



Vilniaus Universitetas
Matematikos ir informatikos institutas
LIETUVA



INFORMATIKOS INŽINERIJA (07 T)

MAGNETINIO REZONANSO VAIZDŲ ANALIZĖS ALGORITMŲ TYRIMAS IR
KŪRIMAS PROSTATOS VĖŽIO ATPAŽINIMUI IR AGRESYVUMO
VERTINIMUI

Justinas Jucevičius

2016-10-18

Mokslinė ataskaita MII-DS-07T-16-15

Matematikos ir informatikos institutas, Akademijos g. 4, Vilnius LT 08663

<http://www.mii.vu.lt/>

Turinys

1	Ivadas.....	3
2	Tyrimo motivacija.....	3
3	Eksperimentas ir rezultatai	4
4	Išvados.....	5
5	Literatūra	6

1 Įvadas

Pasak Tarptautinio pasaulio vėžio fondo prostatos vėžys yra antras dažniausias navikas tarp vyrų ir ketvirtas dažniausias tarp abiejų lyčių visame pasaulyje. Lietuvos vėžio registro 2012 metų duomenys rodo, kad prostatos vėžys yra pats dažniausias navikas, jo paplitimas tarp 55-74 metų vyrų siekia net 34 procentus. Pagal mirtingumą Lietuvoje prostatos vėžys yra antroje vietoje po plaučių vėžio tarp vyrų ir trečioje vietoje po plaučių ir skrandžio vėžio tarp abiejų lyčių [1]. Pagal Europos urologijos asociacijos gaires rekomenduojama paimti nuo 10 iki 12 biopsijos mėginių kai padidėjęs prostatos-specifinio antigeno kiekis ir/arba yra įtartini skaitmeninių tiesiosios žarnos tyrimų duomenys [2]. Dabartinė atsitiktinės sisteminės prostatos biopsijos strategija turi galimybę neaptikti kliniškai reikšmingo vėžio. Iki 30 procentų kliniškai reikšmingų vėžio atvejų yra praleidžiama pirmosios biopsijos metu. Toks diagnostinis neužtikrintumas gali privesti prie pakartotinės biopsijos, pavėluoto reikšmingos ligos aptikimo ir per intensyvaus gydymo [3]. Nepaisant netikslumo, biopsija išlieka vienintelis būdas, galintis vienareikšmiškai nustatyti prostatos vėžį, jeigu atlikta tinkamoje vietoje. Įprastai prostatos lokalizavimas magnetinio rezonanso vaizduose yra atliekamas rankomis, tačiau tai užima daug laiko ir gali būti netikslus. Iš to atsiranda programinės įrangos poreikis, galinčios padėti automatiškai lokalizuoti prostatą standartizuotu būdu. Šioje ataskaitoje apžvelgiama esama situacija prostatos lokalizavimo srityje bei geriausi dabartiniai metodai pritaikomi procedūrai pavadinimu Prostatos šablono biopsija [4].

2 Tyrimo motivacija

Automatinio prostatos magnetinio rezonanso vaizdų segmentavimo problemą apsunkina faktas, kad dauguma tyrėjų negali palyginti skirtingų algoritmų efektyvumo dėl arba sunkios realizacijos be originalaus autoriaus pagalbos, arba dėl to, kad algoritmai yra uždaro kodo. Tai, kad magnetinio rezonanso tyrimo signalo intensyvumas nėra standartizuotas bei tai, kad tyrimo vaizdas didžiąja dalimi yra nulemtas įgyjimo protokolo, magnetinio lauko stiprumo, ritės profilio ir skenerio tipo [5] tik dar labiau apsunkina problemą.

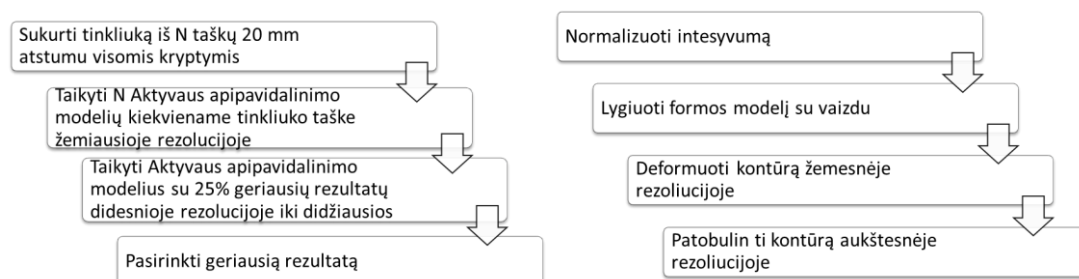
Keli sėkmingi medicinos vaizdų didieji iššūkiai buvo organizuoti paskutiniu metu su tikslu išspręsti panašias problemas vainikinių arterijų, akie tinklainės vaizdų analizėje, kepenų bei plaučių segmentavime kompiuterinės tomografijos vaizduose, smegenų bei prostatos segmentavime magnetinio rezonanso vaizduose. Prostatos magnetinio rezonanso vaizdų segmentavimo (PROMISE12) iššūkis [5] buvo sukurtas su tikslu suteikti galimybę palyginti segmentavimo algoritmus suteikiant šimtą T2W magnetinio rezonanso vaizdų gautų iš keturių skirtingų institucijų. T2W vaizdai buvo naudojami dėl to, kad jie turi daugusia anatomicinės informacijos ir dėl to, kad dauguma tyrėjų sutelkia dėmesį į juos segmentavimo užduočiai atlikti. Tam, kad būtų galima įvertinti segmentavimo rezultatus PROMISE12 iššūkis naudoja keturias plačiai naudojamas metrikas: Dice panašumo koeficientą (DSC) [6], absoliutų santykinių tūrių skirtumą [7], vidutinį ribos nuotolį [7] bei 95% Hausdorfo atstumą (HD) [8]. Kiekvienos metrikos įvertis buvo paverstas į santykinę reikšmę tarp 0 ir 100. Visų metrikų įverčių vidurkis buvo naudojamas vertinant vaizdo segmentavimo rezultata, o visų vaizdų įverčių vidurkis buvo naudojamas algoritmų reitingavimui. 1 lentelėje pavaizduoti iššūkio rezultatai.

1 lentelė. Prostatos aptikimo algoritmai

Komandos pavadinimas	Įvertis	Tipas
Imorphics	84.36	A
ScrAutoProstate	83.49	A
CBA	80.66	I
SBIA	78.34	A
Grisles	77.56	S
Robarts	77.32	S
ICProstateSeg	76.06	A
Utwente	75.23	S
Cimalab	74.68	A
DIAG	73.30	A
ETHZ	72.38	A
UBUdG	70.44	S
Rutgers	65.97	A

Lentelėje A reiškia automatinį metodą, kuriam nereikia vartotojo įsikišimo, S – pusiau automatinį metodą, kuriam reikia šiek tiek vartotojo pagalbos, I – interaktyvų metodą, kuris reikalauja visiškos vartotojo sąveikos nuo segmentacijos pradžios iki galo.

Du geriausi automatiniai algoritmai Imorphics [9] ir ScrAutoProstate [10] buvo pasirinkti tolimesniai analizei. Šių algoritmų seka pavaizduota 1 figūroje.



1 figūra. Imorphics (kairėje) ir ScrAutoProstate (dešinėje) prostatos segmentavimo algoritmų sekos.

Abu algoritmai buvo pritaikyti, kad tiktų prostatos segmentavimui 2D erdvėje vietoj 3D erdvės naudotos iššūkiu metu. Visi pritaikymai buvo atlikti pasirinkus atitinkamą algoritmą pritaikyti 2D erdvei be jokių modifikacijų. 2D erdvė buvo pasirinkta dėl procedūros pavadinimu Prostatos šablono biopsija [4]:

- Ji turi 95 procentų tikslumą;
- Ji vis plačiau naudojama;
- Ji naudoja tik 2 pjūvius vietoj 10-40 naudojamų 3D erdvėje, taip sumažinamas skaičiavimų kompleksškumas ir segmentavimo laikas.

3 Eksperimentas ir rezultatai

Eksperimento metu buvo naudojama 50 PROMISE12 [5] iššūkiu pateiktų vaizdų. 3D vaizdai buvo padalinti į atskirus 2D vaizdus kiekvienam pjūviui. Pjūvių skaičius 3D MII-DS-07T-16-15

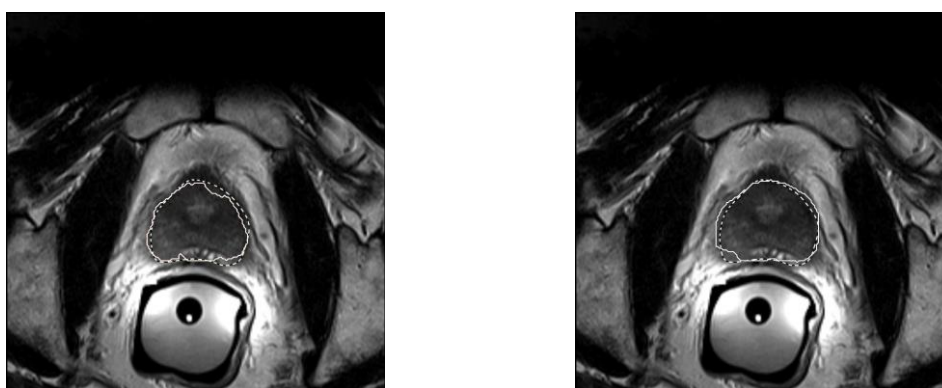
vaizduose buvo nuo 15 iki 54. Pjūvių vaizdai, kuriuose nebuvo prostatos buvo atmesti. Likę vaizdai padalinti į dvi lygias grupes turinčias prostatos viršutinę bei apatinę dalis. Vidurinis vaizdas iš kiekvienos grupės buvo pasirinktas, atitinkamai atspindintis prostatos viršutinę ir apatinę dalis, šitaip iš viso gauta 100 vaizdų. Visi surinkti vaizdai buvo iš keturių skirtingų institucijų ir turėjo skirtingą rezoliuciją:

- 256 x 256 pikselių;
- 320 x 320 pikselių;
- 512 x 512 pikselių.

2D prostatos segmentavimo algoritmų efektyvumui patikrinti kryžminė validacija išmetant po vieną vaizdą [11] buvo naudota, kur kiekvienas *i*-tasis vaizdas buvo paeiliui segmentuojamas naudojant algoritmą apmokytą su likusiais vaizdais. Dice panašumo koeficiento bei 95% Hausdorfo astumo metrikos pasirinktos, kad atitinktų originalių algoritmų metrikas palyginimui. Gautas rezultatas palygintas su segmentavimo etalonu. Rezultatai pateikti 2 lentelėje rodo, kad perėjimas nuo 3D prie 2D erdvės gali būti pasiektas su minimaliu tikslumo praradimu. DSC įvertis lyginant Imorphic algoritmus nukrito 0,04, o lyginant ScrAutoProstate algoritmus – 0,01. 2 figūroje pavaizduoti segmentavimo pavyzdžiai.

1 lentelė. Prostatos segmentavimo rezultatų palyginimas tarp 2D ir 3D erdvių.

Algoritmas	Imorphics		ScrAutoProstate	
	2D	3D	2D	3D
Metrika				
Dice panašumo koeficientas	0.84	0.88	0.83	0.82
Hausdorfo atstumas	6.26	4.17	9.73	nenurodyta
Vykdymo laikas (s)	51.11	480	0.24	2.30



2 figūra. Segmentavimo rezultatai 2D erdvėje abiejų Imorphics (kairėje) ir ScrAutoProstate (dešinėje) algoritmų. Punktyrinė linija – segmentavimo etalonas, balta linija – automatinis segmentavimas.

4 Išvados

3D priešinės liaukos segmentavimas negali būti tiesiogiai pritaikytas procedūrai pavadinimu Prostatos šablono biopsija. Tai veda prie tyrimo ar gali 3D MII-DS-07T-16-15

segmentavimas perkeltas į 2D segmentavimą išlaikant tokį patį segmentavimo tikslumą su galimybe pagreitinti algoritmų vykdymo laiką.

Tyrimas pateiktas šioje ataskaitoje rodo, kad yra mažas algoritmų tikslumo praradimas perkeliant prostatos segmentavimą iš 3D erdvės į 2D erdvę. Dice panašumo koeficientas lyginant Imorphics bei ScrAutoProstate algoritmus skirtingose erdvėse pakito atitinkamai 0,04 ir 0,01, tačiau Imorphics algoritmas buvo šiek tiek efektyvesnis vykdymo laiko sąskaita.

Kaip tikėtasi, abu algoritmai sumažino vykdymo laiką beveik 10 kartų 2D erdvėje lyginant su 3D.

Nepaisant to, kad abu algoritmai veikia gana gerai, nė vienas iš jų nėra tinkamas praktiniam naudojimui, kur automatinis prostatos segmentavimas magnetinio rezonanso vaizduose yra reikalingas.

5 Literatūra

- [1] Smailytė, G., Aleknavičienė, B. (2015). Vėžys Lietuvoje 2012 m. Nacionalinio vėžio instituto vėžio kontrolės ir profilaktikos centras, 2015.
- [2] Archip, N., Clatz, O., Whalen, S., Kacher, D., Fedorov, A., et al. (2007). Non-rigid alignment of preoperative MRI, fMRI, and DT-MRI with intra-operative MRI for enhanced visualization and navigation in image-guided neurosurgery. *NeuroImage*.
- [3] Mottet, N., Bellmunt, J., Briers, E., Bergh, R., Bolla, M., Casteren, N., et al. (2015). Guidelines on prostate cancer. European Association of Urology.
- [4] Prostate Template Biopsy. *Essexurology.co.uk*. Gautas 2016-07-30 iš http://www.essexurology.co.uk/prostate_template_biopsy.php.
- [5] Litjens, G., Toth, R., van de Ven, W., Hoeks, C., Kerkstra, S., et al. (2014). Evaluation of prostate segmentation algorithms for MRI: The PROMISE12 challenge. *Medical Image Analysis*.
- [6] Klein, S., van der Heide, I., Lips, M., van Vulpen, M., Staring, M., Pluim, J. (2008). Automatic segmentation of the prostate in 3D MR images by atlas matching using localized mutual information. *Med. Phys.* 35, 1407.
- [7] Heimann, T., van Ginneken, B., Styner, M., Arzhaeva, Y., Aurich, V., Bauer, C., Beck, A., Becker, C., Beichel, R., Bekes, G., Bello, F., Binnig, G., Bischof, H. et al. (2009). Comparison and Evaluation of Methods for Liver Segmentation From CT Datasets. *IEEE Transactions on Medical Imaging*. Vol. 28, Iss. 8.
- [8] Chandra, S., Dowling, J., Shen, K., Raniga, P., Pluim, J., Greer, P., Salvado, O., Frapp, J. (2012) Patient specific prostate segmentation in 3-D magnetic resonance images. *IEEE Trans. Med. Imaging*, 31, pp. 1955–1964
- [9] Vincent, G., Guillard, G., Bowes, M. (2012). Fully automatic segmentation of the prostate using active appearance models. *MICCAI Grand Challenge: Prostate MR Image Segmentation*.
- [10] Birkbeck, N., Zhang, J., Requardt, M., Kiefer, B., Gall, P., Kevin Zhou, S., (2012). Region-specific hierarchical segmentation of MR prostate using discriminative learning. *MICCAI Grand Challenge: Prostate MR Image Segmentation*.
- [11] Sylvain, A., Alain, C. (2010). A survey of cross-validation procedures for model selection. *Statist. Surv.* 4, 40--79.