

# Získávání a analýza obrazové informace

## Operace s obrazem I

Biofyzikální ústav Lékařské fakulty Masarykovy univerzity Brno  
prezentace je součástí projektu FRVŠ č.2487/2011

- 1 Filtrování obrazu
- 2 Lineární a nelineární filtry
- 3 Fourierova transformace

# Filtrování obrazu

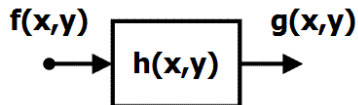
## Filtrace

- Filtrace je matematický proces, který transformuje data takovým způsobem, že jsou v obraze zvýrazněny nebo potlačeny určité struktury.
- Filtrace se využívá k vyhlazování obrazu, potlačení šumu, zvýraznění kontrastu, detekci hran, rekonstrukci obrazu, detekci a klasifikaci objektů v obraze, apod.

# Filtrování obrazu

## Filtrace

- Jedná se o konvoluci dvou funkcí: transformační funkce filtru a obrazové funkce. Cílem je úprava hodnoty obrazového bodu výstupního obrazu s vazbou na hodnotu obrazového bodu vstupního obrazu a jeho okolí definované maskou (filtrem), která může mít různé tvary a velikost.



$$g(x, y) = h(x, y) * f(x, y)$$

# Filtrování obrazu

## Lokální operace s obrazem

- Každý bod  $g(x, y)$  výstupního obrazu je ovlivňován jen body  $f(x, y)$  vstupního obrazu pokrytými vhodnou maskou (filtrem).
- Velikosti masek se obvykle pohybují od  $3 \times 3$  po  $9 \times 9$  a mohou být založeny na lineárních i nelineárních operacích.
- Obvyklé operace jsou průměr z okolí, medián z okolí, maximum, minimum, modus, laplacián, rozptyl, směrodatná odchylka, aj.
- Masky je položena na vstupní obraz tak, aby její střed splynul s bodem o souřadnicích  $(x, y)$  a hodnota bodu o těchto souřadnicích ve výstupním obraze se vypočte jako kombinace pokrytých prvků vstupu.
- Lokální operace slouží zejména k potlačení šumu, ostření obrazu, přípravě pro segmentaci nebo pro morfologické operace s obrazem.

# Filtrování obrazu

## Potlačení šumu

- Cílem zvýšit poměr signál-šum v obraze.
- Prvky výstupního obrazu jsou vypočteny průměrováním a váhováním prvků vstupního obrazu pokrytých maskou.
- Průměrující operátory fungují jako dolnoproputné filtry, které omezují vysoké prostorové frekvence (hrany, detaily).  
Potlačení šumu v oblastech obrazu, kde není velikost signálu konstantní, se proto projeví nežádoucí ztrátou ostrosti. Je tedy nutné volit kompromis mezi mírou potlačení šumu a ztrátou ostrosti obrazu.
- Lze využít např. adaptivní změny velikosti masky: pro homogenní oblasti obrazu se volí větší masky, pro oblasti obrazu s velkým rozptylem signálu se volí masky menších rozměrů.

# Filtrování obrazu

## Potlačení šumu

- Lineární operátory pro potlačení šumu postihují všechny body obrazu stejnou měrou.
- V praxi se však často setkáváme např. s šumem typu pepř a sůl, který postihuje jen izolované body obrazu. Cílem filtrace je tento prvek najít (např. srovnáním hodnoty bodu s průměrem okolí) a rušení eliminovat aproximativní hodnotou interpolace ze sousedních hodnot.
- Vhodné jsou např. nelineární mediánové filtry, které setřídí hodnoty vstupního obrazu pod maskou podle velikosti a do výsledného obrazu dosadí hodnotu prostředního prvku posloupnosti.

# Filtrování obrazu

## Ostření obrazu

- Ostření je operace opačná k operaci potlačení šumu.
- Zatímco lokální průměrování má charakter dolnoproputných filtrů, ostřicí operátory naopak zvyšují podíl složek s vyššími prostorovými frekvencemi, které nesou informaci o detailech a hranách. Současně však do výsledného obrazu zavádějí nechtěný šum.
- Musí se volit kompromis: ostření je možné jen do té míry, aby nedošlo k neúnosnému zhoršení signálu šumem.
- Operátory ostření jsou obvykle založeny na diferencích prvního (gradientní operátory) nebo druhého řádu (operátory typu Laplacián).



# Filtrování obrazu

## Ostření pomocí gradientních operátorů

- Mohou aproximovat velikost (absolutní hodnotu) nebo i směr gradientu např. jasu v obraze. Operátory citlivé na směr gradientu se označují jako kompasové masky.

$$|\nabla f(x, y)| = \sqrt{\left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial y}\right)^2}$$

- První diference jsou citlivé na šum, proto se v praxi používá často průměrování sousedních hodnot diferencí, popř. také diference přes dva obrazové prvky, které jsou symetrické přes střed masky. Hodnota prostředního odhadu může být často zdůrazněna. Masky citlivé na vodorovné hrany, svislé hrany, hrany rovnoběžné s osou prvního kvadrantu a hrany rovnoběžné s osou třetího kvadrantu.

# Filtrování obrazu

## Ostření pomocí operátorů typu Laplacián

- Operátory typu Laplacián jsou založeny na diferencích druhého řádu.

$$\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$$

- Pro různé směry se opět používají různé masky.
- Operátory jsou poněkud méně citlivé na šum. Obecně tyto operátory však šum zdůrazňují velmi silně.

# Filtrování obrazu

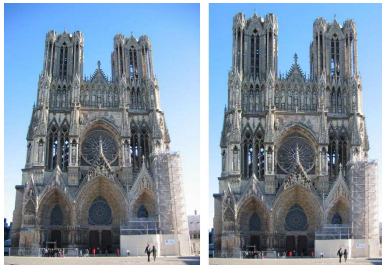
## Globální úpravy obrazu

- Slouží k úpravě obrazu jako celku.
- Každý prvek  $g(x,y)$  výstupního obrazu je ovlivněn všemi prvky  $f(x,y)$  vstupního obrazu.
- Patří sem zejména restaurační mechanismy (odstranění zkreslení v obraze, rekonstrukce obrazu z projekcí, rekonstrukce hloubkového rozměru, potlačení šumu, aj.) nebo dvourozměrné transformace obrazu (např. Fourierova transformace, kosinová transformace, aj.).
- S výhodou lze globální úpravy použít také při kompresi obrazových dat, pro texturní analýzu nebo pro rozpoznávání objektů.

# Filtrování obrazu

## Geometrická restituce

- Jejím cílem je odstranit geometrická zkreslení v obraze.
- Hledáme vztah pro transformaci mezi souřadnicemi originálního zkresleného obrazu.
- Pokud takovou transformaci známe, můžeme ke každému bodu restaurovaného obrazu nalézt odpovídající bod ve zkresleném obraze a jeho hodnotu přenést na správné místo.
- Riziko vzniku různých artefaktů.



# Filtrování obrazu

## Rekonstrukce obrazu z projekcí

- Rekonstrukce  $2D$  obrazu ze souboru  $1D$  projekcí.
- Cílem je získat informaci o rozložení sledovaného parametru uvnitř trojrozměrného objektu. Metoda se využívá např. u tomografických metod (CT, MRI, PET, SPECT, aj.) pro zobrazení vnitřní struktury těla.
- Jednotlivé  $1D$  projekce jsou v podstatě směry (přímky), podél kterých se integruje sledovaný parametr (např. útlum RTG záření).
- Hodnota získaná touto integrací se označuje jako paprskový integrál.

# Filtrování obrazu

## Rekonstrukce obrazu z projekcí

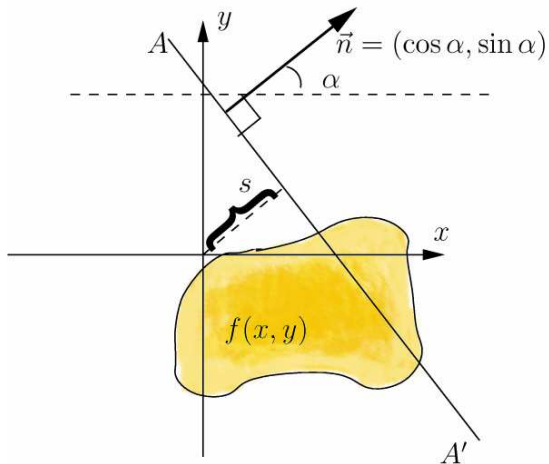
- Při spojitě změně úhlu  $\alpha$  a posunu  $s$  vzniká množina projekcí, kterou lze chápat jako spojitou funkci dvou proměnných:

$$P(s, \alpha) = \int_{-\infty}^{\infty} f((t \sin \alpha + s \cos \alpha), (-t \cos \alpha + s \sin \alpha)) dt$$

- $P(s, \alpha)$  je Radonova transformace funkce  $f(x, y)$ .
- Rekonstrukce obrazu z projekcí pomocí inverzní Radonovy transformace je hledáním původního tvaru funkce  $f(x, y)$ , která nese informaci o rozložení sledovaného parametru v rovině  $x - y$ .
- V reálných situacích musíme pro rekonstrukci obrazu použít diskrétní Radonovu transformaci, protože dokážeme objekt nasnímat vždy jen konečným počtem projekcí.
- Z více rovin lze rekonstruovat 3D obraz objektu.

# Filtrování obrazu

Rekonstrukce obrazu z projekcí



# Filtrování obrazu

## Rekonstrukce hloubkového rozměru

- Metoda rekonstrukce třetího rozměru na základě stereoskopických obrazů objektu.
- Třetí rozměr se vypočítává z rozdílů ve snímcích, které byly pořízeny z minimálně dvou různých úhlů.
- Mapa rozdílů mezi snímky udává pro každý pixel obrazu velikost a směr diferenčního vektoru k odpovídajícímu bodu v druhém párovém snímku. Na základě rozdílové mapy lze určit např. také směr a rychlost pohybu.



# Lineární a nelinerární filtry

## Lineární filtry

- Výsledná hodnota obrazového bodu je dána sumou součinů hodnot okolních obrazových bodů a příslušných konstantních váhových koeficientů.
- Filtry reprezentuje pro celý obraz jedna jedniná matice koeficientů – konvoluční matice.
- Separabilní filtry jsou zvláštní skupinou, jejíž konvoluční matice lze rozložit na součin řádkového a sloupcového vektoru.
- Obvykle rychlejší výpočet, výsledek je však limitován.
- Příklady: Průměrový filtr, Gaussův filtr, gradientní filtry.

# Lineární a nelineární filtry

## Nelineární filtry

- Dosazují za hodnotu obrazového bodu ve výstupním obrazu prakticky libovolnou kombinaci hodnot bodů vstupních a popř. i souřadnic.
- Výsledky mohou být mnohem zajímavější, nicméně hůře se predikuje výsledek.
- Výpočet filtrace složitějšími filtry je poměrně náročný.
- Příklady jednoduchých nelineárních filtrů: mediánový filtr, filtr typu minimum a maximum, filtr typu rozptyl.
- Příklady složitých nelineárních filtrů: dilatace, eroze, skeletonizace.

- Převádí signál z časové oblasti do oblasti spektrální (frekvenční).
- Fourierova transformace slouží ke spektrální analýze obrazu, využívá se při rozpoznávání textur, detekci objektů nebo při kompresi obrazu.
- Přímá a inverzní Fourierova transformace jsou definovány vztahy:

$$\mathcal{DFT}\{f(x, y)\} = F(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \cdot e^{-i(ux+vy)} dx dy$$

$$\mathcal{DFT}^{-1}\{F(u, v)\} = f(x, y) = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) e^{i(ux+vy)} du dv$$

Děkuji vám za pozornost

