4	9	7	2	3
5	9	7	4	3	5	9	6	2

Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

a) Cílová pozice filtrovaného obrazu

Rekurzivní filtrace – využívají se pro 1D signál (zvukový záznam)

26	18	35	48	21	78	65	27	10
42	41	32	18	57	29	61	54	35
65	77	21	16	9	2	8	7	1
3	5	6	2	1	0	9	6	8
5	2	1	9	7	5	4	8	0
2	3	9	2	8	4	5	1	0
2	7	6	3	1	9	0	3	7
5	8	3	2	4	9	7	2	3
5	9	7	4	3	5	9	6	2

26	18	35	48	21	78	65	27	10
42	41	32	18	57	29	61	54	35
65	77	21	16	14	2	8	7	1
3	5	6	2	1	0	9	6	8
5	2	1	9	7	5	4	8	0
2	3	9	2	8	4	5	1	0
2	7	6	3	1	9	0	3	7
5	8	3	2	4	9	7	2	3
5	9	7	4	3	5	9	6	2

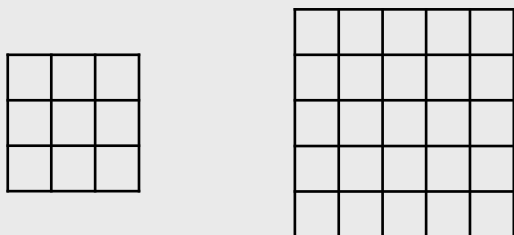
Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

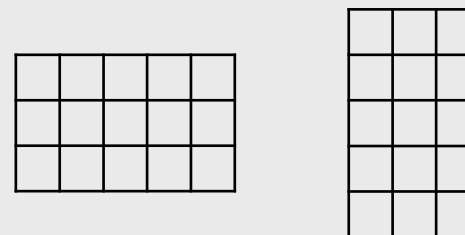
b) Tvar a velikost filtračních masek

- obvykle s lichým počtem řádků a sloupců
- nejčastější velikost strany masky 3 – 9 pixelů, nastavení velikosti podle účelu použití

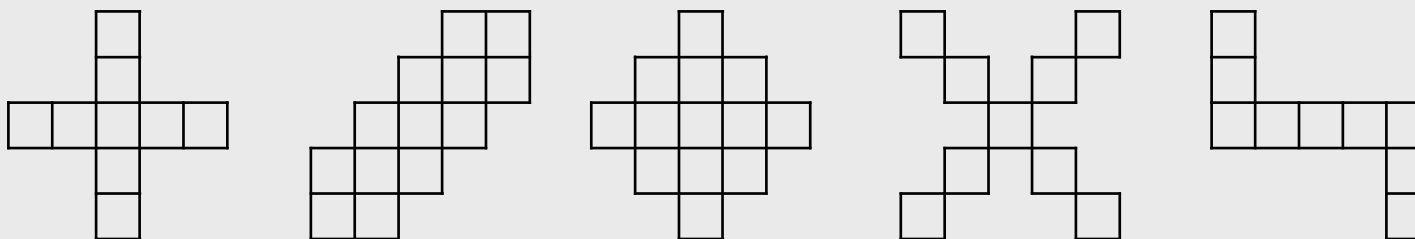
Čtvercové masky



Obdélníkové masky



Ostatní tvary masek

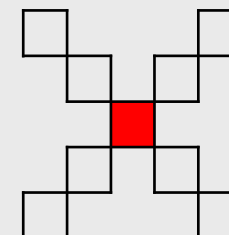
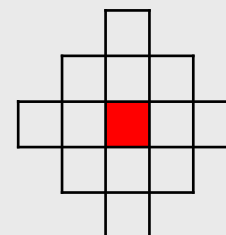
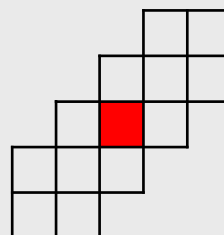
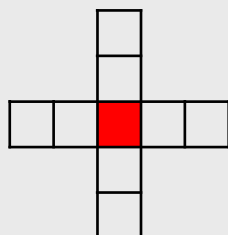
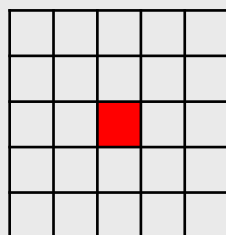


Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

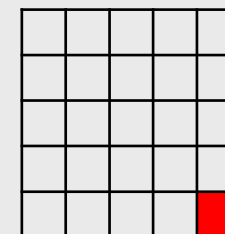
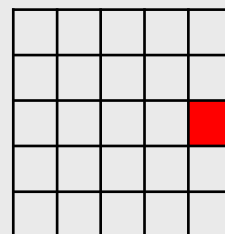
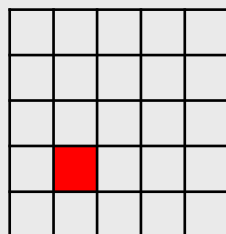
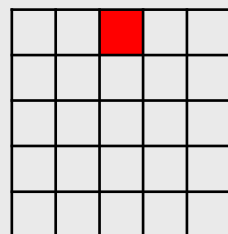
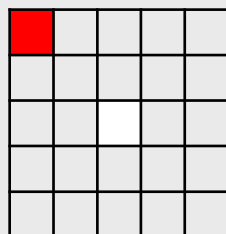
c) **Pozice zpracovávaného pixelu ve filtrační masce**

– obvykle uprostřed masky → přesný střed pouze u pravidelných symetrických masek



– možná je také jakákoliv jiná pozice

Hlaváč a Sedláček (2005)



Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

d) Váha (významnost) jednotlivých okolních pixelů

- váhy okolních pixelů se zapisují ve formě matice
- nulová váha pixelu odstraní vliv jeho hodnoty na výsledek
- ve většině způsobů filtrování mají vliv i okolní pixely s nulovou váhou (např. průměr)

Uniformní filtry

(všechny okolní pixely mají stejnou váhu)

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0.1 & 0.1 & 0.1 \\ 0.1 & 0.1 & 0.1 \\ 0.1 & 0.1 & 0.1 \end{bmatrix}$$

Neuniformní filtry

(okolní pixely mají různou váhu)

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Pozn.: Váhy zapsané ve formě matice se označují jako konvoluční jádro (lin. filtry).

Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

e) Separabilita filtrů

Separabilní filtry – filtrační maska rozložitelná na součin jednorozměrných masek

- platí pro všechny masky s hodnotí matice $A = 1$
- snižují výpočetní náročnost filtrace obrazu

$$\begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 6 & 24 & 36 & 24 & 6 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$

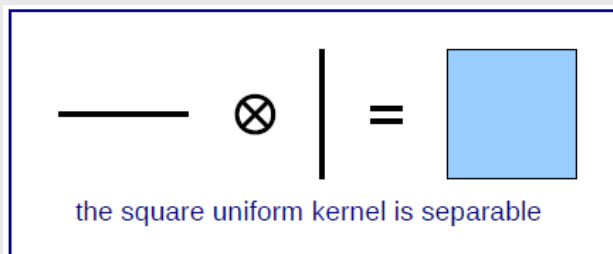
25 násobení
+
24 sčítání



Pratt (2007)

$$\begin{bmatrix} 1 \\ 4 \\ 6 \\ 4 \\ 1 \end{bmatrix} \otimes [1 \ 4 \ 6 \ 4 \ 1]$$

10 násobení
+
8 sčítání



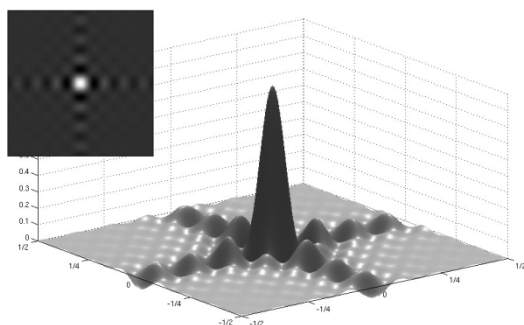
Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

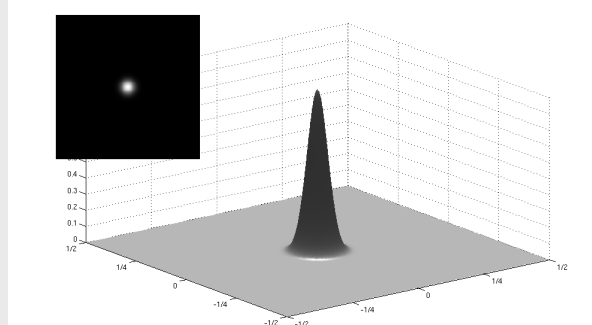
e) Separabilita filtrů

Neseparabilní filtry – masku nelze rozložit na součin jednorozměrných masek
– platí pro všechny masky s hodnotí matice $A \neq 1$

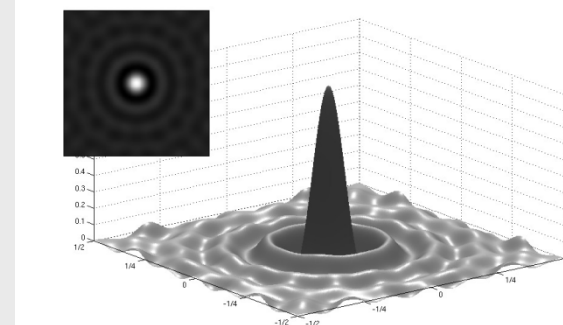
Separabilní čtvercový filtr



Separabilní Gaussovský filtr



Neseparabilní kruhový filtr



Rogers a Earnshaw (1990)

Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

f) Matematická operace při výpočtu nové hodnoty pixelu

Lineární metody – nová (přefiltrovaná) hodnota je lineární kombinací hodnot obrazových bodů v blízkém okolí zpracovávaného pixelu
– matematická operace využívající lineární kombinování hodnot vstupního obrazu se nazývá konvoluce ($\otimes$)

Konvoluční maska

a)

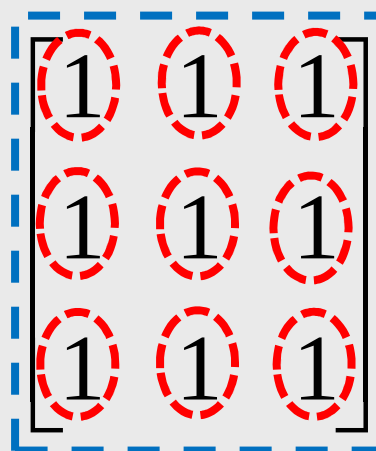
$$\begin{bmatrix} 1 & 8 & 1 \\ 4 & 12 & 4 \\ 1 & 8 & 1 \end{bmatrix}$$

b)

$$\begin{bmatrix} 2 & 1 & 2 & 1 & 2 \\ 8 & 4 & 8 & 4 & 8 \\ 2 & 1 & 2 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

c)

$$\begin{bmatrix} 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \end{bmatrix}$$



Konvoluční jádro

c)

a)

$$\begin{bmatrix} 1 & 8 & 1 \\ 4 & 12 & 4 \\ 1 & 8 & 1 \end{bmatrix}$$

b)

$$\begin{bmatrix} 7 & 9 & 7 \\ 5 & 9 & 5 \\ 7 & 9 & 7 \end{bmatrix}$$

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

Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

f) Matematická operace při výpočtu nové hodnoty pixelu

Lineární metody – obecný zápis konvoluce

Pozice zpracovávaného pixelu

Konvoluční maska

$$g(x, y) = h \otimes f$$

Filtrovaný obraz v bodě

Hlaváč a Sedláček (2005)

Vstupní obraz

Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

f) Matematická operace při výpočtu nové hodnoty pixelu

Používané lineární metody:

Prostý součet – všechny okolní pixely jsou započítány pouze jednou

$$h = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Polovina rozměru masky v ose x

Polovina rozměru masky v ose y

$$g(x, y) = h \otimes f = \sum_{s=-s_{\max}}^{s_{\max}} \sum_{t=-t_{\max}}^{t_{\max}} f(x-s, y-t)$$

Pozice zpracovávaného pixelu

Hlaváč a Sedláček (2005)

Vzdálenost okolního bodu od zprac. pixelu

Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

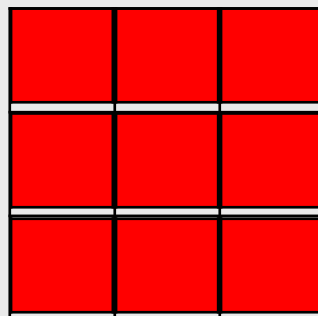
f) Matematická operace při výpočtu nové hodnoty pixelu

Používané lineární metody:

Prostý součet – sečtení hodnot pixelů ve filtračním okolí

– výsledné hodnoty je nutné překvantovat na původní barevnou hloubku

$$f(x-1, y-1) + f(x-1, y) + f(x-1, y+1) + f(x, y-1) + f(x, y) + f(x, y+1) + f(x+1, y-1) + f(x+1, y) + f(x+1, y+1)$$



Hlaváč a Sedláček (2005)

Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

f) Matematická operace při výpočtu nové hodnoty pixelu

Používané lineární metody:

Vážený součet – okolní pixely mají různou váhu

$$h = \begin{bmatrix} 5 & 6 & 3 \\ 3 & 1 & 4 \\ 3 & 6 & 3 \end{bmatrix}$$

Pozice váhy v konvoluční masce, nulový bod masky (0,0) odpovídá pozici zpracovávaného pixelu

$$g(x, y) = h \otimes f = \sum_{s=-s_{\max}}^{s_{\max}} \sum_{t=-t_{\max}}^{t_{\max}} h(s, t) f(x - s, y - t)$$

Hlaváč a Sedláček (2005)

Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

f) Matematická operace při výpočtu nové hodnoty pixelu

Používané lineární metody:

Vážený součet – pronásobení vah s hodnotami pixelů ve filtračním okolí a sečtení
– výsledné hodnoty se překvantují na původní barevnou hloubku

$$h(-1,-1)f(x-1,y-1) + h(-1,0)f(x-1,y) + h(-1,+1)f(x-1,y+1) + \\ h(0,-1)f(x,y-1) + h(0,0)f(x,y) + h(0,+1)f(x,y+1) + \\ h(+1,-1)f(x+1,y-1) + h(+1,0)f(x+1,y) + h(+1,+1)f(x+1,y+1)$$

5	6	3
3	1	4
3	6	3



=

Hlaváč a Sedláček (2005)

Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

f) Matematická operace při výpočtu nové hodnoty pixelu

Používané lineární metody:

Prostý průměr – sečtení hodnot filtračních pixelů a podělení počtem prvků v masce
– výsledné hodnoty zůstanou v původním rozsahu barevné hloubky

$$h = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Sumární konvoluční jádro

$$g(x, y) = h \otimes f = \frac{1}{M} \sum_{s=-s_{\max}}^{s_{\max}} \sum_{t=-t_{\max}}^{t_{\max}} f(x-s, y-t)$$

Hlaváč a Sedláček (2005)

Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

f) Matematická operace při výpočtu nové hodnoty pixelu

Používané lineární metody:

Vážený průměr – pronásobení vah s hodnotami filtračních pixelů, sečtení a podělení celkové sumy součtem filtračních vah
– výsledné hodnoty zůstanou v původním rozsahu barevné hloubky

$$g(x, y) = h \otimes f = \frac{1}{M} \sum_{s=-s_{\max}}^{s_{\max}} \sum_{t=-t_{\max}}^{t_{\max}} h(s, t) f(x - s, y - t)$$

Hlaváč a Sedláček (2005)

$$h = \frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad h = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

f) Matematická operace při výpočtu nové hodnoty pixelu

Používané lineární metody:

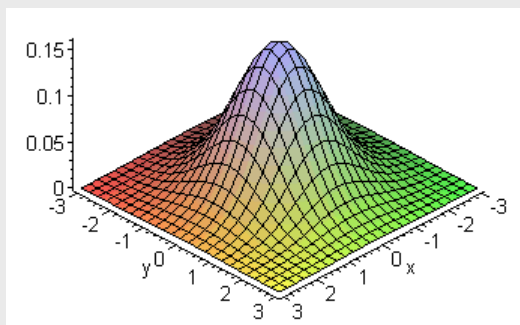
Gaussův průměr – konvoluční jádro s Gaussovým rozdělením vah

- strmost Gaussova rozdělení je dána směrodatnou odchylkou (σ)
- výsledné hodnoty zůstanou v původním rozsahu barevné hloubky

$$g(x, y) = h \otimes f = \frac{1}{M} \sum_{s=-s_{\max}}^{s_{\max}} \sum_{t=-t_{\max}}^{t_{\max}} h(s, t) f(x - s, y - t)$$

Hlaváč a Sedláček (2005)

$$h = \frac{1}{268} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 5 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & 32 & 5 & 0 \\ 5 & 32 & 100 & 32 & 5 \\ 0 & 5 & 32 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 5 & 0 & 0 \end{bmatrix} \sigma = 1$$



$$h = \frac{1}{120} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & 100 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \sigma = 0,5$$

Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

f) Matematická operace při výpočtu nové hodnoty pixelu

Používané lineární metody:

Součet diferencí – sumární konvoluční jádro je vždy 0

- vzniklé rozdíly mezi okolními pixely se sčítají
- výsledný obraz má velmi sníženou světlost a barevnou hloubku

$$g(x, y) = h \otimes f = \sum_{s=-s_{\max}}^{s_{\max}} \sum_{t=-t_{\max}}^{t_{\max}} h(s, t) f(x - s, y - t)$$

Hlaváč a Sedláček (2005)

– difference aproximují 1. derivaci pro diskrétní rozdělení

$$\frac{\partial}{\partial x} f(x) = \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{f(x + \delta) - f(x)}{\delta} \Rightarrow \lim_{\delta=1} \frac{f(x + 1) - f(x)}{1}$$

Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

f) Matematická operace při výpočtu nové hodnoty pixelu

Používané lineární metody:

Součet diferencí – difference lze počítat mnoha způsoby, výsledek je v principu stejný

Prewittová

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

Sobel

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

Roberts 1

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

Kirsch

$$h = \begin{bmatrix} 3 & 3 & 3 \\ 3 & 0 & 3 \\ -5 & -5 & -5 \end{bmatrix}$$

Robinson

$$h = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Výpočet pro masku 2×2

$$G_{xy} \approx [1f(x, y) - 1f(x+1, y+1)] + [1f(x, y+1) - 1f(x+1, y)]$$

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

Roberts 2

Yadav a Yadav (2009)

Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

f) Matematická operace při výpočtu nové hodnoty pixelu

Používané lineární metody:

Součet diferencí diferencí – stejné charakteristiky jako součet diferencí

– ve výsledku se od filtrování součtem diferencí liší pouze jinými váhami

$$g(x, y) = h \otimes f = \sum_{s=-s_{\max}}^{s_{\max}} \sum_{t=-t_{\max}}^{t_{\max}} h(s, t) f(x - s, y - t)$$

Hlaváč a Sedláček (2005)

– difference diferencí aproximují 2. derivaci pro diskrétní rozdělení

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} f(x) = \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{f'(x+\delta) - f'(x)}{\delta} \Rightarrow \lim_{\delta=1} \frac{f'(x+1) - f'(x)}{1} \Rightarrow \lim_{\delta=1} \frac{[f(x+1) - f(x)] - [f(x) - f(x-1)]}{1}$$

Spojité rozdělení

Hlaváč a Sedláček (2005)

Diskrétní rozdělení

Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

f) Matematická operace při výpočtu nové hodnoty pixelu

Používané lineární metody:

Součet diferencí diferencí – pozitivní a negativní varianty konvolučních jader

Laplace - pozitiv

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

Výpočet pro masku 3×3

$$G_x \approx [1f(x+1, y) - 1f(x, y)] - [1f(x, y) - 1f(x-1, y)]$$

$$G_y \approx [1f(x, y+1) - 1f(x, y)] - [1f(x, y) - 1f(x, y-1)]$$

Laplace 2 - pozitiv

$$h = \begin{bmatrix} -2 & 1 & -2 \\ 1 & -4 & 1 \\ -2 & 1 & -2 \end{bmatrix}$$

$$G_x + G_y \approx 1f(x+1, y) + 1f(x-1, y) + 1f(x, y+1) + 1f(x, y-1) - 4f(x, y)$$

Laplace - negativ

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

Yadav a Yadav (2009)

Laplace 2 - negativ

$$h = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 2 \\ -1 & 4 & -1 \\ 2 & -1 & 2 \end{bmatrix}$$

Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

f) Matematická operace při výpočtu nové hodnoty pixelu

Používané lineární metody:

Laplacián Gaussiánu – diferenční součet z obrazu přefiltrovaného Gaussovým prům.

- pořadí matematických operací lze libovolně zaměnit
- v praxi se nejprve zderivuje Gaussova konvoluční maska a poté se provede filtrace obrazu váženým průměrem

Vážený průměr při použití Gaussovy masky

$$\nabla^2 (G(x, y, \sigma) \otimes f(x, y)) = (\nabla^2 G(x, y, \sigma)) \otimes f(x, y)$$

Součet diferencí diferencí při filtraci Laplaceho konvoluční maskou

Yadav a Yadav (2009)

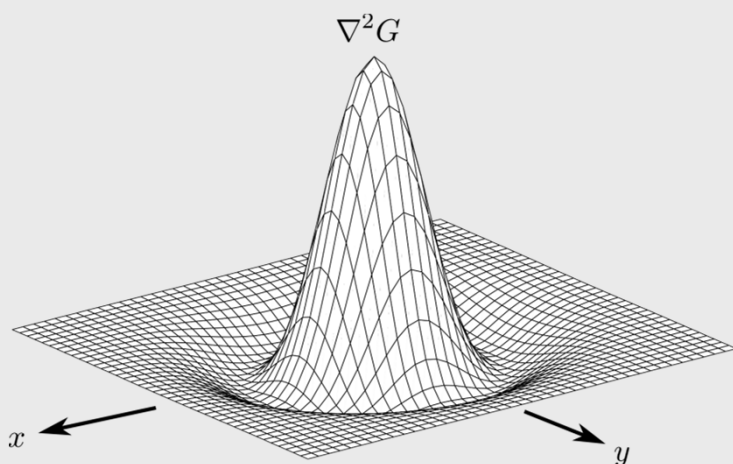
Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

f) Matematická operace při výpočtu nové hodnoty pixelu

Používané lineární metody:

Laplacián Gausiánu – váhy konvoluční masky se počítají ze zderivovaného předpisu pro Gaussovo rozdělení pravděpodobnosti
– lze aproximovat diferencí dvou obrazů přefiltrovaných Gaussovým průměrem s různou hodnotou σ



Pratt (2007)

$$h = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -2 & -1 & 0 \\ -1 & -2 & 16 & -2 & -1 \\ 0 & -1 & -2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

f) Matematická operace při výpočtu nové hodnoty pixelu

Nelineární metody – nová (přefiltrovaná) hodnota je získána nelineárními operacemi

- jsou vyvíjeny pro eliminaci nedostatků lineárních metod (rozmazávání ostrých hran v obraze, posunování hran, atd.)
- základním principem je najít pouze část v analyzovaném okolí, do které zpracováváný pixel patří
- okolní pixely, které netvoří daný objekt se do výpočtu nezahrnují

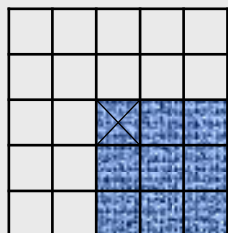
Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

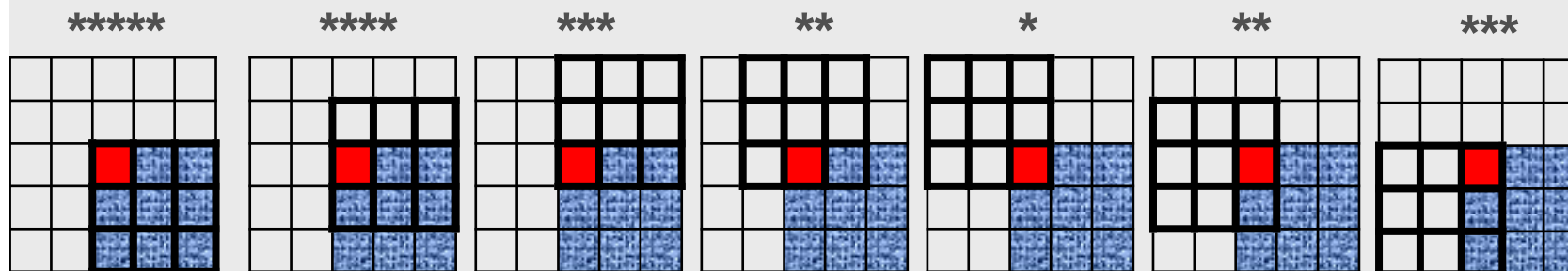
f) Matematická operace při výpočtu nové hodnoty pixelu

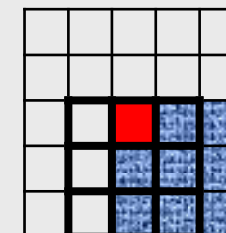
Používané nelineární metody:

Rotující maska – zpracováváný bod se nachází na okraji masky



- maska kolem bodu rotuje a hledá se nejvhodnější poloha
- pro každou polohu masky se vypočítá rozptyl hodnot pixelů
- poloha s nejmenším rozptylem se použije pro přefiltrování pixelu
- rozumně použitelné pouze pro malé rozměry filtračních masek





Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

f) Matematická operace při výpočtu nové hodnoty pixelu

Používané nelineární metody:

Průměr s prahem – stanoví se max. rozdíl (práh) mezi přefiltrovanou a vstupní hodnotou pixelu

- pokud rozdíl přesáhne zvolený práh, ponechá se vstupní hodnota pixelu i ve výstupním obraze
- vhodné pro všechny druhy průměrů

Průměr se sigma filtrem – stanoví se maximální gradient mezi vstupní hodnotou zpracovávaného pixelu a okolních pixelů

- do výpočtu nové hodnoty pixelu se zahrnou pouze pixely v okolí splňující danou podmínku
- obdoba s kvantilovým filtrem podle rozpětí

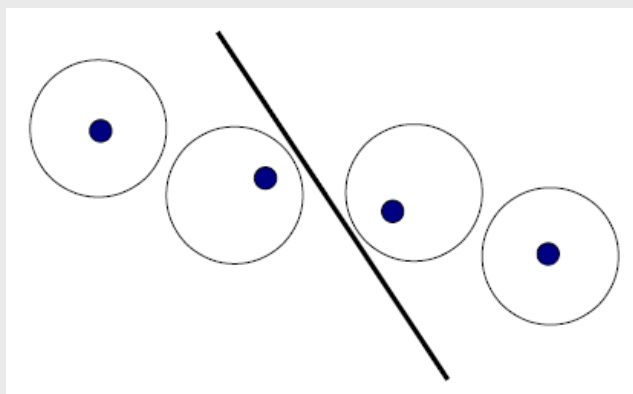
Druhy lokálních filtrací

1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

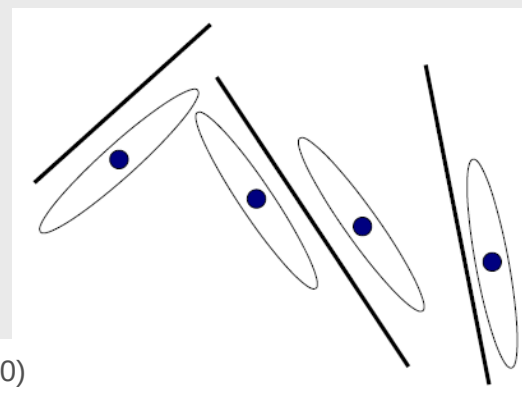
f) Matematická operace při výpočtu nové hodnoty pixelu

Používané nelineární metody:

- Adaptivní filtry* – Kuwaharův/Nagaův filtr → pozice zpracovávaného pixelu v masce se mění podle aktuální situace v obraze
- Zobecněný K/N filtr → orientace nečtvercové masky se mění podle aktuální situace v obraze



Kuwaharův/Nagaův filtr



Zobecněný K/N filtr

Montabone (2010)

Druhy lokálních filtrací

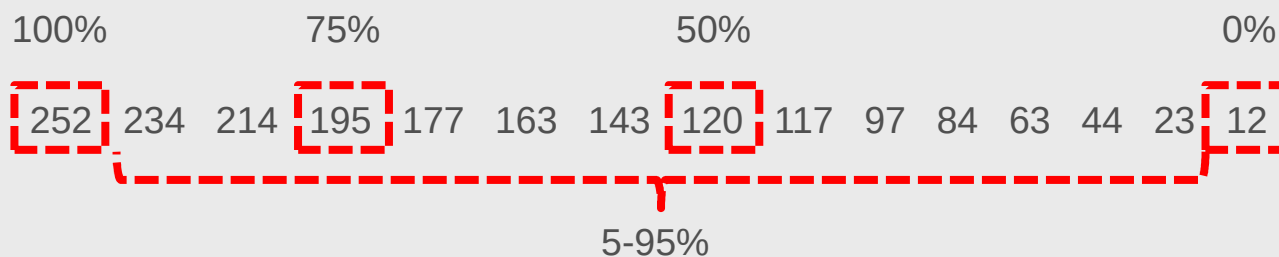
1) Parametry odlišnosti různých způsobů lokální filtrace

f) Matematická operace při výpočtu nové hodnoty pixelu

Používané nelineární metody:

Kvantilové filtry – pro filtraci se používá pouze vybraný kvantil v rámci okolí

- medián (50% kvantil) → prostřední prvek v uspořádané n-tici
- minimum (0% kvantil) → první prvek v uspořádané n-tici
→ odpovídá dilataci obrazu
- maximum (100% kvantil) → poslední prvek v uspořádané n-tici
→ odpovídá erozi obrazu
- p-kvantil (0-100%) → libovolný prvek v uspořádané n-tici
- kvantilové rozpětí → všechny prvky v určitém rozpětí pořadí
→ nezapočítají se extrémní hodnoty (5-95%)



Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry

Nízké rozlišení
640×480 8 bit



Wikimedia Commons



Nízké rozlišení
640×480 + šum

Nízké rozlišení
640 × 480



Vysoké rozlišení
1600 × 1200

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry

Filtrace čistého obrazu průměrovými filtry

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Prostý průměr $M=(3 \times 3) \times 1$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Prostý průměr $M=(3 \times 3) \times 2$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Prostý průměr $M=(3 \times 3) \times 3$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Prostý průměr $M=(3 \times 3) \times 4$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Prostý průměr $M=(3 \times 3) \times 5$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry

Nízké rozlišení 640 × 480



Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640×480
Prostý průměr $M=(3 \times 3) \times 1$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Prostý průměr $M=(5 \times 5) \times 1$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Prostý průměr $M=(7 \times 7) \times 1$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Prostý průměr M=(9×9)×1

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Prostý průměr $M=(11 \times 11) \times 1$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Prostý průměr $M=(15 \times 15) \times 1$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Prostý průměr $M=(17 \times 17) \times 1$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Gaussův filtr $\sigma=(1)\times 1$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Gaussův filtr $\sigma=(2)\times 1$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Gaussův filtr $\sigma=(3)\times 1$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Gaussův filtr $\sigma=(4)\times 1$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



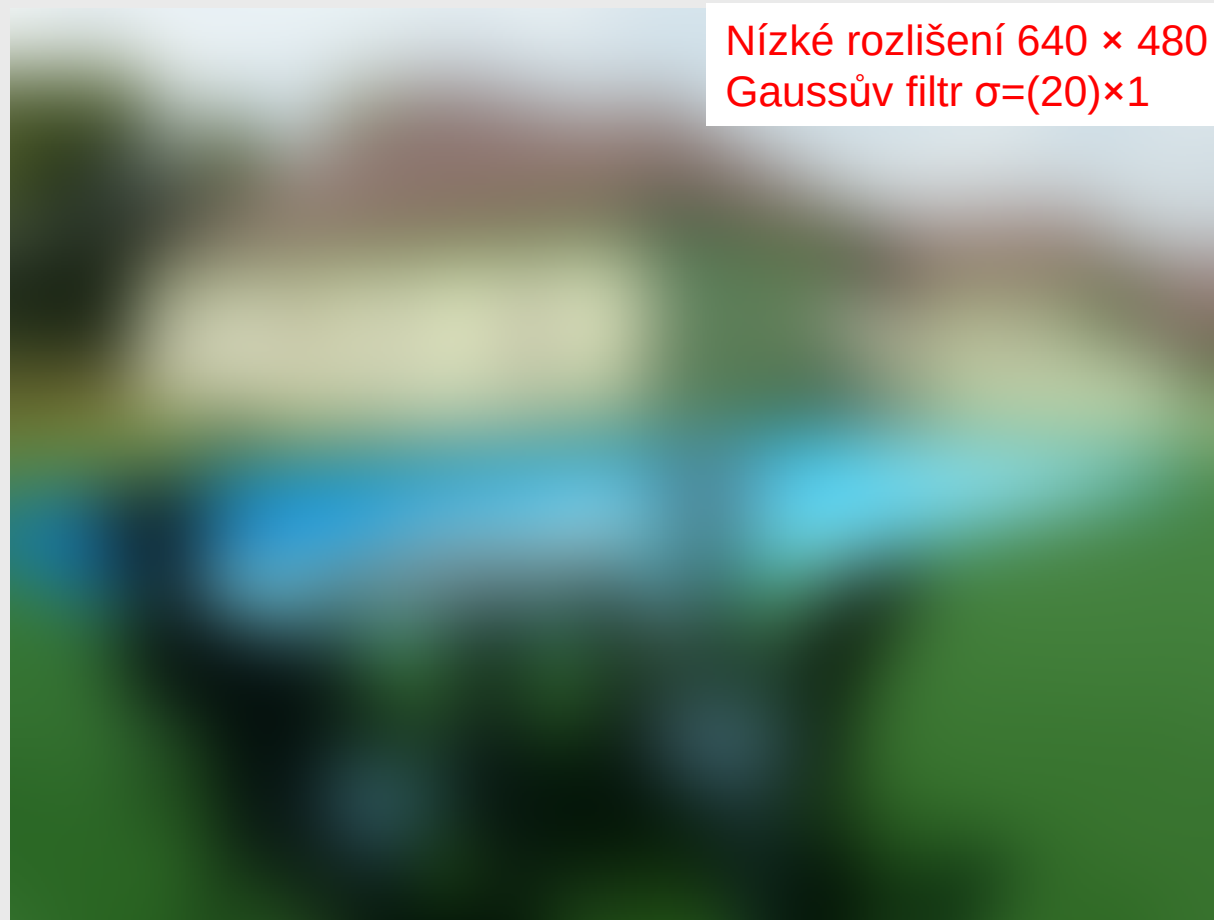
Nízké rozlišení 640 × 480
Gaussův filtr $\sigma=(5)\times 1$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



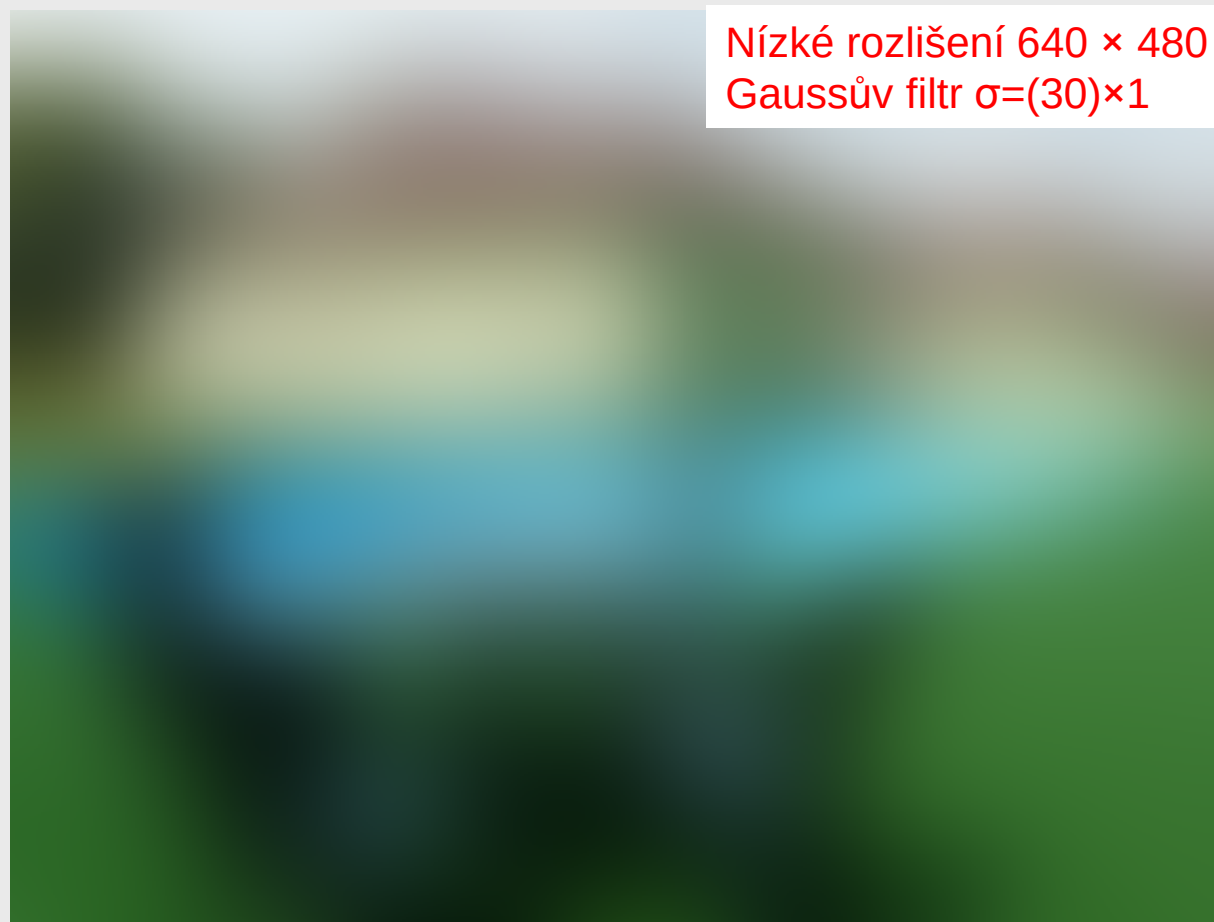
Nízké rozlišení 640 × 480
Gaussův filtr $\sigma=(10) \times 1$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



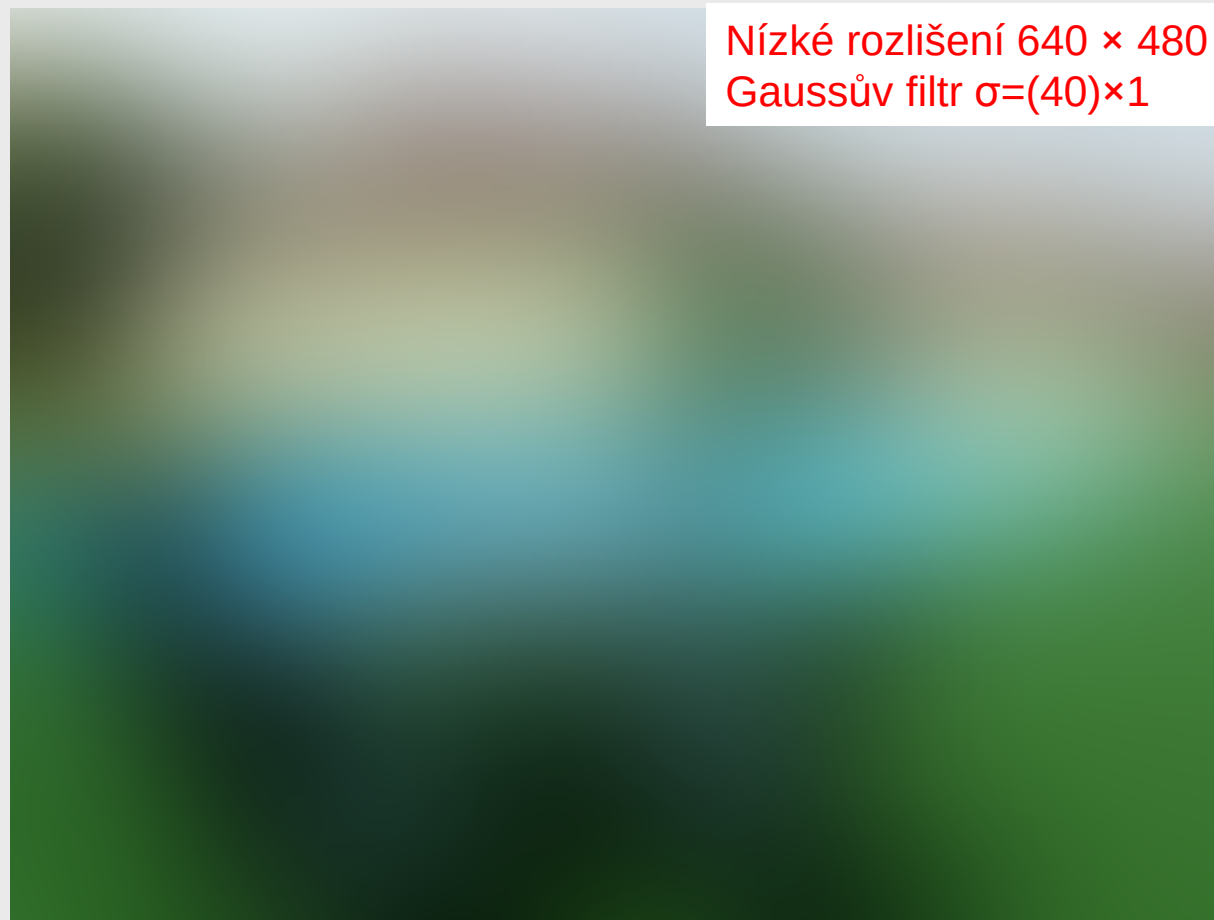
Nízké rozlišení 640 × 480
Gaussův filtr $\sigma=(20) \times 1$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



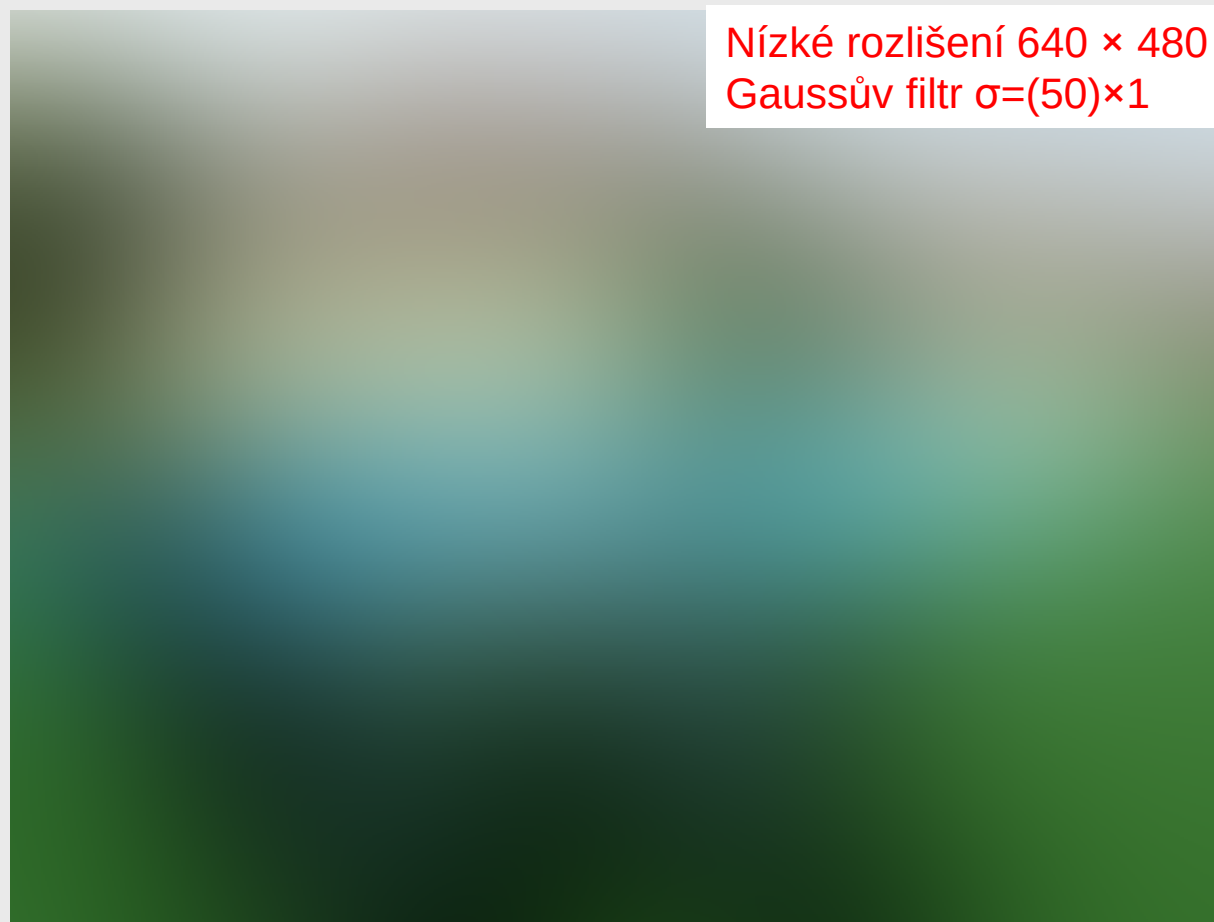
Nízké rozlišení 640×480
Gaussův filtr $\sigma=(30) \times 1$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



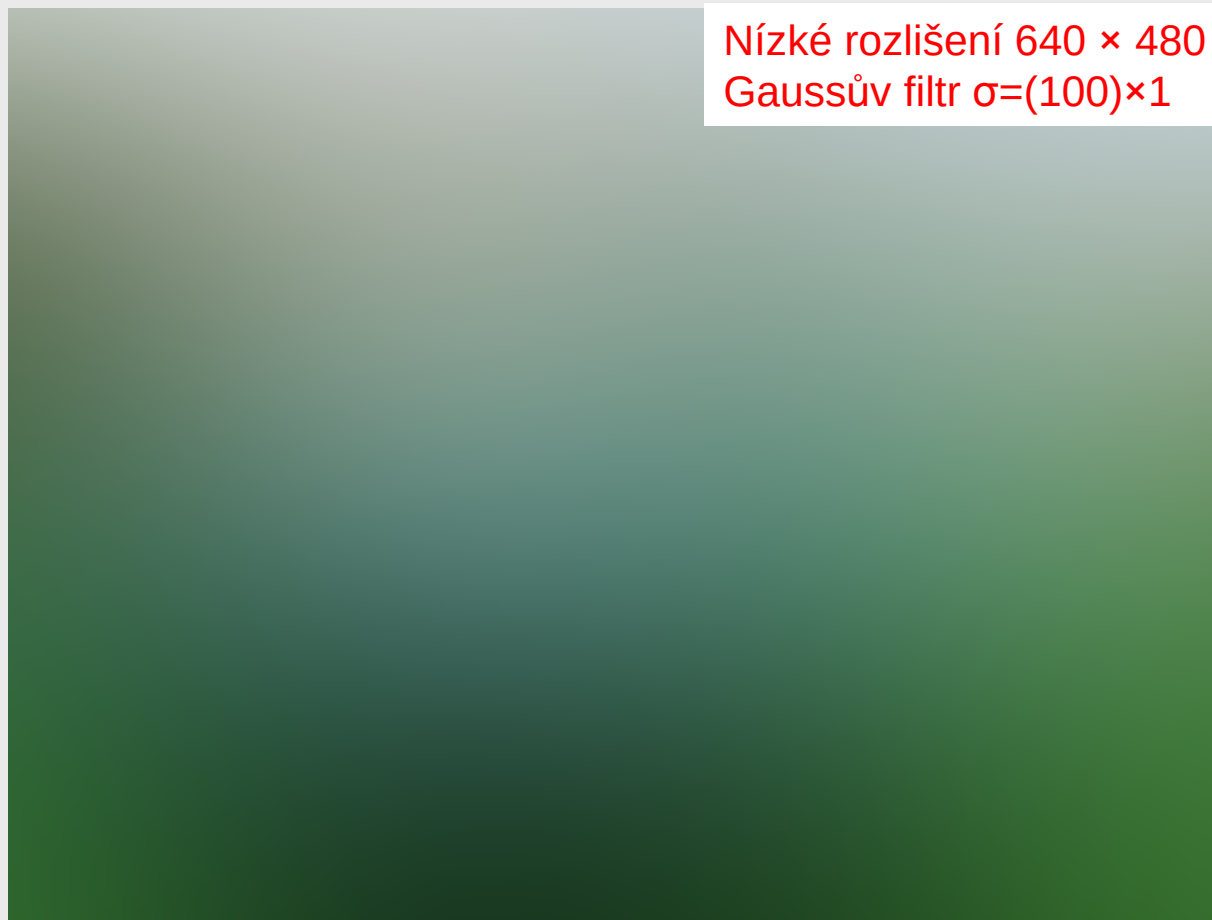
Nízké rozlišení 640×480
Gaussův filtr $\sigma=(40) \times 1$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Gaussův filtr $\sigma=(50) \times 1$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Gaussův filtr $\sigma=(100)\times 1$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry

Filtrace čistého obrazu kvantilovými filtry

Medián

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry

Nízké rozlišení 640 × 480



Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Medián $M=(3 \times 3) \times 4$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Medián M=(3×3)×5

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Medián $M=(3 \times 3) \times 1$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Medián M=(5×5)×1

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Medián $M=(7 \times 7) \times 1$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Medián $M=(19 \times 19) \times 1$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Medián $M=(21 \times 21) \times 1$

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry

Filtrace čistého obrazu kvantilovými filtry

Minimum

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Minimum M=(3×3)×1

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Minimum M=(5×5)×1

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Minimum M=(7×7)×1

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry

Filtrace čistého obrazu kvantilovými filtry

Maximum

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Maximum M=(3×3)×1

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Maximum M=(5×5)×1

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Maximum M=(7×7)×1

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry



Nízké rozlišení 640 × 480
Maximum M=(15×15)×1

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry

Filtrace čistého obrazu

Průměr versus Kvantily

Výsledky filtrace stejného obrazu různými filtry

Nízké rozlišení 640 × 480
Prostý průměr $M=(15 \times 15) \times 1$



Nízké rozlišení 640 × 480
Gaussův filtr $\sigma=(10) \times 1$



Vysoké rozlišení 1600 × 1200
Prostý průměr $M=(15 \times 15) \times 1$



Nízké rozlišení 640 × 480
Minimum $M=(15 \times 15) \times 1$



Nízké rozlišení 640 × 480
Medián $M=(15 \times 15) \times 1$



Nízké rozlišení 640 × 480
Maximum $M=(15 \times 15) \times 1$



Použitá a doporučená literatura

- Fundamental algorithms for computer graphics*. Springer study ed. Rae A. Earnshaw. Berlin [u.a.]: Springer, 1991, 1042 s..
- ACHARYA, Tinku a RAY. *Image processing: principles and applications*. Hoboken,: John Wiley, 2005, xx, 420 s.
- BRUCHANOV, Martin. *Základy zpracování obrazů*. Dostupné z: <http://bruxy.regnet.cz>
- BURGER, Wilhelm a Mark James BURGE. *Digital image processing: an algorithmic introduction using Java*. 1st ed. New York: Springer, c2008, xx, 564 s.
- DOBEŠ, Michal. *Zpracování obrazu a algoritmy v C#*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2008, 143 s.
- EKSTROM, Michael P. *Digital image processing techniques*. New York: Academic Press, 1984, xiii, 372 p., [1] leaf of plates.
- GALETKA, Marek. *Obrazová analýza rovinného řezu pěnou*. Zlín, 2010. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- GONZALEZ, Rafael C. a Richard E. WOODS. *Digital image processing*. Reading, Mass.: Addison-Wesley, c1992, xvi, 716 p.
- HLAVÁČ, Václav a Miloš SEDLÁČEK. *Zpracování signálů a obrazů*. Vyd. 2. Praha: ČVUT, 2005, 255 s.
- HLAVÁČ, Václav a Milan ŠONKA. *Počítačové vidění*. Praha: Grada, 1992, 272 s.
- JÄHNE, Bernd. *Practical handbook on image processing for scientific and technical applications*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2004, xiii, 610 s.
- JÄHNE, Bernd. *Digital image processing: concepts, algorithms, and scientific applications*. 6th rev. and extended. New York, NY: Springer, 2005, 607 s.
- JAIN, Anil K. *Fundamentals of digital image processing*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, c1989, xxi, 569 p.
- JAYARAMAN, S., ESAKKIRAJAN a T. VEERAKUMAR. *Digital image processing*. New Delhi: Tata McGraw Hill Education, 2009, 723 s.
- KOPEČNÝ, Jan. *Základy fyziky: Modul 4 - Optika a tomové jádro*. Ostrava: VŠB.
- KORBÁŘOVÁ, A. *Obrazová analýza*. Praha: VŠCHT, 2007.
- KOŠTÁL, R. *Optické soustavy*. SPN, 1979.
- LOW, Adrian. *Introductory computer vision and image processing*. New York: McGraw-Hill, c1991, xii, 244 p., [4] p. of plates.
- LUKÁŠ, Jan. *Využití obrazové analýzy v rostlinolékařské praxi*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2008.
- MARCHAND-MAILLET, Stéphane a Yazid M. SHARAIHA. *Binary digital image processing: a discrete approach*. San Diego: Academic Press, 2000, 251 s.
- MILITKÝ, Jiří. *Obrazová analýza a MATLAB*. Liberec: TU, 2002.
- MIURA, Kota. *Basics of Image Processing and Analysis*. Heidelberg: Centre for Molecular & Cellular Imaging, 2012.
- MONTABONE, Sebastian. *Beginning digital image processing using free tools for photographers*. New York, NY: Apress, 2010, 312 s.
- PRATT, William K. *Digital image processing: PIKS Scientific inside*. 4th ed. Hoboken, N.J.: Wiley-Interscience, 2007, 808 s.
- ROGERS, David F. a Rae A. EARNSHAW. *Computer graphics techniques: theory and practice*. New York: Springer-Verlag, c1990, 542 p.
- RUSS, John C. *The image processing handbook*. 6th ed. Boca Raton: CRC Press, 2011, xviii, 867 p.
- SERRA, J. *Image analysis and mathematical morphology*. English version. London: Academic, 1984, 610 s.
- SCHMID, Petr. *Kamerové systémy: Snímání obrazu*. Blatná: SOU Blatná, 2011, 5 s.
- SOJKA, Eduard. *Digitální zpracování a analýza obrazů*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2000, 133 s.
- STRACHOTA, Pavel. *Teorie signálu pro počítačovou grafiku*. Praha: ČVUT, 2012.
- SVOBODA, Tomáš, Jan KYBIC a Václav Hlaváč. *Image processing, analysis, and machine vision: a MATLAB companion*. Toronto: Thomson, 2008, xi, 255 s.
- WOJNAR, Leszek. *Image analysis: applications in materials engineering*. Boca Raton, FL: CRC Press, c1999, 245 p.
- YADAV, Abhishak a Poonam YADAV. *Digital Image Processing*. India: Laxmi Publications, 2009, 224 s.
- ZMEŠKAL, O., M. JULÍNEK a T. BŽATEK. *Obrazová analýza povrchu potiskovaných materiálů a potištěných ploch*. Brno: VUT.
- ZMEŠKAL, O., O. SEDLÁK a M. NEŽÁDAL. *Metody obrazové analýzy dat*. Brno: VUT, 2002. Dostupné z: <http://www.fch.vutbr.cz/lectures/imagesci/harfa.htm>