

KOMISIJI ZA STUDIJE II STEPENA ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U  
BEOGRADU

Komisija za studije II stepena, Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu imenovala nas je u Komisiju za pregled i ocenu master rada diplomiranog inženjera elektrotehnike i računarstva **Nataše Petrović** pod naslovom "**Razvoj softverskog alata za detekciju tumora na snimcima celog tela snimljenim pozitronskom emisionom tomografijom**".

Nakon pregleda materijala Komisija podnosi sledeći

**IZVEŠTAJ**

**1. Biografski podaci kandidata**

Nataša Petrović je rođena u Ptuj, Slovenija 7. marta 1989. godine. Na Elektrotehnički fakultet se upisala na akademske diplomatske studije 2008. godine i diplomirala sa radom pod naslovom "Detektovanje disanja pomoću mikrofona i termistora" sa ocenom 10 pod rukovodstvom dr Dejana Popovića 23. septembra 2013. godine sa prosečnom ocenom 7.58. Neposredno posle diplomiranja je upisala master akademske na modul Signali i sistemi. Položila je sve ispite predviđene planom sa prosečnom ocenom 9.4.

**2. Opis master rada**

Master rad Nataše Petrović je podeljen u osam glava, a uključuje i rezime, zahvalnicu, i sadržaj. Rad uključuje i literaturu koja je korišćena za rad na rešavanju zadatka. Spisak literature uključuje 16 naslova koji su relevantni i savremeni u odnosu na zadatak koji je rešavan. Rezultati rada su odlično ilustrovani nizom od 11 slika i jednom tabelom koja sumira efikasnost automatskog prepoznavanja tumora u poređenju sa ekspertom. Podaci koji su korišćeni za analizu programa su snimljeni na četiri pacijent u Centru za nuklearnu medicinu Kliničkog centra Srbije u Beogradu pod rukovodstvom dr Mile Todorović-Tirnanić. Sva snimanja i analize su urađeni u skladu sa etičkim principima i dozvolama koje su dobijene od KCS, Beograd.

Na početku master rada Nataša kratko definiše problem i objašnjava osnovne karakteristike PET sistema uz razloge za uvođenjem automatizacije u analizu slike dobijene PET sistemom.

U trećoj glavi Nataša daje pregled stanja u oblasti, tj. standardnih tehnika segmentacije slika dobijenih PET sistemom. Metode koje pominju su *Thresholding*, metod, *Hidden Markov* model, *Seeded Region Growing* metod, i Veštačke neuralne mreže, a u četvrtoj sasvim kratko jednu metodu formiranja prostorne (3D) slike.

U petom, centralnom delu je objašnjen primenjeni metod koji uključuje nekoliko koraka: 1) primena *Thresholding* metode na PET snimku, 2) automatsko određivanje regiona tumora primenom *Seeding Region Growing* metode, 3) izračunavanje vrednosti standardnog indeksa vezivanja radiofarmaka za svaki od detektovanih regiona tumora, 4) izračunavanje maksimalne SUV vrednosti, i 5) vizuelno prikazivanje "vrućih tačaka".

U istoj glavi je i objašnjenje prikaza 3D modela dobijenog od seta PET snimaka: 1) Sortiranje snimaka po vremenu snimanja, 2) Definisane objekta klase *vtkVolume* koja sadrži informacije o poziciji, orijentaciji i ostalim osobinama 3D modela, 3) Definisane transfer funkcije koje mapiraju prikazane vrednosti boje i prozirnosti u zavisnosti od ulaznih skalarnih vrednosti

snimaka. Sama MIP tehnika ne zahteva transfer funkcije, ali zbog raznih načina renderovanja sa kojima VTK raspolaže, potrebno je i njih implementirati. *Opacity* funkcija je podešena na konstantu jedan, odnosno svi vokseli su neprozirni. *Color* funkcija je linearna funkcija, koja postavlja crnu boju pikselima sa najmanjom vrednošću, a belu boju pikselima sa najvećom vrednošću, 4) Definisane *Volume Ray Cast Mapper*-a koja je zadužena za samu projekciju 3D modela. Ova klasa koristi *vtkVolumeRayCast* funkciju koja izvršava *Ray Casting* algoritam, 5) Pozivanje metoda *vtkVolumeRayCastMIP* koja izvršava MIP metodu nad definisanim objektom klase *vtkVolume*, i 6) Prikaz modela u novom prozoru.

U šestoj glavi su slike koje su nastale primenom novog algoritam i programa koji je samostalno napisala Nataša Petrović. Ovaj deo uključuje i sumarnu tabelu koja pokazuje razliku u prepoznavanju regije u kojoj je tumor primenom računara i ekspertskeg znanja ( $\approx 80\%$ ).

U sedmoj glavi je diskusija koja vrlo kratko ukazuje koje su mane i prednosti razvijene metode. i koja su trenutna ograničenja uz davanje sugestija kako bi se one prevazišle.

Osma glava je zaključak sa navođenjem kako bi se ova tehnika primenjivala i dalje razvijala.

Integralni deo rada je i program koji se koristi na računarskim platformama sa Windows operativnim sistemom.

### 3. Analiza rada sa ključnim rezultatima

Pozitronska emisiona tomografija (PET) jedna je od najvažnijih dijagnostičkih metoda nuklearne medicine koja se koristi u onkologiji, neurologiji i kod kardiovaskularnih bolesti. PET uređaj daje vizuelni prikaz metaboličke aktivnosti na posmatranom mestu u organizmu zahvaljujući detekciji koincidentnih gama fotona nastalih anihilacijom emitovanih pozitrona (nastalih radioaktivnim raspadom radionuklida unetog u organizam) i elektrona organa. Analiza PET snimaka celog tela na klinikama većinom se vrši ručno. Automatizovani sistem za obradu PET snimaka bi skratio vreme analize i omogućio praćenje promena tumora na sukcesivnim PET pregledima.

Metode koje prema podacima iz literature daju najveću senzitivnost pri automatskoj segmentaciji su: *Hidden Markov Model*, *Mode Seeking Region Growing* i *Adaptive Thresholding Method*. Cilj ovog rada je da primeni kombinaciju *Thresholding* i *Seeded Region Growing* metode kako bi se detektovala sumnjiva mesta za tumore, tzv. "vruće tačke" (eng. hot spot), na PET snimcima.

Za akviziciju snimaka korišćen je *PET/CT Siemens Biograph True point 40/64* uređaj (Siemens, Nemačka) i softver *Syngo MI Applications*, verzija 2007B (Siemens, Nemačka). Korišćen je  $^{18}\text{F}$ -FDG radiofarmak, čija je primenjena doza prilagođena težini pacijenta.

PET snimci su obrađeni u komercijalnom softveru *Syngo MI Applications*, verzija 2007B i u softveru koji je razvijen za potrebe ovog rada u C# programskom jeziku u okviru .NET 4.5 framework-a. Algoritam obrade obuhvata sledeće korake: 1) primenu *Thresholding* metode na PET snimku, 2) automatsko određivanje regiona tumora primenom *Seeding Region Growing* metode, 3) izračunavanje vrednosti standardnog indeksa vezivanja radiofarmaka (eng. *Standardized Uptake Value, SUV*) za svaki od detektovanih regiona tumora, 4) izračunavanje maksimalne SUV vrednosti 5) određivanje zapremine tumora (eng. *Volume of Interest, VOI*), 6) vizuelno prikazivanje "vrućih tačaka". Dodatno, razvijena softverska alatka omogućava i 3D prikaz celog tela baziran na *Maximum Intensity Projection* algoritmu.

Doprinosi rada su sledeći: 1) unapređenje *Seeded Region Growing* algoritma za detekciju tumora na PET snimcima kombinovanjem sa *Thresholding* metodom; 2) razvoj .NET aplikacije koja: (a) omogućava manuelno i automatsko određivanje regiona tumora na PET snimcima (uz mogućnost korekcije automatski određenih regiona) i proračun relevantnih parametara (SUV, VOI), (b) olakšava praćenje promena tumora između dva PET snimanja istog pacijenta, (c) omogućava 3D rekonstruisani prikaz PET snimanja celog tela; 3) poređenje rezultata manuelne inspekcije tumora od strane iskusnog specijaliste nuklearne medicine sa rezultatima razvijene aplikacije na grupi pacijenata.

#### 4. Zaključak i predlog


Na osnovu svega izloženog zaključili smo da je Nataša Petrović na uspešan način odgovorila na pitanja koja su postavljena pri definisanju zadatka. Nataša je pre svega rukovođena i usmeravana od strane eksperta u ovoj oblasti, asistenta dr Milice Janković, razvila programski kod za obradu podataka koji se dobijaju sa PET sistem.

Rad je napisan na način koji pokazuje zrelost kandidata. Rad jasno pokazuje da je kandidatkinja Nataša Petrović sakupila i integrisala znanja predviđena pravilima i standardima Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu za zvanje master inženjer. Rezultati koje je prikazala i način na koji ih je prikazala je kvalifikuju za titulu master na Univerzitetu u Beogradu - Elektrotehnički fakultet. Veštine i tehnike koje je Nataša prikzala ukazuju da se ona razvila u uspešnog inženjera koji će svoja znanja, ideje i upornost prevesti u upotrebljive metode i instrumentaciju za praksu.

Shodno zaključcima predlažemo Komisiji II stepena studija Univerziteta u Beogradu - Elektrotehnički fakultet da ovaj izveštaj usvoji i odobri javnu usmenu odbranu **Nataše Petrović** master rada pod naslovom: **“Razvoj softverskog alata za detekciju tumora na snimcima celog tela snimljenim pozitronskom emisionom tomografijom”**.

Beograd, 24. maj 2015.

  
Dr Dejan Popović, redovni profesor  
dopisni član SANU

  
Dr Mirjana Popović, redovni profesor