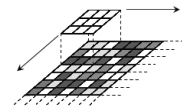


Metody zvýrazňování obrazu II

Prostorová zvýraznění - filtrace



Princip filtrace obrazu

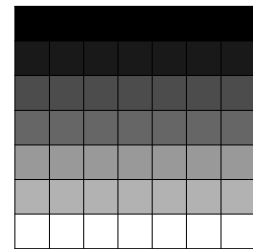
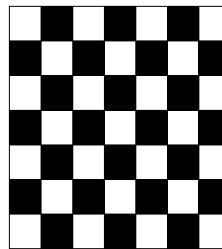


- Filtrace patří mezi operace prostorové
- Nová DN hodnotu určitého obrazového prvku je určena v závislosti na hodnotách určitého počtu prvků okolních.
- Filtrace se využívá v řadě úloh jako je tzv. shlazování snímku, zvýrazňování a detekce hran, úprava výsledků klasifikace apod.

Prostorová frekvence (spatial frequency).

- Prostorová frekvence charakterizuje relativní změnu DN hodnoty daného pixelu vůči DN hodnotám pixelů okolních.
- Obrazový záznam obsahuje **vysokofrekvenční** a **nízkofrekvenční prostorovou informaci**. Jejich souhrn tvoří originální obraz.
- Vysoké frekvence popisují velké rozdíly v hodnotách pixelů při přechodu z jednoho pixelu na druhý - představují tedy především liniové prvky v obraze (litologické zóny, říční síť, komunikace, přírodní hranice).
- Nízké frekvence popisují postupné změny v hodnotách pixelů - vodní plochy, velká pole, lesní komplexy atd.

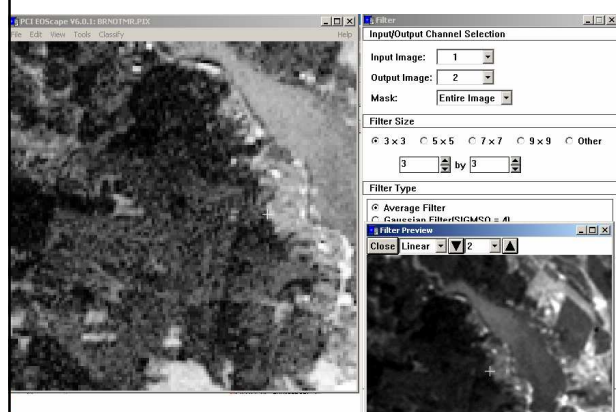
Příklad vysokofrekvenční a nízkofrekvenční informace v obraze

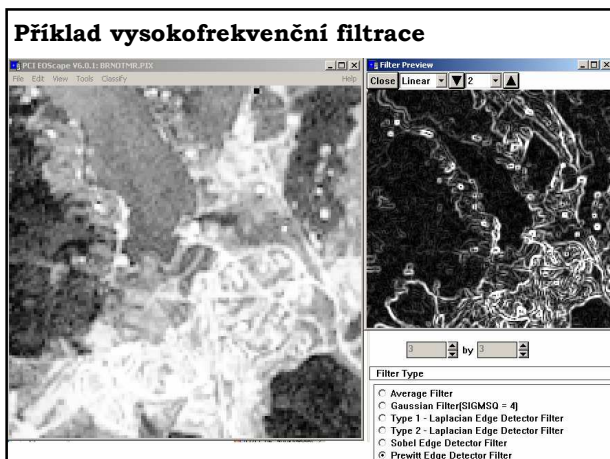


Základní druhy filtrů

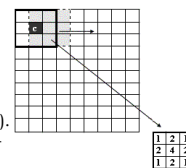
- Funkcí filtrů je "prosít" (propouštět) do výsledného obrazu pouze určitý typ informace.
- **Vysokofrekvenční filtry** propouštějí vysokofrekvenční informaci - tedy všechny lokální extrémy obrazu včetně linií a hran.
- **Nízkofrekvenční filtry** propouštějí pouze nízkofrekvenční informaci a produkují tak obrazy, které jsou oproti původním tzv. "shlazené" obdobně, jako jsou shlazovány např. časové řady tzv. klouzavými průměry.

Příklad nízkofrekvenční filtrace





Princip filtrace obrazu



- Je definováno tzv. **filtrovací okno**. Je představováno čtvercovou maticí o lichém počtu řádků a sloupců (např. 3 x 3, 5 x 5 atd). Každý pixel tohoto okna obsahuje koeficient - váhu.
- Filtrovaný obraz je pak generován násobením každého koeficientu v okně hodnotou pixelu z originálního snímku podle současné polohy okna.
- Výsledek je přiřazen centrálnímu pixelu ve filtrovaném snímku.
- Okno se posouvá po snímku po jednom pixelu pohybem, který bývá označován jako „konvoluce“.
- Okrajové pixely po obvodu snímku, aby mohly být centrálním pixelem okna, jsou v průběhu filtrovací operace replikovány nebo je výsledný filtrovaný snímek zmenšen o polovinu šířky filtrovacího okna minus 1 na každé straně.

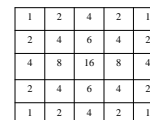
Nízkofrekvenční filtrace

- **Potlačují vysokofrekvenční informaci v obraze - redukuje odchylky centrálního pixelu od svého okolí.**
- **Produkují obraz, který je oproti originálnímu shladený - vždy tedy určitým způsobem zmenšují rozptyl hodnot pixelů v rámci filtrovacího okna.**
- **Stupeň shlazení je přímo úměrný velikosti použitého filtrovacího okna - čím větší okno, tím větší shlazení.**
- **Nízkofrekvenční filtry tedy mají tendenci redukovat rozsah výstupních hodnot odstínů šedi a často je tedy nutné po filtraci snímku přistoupit ke zvýraznění jeho kontrastu.**
- **Běžnými nízkofrekvenčními filtry jsou např. průměrový filtr, gaussovský filtr, mediánový filtr apod.**

Průměrový filtr



filtry s hodnotami váženými vzdáleností (distance weighted filter),



Modifikací průměrových filtrů mohou být filtry, které počítají novou hodnotu pixelu ve filtrovaném obraze jako aritmetický průměr pixelů ve filtrovacím okně, avšak bez hodnoty středového pixelu. Takovýto filtr je užitečný k odstranění tzv. „bitových“ chyb.

Filtry s váženým středem (center weighted filter)

- Filtrovaný pixel dostává větší nebo menší váhu než pixely v jeho okolí.
- Dostává-li střední pixel vyšší váhu, je shlazení menší.
- Dostává-li střední pixel menší váhu, je z obrazu odstraněn šum.

Nízkofrekvenční filtry se dále využívají ke shlazení obrazu před jeho vizuální interpretací.

Majoritní filtry – slouží k úpravě výsledků klasifikace. Modální filtr přiřadí danému pixelu hodnotu módu - tedy nejčastější hodnotu v daném filtrovacím okně. Jeho výhodou tedy je, že v takto filtrovaném obraze zůstanou zachovány pouze hodnoty z obrazu původního.

Sieve filtr (sieve = síto - odstraní např. z výsledků klasifikace plochy, které jsou menší než zadaná prahová hodnota. Pixelům těchto malých ploch je přiřazena hodnota pixelů největší sousední plochy a jsou tedy „připojeni“ k této ploše. Slouží k úpravě výsledků klasifikace.

Filtrace rotujícím oknem

-1	-1	-1
2	2	2
-1	-1	-1

-1	2	-1
-1	2	-1
-1	2	-1

2	-1	-1
-1	2	-1
-1	-1	2

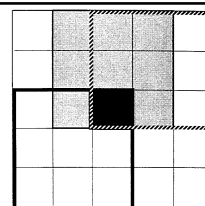
-1	-1	2
-1	2	-1
2	-1	-1

- V tomto případě se okolí filtrovaného obrazového prvku o velikosti 3 x 3 pixely porovnává se předem definovanými vzorovými filtrovacími okny.
- Odpovídající si prvky okolí filtrovaného pixelu a okolí vzorového se vzájemně vynásobí.
- Vzorového okolí s minimální výslednou hodnotou se použije jako průměrového filtru.

Filtrace radarového snímku

(local region filter)

- = pixel of interest
- = North region
- ▨ = NE region
- = SW region



Okénko je rozděleno do osmi částí, pro každou část (region) je vypočtena hodnota rozptylu:

$$\sigma = \frac{DN_{i,j} - DN_{prum}}{n-1}$$

Hodnota zpracovávaného pixelu je nahrazena průměrnou hodnotou pixelů z regionu, který vykazuje minimální hodnotu rozptylu

Vysokofrekvenční filtry

- Obecnou funkci těchto filtrů je tedy určitým způsobem zvýšit rozdíl hodnot mezi filtrovaným centrálním pixelem a jeho okolím.
- Tyto rozdíly reprezentují především hrany a linie.
- Hranou v obraze rozumíme hranici mezi dvěma různými povrchy - například okraj lesa. Na rozdíl od linie má hrana „nulovou“ šířku.
- Linie potom v obraze reprezentují především komunikace, vodní toky a podobně.
- Vysokofrekvenční filtry obecně zdůrazňují objekty, které jsou menší než polovina filtrovacího okna, širší objekty potlačují. Proto se i zde používají různé velikosti filtrů.

„Ostřicí“ filtry

Každý obraz lze považovat za průnik množin představujících vysokofrekvenční a nízkofrekvenční informaci.

Vysokofrekvenční informaci lze získat také odečtením nízkofrekvenční informace od původního obrazu.

Tyto filtry se nazývají diferenční (high pass differential). Na tomto principu je založen také například tzv. zostrující filtr (edge sharpening filter).

Nejprve je původní obraz filtrován průměrovým filtrem, který potlačí linie a hrany.

Takto shladený obraz je odečten od obrazu originálního, čímž obdržíme obraz, v němž je vysokofrekvenční informace o hranách a liniích zachována.

Nakonec je tento obraz přičten k obrazu původnímu, čímž obdržíme výsledek, ve kterém jsou hrany a linie „ostřejší“ ohraničeny vůči okolí.

Ostření (sharpening) obrazu nebo detekce a zvýraznění linií a hran slouží k následné vektorizaci liniových prvků v obraze.

Laplaceovské filtry

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

- Váhy v jednotlivých pozicích filtrovacího okna jsou definovány tak, že váha středového členu je rovna součtu vah všech členů sousedních
- Suma všech vah je rovna nule.
- Filtr potom produkuje na výstupu nulové hodnoty v homogenních částech obrazu a naopak vysoké či nízké hodnoty pro ty pixely, jejichž hodnota v originálním obraze je větší resp. menší než hodnota okolních pixelů.

Sobelův filtr

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

X

Y

- Filtry mohou v obraze zdůrazňovat hrany nebo linie pouze určitého směru (orientace).
- Sobelův filtr zdůrazňuje všechny horizontální a vertikální hrany a linie v originálním obraze.
- V některých případech je možné obě uvedená okna kombinovat a vypočíst tzv. Sobelův gradient.
- Pro každý směr je vypočtena hodnota X a Y jako suma součinů příslušné váhy ve filtrovacím okně a hodnoty pixelu.
- Výsledný Sobelův (SG) gradient se potom vypočte ze vztahu:

$$SG = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

Prewittův filtr

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

1	1	1
0	0	0
1	1	1

- Na stejném principu jako Sobelův filtr je založen tzv. Prewittův filtr a gradient k detekci hran v obraze
- Výpočet Prewittova gradientu probíhá podle stejného vzorce jako v případě Sobelova gradientu.

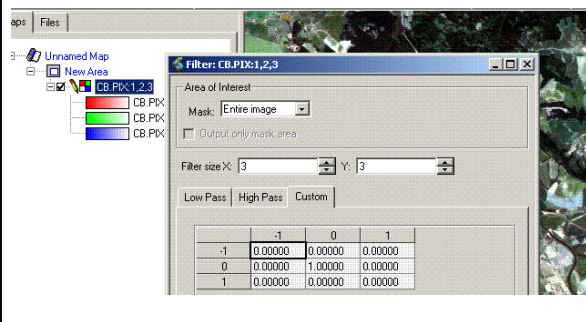
Filtry využívající mapové algebry (detekce a potlačení bitových chyb):

DN1	DN2	DN3
DN4	DN5	DN6
DN7	DN8	DN9

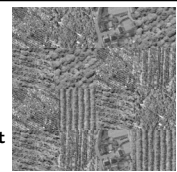
$PRUM1 = (DN1+DN3+DN7+DN9)/4$
 $PRUM2 = (DN2+DN4+DN6+DN8)/4$
 $DIFF = ABS (PRUM1 - PRUM2)$
 $PRAH = DIFF * VÁHA$
IF ABS (DN5-PRUM1) OR ABS (DN5-PRUM2) > PRAH
POTOM DN5' = PRUM2
JINAK DN5' = DN5

Čím menší váha, tím více pixelů bude považováno za šum ve snímku

Nástroje pro definování filtrů uživatelem (Geomatica)



Zvýraznění textury



- Textura je významným interpretačním znakem, v případě digitálního zpracování obrazu je však problematické texturu vyjádřit určitou číselnou charakteristikou.
- Textura je plošná proměnlivost tónu uvnitř obrazu a výrazná textura je typická především pro radarové snímky
- Filtry určené k definování textury v obraze jsou založeny na výpočtu různých statistických měr homogenity či naopak variability hodnot všech pixelů v rámci filtrovacího okna.
- Textura může být charakterizována rozptylem hodnot, variačním koeficientem, koeficientem šikmosti či špičatosti, entropií apod.
- Na rozdíl od výše uvedených filtrací je k definování textury často nutné definovat poměrně velké rozměry filtrovacího okna.

Zvýraznění textury

Většina měr textury je založena na GLCM (Grey Level Co-occurrence Matrix)

Je to čtvercová matice, která vyjadřuje, jak často se určité kombinace DN hodnot pixelů v obraze vyskytují.

Z GLCM lze vypočítat popisné charakteristiky textury. Těch potom můžeme využít např. jako vstupu do klasifikace.

0	0	1	1
0	0	1	1
0	2	2	2
2	2	3	3

0	0	1	2	3
0	2	2	1	0
1	0	2	0	0
2	0	0	3	1
3	0	0	0	1

Většina měr textury je **váženým průměrem** buněk GLCM

Míry textury

	0	1	2	3
0	2	2	1	0
1	0	2	0	0
2	0	0	3	1
3	0	0	0	1

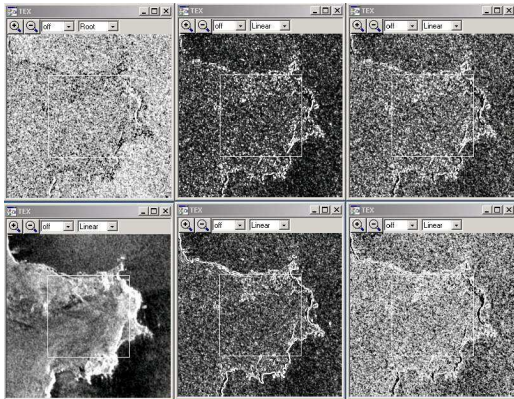
Kontrast jako míra textury - **vážený průměr** buněk GLCM.

$$Kontrast = \sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j} \cdot (i - j)^2$$

Interpretace: Je-li i a j stejné (na diagonále) váha je 0. Liší-li se i a j o 1 váha je 1, liší-li se o 2 váha je 4 atd. Váhy exponenciálně rostou.

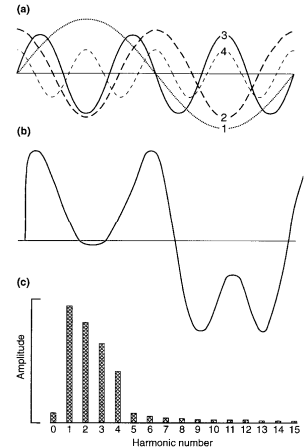
Výsledkem zpracování jsou snímky zvýrazňující resp. kvantifikující texturu (**texture image**)

Texture image

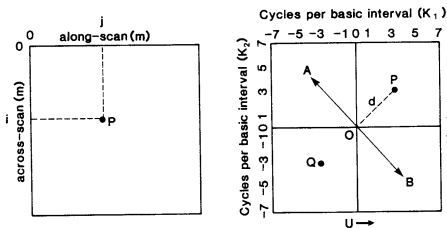


Fourierovy transformace

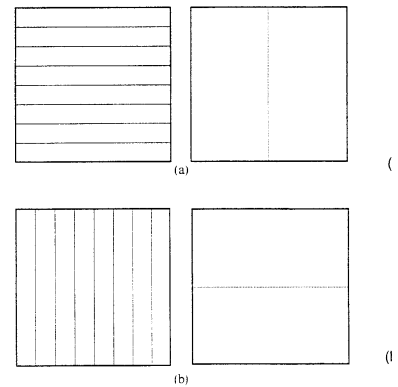
Prostřednictvím tzv. Fourierových transformací lze průběh jakékoliv jednorozměrné spojité funkce $f(x)$ popsat pomocí série trigonometrických funkcí \sin a \cos o různých amplitudách a frekvencích.



Fourierovy transformace obrazu

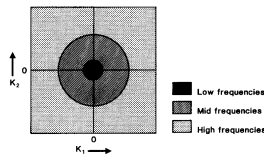


Fourierovy transformace obrazu



Fourierovy transformace

• Snímek transformovaný do jednotlivých frekvencí je možné zobrazit ve dvouřizměrném poli jako Fourierovo spektrum



- Nízké frekvence v originálním obraze odpovídají střední části spektra, vysoké frekvence se posouvají k jeho okrajům
- Ze spektra lze vyčíst orientaci hran a linií reprezentovaných danými frekvencemi. Hrany a linie orientované horizontálně v originálním obraze jsou ve Fourierově spektru prezentovány jeho vertikální složkou a naopak.
- Stupeň šedi ve Fourierově spektru vyjadřuje četnost výskytu dané frekvence v obraze.

Fourierovy transformace

- Uvedené frekvenční spektrum lze tzv. inverzní Fourierovou transformací převést zpět do prostorového souřadného systému a rekonstruovat tak původní obraz.
- Pokud tedy před touto inverzní transformací jsou z Fourierova spektra odstraněny určité frekvence, výsledný zrekonstruovaný obraz může být upraven podobně jako v případě použití nízko- či vysokofrekvenčního filtru.
- Fourierovy transformace lze využít k potlačení šumu, k odstranění pruhů, k detekci linií a hran.

