

Oponentní posudek disertační práce Mgr. Jiřího Sedláře (MFF UK Praha) Image Analysis in Microscopy and Videokymography

Předložená práce Mgr. Jiřího Sedláře má včetně seznamu literárních odkazů 101 stran, na nichž předkládá výsledky práce, týkající se konkrétních složitých problémů z oblasti zpracování biomedicínských obrazových dat. Práce se zabývá postupně třemi problémovými oblastmi.

Prvý okruh se týká problému dotvoření chybějících 2D snímků rostoucích vláken ve videosekvencích z optické mikroskopie, kde okolnosti neumožňují dostatečně časté snímání. Problém je zjednodušen biologicky zdůvodněným předpokladem, že změny v obrazech jsou dány růstem vláken pouze ve směru jejich délky s tím, že tvar již narostlých částí vláken se významně nemění. Za těchto předpokladů práce využívá popisu vláken jejich morfologickým skeletem, v němž separuje jednotlivá vlákna a pracuje s nimi pak individuálně. Geometrickou splinovou transformací využívající skeletového modelu pak získává mezilehlé interpolované obrazy vždy z časově bližšího snímku série. Nabízí se otázka, jak je zajištěno, aby nedošlo ke skoku při přechodu z předchozího výchozího na následující výchozí snímek, což souvisí i s tím, jak je kompenzován vliv případného nelícování skeletů společných částí vlákna v obou výchozích obrazech. Získané výsledky jsou podle snímků dobře použitelné, ovšem s ohledem na účel. Ačkoli popis dobře ukazuje použitou metodologii a výsledky, zůstává celkem nevysvětleno, k čemu časová interpolace snímků slouží. Jde zřejmě jen o interpolaci známých dat a pro vědecké účely tak nepřináší novou informaci. Je tedy účelem jen vizualizace videa pro prezentační účely či je sledováno ještě i jiné hledisko?

Druhým problémovým okruhem byla detekce a měření částic v datech z AF mikroskopie, která jsou zde chápána jako 2D konvoluce výškových souřadnic vzorku a impulsní odezvy, odpovídající tvaru hrotu AF sondy. V konkrétním řešeném problému bylo možné předpokládat, že částice mají elipsoidální tvar a jsou řádově stejně velké, což řešení využívá. Přístup je založen na využití segmentace částic pomocí metody rozvodí a následné modifikaci metodou narůstání oblastí; poté jsou vyjmuty částice zčásti zakryté, neumožňující spolehlivou aproximaci elipsoidem. Elipsoidální aproximace zbylých částic umožňuje – s využitím vztahu mezi 2D daty a topografií povrchu – rekonstruovat přibližně 3D povrch a následně měřit velikosti částic. Statistika získaných výsledků ve srovnání se statistikami ručně provedených měření prokazuje použitelnost automatického postupu s výhodou mnohem většího zpracovaného souboru částic na vzorku. Některé parametry procedur nejsou kvantifikovány, a není ani uvedeno, jak by se k nim dospělo (např. σ pro vyhlazení na str. 38 apod.); lze předpokládat, že jde o parametry ověřené experimentálně. Na str. 45 se hovoří o možnosti adaptivního určení meze aproximační chyby ϵ , aniž by se uvedlo, a jakou adaptaci jde a čím by se řídila. Není jasné, proč v integrálním měřítku nepodobnosti rov. (3.3.1) je zavedeno váhování čtvercem funkce $z(\cdot)$, jestliže účelu by bylo patrně dosaženo i s prvou mocninou. Nabízí se také úvaha o možnosti alternativně detekovat elipsy z hranové reprezentace obrazů pomocí Houghovy transformace s možnou výhodou správné rekonstrukce i zčásti zakrytých částic.

Třetí problémová oblast se zabývá analýzou neobvyklých 2D dat, vzniklých metodou videokymografie (VKG), tj. časovým rozvojem liniového snímání chvění hlasivek. Autor zde navazuje na dřívější práce v této oblasti, prováděné na pracovišti a využívá některé dílčí postupy a algoritmy. Jde přitom o analýzu těchto specifických obrazových dat směřující k odvození parametrů odpovídajících medicínskému formuláři pro vizuální hodnocení. Použitá metodologie zahrnuje segmentaci oblastí prahováním s určením prahu minimalizací řezu grafu, vytvořeného nad obrazem a následného určení hranice těchto oblastí; následně se určují charakteristické body, z nichž se odvodí požadované parametry. Práce se dále zabývá detekcí a určením směru hran, způsobených ve VKG obrazu šířením mechanických vln na hlasívkách; k určení směru hran (a tím rychlosti vln v originálním prostoru) se užívá Fourierovy transformace s následným vyhledáním oblasti s maximální energií. Dosažené výsledky zřejmě předstihují dřívější, dosahují potřebné přesnosti a spolehlivosti v porovnání s vizuálním expertním hodnocením a mohou

následně sloužit i pro rutinní klinické využití. V popisu úvodního předzpracování (odstranění spekulárních reflexí) není definováno, co se myslí na str. 67 difuzí nebo interpolací pro zaplnění vyjmutých oblastí; v segmentaci není jasné, čím přispívá nárůst přísněji prahované oblasti v rámci volněji prahované (str. 69 ..), jak a proč se dospěje k jen jedné polovině zobrazení v obr. 4.6 a dalších, a co je myšleno inverzí binárního obrazu na str. 73. Při určování směru šíření vlny pomocí Fourierovy transformace by bylo vhodnější vycházet z úhlového sektoru ve frekvenční doméně namísto z pravoúhlé oblasti. Formule na str. 76, z níž se přitom vychází, deklarovaná jako amplitudové spektrum, jím není; jde zřejmě o reálnou složku komplexního spektra. Na detekované směry to však patrně nemá větší vliv.

Po věcné stránce je práce zajímavá a z aplikačního hlediska zajisté přínosná; jde o práci orientovanou na konkrétní aplikace v náročné oblasti analýzy medicínských obrazů. Ačkoli vzhledem ke svému zaměření nepřináší nové teoretické poznatky, lze její přínos spatřovat především v kritickém výběru moderních dílčích postupů, jejich modifikaci vhodnými úpravami a volbou konkrétních parametrů a ve zřetězení těchto postupů do konzistentních metod, vedoucích k požadovanému cíli s jasně definovaným výstupem. Původním přínosem práce je tak vypracovaná metodologie pro řešení konkrétních náročných problémů. V práci se vyskytují některé drobné nepřesnosti zčásti teoretického nebo formulačního rázu. Např. na str. 23 se hovoří o degradaci označené „flat field“, což je (mimočodem nevhodný) název pro nerovnoměrné osvětlení zorného pole. Nepřesnost je zde v korekci, která je deklarována jako „added brightness“, ačkoli mělo zřejmě jít o multiplikativní opravu. Na str. 36 se hovoří nepřesně o „objemu funkce“, na str. 44 o „shape“ namísto „area“, nejasný je pojem „generalised point“ na str. 79, apod.. Již výše byla zmíněna nepřesnost v definici amplitudového 2D spektra. Žádná z těchto nepřesností ale neovlivňuje významně výsledky a tím ani hodnotu práce.

Po formální stránce je práce v zásadě dobře členěna na tři zmíněné problémové oblasti. Vnitřní členění kapitol by však mohlo lépe oddělit popis výchozího stavu problematiky včetně využitých cizích algoritmů od následného popisu vlastních přístupů; také popis vlastní metodologie by mohl být zřetelněji separován od dosažených výsledků s diskusí, což by umožnilo snáze hodnotit autorův přínos. Grafická úroveň práce včetně vhodně volených obrázků odpovídá současnému dobrému standardu, pouze chybí číslování u části rovnic.

Závěrem konstatuji, že doktorská disertační práce Mgr. Jiřího Sedláře prokazuje potřebné teoretické znalosti, přinesla původní poznatky a může mít významné praktické uplatnění. Splňuje tak požadavky, na disertační práce kladené a proto ji doporučuji k obhajobě.

V Brně, 13.ledna 2013

Prof. Jiří Jan

Vysoké učení technické v Brně