

Jan Kybic
katedra kybernetiky
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické v Praze
Technická 2
166 27 Praha 6
email: kybic@fel.cvut.cz
tel: +420 2 2435 5721

January 1, 2017

Review of the PhD thesis of Ing. Tomáš Ryba

Automatic localization and classification of liver lesions

This PhD thesis describes a complete pipeline for processing a sequence of 3D contrast-enhanced human CT images, starting with automatic detection and segmentation of the liver. The structures within liver are also segmented. The images are registered to compensate for patient motion. Finally, detected objects are classified according to their medical significance, focusing especially on cancerous lesions.

It is rare for a PhD thesis to approach such a wide topic and I must congratulate the author for finishing this ambitious project all the way until the stage described in the thesis, which I understand to be a working prototype. I appreciate the difficulty of obtaining and curating the data and collaborating with the clinicians. The thesis is written in a good English and is nicely typeset. I have enjoyed reading especially Chapter 2, which clearly and concisely summarizes useful facts about liver cancer, just at the right level of detail for a non-medical audience.

Unfortunately, the thesis also has a number of weaknesses:

1. The author seems to a large extent to ignore the state of the art. The problems of liver detection in CT images, liver and liver tumor segmentation, as well as liver tumor classification have been all addressed before a number of times¹.

The text at the beginnings of subsequent chapters (e.g. the beginning of Chapter 3 on image segmentation) cannot be really considered a state of the art - it is too general, not at all focused on the task at hand, and partly outdated. I am also not comfortable about a large number of non-original illustrations.

2. The chosen methods might be suboptimal and obsolete, based mostly on a number of hand-crafted ad hoc rules. This is in contrast with the recent common experience that for most similar tasks (segmentation, detection, classification), some form of data-driven machine learning approach usually performs better. The authors unfortunately do not give much details about the dataset used but the 346 CT volumes they mention in Chapter 6 definitely form a large enough set for some form of machine learning to be applied.

Some parts of the pipeline are not described in sufficient detail (e.g. the registration), so I assume that existing third-party implementations of standard methods were used.

3. The authors do not apply other published methods to their dataset nor do they apply their own method to publicly available datasets². It is therefore impossible to compare the performance of the proposed methods with existing alternative approaches.

¹To give just one example, see Linguraru et al.: "Tumor Burden Analysis from CT Data of Diseased Patients via Automated Liver and Tumor Segmentation." *IEEE Transactions on Medical Imaging*, Vol. 31(10) (2012) 1965-76.

²For example the SLIVER07 liver segmentation challenge or the 3D liver tumor segmentation challenge at MICCAI 2008.

4. While the number of candidate's publications is impressive, it turns out that the only journal publications where the candidate is a first author are in a journal *Pattern Recognition and Image Analysis*. I am sorry to say that this is far from being a leading journal in the field. I regret that the author has not invested the effort into having at least one publication in a top quality journal, which would have provided an automatic "certificate of quality" and would also make the work better known in the community.
5. The only quantitative evaluation compares the classification accuracy between different kinds of tumors in Chapter 6. In other words, it seems that the evaluation was only done on diseased liver images. While this is interesting, I think it would be far more useful to evaluate the proposed method also on images of healthy liver, which are probably going to be more frequent in clinical practice, and to measure its ability to distinguish between healthy and unhealthy liver. I believe that using the proposed method as a first or second reader for screening is a much more realistic target scenario.

To conclude, I do consider that the author in his dissertation thesis has demonstrated the ability to work independently and creatively in the specified field. The author has successfully developed a novel method for automatic localization and classification of liver lesions, although the contribution to the state of the art remains unclear. I recommend that a both theoretical and especially experimental comparison with selected state of the art methods is shown at the defense.

I **recommend** the thesis for acceptance and I would grade it as **D (fair but with significant shortcomings)** on the A–F European standard grading scale.



Jan Kybic

Oponentní posudek dizertační práce Ing. Tomáše Ryby

Ing. Karel Horák, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně

Ve své dizertační práci s názvem „Automatická lokalizace a klasifikace jaterních lézí“ definuje doktorand v kapitole 1.3 na str. 14 cíl práce jako vývoj systému pro lokalizaci a klasifikaci jaterních nádorů. Tento cíl obratem rozepisuje do tří úkolů:

1. autonomní segmentace oblasti jater ve snímku
2. lokalizace lézí (míst postižení)
3. klasifikace lézí

Práce je typickým představitelem z oblasti tzv. *medical imaging*, tedy medicínského zobrazování nebo zde konkrétněji počítačem podporované diagnostiky pomocí zpracování obrazu počítačem.

Struktura dokumentu odpovídá postupu prací na dizertaci a je následující: po krátkém úvodu je ve druhé kapitole na 20 stranách popsána a na obrázcích ultrazvuku, počítačové tomografie CT a magnetické rezonance MRI také ukázána rakovina jater, její typy, diagnóza, léčba atd. Následně jsou ve třetí kapitole nazvané *Segmentace obrazu* popsány na 50 stranách metody zejména Markovova a Gibbsova náhodná pole, aktivní kontury, mapy význačnosti a další. Tato kapitola není příliš homogenní a v podkapitole 3.6.5 se do popisu série segmentačních operací LoG, DoG a DoH (v překladu vágně odpovídají Laplaciánu gausiánu, diference gausiánu a determinant Hessiánu) vmísil název knihovny zpracování obrazu OpenCV. V podstatě je ale zřejmé, že chtěl autor kapitolou 3 položit teoretický základ pro segmentaci oblasti jater v obrazu a následně lokalizaci nádorem postižených míst v rámci objektu jater. Ve čtvrté kapitole je na 11 stranách popsán zřejmě vlastní postup automatické segmentace oblasti jater ve snímku pomocí kombinace metod Grow Cut a zpřesnění hranice pomocí segmentační metody aktivních kontur, která pro svoji funkci potřebuje tzv. inicializační semínko. V páté kapitole je krátce na osmi stranách popsán postup registrace více CT snímků pořízených v časovém sledu po sobě, tedy nalezení afinní transformace (posun, rotace atd.) mezi snímky pro jejich lícování. Jsou zde popsány metody suma čtverců diferencí a korelační koeficient aplikované na obrazové segmenty, čili nejde o nosné dizertabilní téma, ale známou techniku vhodně aplikovanou na řešený subproblém. V poslední popisné šesté kapitole je na celkem 14 stranách popsán postup lokalizace a klasifikace samotných jaterních lézí, které jsou podmíněny předchozí segmentací oblasti jater. Pro lokalizaci byla autorem navržena metoda Markovských náhodných polí využívající dříve definovanou mapu význačnosti (Saliency map). Klasifikace jaterních lézí je pak realizována extrakcí několika jednoduchých typických rysů (image features) oblasti jater a jejich zpracování rozhodovacím stromem, jehož vizualizace je uvedena na str. 118. Dále už práce obsahuje závěr, literaturu a obrazové přílohy. Celkově má dokument dizertační práce 152 číslovaných stran.

Formální úroveň práce: práce je psána v angličtině, sázena v TeXu, přesto obsahuje některé typografické a gramatické chyby např. chybné pozicování na str. 35, špatný popis obrázku na str. 22, kapitola 3.3. má stejný název jako vnořená 3.3.3 apod. Těchto chyb ale není mnoho a práce je celkově čtivá a formálně je výrazně nadprůměrná.

Přínos pro obor: Samotné dizertabilní jádro není v textu práce příliš jasně vymezeno. Mám ale za to, že počínaje kapitolou čtyři, prezentuje doktorand vlastní výzkumnou práci. Konkrétně je zde na str. 87 zmíněn návrh metody pro automatickou volbu semínka metody Grow Cut pomocí analýzy histogramu. Dále se domnívám, že přínosem pro rozvoj oblasti je nalezení

vhodné kombinace jinak izolovaně používaných metod pro segmentaci obrazových objektů včetně algoritmů pro nastavení jejich parametrů a způsobu vyhodnocení výsledků. Obdobně z textu kapitoly šest o lokalizaci a klasifikaci jaterních lézí se lze domnívat, že volba příznaků extrahovaných ze segmentovaných oblastí jater a jejich zpracování rozhodovacím stromem může být přínosem pro obor ve smyslu state-of-the-art. Podle autora bylo pro ověření navržených metod k dispozici pouze necelých 350 snímků postižených jater, které jím byly synteticky modifikovány (šum, transformace apod.) pro zvětšení vstupní testovací databáze. Na obhajobě práce bude potřeba tyto body vyjasnit, aby bylo zřejmé, jakou část práce sám doktorand považuje za dizertabilní jádro a současně jedná-li se o původní výsledky autora nebo i spolupracujícího kolektivu ve Fakultní nemocnici Plzeň. Zajímavé také bude odhalit, odkud pochází a jakým způsobem se získávají segmentované etalony, čili tzv. ground-truth kontury lézí např. na CT snímcích na str. 115.

Publikační aktivita: Na str. 132 uvádí doktorand seznam celkem 21 prací, u kterých je autorem nebo spoluautorem. Je nutné zdůraznit, že se všechny publikace, minimálně okrajově, často ale přímo týkají zkoumaného předmětu. Sedm z uvedených publikací, čili celá třetina, je publikována v uznávaných odborných časopisech *Pattern Recognition and Image Analysis* a *Journal of Physical Chemistry B*. Podle mých informací je posledně jmenovaný časopis na seznamu impaktovaných recenzovaných periodik podle JCR Thomson Reuters. Publikační aktivita doktoranda je tedy bezesporu velmi dobrá.

Vzhledem k výše uvedenému je nasnadě, že doktorand předložil materiál, který mohu doporučit k obhajobě před komisí pro získání titulu Ph.D.

V Brně dne 3.3.2017




Ing. Karel Horák, Ph.D.