

APPLICATION OF OPTIMISATION METHODS FOR MRI DATA SEGMENTATION

Kristína Olešová

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xoleso00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Chmelík

E-mail: chmelikj@feec.vutbr.cz

Abstract: The presented paper describes a use of metaheuristic algorithm for medical image segmentation. First section is dedicated to a brief introduction to the principles of this kind of segmentation and second section is used for description of used algorithms and used approaches to segmentation. Next sections are used for presentations of achieved results.

Keywords: Image segmentation, MRI, Brain tumour, Metaheuristic algorithms, Entropy

1 ÚVOD

Segmentácia obrazu mozgu s tumorom je náročná úloha. Tumor sa môže svojou intenzitou jasou prekrývať s intenzitou jasou iných tkanív a má vždy rozdielny tvar, veľkosť, polohu a stav aktivity, ktorý sa tiež prejavuje rozdielnymi intenzitami jasou najmä pri použití kontrastu. Dobro rozlíšiteľný je tumor len na obrazoch vytvorených pomocou MRI. Na takýchto obrazoch rozdielnym tipom tkanív patria rozdielne odtiene šedi. Súčasťou vyšetrenia mozgu na MRI je vytvorenie série 3D obrazov toho istého mozgu, ale rozdielne váhovaných, aby sa jednoznačne zvýraznili hľadané tkanivá, ako je krv, tumor, edém, cysta a pod.

Práca sa zaoberá segmentáciou MRI obrazu mozgu prahovaním. Hodnoty prahov sú vypočítané pomocou troch metaheuristických algoritmov, FA (Firefly Algorithm) [1] SSO (Social Spider Optimization) [1] a FASSO [2] ktorý je ich hybridnou verziou. Tento tip segmentácie bol vybraný, kvôli segmentovaniu obrazu na podobnom princípe akým bol pôvodný obraz vytvorený a výpočtovo je veľmi rýchly, čo je výhodné pre veľkoobjemové dáta ako sú MRI obrázky.

Použité obrázky pochádzajú z MICCAI challenge 2013 [4], ktorej cieľom je nájdenie najlepšieho algoritmu slúžiaceho k segmentácii mozgového tumoru.

2 METAHEURISTICKÉ ALGORITMY

Princíp FA algoritmu je založený na blikaní svetlušiek za cieľom prilákania ďalších svetlušiek. Populácia svetlušiek je uniformná a pohybuje sa v priestore riešenia na základe dvoch atribútov: atraktivity a intenzity jasou. Intenzita jasou je hodnota entropie danej svetlušky a atraktivita je relatívna, nakoľko jej veľkosť závisí aj od hodnoty entropie svetlušky, ale aj od vzdialenosti svetlušky v priestore riešenia k ostatným svetluškám. [1]

Algoritmus SSO je založený na interpretovaní chovania pavúčej populácie. Populácia je rozdelená na samičky a samce. Samce sa ďalej delia na dominantné a submisívne, samičky prejavujú záujem alebo nezáujem o zvyšok populácie nezávisle od pohlavia. Úlohou samičiek je prehľadávať priestor riešenia a úlohou dominantných samcov je páriť sa so samičkami, generovať nové potomstvo a tým spresňovať nájdené riešenie. [1]

Hybridná verzia FASSO čerpá z výhod oboch algoritmov. Nízkej pravdepodobnosti zaseknutia sa v lokálnom optime algoritmu FA a dôsledného prehľadávania okolia algoritmu SSO. [2]

Princíp segmentácie spočíva v prahovaní obrazu hodnotami vypočítanými zmienenými algoritmi. Tie hľadajú hodnotu maximálnej entropie obrazu. Poskytnutý 3D obraz bol segmentovaný 2 spôsobmi. Prvý bol segmentácia obrazu rez po reze, čo je opakovaná 2D segmentácia pre každý rez obrazu, a druhý bola 3D segmentácia. Obraz bol najprv filtrovaný mediánovým filtrom, vypočítal sa jeho histogram a spustil sa algoritmus. Pre segmentáciu rez po reze aj 3D segmentáciu boli testované všetky tri algoritmy. V práci sú uvedené len výsledky segmentácie rez po reze pomocou FASSO a výsledky 3D segmentácie pre všetky použité algoritmy. Segmentácia rez po reze dávala podobné výsledky pre všetky použité algoritmy, preto sú v práci uvedené len výsledky toho najúspešnejšieho. Podobnosť týchto výsledkov bola spôsobená menšími rozdielmi v intenzitách jasu tkanív a nájdené rozdielne hodnoty prahov sa teda výrazne neprejavili na výslednom hodnotení.

3 DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výhodou segmentovania obrazu pomocou metaheuristických algoritmov je krátky výpočtový čas pre segmentáciu 2D obrazu, približne 10 sekúnd. Navyše rozdiel vo výpočtovom čase medzi 3D a 2D segmentáciou je úplne minimálny, pretože pre beh algoritmu je dôležitý tvar histogramu obrazu a nie počet jeho pixlov.

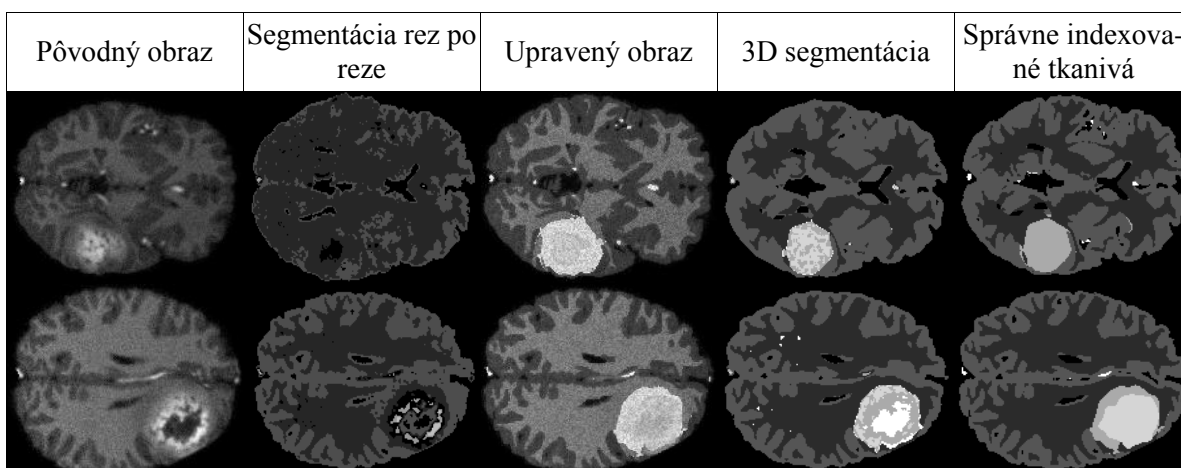
Nevýhodou je pevné nastavenie algoritmov na hľadanie 5 prahov. Pokiaľ sa v obraze, či už 2D alebo 3D, nenachádza všetkých 5 hľadaných tkanív, segmentácia nemusí dávať vhodné výsledky. Navyše 3D segmentáciu obrazu ovplyvňuje „bias“ a neštandardizovaná hodnota intenzity jasu v rozdielnych rezoch toho istého mozgu. Tento problém nie je tak viditeľný pri segmentácii rez po reze, tá má však väčší problém s prednastavenými 5 prahmi. Dôvodom je, že aj v mozgu s nádorom sa nachádzajú rezy, na ktorých nie je prítomný.

Obídienie problému s biasom a neštandardizovanými intenzitami bolo dosiahnuté upravením jasových hodnôt indexovaných tkanív. Tento prístup bol možný iba vďaka dostupným, správne indexovaným riešeniam, ale umožňuje ilustrovat' chovanie algoritmu pri 3D segmentácii v prípade kvalitnejšie predspracovaných dát.

Do osobitnej kategórie patrí fakt, že intenzita jasu tumoru mozgu a okolitého edému sa prekrýva s intenzitou jasu zdravých tkanív. Tento problém je možné riešiť využitím informácie z rozdielnych váhovacích sekvencií MRI, konkrétne T1, T2 T1C prípadne FLAIR.

3.1 VIZUÁLNE OHODNOTENIE SEGMENTÁCIE

Na obrázku 1 sa nachádza 8 podobrázkov zobrazujúcich rez 75 a rez 100 mozgu postihnutého vysoko agresívnym gliomom. Na pôvodných snímkach sú viditeľné neštandardizované hodnoty jasu medzi rezmi, ktoré znemožňovali použitie 3D segmentácie na pôvodné dáta. Niektoré snímky bol problém segmentovať aj rez po reze, ako je viditeľné na druhom obrázku zľava.



Obrázok 1: Vizualizácia kvality segmentácie a použitých dát

3.2 OHODNOTENIE SEGMENTÁCIE HODNOTOU JACCARD

Kvalita segmentácie bola hodnotená výpočtom JACCARD. **Tabuľka 1** zobrazuje kvalitu segmentácie. Prvé 3 riadky tabuľky zobrazujú kvalitu 3D segmentácie na upravených dátach a 4 riadok tabuľky zobrazuje kvalitu segmentácie rez po reze pomocou FASSO.

Z použitých algoritmov dával najlepšie výsledky FASSO. Zvyšné 2 algoritmy sa zasekávali v lokálnom optime alebo neprehľadávali svoje okolie dostatočne, viditeľné je to najmä pri výsledkoch 3D segmentácie. Ich výsledky sa líšili pri každom spustení algoritmu.

Rozdielne hodnoty JACCARD medzi segmentáciou rez po reze a 3D segmentáciou pomocou FASSO sú spôsobené odstránením nesprávneho indexovania tkaniva pri absencii tumoru alebo edému v 3D segmentácii. Viditeľné je to najmä na JACCARD hodnotách edému, šedej a bielej hmoty. Pri segmentovaní tumoru a ciev sa ale nedosiahlo výrazného zlepšenia. Je to pravdepodobne spôsobené tým, že tkanivo indexované ako tumor sa skladá z dvoch častí, nekrotizovanej časti a aktívneho nádoru, ktoré sa nachádzajú na opačných stranách intenzitného spektra. Často teda dochádzalo k zamieňaniu aktívnej časti nádoru za cievy a naopak.

	ŠEDÁ HMOTA	BIELA HMOTA	EDÉM	TUMOR	CIEVY
3D FASSO	0,9320	0,9528	0,4305	0,0696	0,0110
3D FA	0,9593	0,8418	0,0227	0	0,4169
3D SSO	0,9588	0,0668	0,9749	0	0,0153
Rez po reze	0,8952	0,8640	0,0070	0,0630	0,1304

Tabuľka 1: Výsledky 3D segmentácie upravených dát

4 ZÁVER

Pomocou metaheuristických algoritmov je možné segmentovať obraz na základe výpočtu jeho entropie, ale výsledky segmentácie sú limitované kvalitou dostupných dát. Pri segmentácii rez po reze nie je výsledok až tak vážne ovplyvnený biasom a neštandardizovanými hodnotami intenzít, ale samotná segmentácia trvá dlhšie a je prítomný problém s pevne nastavenými piatimi prahmi. 3D segmentáciu obrazu nie je možné použiť na pôvodné dáta, pretože vo výslednom histograme už nie sú viditeľné rozdiely medzi tkanivami, ale zamedzilo sa problému s piatimi prahmi, trvá krátko a dáva lepšie výsledky. Z použitých algoritmov dáva najlepšie výsledky FASSO, algoritmus FA neprehľadáva dôsledne okolie riešenia a SSO sa často zasekáva v lokálnom optime. Dosiahnutie lepších výsledkov segmentácie je možné použitím efektívnejších algoritmov na predspracovanie dát a využitím kombinovanej informácie z rozdielných váhovacích sekvencií z MRI.

REFERENCIE

- [1] YANG, Xin-She. Firefly Algorithms for Multimodal Optimization. WATANABE, Osamu a Thomas ZEUGMANN, ed. *Stochastic Algorithms: Foundations and Applications* [online], 2009, Lecture Notes in Computer Science. DOI: 10.1007/978-3-642-04944-6_14.
- [2] CUEVAS, Erik, Miguel CIENFUEGOS, Daniel ZALDÍVAR a Marco PÉREZ-CISNEROS. A swarm optimization algorithm inspired in the behavior of the social-spider. *Expert Systems with Applications* [online]. 2013, DOI: 10.1016/j.eswa.2013.05.041.
- [3] *Hybrid soft computing for image segmentation*. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg, 2016. ISBN 9783319472225
- [4] FARAHNI K., M. Reyes, B. Menze, E. Gerstner, J. Kirby a J. Kalpathy-Cramer. *NCI-MICCAI 2013 Challenge on Multimodal Brain Tumor Segmentation*