

# Obraz jako biosignál

Biosignál je jakýkoliv signál získaný jako výstup z biologického systému. Obraz takového systému může být medicínsky užitečnou informací. Obraz může být chápán jako záznam viděného, může se ale jednat i rozšíření tohoto nebo o vizualizaci rozložení nějakého **fyzikálního parametru**. Obraz lze analyzovat metodami zpracování biosignálů a lze tak získat užitečné **diagnostické informace**.

## Obrazová funkce

Obraz je přirozeně analogový signál. Matematickou abstrakcí je vlastně funkcí dvou proměnných s významem souřadnice v rovině:

$$f: \mathbb{R}^2 \rightarrow C$$

kde  $C$  je tzv. **barevný prostor**. Barevný prostor může mít poměrně komplikovanou strukturu. Pokud bychom chtěli obrazovou funkcí zcela věrně reprezentovat optické vlastnosti světla vycházejícího z každého bodu, případně, z jiného úhlu pohledu na totéž, dopadajícího na každý bod sítnice, měl by barevný prostor charakter prostoru funkcí popisujících všechna možná spektra. Pokud je předmětem úvah tzv. multispectral imaging, je barevný prostor množinou  $n$ -tic popisujících vlastnosti při vybraných vlnových délkách. Při klasických barevných obrazech se díky fyziologii vidění tento počet snižuje na pouhé tři hodnoty (viz např. RGB kódování barev). Pokud je předmětem zájmu **radiologický snímek**, obvykle postačuje pouze informace o stupni šedi, která je nesena jedním číslem.

Pro zpracování počítačem musí být obrazová funkce diskretizována jak v souřadnicích tak i v hodnotách, protože počítač se spojitými hodnotami pracovat neumí. Diskretizací prostorových souřadnic je vlastně obraz rozdělen na malé homogenní plošky, **pixely**. Velikost pixelu ve vztahu k fyzické předloze je jedním z důležitých parametrů kvality obrazu, obvykle se vyjadřuje jako **počet bodů na palec** (dpi). Ukazatelem diskretizace je bitová hloubka obrazu, tedy počet bitů vyhrazených pro informaci o barevných poměrech jednoho pixelu. **Bitová hloubka** je vlastností datového rámce, neříká nic o tom, jak účelně je tato bitová hloubka využita.

## Základní charakteristiky obrazu

- **Jas** je vyjádřením intenzity, jde obvykle o číslo z vybraného intervalu. V případě matematických modelů zpracování obrazů se obvykle jas uvažuje z intervalu  $\langle 0, 1 \rangle$ , kde nula je "černá", jednička je "bílá" a ostatní hodnoty jsou různé odstíny šedé. V počítačové grafice se z praktických důvodů používají celá čísla z intervalu  $\langle 0, \max C \rangle$ , kde  $\max C$  je obvykle o jedničku zmenšenou mocninou dvojky (často 255). Jas se může vztahovat k jednomu pixelu nebo lze hovořit o průměrném jasu obrazu.
- **Kontrast** vyjadřuje rozdíl mezi maximálním a minimálním jasnem v daném obraze.
- **Histogram** je grafické vyjádření četnosti jednotlivých stupňů jasu v daném obraze.

## Základní operace s obrazem

- Jako **operace s histogramem** se obvykle označují jednoduché operace na úrovni celého obrazu (globální manipulace). Obvykle jde o přičítání konstanty ke všem pixelům (manipulace s jasnem), násobení všech pixelů konstantou (manipulace s kontrastem) nebo o složitější operaci ekvalizace histogramu.
- **Filtrace** obvykle označují takové operace s obrazem, při kterých je pixel nahrazen novou hodnotou, která je určena kombinací hodnot pixelů v jeho okolí. Filtrace může být lineární (nový pixel pak vlastně bude váženým průměrem hodnot v okolí) nebo nelineární. Důležitými příklady filtrů jsou (skupiny níže se překrývají):
  - **dolnofrekvenční propust** – z Fourierova spektra odstraní vysoké frekvence odpovídající detailům a hranám
  - **hornofrekvenční propust** – z Fourierova spektra odstraní nízké frekvence odpovídající velkým homogenním plochám
  - **hranový detektor** – v obrazu zvýrazní hrany
  - **potlačení šumu** – potlačí informaci, o které se předpokládá, že je šum. Např. mediánový filtr.
  - **prahování** – hodnoty menší než práh nastaví na nulu

## Kvalita obrazu

### Artefakty digitalizace

Kvantováním obrazu se mohou v digitálním snímku objevit artefakty, které mohou působit rušivě:

- **Aliasing** je termín z analýzy signálů. Vzniká tam, kde jsou ve vzorkovaném signálu přítomny frekvence, pro které není splněna vzorkovací věta. V obraze jsou typickým vysokofrekvenčním signálem hrany, projevem aliasingu je patrná "zubatost" hran.

- **Moiré** vzniká tam, kde je digitalizován pravidelný vzor, jehož periodičita je blízká periodě detektoru (např. hustotě buněk v CCD čipu). V digitalizovaném obraze se objeví nový, arteficiální, vzor, obvykle z patrnými kruhy nebo pruhy.

## Komprese obrazu

Obrazov může být v paměti uložen různým způsobem. Přímochařar způsob, tedy uloženi "pixel po pixelu" vede k tomu, že výsledný soubor je objemný. Protože je ale přístup k takovým datům rychlý, formáty jako BMP se stále používají. Většina obrazových formátů je ale založena na kompresi. Komprese může být dvojího druhu:

- **Bezeztrátová komprese** je založena na matematické úpravě dat, obvykle nějakým způsobem využívá toho, že obraz je tvořen poměrně homogenními plochami. Velikost souboru je zmenšena, nejsou ztracena žádná data. Příkladem může být formát PNG nebo TIFF.
- **Ztrátová komprese** je založena na cílené ztrátě detailů, kterou lidské oko již prakticky nevnímá. V případě přílišného kompresního poměru může dojít ke značnému poškození obrazu. Nejčastěji používaným formátem se ztrátovou kompresí je JPEG.

## Technické nedostatky při získávání obrazu

Kvalita obrazu může být poškozena již při získávání. Nejčastěji jde o ekvivalenty přeexponování a podexponování klasické fotografie. I když lze často snímek filtrací upravit tak, že se jeho **kvalita zlepš**í, není možné dodat do snímku již jednou ztracenou informaci. Tak například pokud bude rentgenový snímek "podexponován" v tom smyslu, že i když bude mít bitovou hloubku 12 bitů (tj. teoreticky rozliší 4096 stupňů šedi), bude nasnímán tak, že použity budou ze stupně šedi nižší než 50, postupem nazývaným **ekvalizace histogramu** se sice výrazně zlepší čitelnost (původní snímek by nejspíš lidské oko vnímalo jen jako temně šedou mlhu na černém pozadí), jemné rozdíly ve stupních šedi, které lze u správně pořízeného snímku další upravou ozřejmit (lidské oko dokáže rozlišit jen poměrně malý počet stupňů šedi), budou v tomto případě nenávratně ztraceny.

## Využití

### Image Enhancement

Image Enhancement představuje sadu postupů, kterými se zlepšují vizuální charakteristiky digitálního obrazu. V obraze není vytvářena nová informace, **image enhancement** pouze vizuálně zvýrazní nebo potlačí jistý aspekt informace obsažené v obraze. Protože lze ale cílit na aspekty, které lidské oko běžně nevnímá jako podstatné, lze zlepšit vizuální vjem. Příklady technik, které lze označit jako image **enhancement**, jsou:

- **detekce hran** – - Zesílením informace o hranách se obraz stane subjektivně "ostřejší".
- **potlačení šumu** – - Potlačení šumu se obraz stane subjektivně "čistější"; běžným vedlejším efektem je větší či menší rozmazání.
- **falešné barvy** – - Přidáním falešných barev do šedotónového obrazu lze zvýšit počet rozlišitelných barev.

## Computer Aided/Assisted Diagnosis

Metody analýzy obrazu mohou posloužit jako cenný nástroj v počítačové podpoře diagnostiky. Typickou úlohou je kvantifikace tvaru léze a její textury (vlastností vzoru), které lze využít přímo jako diagnostické markery. Jinou úlohou je vytipovávání suspektních lézí, které se vyznačují pouze ne-podobností k okolí.

## Odkazy

### Externí odkazy

- Prezentace projektu FRVŠ č.2487/2011: Získávání a analýza obrazové informace (<http://www.med.muni.cz/biofyz/Image/prezentace.html>)

### Použitá literatura

- GONZALES, Rafael C. a Richard E. WOODS. *Digital Image Processing*. 3. vydání. Upper Saddle River, New Jersey : Pearson Education Inc., 2008. ISBN 0-13-505267-X.
- GEOFF, Dougherty. *Digital Image Processing for Medical Applications*. 1. vydání. Cambridge : Cambridge University Press, 2009. ISBN 978-0-521-86085-7.
- ŠRÁMEK, Jaromír, Ondřej RÁČEK a Martin SEDLÁŘ, et al. *Získávání a analýza obrazové informace* [online]. LF MU Brno, 2011, dostupné také z <<http://www.med.muni.cz/biofyz/Image/ucebnice.pdf>>.