

DETEKCE HRAN V BIOMEDICÍNSKÝCH OBRAZECH

Viktor Haškovec, Martina Mudrová

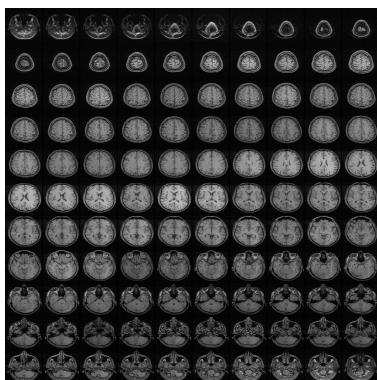
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Ústav počítačové a řídicí techniky

Abstrakt

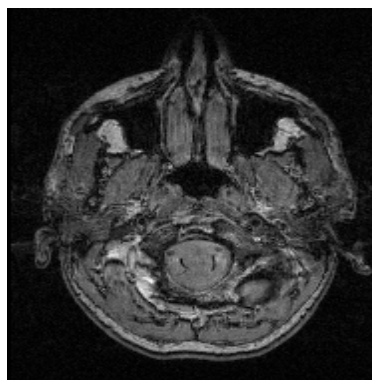
Příspěvek je věnován zpracování biomedicínských obrazů s cílem vymezení daného objektu metodami detekce hran. Jsou zde porovnány různé druhy metod - gradientní metody, metody matematické morfologie a některé statistické metody. Dále je sledován vliv šumu na kvalitu dosaženého výsledku a jsou aplikovány různé metody pro jeho potlačení. Veškeré algoritmy byly zpracovány s využitím výpočetního prostředí MATLAB.

1 Úvod

Práce se zabývá zpracováním digitálních obrazů. Toto téma je v současné době velmi rozšířené a s narůstajícím rozvojem digitálních technologií zasahuje do řady inženýrských oborů. Zpracování obrazu jako dvojrozměrné funkce nachází uplatnění např. v medicíně, v jakostním inženýrství, v biotechnologiích i jinde. Tento příspěvek je zaměřen na analýzu reálných biomedicínských obrazů pocházejících z NMR (nukleární magnetická rezonance) vyšetření. K nalezení tvaru jednotlivých orgánů z hlediska možností převodu dat do vektorového popisu a jejich další vizualizace byly zkoumány možnosti detekce hran v obrazu. Pro získání hranice vybraného orgánu byly použity jednak gradientní metody a dále metody matematické morfologie. Byl aplikován lineární i nelineární přístup ke zpracování dat. Vzhledem ke kvalitě reálných dat byly dále studovány metody sloužící k potlačení rušivých složek v obraze. Práce zahrnuje zpracování jedné sady 110 snímků transverzálních řezů o velikosti 226x188 pixelů získaných jednorázovým NMR vyšetřením hlavy anonymního pacienta (obr. 1), pro názornost jsou dosažené výsledky prezentovány vždy pouze na jediném vybraném řezu (obr. 2).



Obrázek 1: Sada snímků z vyšetření NMR



Obrázek 2: Vybraný NMR snímek

2 Gradientní metody

Hledání hran v obraze, tj. míst, kde se náhle mění hodnota jasové funkce obrazu X , patří mezi časté úlohy zpracování obrazů a pro jejich detekci existuje mnoho různých metod [1, 3, 4]. Principem gradientních metod je odhad hodnot gradientu jasové funkce pro daný obraz. Výpočet tohoto odhadu může být realizován jako dvojrozměrná diskretní konvoluce obrazu X a vhodné masky H podle rov. (1).

$$Y = H * X \quad (1)$$

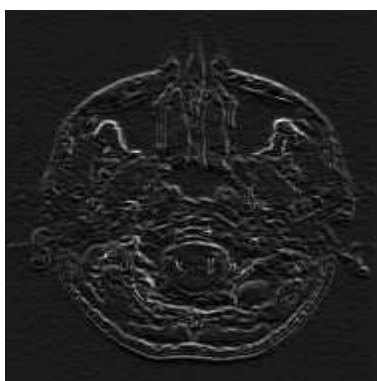
Volba masky a její velikost závisí na charakteru obrazu. Součástí této studie bylo testování možností použití jednoduchých konvolučních masek (Robertsova operátoru, operátoru Prewittové, Sobelova operátoru, operátoru LoG) a dále pak Cannyho hranového detektoru. V případě směrových operátorů byl pro výpočet velikosti gradientu použit vztah (2),

$$Y = \sqrt{\sum_{i=1}^N Y_i^2} \quad (2)$$

kde Y_i je výsledek detekce hran v obraze X v i -tém směru, při použití otočené konvoluční masky H_i . Počet otočení masky N závisí na velikosti použité masky H . S ohledem na požadavek možnosti následného vektorového popisu sledovaného objektu bylo nutno získaný šedotónový obraz Y převést na obraz černo-bílý B , kde bílé pixely jednoznačně určují místa v obraze, kde se vyskytuje hrana. Tento převod byl realizován pomocí prahování podle rov. (3), kde hodnota prahu t byla stanovena na základě zobrazení histogramu obrazu. Vybrané výsledky aplikace zmíněných metod jsou zobrazeny na obr. 3 až 4.

$$b_{i,j} = \begin{cases} 0 & \text{pro } y_{i,j} \leq t \\ 1 & \text{pro } y_{i,j} > t \end{cases} \quad (3)$$

pro všechny pixely $y_{i,j}$ obrazu Y .



Obrázek 3: Detekce hran Sobelovým operátorem - detekce hran ve všech směrech podle rov. (2)



Obrázek 4: Obraz z obr. 3 po převodu do černo-bílé reprezentace podle rov. (3), $t = 0.21$



Obrázek 5: Detekce hran metodou LoG s převodem na černo-bílý obraz, $t = 0.00032$



Obrázek 6: Detekce hran Cannyho hranovým detektorem s převodem na černo-bílý obraz, $t = 0.36$

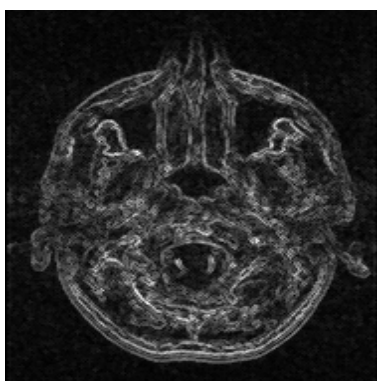
3 Metody matematické morfologie

Metody matematické morfologie vycházejí z vlastností bodových množin a v současnosti jsou používány jako rychlý a účinný nástroj pro zpracování digitálních šedotónových obrazů nebo pro úpravu černobílých obrázků. Detekce hran metodami matematické morfologie může být založena na výpočtu Beucherova gradientu [1] podle rovnice (4).

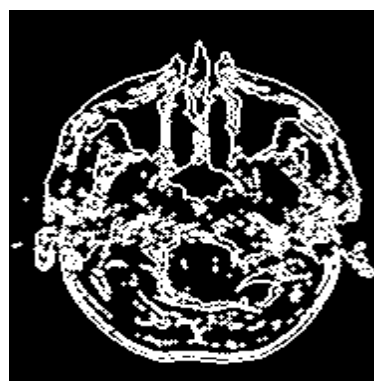
$$Y = grad(X) = (X \oplus S) - (X \ominus S) \quad (4)$$

Operátory \oplus a \ominus značí dilataci a erozi [1] vstupního šedotónového obrazu X při použití strukturního elementu S . Volba tvaru a velikosti S zásadním způsobem ovlivňuje kvalitu dosaženého výsledku Y . Pro převod výsledného šedotónového obrazu Y do černo-bílé podoby B je možno opět aplikovat metodu prahování podle rov. (3). Na obr. 7 je uveden příklad aplikace rovnice (4) na vybraný NMR snímek při použití strukturního elementu ve tvaru (5), na obr. 8 je pak výsledek převeden do černo-bílé podoby.

$$S = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$



Obrázek 7: Detekce hran metodami mat. morfologie: Vybraný snímek byl upraven podle rov. (4) při použití strukturního elementu ve tvaru (5)



Obrázek 8: Obraz z obr. 7 po převodu do černo-bílé reprezentace podle rov. (3), $t = 0.0118$

4 Potlačení rušivých složek

Popsané metody detekce hran jsou citlivé na přítomnost rušivých složek v obraze. Z detailního výřezu vybraného snímku uvedeného na obr. 10 je zřejmá přítomnost šumu i v daných reálných obrazech, který může negativně ovlivňovat kvalitu detekce hran. Pro potlačení rušivých složek v obraze je možno použít různé metody [1, 3, 4]. Pro otestování vhodnosti vybraných lineárních i nelineárních metod byl vybrán testovací snímek, ke kterému byl přičten umělý šum různého charakteru. Na takto vzniklých snímcích byly testovány metody číslicové filtrace, jejichž výsledky jsou uvedeny v tabulce 1. Hodnotícím kritériem pro posouzení kvality filtrace bylo použito kritérium SNR [4]. Byla testována schopnost potlačení především aditivního bílého šumu a výstřelového šumu, který náhodně přidává černé a bílé pixely do obrazu. Z metod lineární filtrace, kterou je výpočetně možno realizovat opět jako konvoluci podle rov. (1), kde H je konvoluční maska filtru, byly aplikovány 3 typy FIR filtrů:

- Filtr1 - prosté průměrování na okolí 3x3 pixely,
- Filtr2 - vážené průměrování na okolí 3x3 pixely, zdůrazňující středový bod a jeho 4-okolí
- Filtr3 - dolnoproputný filtr získaný McClellanovou transformací [3] z jednorozměrného dolnoproputného filtru navrženého pomocí Remezova algoritmu [3] s kruhovou mezní frekvencí $\omega_c = 0.1875\pi \pm 0.0375\pi$, řád filtru byl zvolen 40.

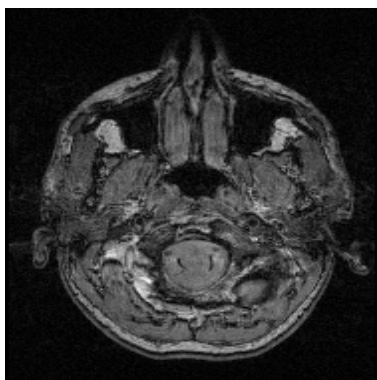
Z nelineárních metod, jejichž aplikace by měla lépe zachovávat hrany, byl testován výpočet mediánu na různě velkém okolí:

- Filtr4 - medián na okolí 3x3 pixely
- Filtr5 - medián na okolí 5x5 pixelů

Tabulka 1: Výsledky aplikace popsaných filtrů 1-5 na testovací obrázek s uměle přidaným šumem

Typ šumu	Hodnoty kritéria SNR pro různé typy filtrace					
	Bez filtrace	Filtr1	Filtr2	Filtr3	Filtr4	Filtr5
Výstřelový	0.8945	1.5321	1.5629	1.6226	1.8849	1.8224
Gaussovský	0.9359	1.2927	1.3205	1.3381	1.4159	1.5231

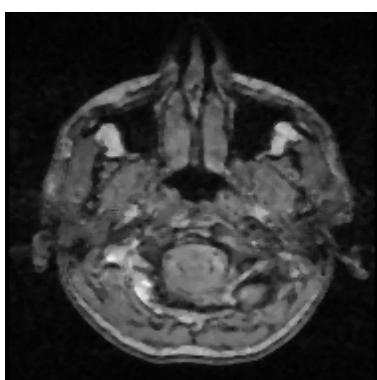
Z tabulky 1 je patrné, že k největšímu navýšení kritéria SNR dojde při použití mediánového filtru 4 nebo 5. Proto byla tato metoda potlačení rušivých složek aplikována na původní snímky. Výsledek aplikace mediánového filtru působícího na oblasti 3x3 je uveden na obrázcích 9 až 12.



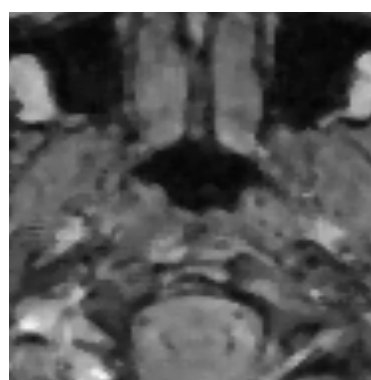
Obrázek 9: Vybraný originální NMR snímek



Obrázek 10: Zvětšený výřez vybraného snímku z obr. 9



Obrázek 11: Výsledek mediánové filtrace na oblasti 3x3 vybraného snímku z obr. 9



Obrázek 12: Zvětšený výřez vybraného snímku po mediánové filtraci z obr. 11

5 Závěr

Předložená studie se zabývala aplikací obecných metod detekce hran a potlačení rušivých složek na reálné biomedicínské obrazy. Vybrané metody byly posouzeny z hlediska vhodnosti jejich použití pro danou sadu NMR snímků a bylo testováno také nastavení jejich parametrů.

Výsledkem je návrh postupu zpracování uvedených dat. Příklad aplikace doporučené posloupnosti operací je uveden na obr. 13 a 14 - vybraný snímek byl nejprve podroben nelineární mediánové filtraci a poté byly detekovány hrany Cannyho hranovým detektorem a metodami matematické morfologie. Postupy byly testovány také z hlediska časové náročnosti, kdy bylo ověřeno, že použití metod matematické morfologie na stejný snímek je přibližně 3x rychlejší než analogická detekce hran Cannyho metodou. Sada snímků vzniklá navrhovaným postupem může sloužit jako vstup do algoritmů sloužících k převodu do vektorového popisu trojrozměrných dat.



Obrázek 13: Vybraný snímek po aplikaci mediánového filtru 3x3 a Cannyho hranového detektoru s volbou prahu $t = 0.36$



Obrázek 14: Vybraný snímek po aplikaci mediánového filtru 3x3 a metod matematické morfologie podle vztahů (4) a (5)

6 Poděkování

Príspevek vznikl za podpory výzkumného záměru FCHI VŠCHT č. MSM 223400007. Sada reálných NMR snímků anonymního pacienta byla laskavě poskytnuta Fakultní nemocnicí Královské Vinohrady v Praze.

Reference

- [1] Hlaváč V., Sedláček M., *Zpracování signálů a obrazů*, ČVUT, Praha, 2000
- [2] Johnson J. R., *Introduction to Digital Signal Processing*, Prentice Hall, NY, 1989
- [3] Mitra S. K., Kaiser J. F., *Handbook for Digital Signal Processing*, John Wiley & Sons, NY, 1993
- [4] Šonka M., Hlaváč V., Boyle R., *Image Processing, Analysis and Machine Vision*, Chapman and Hall, London, 1993
- [5] Zuna I., Poušek L., *Úvod do zobrazovacích metod v lékařské diagnostice*, Vydavatelství ČVUT, Praha, 2002

Viktor Haškovec, Martina Mudrová
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze
Ústav počítačové a řídicí techniky
Technická 1905, 166 28 Praha 6
Tel: 00420-224 354 174, Fax: 00420-224 355 053
E-mail: {Viktor.Haskovec, Martina.Mudrova}@vscht.cz
WWW: phobos.vscht.cz