

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA  
V PRAZE**

**CZECH UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES PRAGUE**

**PROVOZNĚ EKONOMICKÁ FAKULTA**

**FACULTY OF ECONOMICS AND MANAGEMENT**



**Digitální zpracování obrazové informace**

**Autor práce**  
**Autor**

**Vladimír Příbyl**

**Vedoucí práce**  
**Supervisor**

**doc. RNDr. Dana Klimešová, CSc.**

**Praha Červen 2007**

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Digitální zpracování obrazové informace“ vypracoval samostatně za použití níže uvedené literatury a zdrojů, svých poznatků a zvláště pak na základě odborných konzultací s vedoucí bakalářské práce doc. RNDr. Danou Klimešovou CSc.

V Praze dne 25.6.2007

.....  
Vladimír Příbyl

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucí bakalářské práce paní doc. RNDr. Daně Klimešové CSc. za cenné rady, připomínky a odbornou pomoc při zpracování bakalářské práce. Dále děkuji všem, kteří mi poskytli data a materiály potřebné ke zpracování bakalářské práce, zejména bych rád poděkoval pedagogům KII PEF za informace poskytnuté při výuce.

## **Souhrn**

Cílem této bakalářské práce je návrh a zhodnocení filtrů pro vybranou skupinu snímků lišících se od sebe navzájem svým obsahem a především účelem, za kterým byly pořízeny. Teoretická část reprezentovaná literární rešerší by měla čtenáři poskytovat dostatek informací potřebných pro pochopení problematiky digitálního zpracování obrazových informací a měla by přispět k pochopení jednotlivých úprav snímků. Pojmy, obsažené v literární rešerši, patří mezi ty základní, bez nichž se člověk při upravování digitálního obrazu neobejde. Jednotlivé popisované metody úprav jsou doprovázeny názornými ukázkami blíže specifikujícími příslušné modifikace obrazu.

## **Klíčová slova**

alias, antialiasing, histogram, šum, rekonstrukce, zvýraznění, konvoluce

## **Summary**

The aim of this Bachelor work is to propose and evaluate the filters for the selected group of pictures varying one from another in the content and mostly in the purpose, they have been taken for. The theoretical part representing the literary solution should provide enough useful information for readers. The readers could then easily understand the problem of digital processing of picture information and they should also be able to make sense of single pictures' adjustment. Terms which are included in the literal retrieval belong to the basic ones, without them we would not be able to edit the digital pictures. Individual described methods of editing are accompanied with the illustrations that more closely specify the appropriate picture modifications.

## **Key words**

alias, antialiasing, histogram, noise, reconstruction, overstriking, convolution

# Obsah

1.	Úvod.....	6
2.	Cíl práce a metodika.....	7
3.	Literární rešerše na téma rekonstrukce a zvýraznění obrazové informace .....	8
3.1.	Rekonstrukce.....	8
3.1.1.	Vzorkování.....	8
3.1.2.	Druhy šumu.....	9
3.1.2.1.	Gaussův šum .....	12
3.1.2.2.	Impulsní šum.....	12
3.1.3.	Odstraňování šumu z obrazu.....	12
3.1.3.1.	Konvoluce .....	12
3.1.3.2.	Obyčejné průměrování.....	13
3.1.3.3.	Ideální nízkofrekvenční filtr.....	13
3.1.3.4.	Medián .....	13
3.1.4.	Alias .....	14
3.1.5.	Antialiasing .....	15
3.1.5.1.	Pravidelné vzorkování s vyšší frekvencí.....	15
3.1.5.2.	Stochastické vzorkování .....	16
3.2.	Zvýraznění .....	17
3.2.1.	Histogram.....	17
3.2.1.1.	Změny histogramu .....	19
3.2.1.1.1.	Zvýšení a snížení jasu, změny kontrastu.....	20
3.2.2.	Vyzdvižení kontrastu .....	23
3.2.3.	Redukce škály úrovní šedi .....	24
3.3.	Analýza .....	25
4.	Možnosti použití a návrh filtrů pro vybranou množinu snímků .....	26
4.1.	Nízkofrekvenční filtry(NF).....	26
4.1.1.	Filtr obyčejné průměrování.....	27
4.1.2.	Filtr medián .....	28
4.2.	Vysokofrekvenční filtry (VF) .....	29
4.2.1.	Laplaceovské filtry .....	30
4.2.2.	Sobelův filtr.....	31
4.3.	Kombinace vysokofrekvenčních nízkofrekvenčních filtrů .....	32
4.4.	Aplikace filtrů na jednotlivé kanály RGB obrazu.....	33
5.	Vyhodnocení navržené aplikace .....	34
6.	Závěr .....	36
7.	Seznam literatury .....	37
7.1.	Internetové zdroje .....	37
8.	Přílohy.....	38

## 1. Úvod

Doba kinofilmů a klasických fotoaparátů je, jak se tak zdá, dávno pryč a nový rozměr získávají možnosti digitálního zpracování obrazu. Tento zvrat má své počátky v šedesátých letech dvacátého století na území Spojených států amerických, kde vědci ve vesmírné agentuře NASA potřebovali přenášet snímky ze satelitů na Zemi. To bylo možné realizovat v požadované kvalitě pouze díky digitální technologii, která kódovala snímky do posloupnosti nul a jedniček. Takovéto sekvence signálů pak byly a jsou přenášeny na Zem a jsou zpětně dekódovány do podoby snímků, z nichž následně vědci získávají potřebné informace nejen o okolních tělesech a uskupeních ve Vesmíru, ale také jsou schopni mnohem snáze a podrobněji popisovat povrch naší planety.

Za necelé půl století vývoje digitálního zpracování obrazu se dočkaly nejen technologie, ale i samotné postupy zpracování poměrně značných obměn co do kvality zpracování a především co do oblastí použití.

Zpracování obrazů pomocí prostředků digitální techniky, tedy počítačů, se v dnešní době promítlo do většiny lidských činností, což je také důvodem k tomu, aby zaměstnavatelé stále častěji ve svých inzerátech zmiňovali alespoň minimální znalosti obsluhy počítače. Počítače si tak našli cestu do oborů jako je medicína, kde hrají čím dál tím větší roli při stanovení diagnózy, pronikly do stavebnictví a architektury jakožto prostředky zkoumající materiály nedestruktivním způsobem, mají samozřejmě také své stálé místo na poli vědy a výzkumu, za což vděčí svým vlastnostem, které umožňují pozorovat děje a procesy na místech, kam lidské oko prostě není schopné dohlédnout.

Zmíněné příklady použití prostředků pro digitální zpracování informací jsou jen zanedbatelným procentem využitelnosti zpracování snímků v životě člověka. V mnoha případech se tak člověk stoprocentně spoléhá na techniku, a to velmi často i v případech, kdy se jedná o záchranu lidského života.

## 2. Cíl práce a metodika

Cílem této práce je zasvěcení čtenáře do problematiky zpracování obrazových informací pomocí počítačové techniky. Právě převod obrazů reálného světa do digitální podoby (tzv. digitalizace) s sebou nese řadu zkreslení a negativně působí na výsledný digitální výstup. Metody, vedoucí k odstranění těchto rušivých vlivů, budou proto předmětem literární rešerše a v závěru i elementem, který bude postupně odstraňován za pomoci softwarového prostředí programu ZODOP.

V prostředí zmíněného programu ZODOP verze 2.2.2.3 (Ústav teorie informace a automatizace AV ČR) budou představeny takové techniky, díky kterým je možné obraz nejen rekonstruovat, ale také s ním pracovat tak, že ve finální podobě jsou v obrazu zvýrazněny právě ty prvky, které uživatel nebyl schopen rozpoznat v originálu. Velikou devizou programu ZODOP je jeho maximální uživatelská přívětivost. Jako jeden z mála programů pro práci s grafikou totiž dovoluje uživateli upravovat jednotlivé aplikační nástroje podle toho, co je právě zapotřebí. Práce s programem tak není limitována strohými přednastavenými prostředky, ale dovoluje uživateli vytvářet i své vlastní nástroje s možností úprav všech detailů.

### **3. Literární rešerše na téma rekonstrukce a zvýraznění obrazové informace**

#### ***3.1. Rekonstrukce***

Rekonstrukce obrazu je jedním ze tří stádií digitálního zpracování obrazové informace. Spolu se zvýrazněním a analýzou tvoří posloupnost činností, vedoucích ke snímku s požadovanými znaky a potřebnými detaily. Je tak přinejmenším žádoucí si na začátku zpracování předem nadefinovat a určit požadavky na výstupní obraz.

Dříve než je možné se pustit do upravování digitálního obrazu, je nutné tento obraz nějakým způsobem získat, resp. převést do digitální podoby. Digitální obraz je možné získat z mnoha zdrojů. Mezi tyto zdroje patří digitální fotoaparáty, digitální scannery, popřípadě i jiná ne příliš rozšířená zařízení jakými jsou například snímače otisků prstů.

Principem převodu obrazu do digitálního světa je rozdělení spojitého obrazu na jednotlivé elementy uspořádané určitým způsobem do mapy bodů, nazývané vzorkovací maticí s rozměry  $M$  a  $N$ . Rozměry  $M$  a  $N$  představují jemnost rozdělení obrazu na jednotlivé body nazývané pixely. Rozdělením spojitého obrazu na jednotlivé fragmenty vzniká nový, diskrétní obraz.

Rekonstrukce obrazu v sobě ukrývá procedury a postupy, které vedou k redukci nebo k celkovému odstranění tzv. šumu z obrazu a dále jsou na obraz aplikovány metody připravující obraz k dalšímu zpracování. Řadu metod používaných v rekonstrukci je možné také zařadit do zvýraznění obrazu, což způsobuje jisté prolínání obou fází zpracování obrazu.

Již zmíněný šum je možné definovat jako novou informaci, jež byla přidána k původní prostřednictvím pořizovacího zařízení případně byla aditivována při transportu. [2] V obraze pak šum představují body vyznačující se velkým rozdílem hodnot sousedních bodů.

#### **3.1.1. Vzorkování**

Vzorkováním se označuje činnost, při které jsou v předem definovaných časových intervalech zaznamenávány hodnoty neboli vzorky spojitě funkce. Vzorkovací interval by se volí tak, aby jeho velikost byla menší nebo rovna polovině rozměru nejmenších detailů obrazu. Jednotlivé body, získané vzorkováním, se následně uspořádávají do vzorkovací matice převážně čtvercového tvaru (zminěné výše).



Vzorkování může být prováděno:

- a) bodově
- b) plošně

U bodového vzorkování je snímána vždy jen jedna hodnota v jednom určitém bodě. Z hlediska využití jde o nejběžnější metodu vzorkování v počítačové grafice.

Plošným vzorkováním se označuje postup, při kterém se hodnota vzorku určí z měření všech hodnot, například výpočtem průměru podle vztahu:

$$I_i = \frac{1}{\Delta x} \int_{x_0 + i\Delta x}^{x_0 + (i+1)\Delta x} f(t) dt,$$

kde  $\Delta x$  je vzdálenost vzorků a  $I_i$  je funkce získaná pravidelným vzorkováním.

Vzhledem k tomu, že při plošném vzorkování je nutné zpracovávat větší množství informací a následně na něj aplikovat výpočetní postupy, je třeba počítat s vyšší paměťovou náročností. Přestože vyšší počet vzorků nese v sobě větší množství detailů z původní spojité funkce (scény), je technicky nemožné v diskrétní mřížce rastru signál reprezentovat naprosto přesně bez ztráty informací.

### 3.1.2. Druhy šumu

Do digitální fotografie se šum může dostat několika způsoby, přičemž i sebemenší přítomnost šumu může znehodnotit celý snímek. Přítomnost šumu je někdy možné omezovat pomocí různých prostředků, vedoucích k eliminaci šumu. Nicméně zbavit se stoprocentně šumu není technicky možné. Toto tvrzení se opírá o princip vzniku šumu.

Z hlediska původu se dá šum dělit do následujících skupin:

- 1) šum optického systému
  - a) znečištění optických prvků
  - b) nestejnoroďost optické aberace
  - c) konečná velikost zdroje záření
- 2) šum mimo optický systém
  - a) nehomogenní prostředí
  - b) vzdušné turbulence

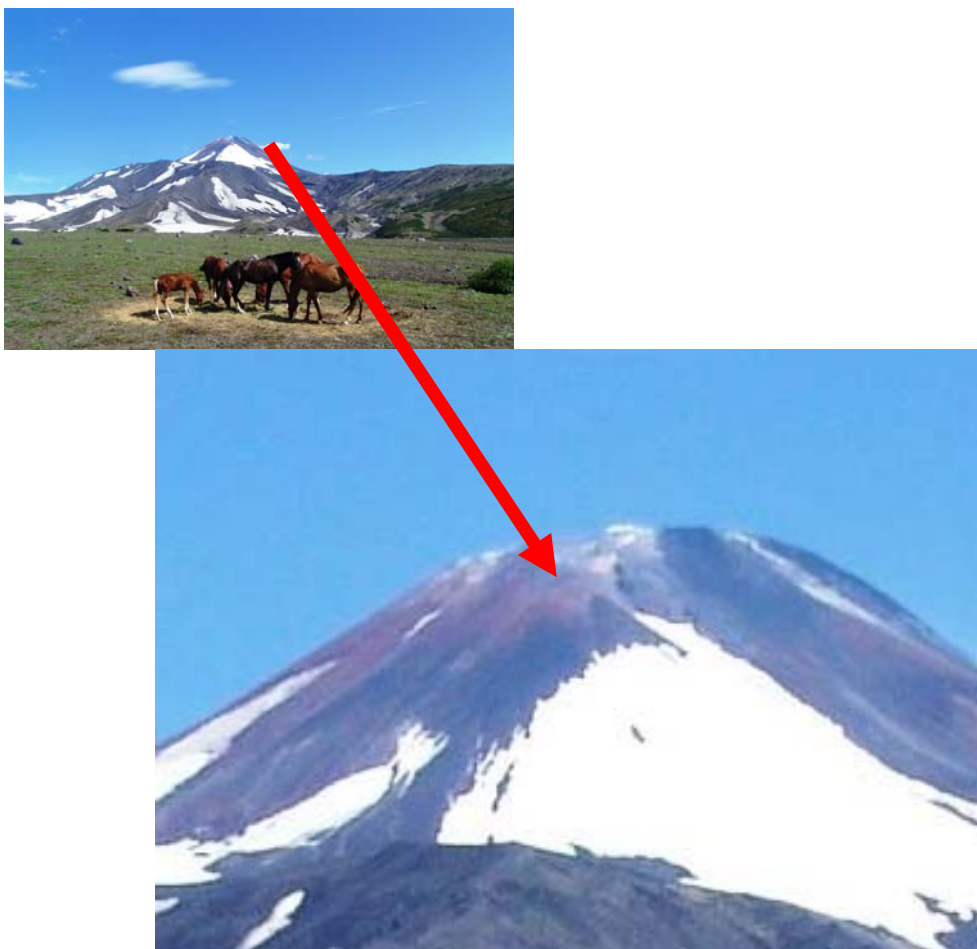
Šum u digitálních fotoaparátů se co do vzniku nejvíce projevuje vlivem neuspořádaných elektronů na samotném CCD snímači. Tyto nahodilé elektrony je možné nalézt u všech CCD snímačů používaných jak v minulosti, tak v současnosti. Výrobci se sice snaží co nejvíce tlačit na konstruktéry za účelem minimalizace počtu „nepřátelských“ elektronů, nicméně aby byl tento počet co nejnižší, pokud možno nulový, muselo by celé snímací zařízení (fotoaparát) pracovat v ideálních podmínkách. Za ideální podmínky je možné považovat bezprašné prostředí s co nejnižší teplotou, poskytující křemíkovým snímačům vynikající provozní klima. A právě teplota je tím nejzávažnějším problémem. Ne každá součástka fotoaparátu je schopna bez vedlejších účinků snášet nízké teploty, což znemožňuje umístění fotoaparátu do chladícího

zařízení. Problémy spojené s teplotou okolí jsou pro normálního uživatele neřešitelné. Jediná oblast, kde se vyplatí chlazení snímacích prvků, je dálkový průzkum vesmíru. Zde může mít i byť jediný chybný pixel šumu význam zásadním způsobem měnící obsah celého snímku.

Snímače CCD resp. CMOS, je možné si představit jako pole miniaturních expozimetrů. Každý z nich "měří" světlo - nezávisle na sousedovi. Čím větší je energie dopadajících paprsků, tím větší elektrický náboj v buňce následně vzniká. Právě elektrický náboj představuje další technický problém-neroste do nekonečna. Má limity na spodní i na horní úrovni. Na spodní úrovni však v praxi nikdy nenastane nula, čili absolutně žádný náboj. Působením vnějších vlivů, zejména rozhlasového a televizního vysílání, je v každé buňce přítomen náboj, jenž ve snímku následně vytváří šum. Byť rušení snímků způsobené televizním, rozhlasovým a jiným vysíláním se může jevit jako nepravděpodobné, začíná představovat v současné fotografii nezanedbatelný problém. Je to spojeno především s vývojem fotoaparátů pracujících se stále se zmenšujícími napěťovými rozdíly na CCD či CMOS snímačích. Napěťové hladiny na jednotlivých částech snímače po zpracování optickou částí fotoaparátu představují jednotlivé odstíny barev snímku. Pokud tedy vnější rušení posune spodní napěťovou úroveň do vyšších poloh, sníží se tím počet odstínů a takto odříznutá oblast se začne projevovat v obraze jako vadný pixel.

Kromě výše uvedených vad snímacích zařízení se na kvalitě snímku a množství šumu také podepisuje i snímaná scéna, především pak množství světla, se kterým si musí snímací prvek vystačit. Obecně lze říci, že fotoaparáty v automatických režimech se snižujícím se množstvím světla svévolně prodlužují dobu expozice. Stejný postup je samozřejmě nucen použít i uživatel v manuálním režimu. Rostoucí doba osvětlení snímače však s sebou přináší i větší množství šumu.

V praxi může nastat také situace, při které je k dispozici ideální pracovní prostředí snímacího zařízení (fotoaparát), pracuje se za ideálních světelných podmínek, za bezchybného nastavení techniky, a i přesto pořízený snímek při podrobnějším prozkoumání vykazuje známky šumu. Ačkoliv snímku předchází sebelepší příprava, může být nebe, stejně jako je tomu i na následujícím snímku, složeno nejen z „chtěných“ pixelů, ale i z jednotlivých bodů šumu.



**Obrázek 1: Šum viditelný při zvětšení obrazu**

Podle druhu je možné šum rozdělit na dva základní typy:

- a) Gaussův popřípadě Gaussův bílý šum
- b) Impulsní šum

Toto dělení je dáno frekvenční charakteristikou obrazu po aplikaci Fourierovy transformace. Fourierova transformace je proces převádějící obraz do oblasti frekvenčních charakteristik. Transformací se obraz převádí na funkce, mající sinusový průběh s příslušnou velikostí amplitudy a definovaným fázovým posunem. Výstupem transformace je amplitudové spektrum určující velikosti jednotlivých frekvencí a zároveň popisující pomocí matematických funkcí původní diskretní obraz. Toto vyjádření se označuje jako Fourierův obraz. Amplitudové spektrum, vzniklé při Fourierově transformaci, je konečné. Konečnost spektra je dána existencí nejvyšší frekvence fungující jako mezník, za jehož hranicí jsou amplitudy všech dalších frekvencí nulové a tyto frekvence nenesou žádnou energii. Nejvyšší frekvence se označuje jako Nyquistovo kritérium. Při práci s digitálním snímkem Fourierova transformace probíhá přesně podle výše kroků s tím rozdílem, že se jedná o funkci dvou proměnných, kdy jedna proměnná popisuje horizontální a druhá vertikální složku. Pro každou složku je v případě RGB modelu zpracovávána ještě každá ze tří barevných složek zvlášť v podobě šedotónového obrazu. Vyjádření obrazu pomocí frekvenčních

charakteristik přináší s sebou možnost snazší identifikace šumu jakožto rušivého elementu. Převážné množství šumu se pohybuje v oblasti vysokých frekvencí.

### 3.1.2.1. Gaussův šum

Gaussův šum je možné popsat vztahem  $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$ . Výskyt tohoto

typu šumu se nejčastěji omezuje na vysoké frekvence, proto pro jeho eliminaci je vhodné použít filtry propouštějící všechny nižší frekvence. V praxi se někdy Gaussův šum zaměňuje za bílý šum. V takovém případě se hovoří o tzv. Gaussovském bílém šumu. Bílý šum se vyznačuje dokonalou vyrovnaností frekvenčního spektra při zachování stejné pravděpodobnosti zastoupení všech frekvencí.

### 3.1.2.2. Impulsní šum

Impulsní šum má na rozdíl od Gaussovského šumu vysokou krátkodobě působící energii. Variant impulsního šumu existuje celá řada. Nicméně nejčastější variantou je tzv. sůl a pepř. Šum typu sůl a pepř se vyznačuje náhodnou změnou intenzity některých pixelů do podoby bílé či naopak černé barvy.

### 3.1.3. Odstraňování šumu z obrazu

Pokud má být šum ze snímku odstraněn, je zapotřebí vlastnit předlohu ještě bez známek šumu nebo několik exemplářů snímku pořízených jedním zařízením. Pakliže je k dispozici více než jeden snímek, dá se šum odstranit následujícími způsoby:

- a) výpočet průměru;
- b) nejčastěji se opakující hodnota;
- c) medián.

V digitálním obraze, resp. digitální fotografii, většinou není k dispozici větší množství stejných snímků a je tudíž obtížné určit, co je šum a co se dá považovat za původní signál (obraz). Postupy řešící odstraňování šumu z jednoho snímku se nazývají filtrace šumu. Filtrace je realizována pomocí filtrů pracujících nikoliv s dvojicí bodů jako v případě dvou obrazů, ale s jedním bodem a jeho okolím. Hlavní problém, který musí filtr umět vyřešit, není pouze odstranění samotného šumu z obrazu, ale musí také umět odlišit šum od ostrých hran a textur s velkými změnami mezi sousedními body. Tyto elementy se společně se šumem řadí do oblasti vysokých frekvencí, kde na ně použitý filtr může negativně působit.

#### 3.1.3.1. Konvoluce

Jsou-li filtry určeny k řešení problému šumu v jednom snímku, vždy se jejich princip zakládá na konvoluci nebo na lokální statistice okolí bodu. Konvolucí se označují postupy pracující s jednotlivými fragmenty obrazu (pixely), na které se aplikuje filtrační matice (konvoluční jádro). Jednotlivé hodnoty filtrační matice jsou násobeny nejbližším okolím aktuálního pixelu (střed matice) a výsledná hodnota, představující odstín nějaké barvy, je nakonec uložena právě do bodu uprostřed matice.

Mezi výhody diskrétní konvoluce, kterou lze popsat vztahem

$$I'_{i,j} = I_{i,j} * h_{i,j} = \sum_{x=-k}^k \sum_{y=-k}^k I_{i-x,j-y} h_{i,j}$$

bezsporu patří fakt, že se pro obraz provede konstantní počet operací bez ohledu na jeho obsah, což se jeví jako výhodné především při paralelních výpočtech. V dnešní době se stávají v počítačích standardem grafické karty, pracující s rozšířením OpenGL ve verzi 1.2 nebo vyšší, provádějící konvoluci přímo na grafické kartě, a nikoli na základě kooperace jednotlivých částí počítače.

Konvoluce může nabývat následujících podob:

- a) derivační filtr
- b) hranový filtr
- c) vyhlazovací filtr
- d) integračně derivační filtr

### 3.1.3.2. Obyčejné průměrování

Obyčejné průměrování je technikou vyznačující se rozmazáním celého obrazu. Díky rozmazání je možné eliminovat vysoké frekvence, jež jsou v obraze zastupovány právě šumem. Na druhou stranu se šumem mizí i ostré hrany patřící též do oblasti vysokých frekvencí. V praxi po provedení průměrování se ponechávají beze změny pouze body, mající frekvenci nižší než je hodnota používaná filtrem. Obyčejné průměrování je tak možné chápat jako filtr, který buď odřezává vysoké frekvence nebo vysoké frekvence potlačuje s určitou vahou. Pokud by bylo obyčejné průměrování opakovaně aplikováno na obraz, došlo by po čase k splynutí všech barev do jedné jediné, vzniklé zprůměrováním všech bodů obrazu.

### 3.1.3.3. Ideální nízkofrekvenční filtr

Za ideální nízkofrekvenční filtr se dá považovat filtr, propouštějící frekvence nižší než předem definovaná hodnota. Frekvence vyšší než je daná hodnota filtr blokuje.

### 3.1.3.4. Medián

Je zástupcem filtrů pracujících s lokální statistikou okolí bodu. Zejména vhodný se jeví medián pro potlačení impulsního (bodového) šumu. Použije-li se tento filtr, bude každý bod ve výsledném snímku vypočítán jako medián z okolních bodů předlohy, přičemž za okolí se může brát oblast kolem bodu ve tvaru kříže, písmena X nebo čtverce. Každý tvar okolí bodu má potom své specifické účinky na výsledný obraz. Okolí ve tvaru X nemá na rozdíl od okolí ve tvaru kříže vliv na vodorovné a svislé čáry. Oproti tomu kříž nemá vliv na diagonální čáry, které X značně narušuje. Velice důležitým parametrem při aplikaci mediánu je velikost okolí. Okolí bodu má značný vliv na výsledek. Při správném nastavení budou na obraze viditelné jednotlivé požadované detaily, zatímco při volbě velkých čísel v souřadnicích filtrační matice může dojít nejen k odstranění šumu, ale také ke splynutí jednotlivých detailů obrazu s okolím a výsledný obraz pak působí poněkud monotónním dojmem.

### 3.1.4. Alias

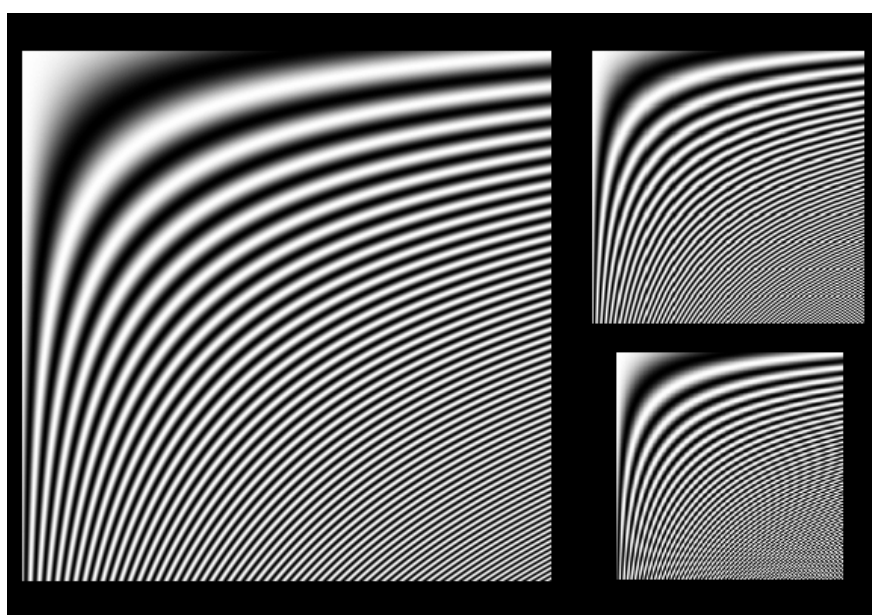
Alias je jev vznikající při rekonstrukci signálu vzorkovaném frekvencí nižší než je Nyquistovo kritérium. Alias je možné chápat jako novou informaci, stejně jako tomu je u šumu, s tím rozdílem, že alias se vyskytuje v nízkých frekvencích a v původním signálu se nevyskytoval. Existence aliasu je dána neschopností rastrového obrazu zobrazit detailní informace, jež obsahovala původní funkce, jinými slovy alias vzniká při podvzorkování signálu.

Alias může vzniknout ze dvou důvodů, přičemž oba jsou svým způsobem vázány na Nyquistovo kritérium, případně na vzorkovací frekvenci, se kterou jsou porizovány jednotlivé hodnoty signálu.

Prvním případem, kdy vzniká alias je situace, kdy je původní funkce frekvenčně neomezená. Jinými slovy neexistuje žádná maximální frekvence a funkci tedy není možné v diskrétní mřížce rastru reprezentovat přesně.

Alias může také vzniknout je-li původní funkce frekvenčně omezená, čili v jejím Fourierově spektru existuje určitá maximální frekvence (Nyquistovo kritérium) a tato funkce je vzorkována s frekvencí menší nežli  $2 \cdot f_{\max}$ . [2]

Alias se v počítačové grafice objevuje především při vzorkování textur, případně při zobrazování objektů na jejich hranách. Nastane-li situace, kdy nějaký objekt je svou velikostí po průmětu do obrazu srovnatelný s velikostí pixelu, může se stát, že tento objekt prostě zmizí a následně se může opět objevit. Takovéto objekty odborná veřejnost označuje jako crowlies. Jistá forma aliasu známá jako moiré se může vyskytnout při vzorkování textur obsahujících hustý pravidelný vzorek. rekonstrukce se pak může vyznačovat stejnou vadou obrazu jako je tomu na následujícím obrázku.



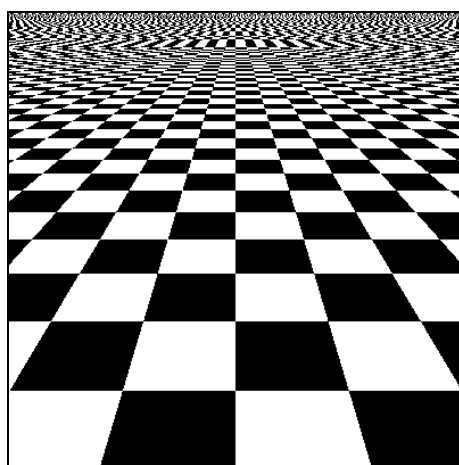
Obrázek 2: Příklady moiré vzniklé díky aliasu při zmenšení obrázku obsahujícího výraznou drobnou periodickou texturu.

### 3.1.5. Antialiasing

Metody, vedoucí k eliminaci popřípadě k částečnému potlačení aliasu, se nazývají antialiasing. Stejně tak jako je tomu v životě, tak i v digitálním světě počítačů a počítačové grafiky, je výhodnější problémům předcházet než je řešit. Se vznikem aliasu je to stejné. Proto bývají obrazy ještě před samotným vzorkováním upravovány, respektive z nich bývají odstraňovány vysoké frekvence, tj. za pomoci filtru vyjádřeným ve dvojrozměrné Fourierově oblasti kruhem se středem v počátku. Poloměr kruhu odděluje nežádoucí frekvence, což upravuje obraz tak, že alias nemá prostor, kde by mohl vzniknout.

K tomu, aby bylo možné se signálem takto manipulovat, je zapotřebí, aby byl spojitý. Počítačová grafika má však obraz téměř výhradně diskrétní a spojitá funkce tak není k dispozici. Spojitou funkci je však možné vytvořit pomocí numerické aproximace. Druhou cestou potlačení aliasu je zvýšení hustoty vzorkování. Alias většinou nemůže být zcela odstraněn, ale může být částečně potlačen, a to prostřednictvím dvou metod:

- a) První metoda spočívá v posunutí aliasu k vyšším frekvencím. Posun je možný díky vzorkování s vyšší frekvencí.
- b) Druhá metoda převádí alias na šum prostřednictvím náhodných čísel.



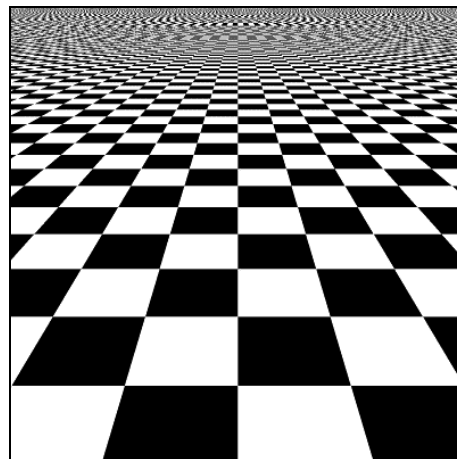
Obrázek 3: Snímek obsahující alias

#### 3.1.5.1. Pravidelné vzorkování s vyšší frekvencí

Tato metoda potlačení aliasu představuje tzv. celoobrazovkový antialiasing. V současnosti je celoobrazovkový antialiasing implementován a prováděn většinou grafických karet, které obraz transformují do formy, mající vyšší rozlišení a následně tento obraz filtrují a zmenšují. U pravidelného vzorkování je každý pixel rozdělen do menších superpixelů. V praxi je tedy obraz o rozlišení 800x600 pixelů upraven do rozlišení 1600x1200 a to tak, že se jeden každý pixel rozloží na 2x2 superpixely. Výsledné barvy původních superpixelů jsou váženým (případně prostým) aritmetickým průměrem barev jejich subpixelů, získaných vzorkováním předlohy. Tímto způsobem

jsou vyhlazena (rozmazána) zubatá barevná rozhraní obrazu, avšak alias se stále projevuje, i když až při vyšších frekvencích barevného vzoru předlohy.

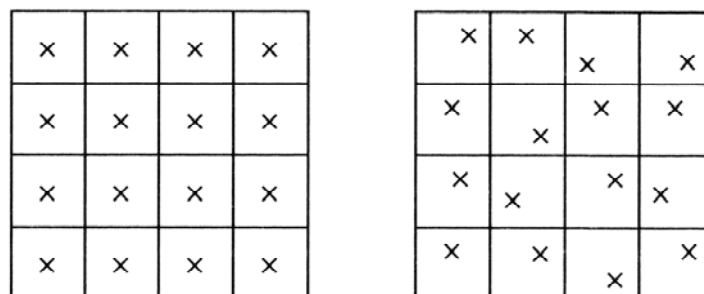
Následná filtrace se v obraze projevuje jako rozmazání (blur) vysokých frekvencí. Z hlediska náročnosti výpočtu bývá někdy používána metoda rozkládající pixel na 1x2 nebo na 2x1 superpixely, kdy je ve směru osy y, resp. osy x vzorkováno s dvojnásobnou přesností. Sice dvojnásobné vzorkování ve směru jedné osy je rychlé (používá se u levnějších grafických karet), avšak neposkytuje tak kvalitní výsledky jako algoritmus 2x2 případně 3x3, atd.



Obrázek 4: Antialiasing - Pravidelné vzorkování s vyšší frekvencí

### 3.1.5.2. Stochastické vzorkování

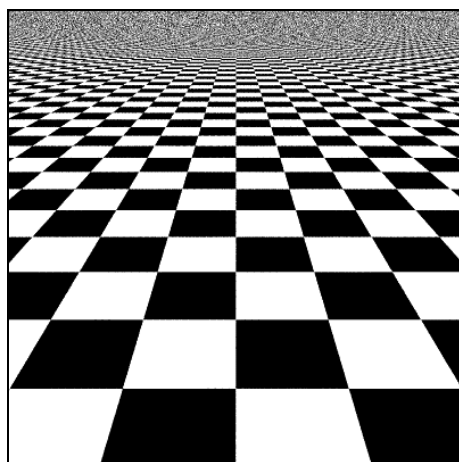
Kromě vyšší frekvence vzorkování předlohy se při antialiasingu zpravidla uplatňuje i tzv. *roztřesení (jittering)*, patřící mezi nejčastěji používaný algoritmus stochastického antialiasingu. Pozice odebíraných vzorků jsou v rámci subpixelů nepravidelně „roztřeseny“, takže neodpovídají přesně jejich středům. Při dostatečném roztřesení vzorků jsou pravidelné chyby obrazu, tvořící alias, nahrazeny chybami nepravidelnými — šumem, ke kterému je lidské oko tolerantnější. Rozdíl mezi pravidelným a roztřeseným umístěním vzorku ukazuje následující obrázek.



Obrázek 5: Vlevo ukázka Pravidelného rozložení vzorků a vpravo roztřesení vzorků

Použití stochastického vzorkování typu roztřesení v obraze vystihuje snímek šachovnice se šumem (roztřesením) v horní (vzdálenější) části. Stejně jako v minulých případech, i zde je šachovnice nekonečná.





Obrázek 6: Použití algoritmu roztřesení

Přestože roztřesení působí opticky lépe než pravidelné vzorkování s vyšší frekvencí, může nastat situace, kdy i šum, jakožto výsledek roztřesení, je nežádoucím a je zapotřebí zvolit kompromis označovaný jako částečné roztřesení (semi-jittering). Částečné roztřesení spočívá ve zmenšení maximální vzdálenosti, o kterou se může vzorek v superpixelu posunout a amplituda šumu se tak zmenší.

### 3.2. Zvýraznění

Zvýrazněním obrazu rozumíme určitou úpravu obrazu, která v požadovaném smyslu obraz vylepší a usnadní tak následnou analýzu obrazu. Rozhodně není možné zvýraznění chápat jako jednorázovou úpravu obrazu. Naopak, zvýraznění vychází ze sekvence úprav, jejichž pořadí, případně i opakování, je otázkou vždy individuální pro každý snímek. Někdy může jít o jisté vylepšení parametrů obrazu (např. vyzdvižení kontrastu), jindy naopak o zhoršení parametrů obrazu (např. redukce škály úrovní šedi), které našemu záměru poslouží stejně. [1]

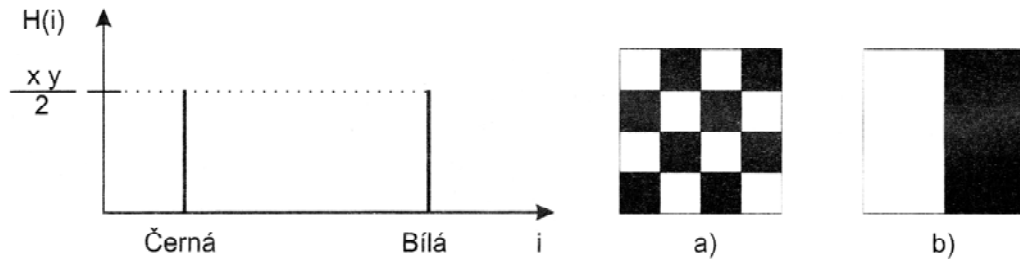
Může tak dojít k „úmyslné“ deformaci obrazu, proto bývá v souvislosti se zvýrazněním zmiňována sekundární deformace obrazu.

#### 3.2.1. Histogram

Histogram patří mezi nástroje charakterizující obraz. Histogram je grafickým znázorněním množství a frekvencí barev obsažených v obraze. Matematicky je možné o histogramu hovořit jako o vektoru absolutních četností hodnot zastoupených v obraze, tj. hodnota histogramu pro index  $i$  udává, kolik pixelů v obraze má intenzitu  $i$ . Pokud obraz vyjádřený histogramem je složen z jednotlivých složek modelu RGB, pak má histogram podobu tří vektorů (pro každý kanál existuje jeden histogram). Jednorozměrný vektor pak popisuje obraz složený např. pouze z jasových složek. Pro více barevných kanálů bývá přidáván ještě jeden histogram popisující jas.

Histogram sice kvantifikuje jasové poměry v obraze, ale nenese žádnou informaci o jejich plošném rozložení. To je také důvod, proč na následujícím obrázku

mají oba obrazy stejné vyjádření v histogramu. V oblasti histogramu, coby grafu, má každá intenzita barvy svou přesnou polohu. Intenzita barvy od černé (představitelky nejnižší frekvence) až po bílou (nejvyšší frekvenci) se mění zleva doprava.



**Obrázek 7: Příklad shodného histogramu pro dva odlišné obrazy**

Podle tvaru histogramu je možné provádět i základní klasifikaci obrazu. Definiční obor histogramu se dělí na tři stejně velké části. Dolní oblast se označuje jako stíny, střední část jako střední tóny a konečně nejjasnější oblasti se říká světla. Jak názvy napovídají, reálné stíny objektů přispívají převážně k intenzitám v dolní oblasti, přítomnost světla a jasných ploch se pak podepisuje na oblasti vysokých intenzit a zbytek se projevuje ve střední části.

Klasifikace obrazu vycházející z histogramu rozděluje obrazy na následující čtyři základní druhy:

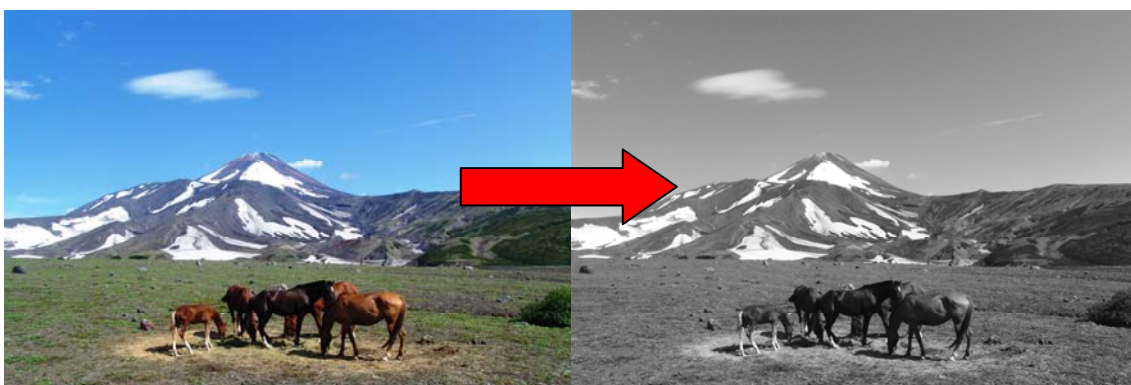
- a) jasný obraz – většina barev se vyskytuje ve světlech
- b) tmavý obraz – pravý opak jasného obrazu
- c) středotónový obraz (obraz s nízkým kontrastem) – většina barev je zastoupena kolem střední hodnoty
- d) obraz s vysokým kontrastem - velikost kontrastu je dána mírou rozdílu mezi středními hodnotami a světly se stíny.

Z histogramu je možné vyčíst, zda obraz je možné považovat za technicky dobrý. Technicky dobrý je možné označit takový obraz, který využívá celou škálu intenzit.

### 3.2.1.1. Změny histogramu

Změny histogramu se nejčastěji provádějí pomocí editačních křivek. Tyto křivky přikazují určité vstupní hodnotě hodnotu výstupní a nejčastěji se reprezentují pomocí jednorozměrné (vyhledávací) tabulky nebo se změny provádějí přímo pomocí křivek v grafu.

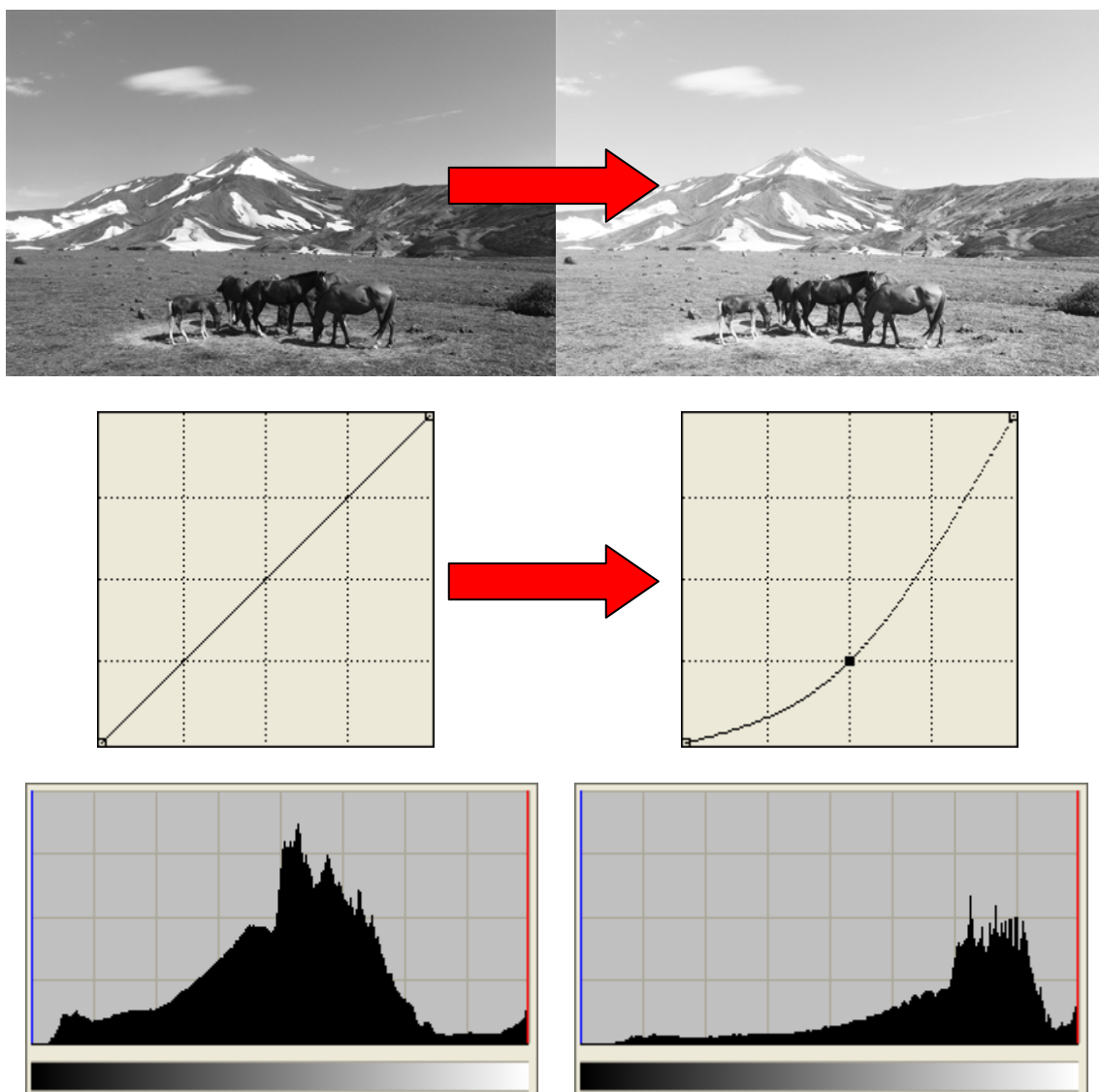
Pro další zpracování obrazu bude uvažován obraz šedotónový o 256 úrovních šedi, které je možné popsat pomocí osmi bitů.



Obrázek 8: Převod obrazu RGB na šedotónový

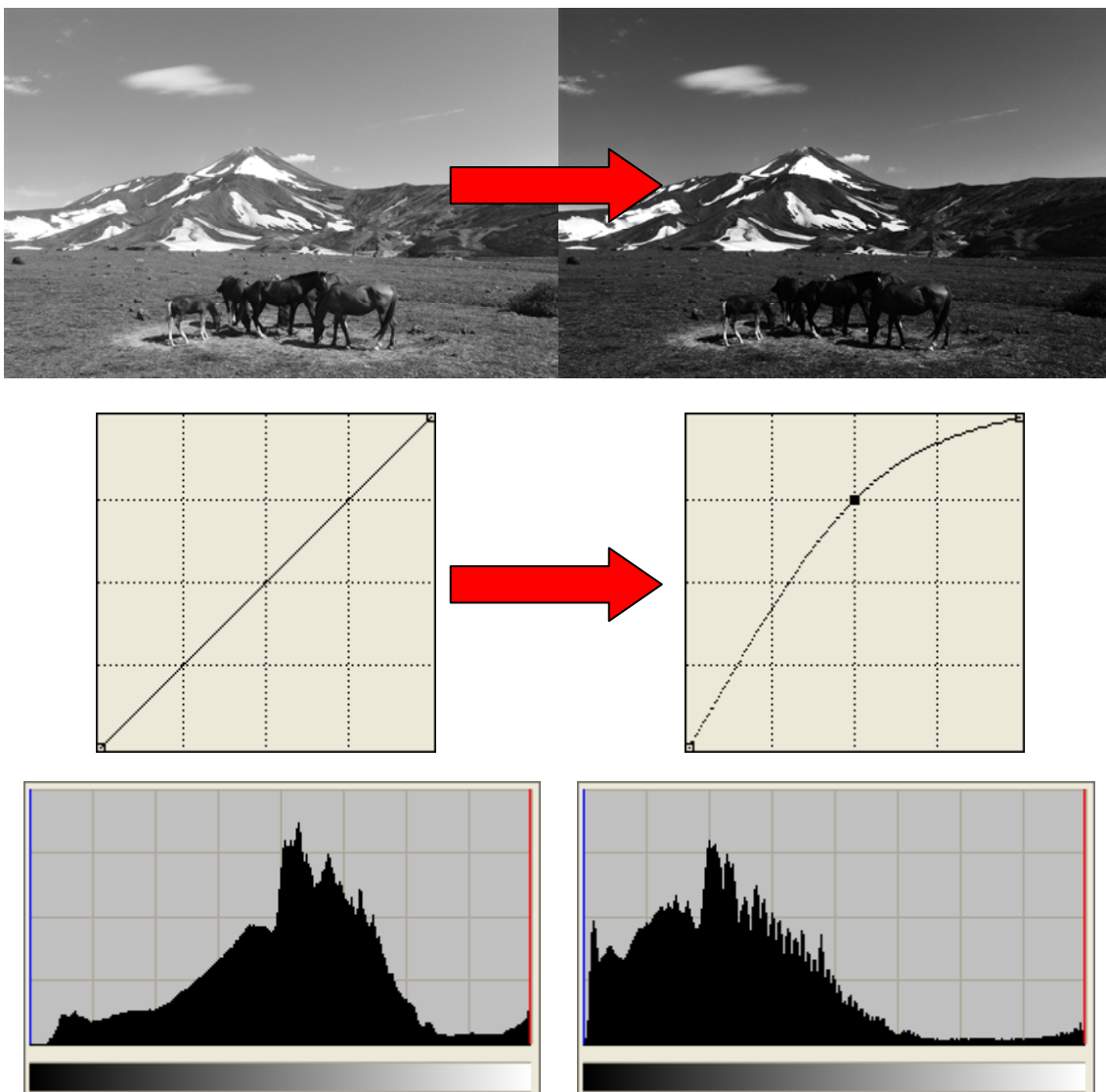
### 3.2.1.1.1. Zvýšení a snížení jasu, změny kontrastu

Zvýšení a snížení jasu je jednou z nejsnazších operací prováděných pomocí histogramu. Prakticky jediné dvě hodnoty, které zůstanou zachovány, jsou černá a bílá barva. Ostatní hodnoty jsou sníženy či zvýšeny. V níže uvedených vyobrazeních korekčních křivek, definovaných vždy nějakým bodem (několika body), je na ose x zachycena vstupní intenzita. Výstupní intenzitu pak udává hodnota na ose y.



Obrázek 9: Zvýšení jasu (zesvětlení obrazu) pomocí křivek histogramu (vlevo originál)

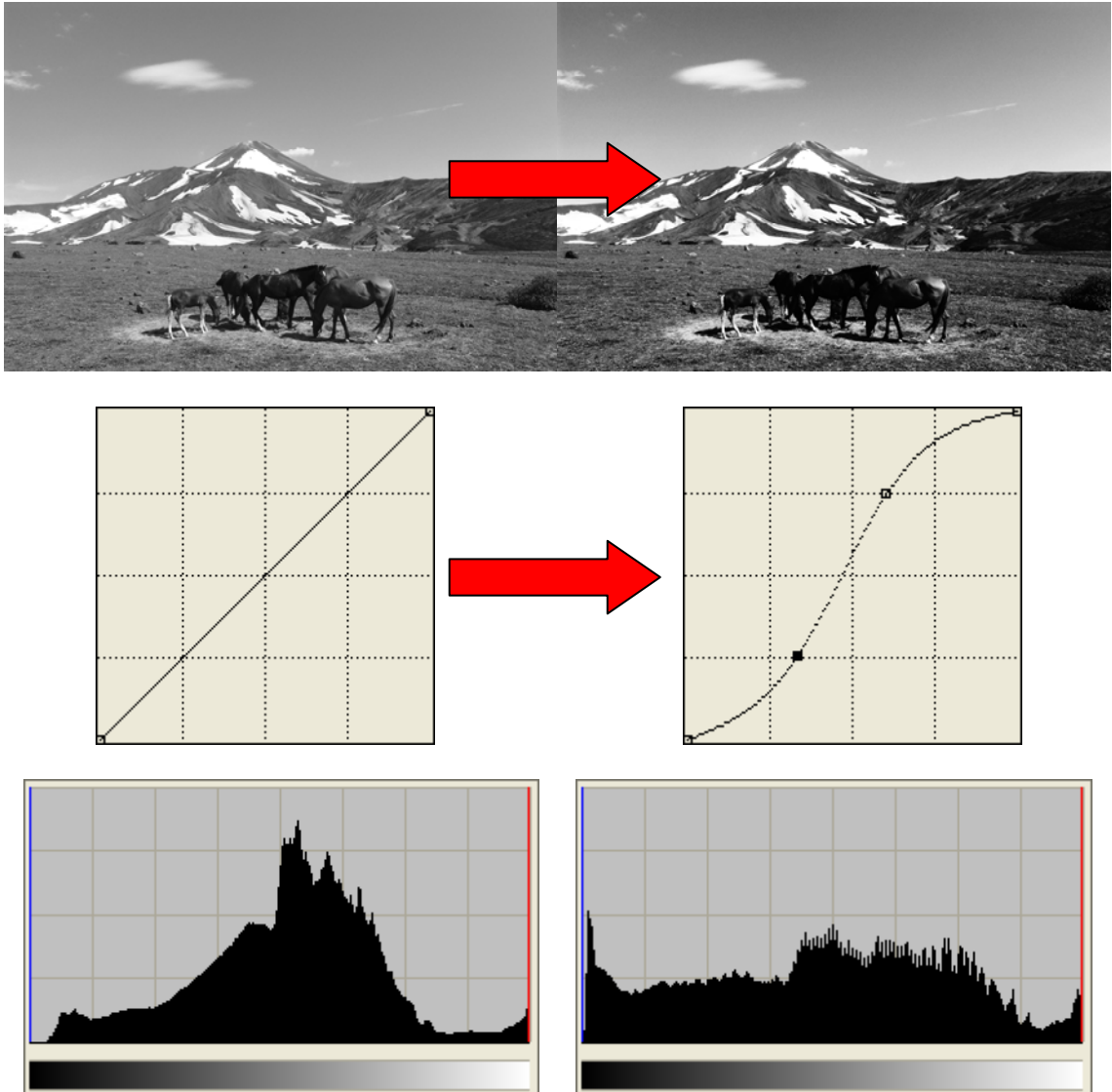
Zvýšení jasu pomocí editační křivky vede v histogramu na jedné straně k potlačení stínů a středních tónů, zatímco na straně druhé dochází k nárůstu intenzity v oblasti světel.



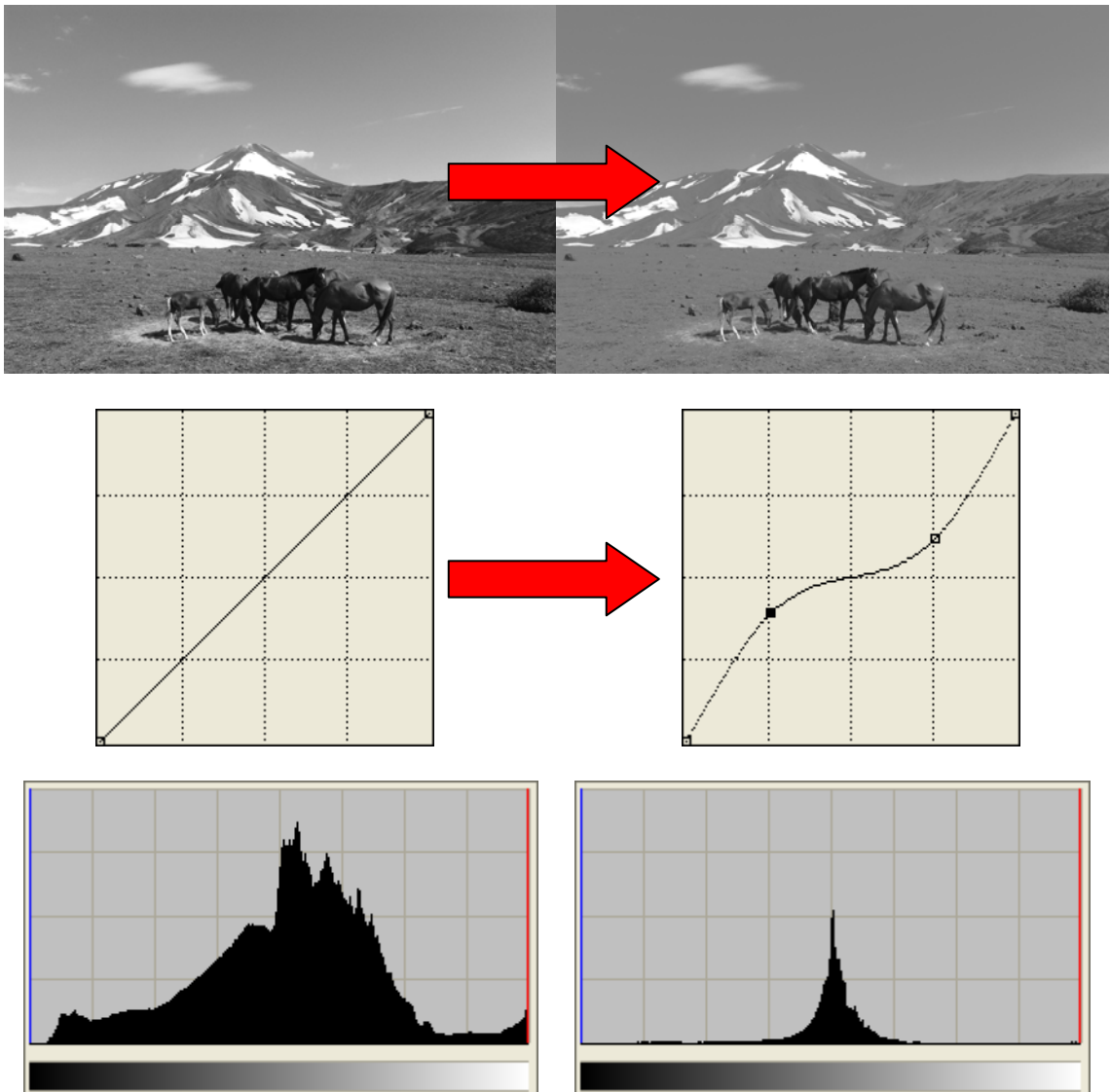
**Obrázek 10: Snížení jasu (ztmavení obrazu) pomocí křivek histogramu (vlevo originál)**

Snížení jasu v obraze ovlivňuje histogram tak, že dochází ke snížení intenzity v oblasti světel a levá část histogramu, označovaná jako stíny, začíná být zastoupena v obraze čím dál tím větším podílem.

Zvýšení, resp. snížení kontrastu obrazu se provádí pomocí tzv s-křivky, resp. inverzní s-křivky. Název této křivky je odvozen od jejího tvaru. S-křivka přiřazuje stínům tmavší odstíny, střední část ponechává beze změny a světlům zvyšuje intenzitu. Analogicky provádí změny křivka snižující kontrast.



Obrázek 11: Zvýšení kontrastu pomocí křivek histogramu (vlevo originál)



Obrázek 12: Snížení kontrastu pomocí křivek histogramu (vlevo originál)

### 3.2.2. Vyzdvižení kontrastu

Kontrast je možné chápat jako kvalitu obrazu určenou velikostí rozdílu svítivosti dvou sousedních úseků obrazu. Vyzdvižením kontrastu se obraz nejen celkově zvýrazní, ale vystoupí na něm i detaily, které byly na originálním snímku sotva rozeznatelné.

Histogram daného šedotónového obrazu obsahuje informaci o kvantitativním rozložení úrovní šedi. Obraz s vyzdviženým kontrastem se získává pomocí vztahu:

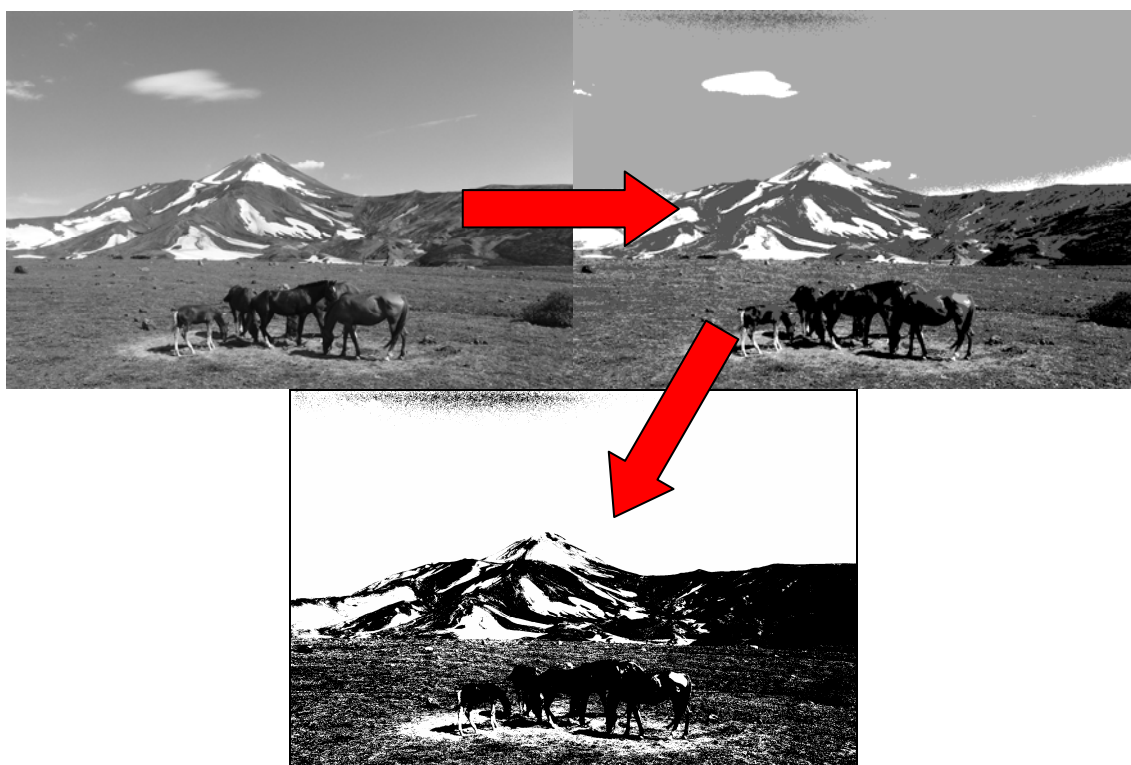
$$G(i,j)=(F(i,j)-c).K, \quad \text{kde } K=255/(b-c).$$

Hodnoty  $b$  a  $c$  představují ve vztahu interval udávající rozsah šedi.  $F(i,j)$  představuje jednotlivé body měněného obrazu. Bude-li proměnná  $K$  zvolena podle vztahu  $K(b-c)>255$ , provede se vedle vyzdvižení kontrastu také nepřímá redukce úrovní šedi.[1]

### 3.2.3. Redukce škály úrovní šedi

Pro zvýraznění jednotlivých částí obrazu je možné použít nástroj redukce škály úrovní šedi. Princip této metody spočívá v částečném potlačení detailů, což sice vede ke ztrátě určitých dat, nicméně hlavní objekty se díky menšímu množství úrovní šedi postupně zvýrazní a vyniknou. Důležité je pamatovat před zahájením redukce na druh informací, které je třeba z obrazu získat. V případě, že nejsou k dispozici bližší údaje o obraze, je nutné provádět redukci škály rovnoměrně. Především je třeba pracovat se stejně velkými úseky škály, k nimž je přiřazována nová úroveň šedi.

Je-li redukce prováděna v aplikačním prostředí dovolujícím redukci škály úrovní šedi pouze nerovnoměrně, je zapotřebí volit druhou cestu vycházející z histogramu. Informace vycházející z histogramu společně se znalostmi o druhu zobrazených objektů a typu požadovaných informací, vedou k možnosti přeškálovat zobrazení nerovnoměrně a docílit tak zvýraznění v požadovaném směru.



Obrázek 13: Redukce škály úrovní šedi z původních 8 bitů na 4 bity a 2 bity

Pokud je škála úrovní šedi redukována na minimum, výsledný obraz bude mít binární podobu. Binární obraz je pak tvořen pouze černou a bílou barvou a to tak, že při výpočtu je buď stanovena střední hodnota svítivosti  $S$  nebo se definuje rozhraní svítivosti  $S$  následně použité pro výpočet jednotlivých bodů. Určení černé a bílé barvy je pak prováděno podle klíče  $F(i,j) > S$ . Začne-li platit tento vztah, je bod zobrazen v barvě bílé, pokud platí opačná varianta  $F(i,j) < S$ , bude mít bod barvu černou. Černo-bílé zobrazení bývá velkým pomocníkem při identifikaci objektů, jejichž svítivost je nad stanovenou hranicí  $S$ . [2]



### ***3.3. Analýza***

Z výčtu jednotlivých fází úprav obrazu stojí analýza poněkud stranou od rekonstrukce a zvýraznění. Samotná analýza nezasahuje přímo do snímku, který modifikují předcházející činnosti, ale pracuje se snímkem jakožto s neměnným materiálem na jehož základě je vytvářen výstup ve formě obrazu, což bývá jen zřídka, případně ve formě numerické či grafické. K tomu, aby mohla analýza proběhnout a podat uživateli adekvátní výsledky, je zapotřebí především zvýraznit hrany ve fázi zvýraznění.

Způsob, jakým je analýza prováděna, určuje i samotný typ analýzy. V současné době se tak analýza dělí na analýzu klasifikační a deskripční. Principem klasifikační analýzy je rozpoznávání objektů na snímku díky zařazování do jednotlivých kategorií. Kategorizace je prováděna na základě porovnávání geometrických, statistických, popřípadě i topologických vlastností objektu. Deskripční analýza si klade za cíl popis obrazu, z něhož je možné zjistit přítomnost objektů na obraze, jejich počet, ba dokonce i vztahy mezi těmito objekty.[1]

## **4. Možnosti použití a návrh filtrů pro vybranou množinu snímků**

Snímky je možné dělit podle mnoha hledisek, a to co do obsahu světla, stínů či středních tónů vycházejících z histogramu, podle obsahu snímků, kdy snímek zachycuje jednotlivé objekty či celé scény, atd. Samotné filtry je možné dělit z mnoha hledisek, z nichž jedním je zásah filtru do frekvenčních charakteristik.

Podle vlivu na frekvence, použité v obraze, se filtry mohou dělit na:

- a) nízkofrekvenční
- b) vysokofrekvenční

### ***4.1. Nízkofrekvenční filtry (NF)***

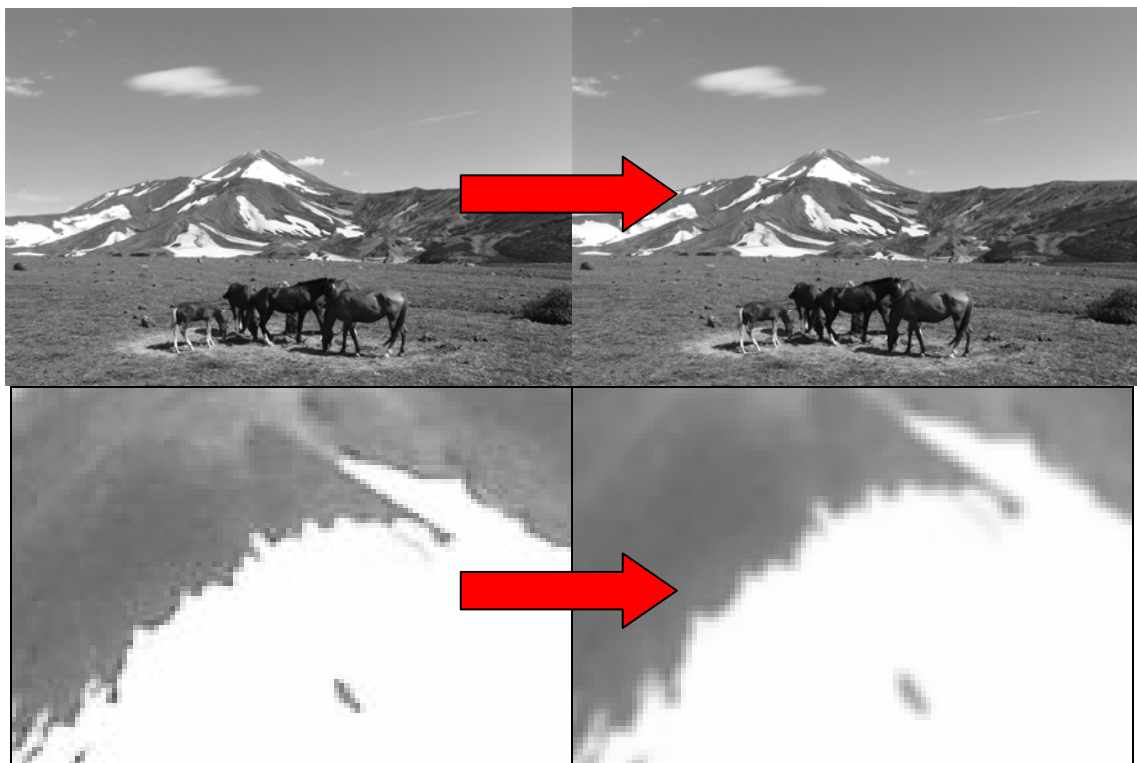
Do nízkofrekvenčních filtrů se z výše zmíněných metod dá zařadit technika obyčejné průměrování nebo medián. Společným rysem nízkofrekvenčních filtrů je shlazování obrazu spolu s propustností, jak název napovídá, pouze nízkofrekvenčních informací. Míra shlazení obrazu je dána velikostí filtračního okna (velikostí konvolučního jádra). Čím větší okno je, tím k většímu shlazení dochází. Důvod proč tento typ filtrů používat i za cenu shlazování obrazu je redukce šumu, který je filtrem blokován jakožto vysokofrekvenční prvek obrazu.

### 4.1.1. Filtr obyčejné průměrování

Obyčejným průměrováním se nová hodnota jasu počítá jako aritmetický průměr jasu čtvercového nebo obdélníkového okolí. Předpokladem bezchybné funkčnosti je velikost skvrn šumu, která by měla být menší než velikost uvažovaného okolí a to by mělo být menší než je nejmenší významný detail v obraze.

Konvoluční jádro filtru velikosti 3x3 pro obyčejné průměrování, použité na následující snímek, je možné definovat pomocí vztahu  $h = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ . Rozdíly jsou

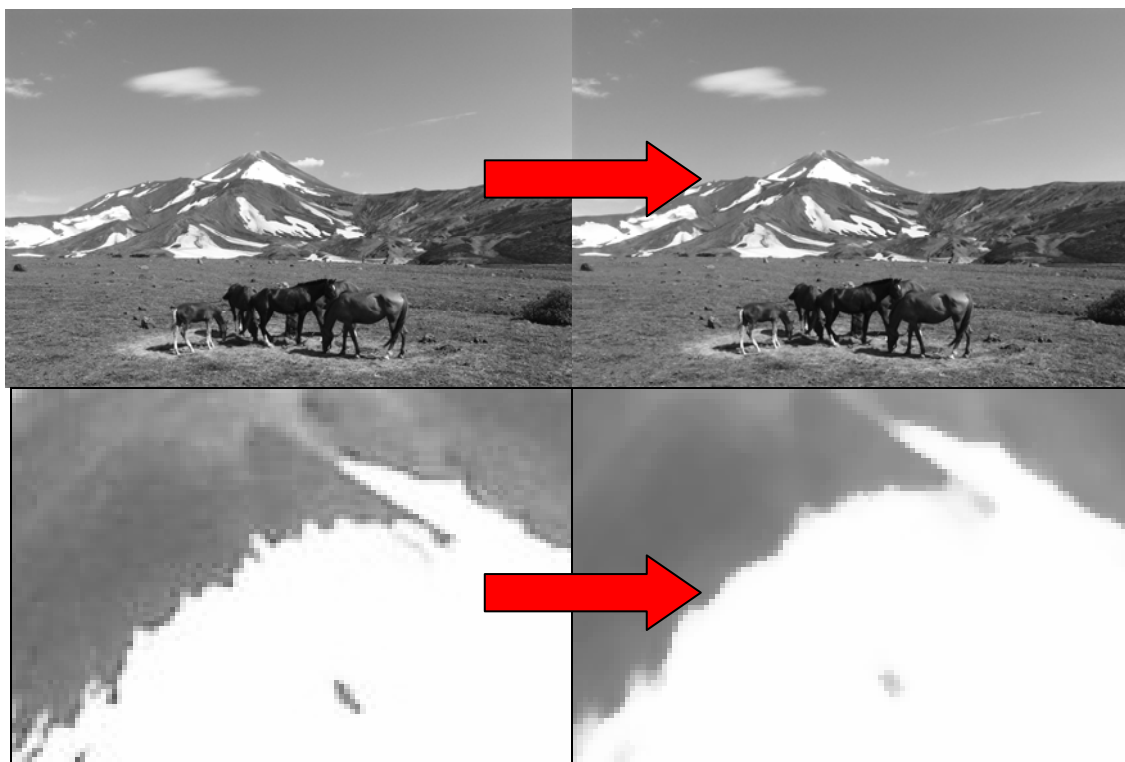
patrné při přiblížení obrazu, kdy se začínají postupně ztrácet jednotlivé malé detaily a dochází k zániku jasných přechodů na hranách v obraze. Filtr je možné samozřejmě aplikovat několikrát, ale již při druhé aplikaci dochází k eliminaci holého místa uprostřed sněhu na vrcholku hory.



Obrázek 14: Použití filtru obyčejné průměrování s velikostí masky 3x3 (vlevo originál)

### 4.1.2. Filtr medián

Filtr typu medián nejenže odstraňuje šum z obrazu, ale jeho aplikace má na obraz účinky, vytvářející z jednotlivých detailů jednolitou plochu. To je způsobeno velikostí a tvarem uvažovaného okolí bodu, jež bylo zvoleno čtvercové s rozměry 5x5.



Obrázek 15: Použití filtru medián se čtvercovým okolím bodu o velikosti 5x5 (vlevo originál)

## ***4.2. Vysokofrekvenční filtry (VF)***

Vysokofrekvenční filtry, propouštějící pouze vysokofrekvenční informace, působí na obraz ve smyslu zvýraznění hran, linií (rozdíl mezi hranou a linií je v šířce-hrana má nulovou šířku) a bývají používány pro ostření obrazu. Tyto funkce jsou postaveny na zdůraznění rozdílů mezi jednotlivými pixely.

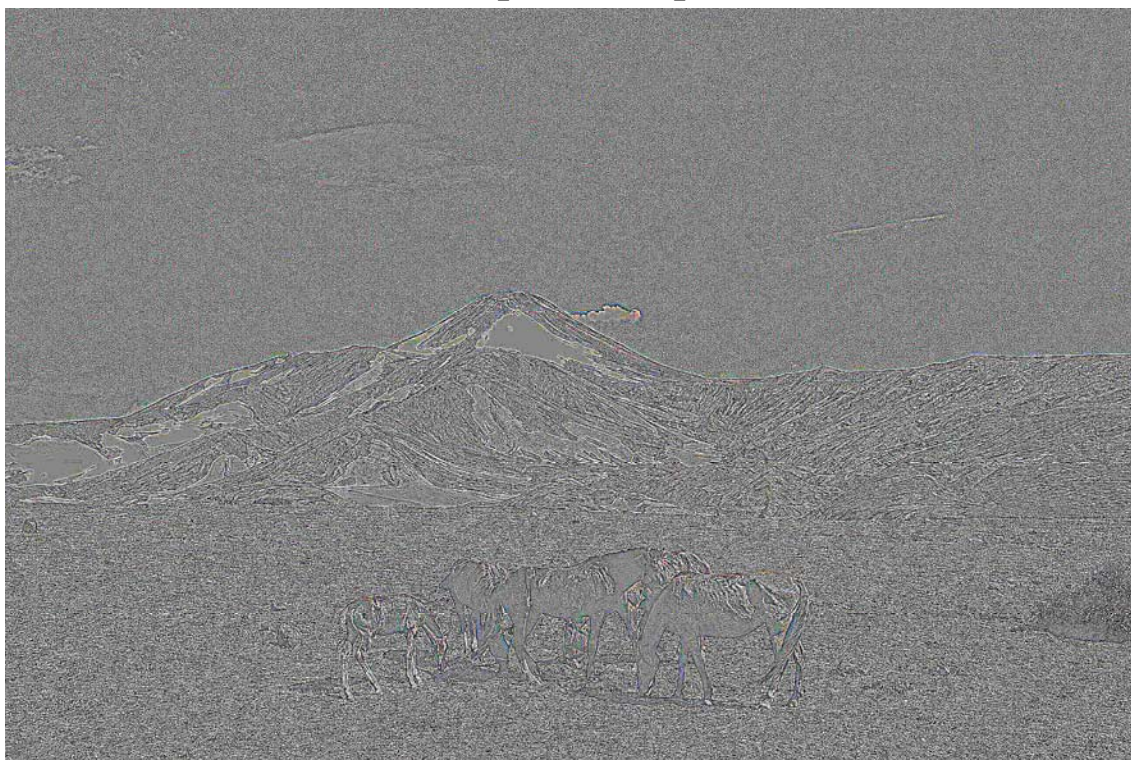
Každý obraz lze považovat za průnik množin představujících vysokofrekvenční a nízkofrekvenční informaci. Vysokofrekvenční informaci lze tak získat odečtením nízkofrekvenční informace od původního obrazu. Na tomto principu je založen také například tzv. zostřující filtr, který nejprve původní obraz filtruje průměrovým filtrem potlačujícím linie a hrany. Takto shlazený obraz je odečten od obrazu originálního, čímž vzniká obraz, v němž je vysokofrekvenční informace o hranách a liniích zachována. Nakonec je tento obraz přičten k obrazu původnímu a vzniká tak výsledek, obsahující ostřejší hrany a linie. Filtry, pracující na tomto principu, se souhrnně označují jako diferenční filtry.

### 4.2.1. Laplaceovské filtry

Charakteristickým znakem Laplaceovských filtrů je jejich nulová suma všech vah filtračního okna (masky). Nulové sumy je docíleno tak, že středový pixel má stejnou hodnotu jako je suma okolních vah s jediným rozdílem, kterým je znaménko. Na výstupu filtru se tak objevují nulové hodnoty v homogenních částech obrazu a naopak vysoké či nízké hodnoty pro ty pixely, jejichž hodnota je v originálním obraze vyšší, resp. menší než hodnota okolních pixelů.

Níže uvedený obraz prošel Laplaceovskou filtrací (Laplacian 3) s maskou

$$h = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}.$$



Obrázek 16: Laplaceovský filtr s velikostí masky 3x3



### 4.2.2. Sobelův filtr

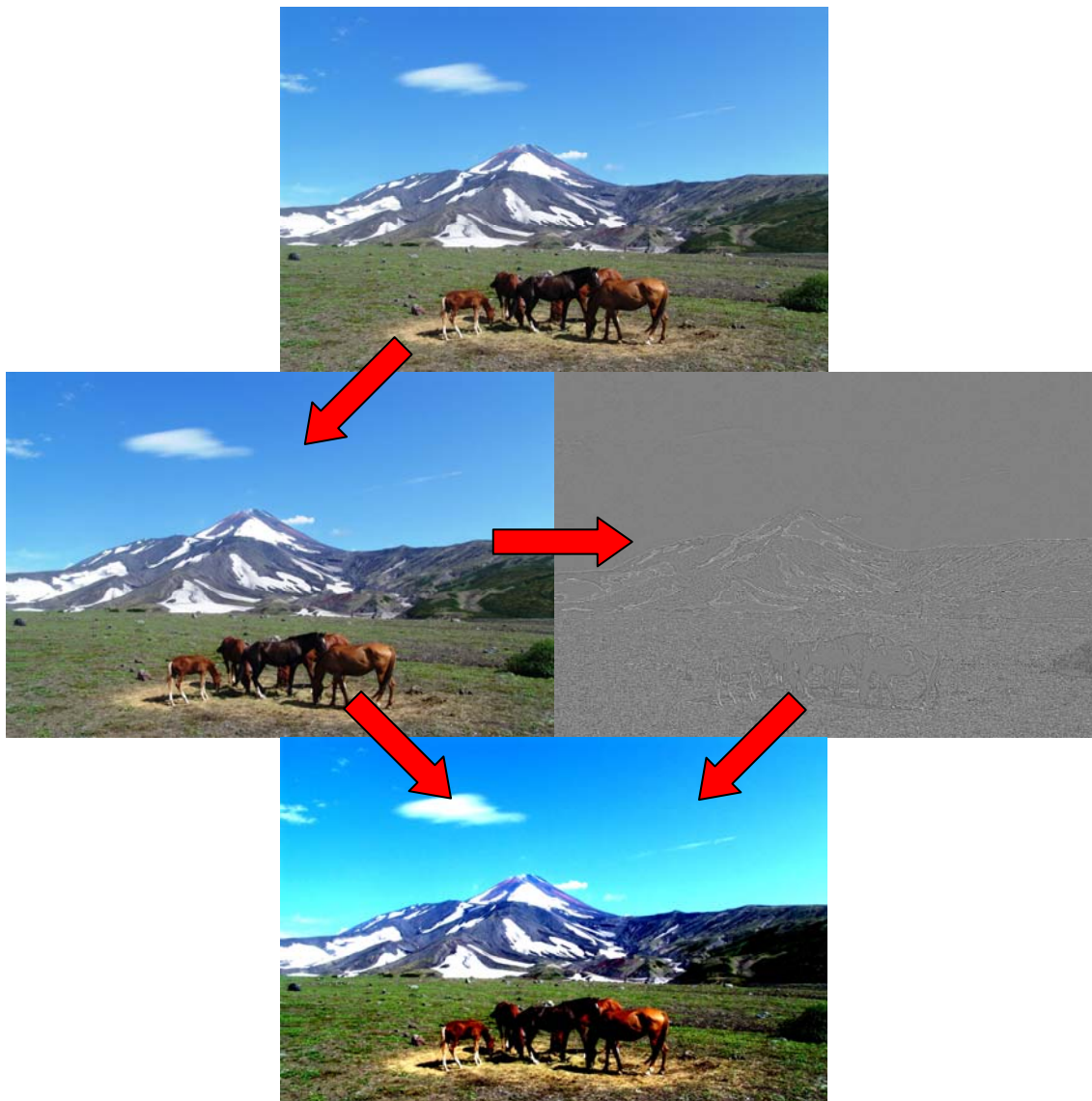
Sobelův filtr působí na originální obraz tak, že zdůrazňuje pouze všechny horizontální a vertikální hrany a linie. K filtraci obrazu byl použit Sobelův filtr (Sobel sumabs) s dvojicí komplementárních masek

$$h = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \text{ a } \bar{h} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}.$$



Obrázek 17: Sobelův filtr s velikostí komplementárních masek 3x3

### 4.3. Kombinace vysokofrekvenčních nízkofrekvenčních filtrů

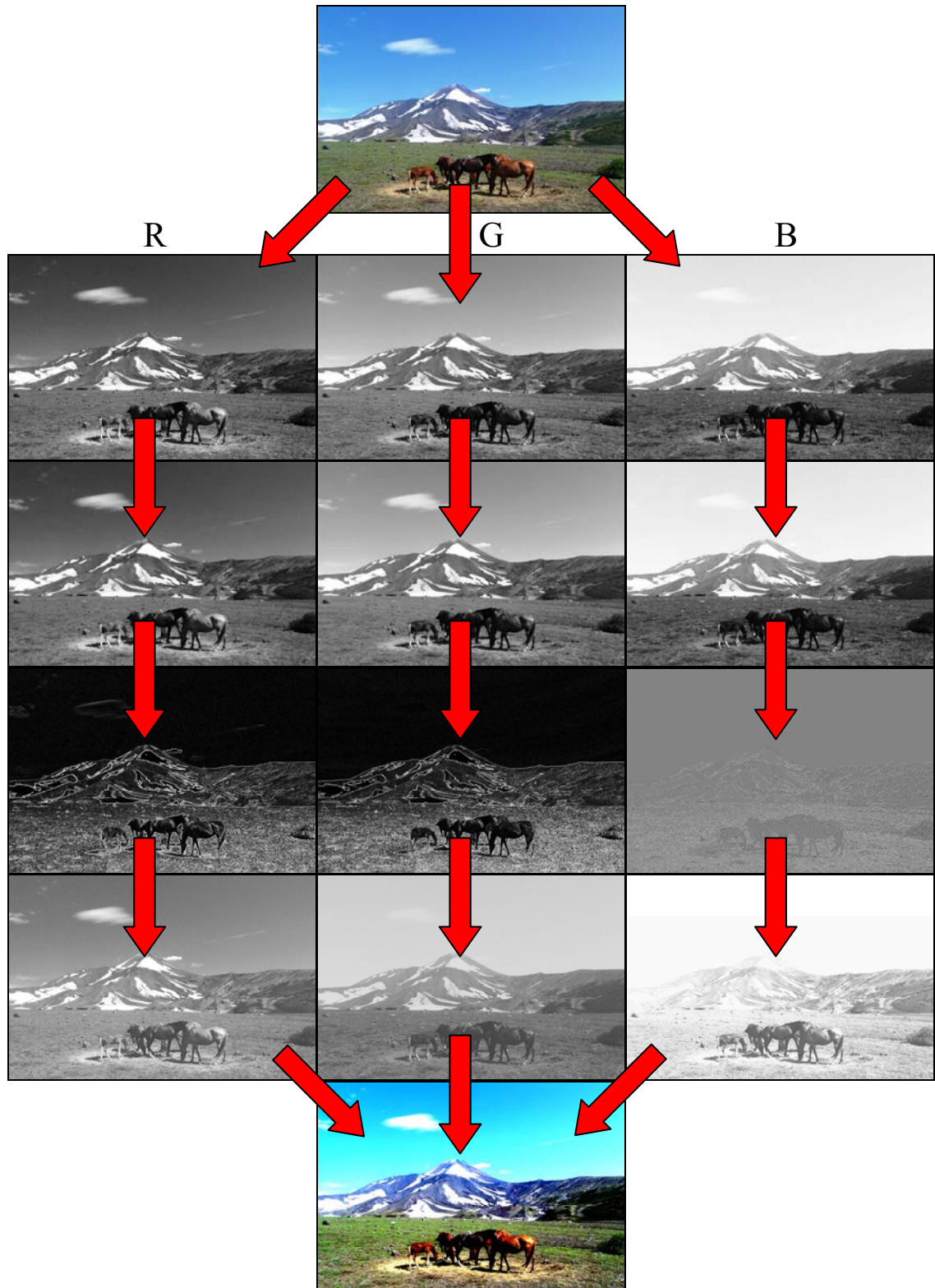


Obrázek 18: Zkombinování aplikace VF a NF filtru

Zkombinováním vysokofrekvenčních a jim předcházejících nízkofrekvenčních filtrů je možné dosáhnout obrazu, který sice nikdy nebude technicky lepším obrazem, ale bude možné ho označit za ostřejší bez známek šumu. Program ZODOP dovoluje aplikovat filtry nejen na obraz ve stupních šedi, ale také, jako je tomu v tomto případě, na barevný obraz.



#### 4.4. Aplikace filtrů na jednotlivé kanály RGB obrazu



Obrázek 19: Aplikace filtrů na jednotlivé kanály RGB obrazu

## 5. Vyhodnocení navržené aplikace

Jako zdroj informací pro aplikaci jednotlivých filtrů jsem použil snímek s rozlišením 2592x1727 pixelů při 24 bitové barevné hloubce. Snímek před úpravami vykazoval několik nedostatků, přičemž za hlavní je možné označit šum doprovázený barvami, které nepůsobí na první pohled zcela přirozeně. Proto jsem si za cíl zvolil obraz bez znatelných známek šumu, v jasnějších a sytějších barvách, jenž by obsahoval výrazné hrany.

Aplikační prostředí programu ZODOP mi dovolilo pracovat se snímkem mnoha způsoby. Jednotlivé způsoby se od sebe liší náhledem na zpracovávaný snímek. V prvé řadě jsem využil postup pracující s barevným snímkem jako s celkem. Na barevný snímek jsem nejprve postupně aplikoval několik nízkofrekvenčních filtrů a sledoval účinky jednotlivých metod na výstupní obraz. Jednotlivé filtry se v obraze projevovaly různou měrou potlačení šumu a s tím související ztrátou jemnějších detailů snímku. Za nejvhodnější jsem zvolil filtr obyčejné průměrování (Smoothing 1) poskytující nejpříjemnější poměr mezi množstvím eliminovaného šumu a množstvím ztracených detailů. Po výběru nejvhodnějšího filtru pro nízké frekvence jsem přešel k volbě vysokofrekvenčního filtru. Vysokofrekvenční filtry, stejně tak jako nízkofrekvenční, působí na obraz různými způsoby s různě kvalitními výsledky. Já jsem na konci testování účinků jednotlivých filtrů označil za nejvhodnější Laplaceovský filtr 3 (Laplacian 3), který nejlépe dokázal ve snímku zvýraznit jednotlivé hrany.

Spojením obou snímků v jeden celek vznikl obraz bez znatelných známek šumu, s lepším podáním barev a zvýrazněnými hranami, resp. liniemi. Způsob zpracování obrazu jako celku se mi jeví být do jisté míry nevýhodný. Není totiž možné upravovat jednotlivé barevné kanály obrazu zvlášť, nezávisle na sobě.

Nedostatečné množství úprav mě přivedlo k druhé možnosti práce s obrazem, a to na úrovni jednotlivých barevných kanálů RGB.

Na začátku práce bylo třeba snímek rozdělit na jednotlivé barevné kanály, čímž vznikly tři obrazy ve stupních šedi. Každý obraz tak díky odstínům šedi v jednotlivých bodech určoval odstín červené, zelené nebo modré barvy a to tak, aby po opětovném spojení všech tří složek vznikl původní obraz. Na takto rozložený obraz jsem začal opět postupně aplikovat jednotlivé filtry. Pro každý barevný kanál jsem tak měl možnost zvolit si nízkofrekvenční i vysokofrekvenční filtr zvlášť. U nízkofrekvenčních filtrů to pak prakticky znamenalo, že jsem pro červenou složku použil filtr více rozmazávající obraz (shlazování obrazu = větší redukce šumu) a u obrazu představujícího modrou složku jsem naopak použil filtr citlivější k detailům. Obdobný účinek měla metoda i na výběr vysokofrekvenčních filtrů.

Po provedení úprav všech tří obrazů jsem tyto obrazy zpětně spojil a vznikl obraz, na pohled kvalitnější, než originál a i, vzhledem k většímu množství možných úprav, přesnější a ostřejší nežli obraz vzešlý z prvního postupu. Nevýhodou však tohoto druhého způsobu zůstává časová náročnost přímo úměrná trojnásobnému nárůstu prováděných operací.

Oba postupy mě tedy přivedly k vytyčenému cíli s výsledky odpovídajícími časové náročnosti a složitosti prováděných úprav. První způsob zpracování bych doporučil uživateli, kterému sice záleží na kvalitě zpracování, ale přednost klade na jednoduchost úprav, v co možná nejkratším možném čase. Naopak druhou, mnou testovanou metodou, by se měli zabývat ti lidé, jež touží po snímcích s vyšší kvalitou a to i při značném přiblížení, kdy obraz zpracovaný první metodou začíná ztrácet na atraktivitě.

## 6. Závěr

Problematika digitálního zpracování obrazových informací v sobě ukrývá mnohá řešení, kdy není možné jedno označit jako lepší a to druhé začít nazývat horším. Každý snímek, jež má být v budoucnu upravován, představuje soubor informací. K těmto informacím by mělo být přistupováno vždy s ohledem na budoucí využití a s ohledem na budoucí funkci by měla být také volena metoda zpracování. V této bakalářské práci byly popsány jen některé metody používané při práci s digitálními snímky.

Detailněji zde sice byly popsány některé typy konvolučních filtrů, posléze použitých na vybraný snímek, ale jejich využití a aplikace skýtá další zajímavé možnosti, jež nebyly s ohledem na rozsah této práce zcela vyčerpány. To je také důvodem, proč bych chtěl tímto směrem vést i svou diplomovou práci zaměřenou nejen na konvoluci, ale také na možnosti využití výše zmíněné Fourierovy analýzy.

Digitální zpracování obrazové informace a celý obor digitální techniky má před sebou dlouhou budoucnost a nenastane-li nějaká zásadní změna ve společnosti, digitální technika se postupem času stane součástí všech činností člověka. Samotný vývoj fotografie za posledních deset let zaznamenal velký vývoj, který odsunul klasické fotoaparáty do ústraní a jedinými masově používanými zařízeními, nahrazujícími klasické fotoaparáty, se tak staly digitální fotoaparáty.

## 7. Seznam literatury

- [1] Klimešová D.: *Geografické informační systémy a zpracování obrazů*, skripta PEF ČZU Praha 2001, ISBN 80-213-0834-6
- [2] Žára J., Beneš B., Sochor J., Felkel P.: *Moderní počítačová grafika*, Computer Press Brno 2004, ISBN 80-251-0454-0
- [3] Pecinovský J.: *Upravujeme digitální video*, Grada Praha, 2004.
- [4] Beránek P.: *Digitální video v praxi*, Mobil Media Brno, 2002, ISBN 80-86097-63-3
- [5] Pratt K.W.: *Digital Image Processing*, J.Wiley, NY 1978.
- [6] Kerre Etienne E.: *Fuzzy Techniques in Image Processing*, A Springer-Verlag Copany, 2000, ISBN 3-7908-1304-4.
- [7] Gonzales R.C., Wintz P.: *Digital Image processing*, Addison-Wesley 1987

### 7.1. Internetové zdroje

- [1] <http://www.digineff.cz>
- [2] <http://www.paladix.cz>
- [3] <http://home.pf.jcu.cz>
- [4] <http://www.geogr.muni.cz/>

## **8. Přílohy**

Příloha 1: Seznam obrázků

## Příloha 1: Seznam obrázků

Obrázek 1: Šum viditelný při zvětšení obrazu .....	11
Obrázek 2: Příklady moiré vzniklé díky aliasu při zmenšení obrázku obsahujícího výraznou drobnou periodickou texturu.....	14
Obrázek 3: Snímek obsahující alias .....	15
Obrázek 4: Antialiasing - Pravidelné vzorkování s vyšší frekvencí .....	16
Obrázek 5: Vlevo ukázka Pravidelného rozložení vzorků a vpravo roztřesení vzorků .	16
Obrázek 6: Použití algoritmu roztřesení .....	17
Obrázek 7: Příklad shodného histogramu pro dva odlišné obrazy.....	18
Obrázek 8: Převod obrazu RGB na šedotónový .....	19
Obrázek 9: Zvýšení jasu (zesvětlení obrazu) pomocí křivek histogramu (vlevo originál).....	20
Obrázek 10: Snížení jasu (ztmavení obrazu) pomocí křivek histogramu (vlevo originál).....	21
Obrázek 11: Zvýšení kontrastu pomocí křivek histogramu (vlevo originál) .....	22
Obrázek 12: Snížení kontrastu pomocí křivek histogramu (vlevo originál) .....	23
Obrázek 13: Redukce škály úrovní šedi z původních 8 bitů na 4 bity a 2 bity .....	24
Obrázek 14: Použití filtru obyčejné průměrování s velikostí masky 3x3 (vlevo originál) .....	27
Obrázek 15: Použití filtru medián se čtvercovým okolím bodů o velikosti 5x5 (vlevo originál) .....	28
Obrázek 16: Laplaceovský filtr s velikostí masky 3x3 .....	30
Obrázek 17: Sobelův filtr s velikostí komplementárních masek 3x3 .....	31
Obrázek 18: Zkombinování aplikace VF a NF filtru .....	32
Obrázek 19: Aplikace filtrů na jednotlivé kanály RGB obrazu .....	33