

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata Marka Krstića

Odlukom Nastavno-naučnog veća Elektrotehničkog fakulteta, broj 5032/13-3 od 14.12.2018. godine, imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata Marka Krstića pod naslovom

„Personalizovani programski vodiči za digitalnu televiziju”.

Posle pregleda dostavljene disertacije i drugih pratećih materijala, te razgovora s kandidatom, Komisija je sačinila sledeći

R E F E R A T

1. UVOD

1.1. Hronologija odobravanja i izrade disertacije

- 31.10.2013. Kandidat Marko Krstić upisao je doktorske akademske studije na Univerzitetu u Beogradu – Elektrotehničkom fakultetu.
- 1.12.2016. Kandidat je prijavio temu za izradu doktorske disertacije „Personalizovani programski vodiči za digitalnu televiziju”. Za mentora je predložen dr Milan Bjelica, vanredni profesor Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu.
- 6.12.2016. Komisija za studije trećeg stepena razmatrala je predlog teme za izradu doktorske disertacije i predlog Komisije o oceni podobnosti teme i kandidata uputila Nastavno-naučnom veću na usvajanje.
- 21.12.2016. Odlukom br. 5032/13-1, Nastavno-naučno veće imenovalo je Komisiju za ocenu uslova i prihvatanje teme doktorske disertacije kandidata Marka Krstića, u sastavu:
- dr Milan Bjelica, vanredni profesor (Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet),
 - dr Irini Reljin, redovni profesor (Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet),
 - dr Sebastijan Kovačič, docent (Univerzitet u Mariboru – Fakultet za hemiju i hemijsko inženjerstvo),
 - dr Predrag Pejović, redovni profesor (Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet),
 - dr Mirjana Simić-Pejović, vanredni profesor (Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet).

- 28.12.2016. Kandidat je polagao javnu usmenu odbranu teme („doktorski ispit”) i dobio ocenu *zadovoljno*.
- 17.1.2017. Nastavno-naučno veće usvojilo je Izveštaj Komisije za ocenu uslova i prihvatanje teme doktorske disertacije (Odluka br. 5032/13-2).
- 30.1.2017. Veće naučnih oblasti tehničkih nauka dalo je saglasnost na predlog teme doktorske disertacije (odluka broj 61206-198/2-17).
- 22.11.2018. Kandidat je predao doktorsku disertaciju na pregled i ocenu.
- 27.11.2018. Komisija za studije trećeg stepena potvrdila je ispunjenost potrebnih uslova za podnošenje predloga Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta za formiranje Komisije za pregled i ocenu doktorske disertacije.
- 14.12.2018. Nastavno-naučno veće Elektrotehničkog fakulteta imenovalo je Komisiju za pregled i ocenu doktorske disertacije (broj odluke 5032/13-3), u sastavu:
- dr Milan Bjelica, vanredni profesor (Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet),
 - dr Mirjana Simić-Pejović, vanredni profesor (Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet),
 - dr Vladimir Čeperić, docent (Univerzitet u Zagrebu – Fakultet elektrotehnike i računarstva),
 - dr Predrag Pejović, redovni profesor (Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet),
 - dr Irini Reljin, redovni profesor u penziji (Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet).

1.2. Naučna oblast disertacije

Doktorska disertacija kandidata pripada naučnoj oblasti *tehničke nauke – elektrotehnika*, uža naučna oblast *telekomunikacije*, za koju je matičan Elektrotehnički fakultet. Za mentora disertacije imenovan je dr Milan Bjelica, vanredni profesor Univerziteta u Beogradu – Elektrotehničkog fakulteta, zbog istaknutog naučnog doprinosa u oblasti personalizacije telekomunikacionih servisa, kojom se predmetna disertacija bavi.

1.3. Biografski podaci o kandidatu

Marko Krstić je rođen 1.11.1986. godine u Leskovcu. U svom rodnom gradu je završio osnovnu školu „Vasa Pelagić” i prirodno-matematički smer Gimnazije s odličnim uspehom. 2005. godine upisuje osnovne studije na Univerzitetu u Beogradu – Elektrotehničkom fakultetu, koje uspešno završava 2010. godine na Odseku za telekomunikacije i informacione tehnologije – Smer sistemsko inženjerstvo, s prosečnom ocenom 8,73. Diplomski rad pod nazivom „*Carrier Ethernet: arhitektura, standardi i interoperabilnost sa GMPLS tehnologijom*” iz predmeta Širokopojasne telekomunikacione mreže odbranio je s ocenom 10. 2010. godine upisuje master studije na Univerzitetu u Beogradu – Elektrotehničkom fakultetu na modulu Sistemsko inženjerstvo i radio komunikacije, koje uspešno završava 2012. godine s prosečnom ocenom 9,67. Master rad pod nazivom „*Personalizovani elektronski programski vodič*” iz predmeta Personalizacija telekomunikacionih servisa odbranio je s ocenom 10. Istraživanje ove oblasti kandidat nastavlja i na doktorskim studijama na istom fakultetu, koji upisuje 2013. godine (modul Telekomunikacije). Do sada je na ovu temu objavio 3 rada u međunarodnim časopisima s JCR liste, 2 rada na međunarodnim konferencijama i 1 rad na domaćoj konferenciji. Rezultate dosadašnjeg istraživanja prezentovao je i na *Data Science* konferenciji u Beogradu. Paralelno s doktorskim studijama, 2013. godine počinje da radi u IT odseku Regulatorne agencije za elektronske komunikacije i poštanske usluge (RATEL). 2014. godine je učestvovao na EYE (*Empowering Young Explorers*) Lab Surfing

konferenciji u Beogradu i *Blue Sky* konferenciji u Budimpešti, koje su bile posvećene inovacijama i edukaciji o projektima *Horizon 2020*. Bio je učesnik projekta bilateralne naučne saradnje s Republikom Slovenijom (rukovodioci prof. dr Milan Bjelica i doc. dr Sebastijan Kovačič). Pohađao je nekoliko kurseva iz oblasti računarskih mreža i baza podataka, a poseduje Cisco CCNA, Microsoft MCSA SQL 2012 i EMC *Data Science Associate* sertifikate. Govori engleski (srednji nivo) i francuski jezik (početni). Član je udruženja IEEE i Udruženja inženjera elektrotehnike Srbije (UDIES).

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija „Personalizovani programski vodiči za digitalnu televiziju” kandidata Marka Krstića napisana je na srpskom jeziku; obima je 131 stranicu teksta, s matematičkim izrazima, slikama i tabelama. Izložena materija organizovana je u devet poglavlja i to: 1. Uvod, 2. Preporučivači, 3. Zaštita privatnosti korisnika, 4. Uticaj kontekstualnih informacija na performanse sistema, 5. Primena neuralnih mreža u preporučivačima, 6. Pregled stanja u oblasti, 7. Opis predloženog sistema, 8. Analiza performansi i 9. Zaključak.

2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

Prvo poglavlje je uvodno. U njemu je ukazano na specifičnosti izbora programa u digitalnoj televiziji, gde otežavajući faktor po korisnika nije nedostatak sadržaja, već, naprotiv, njihov veliki broj, koji obesmišljava sistematsko pretraživanje i otvara prostor za automatizaciju procesa kroz uvođenje tzv. personalizovanih programskih vodiča – sistema koji „prepoznaju” želje i interesovanja korisnika i potom im ciljano nude one programe koji im odgovaraju. U užem smislu, ovde je objašnjena postavka problema, definisani su predmet i cilj istraživanja, date polazne hipoteze i objašnjena primenjena metodologija.

U drugom poglavlju, opisani su sistemi za pružanje preporuka. Predstavljani su algoritmi zasnovani na filtriranju sadržaja, kolaborativnom filtriranju i hibridni algoritmi. Ukazano je na aktuelne istraživačke pravce u ovoj oblasti, u koje spada i pružanje preporuka grupi korisnika, što je od interesa za primene u televiziji. Detaljno su razmotrene kvantitativne i kvalitativne mere performansi preporučivača.

Treće poglavlje razmatra zaštitu privatnosti. Ukazano je na moguće rizike za narušavanje privatnosti korisnika sistema za pružanje preporuka, zakonsku regulativu koja uređuje ovu oblast, kao i moguća rešenja za zaštitu privatnosti, od administrativnih, do kriptografskih. Značaj i aktuelnost ove teme naročito su potencirani u svetlu skorašnjih incidanata vezanih za zloupotrebu ličnih podataka korisnika društvenih mreža.

Četvrto poglavlje bavi se uključivanjem kontekstualnih informacija u preporučivače. Kontekst predstavlja sve informacije koje se smatraju relevantnim za interakciju korisnika sa sistemom; u svetlu programskih vodiča za televiziju, intuitivno je jasno da će izbor programa zavistiti od uzrasta korisnika, doba dana (jutro/veče), tipa dana (radni dan/vikend/godišnji odmor) itd. Predstavljena je hijerarhijska struktura konteksta, diskutovane su relevantnost i granularnost kontekstualnih informacija, te izloženi načini za njihovu akviziciju.

Neuralne mreže predstavljaju sisteme za obradu informacija koji pokazuju osobine učenja, memorisanja i generalizacije, što ih čini pogodnim za primenu u preporučivačima; ovo je diskutovano u petom poglavlju. Predstavljene su arhitekture neuralnih mreža, s naglaskom na mreže kod kojih je tok podataka u jednom smeru (*feedforward*), koje imaju jedan skriveni sloj i koriste

sigmoidnu aktivacionu funkciju. Izloženi su i algoritmi učenja neuralne mreže koji su od interesa za kasniju analizu – RP, SCG, LM i ELM. Pošto se primenom neuralnih mreža proces preporučivanja svodi na problem klasifikacije raspoloživih televizijskih programskih sadržaja u dve disjunktne kategorije – one koje korisnik voli da gleda i one koje ne voli – diskutovan je i problem disbalansa klasa koji je svojstven binarnim klasifikatorima. Naime, primećeno je da gledaoci inherentno biraju sadržaje za koje pretpostavljaju da će im se svideti, dok one druge zaobilaze; stoga u trening-sekvencama dominiraju sadržaji iz tzv. pozitivne klase, dok negativnih ima nesrazmerno manje. Ovaj problem je od izuzetnog praktičnog značaja, jer se ispuštanje ponekog zanimljivog sadržaja može tolerisati, ali zato preporučivanje nezanimljivog sadržaja po pravilu izaziva nezadovoljstvo korisnika.

U šestom poglavlju dat je pregled aktuelnog stanja u oblasti istraživanja personalizovanih programskih vodiča. Predstavljeni su relevantni rezultati iz dostupne literature, koji su upoređeni i diskutovani prema arhitekturi sistema, primenjenoj metodologiji opisa sadržaja, algoritmima učenja, te saopštenim performansama. Ova analiza poslužila je kao osnov za formulaciju novog programskog vodiča.

Centralni deo disertacije predstavlja sedmo poglavlje; u njemu je izloženo rešenje personalizovanog programskog vodiča koje je sistematski razvijeno tako da ispunjava rigorozne projektne zadatke. Za ispitivanje su korišteni kako podaci iz javno dostupnih skupova, tako i oni prikupljeni istraživanjem na Elektrotehničkom fakultetu, a koji su kompletniji, jer razmatraju više kategorija televizijskih sadržaja. Redom su nepre razmotrena pitanja opisa sadržaja u vektorskom prostoru i kategorizacije ocena. Pažnja je potom posvećena problemu zaštite privatnosti, gde je kao rezultat istraživanja izabran algoritam zasnovan na opisu sadržaja, koji se izvršava isključivo na korisničkom terminalu, što znači da se osetljivi podaci ne prenose do nudioca servisa. Naredni problem koji je razmotren je pitanje izvršavanja algoritma na terminalima s ograničenim resursima; naime, opravdano je pretpostaviti da će se za pristup sadržajima dominantno koristiti mobilni uređaji, koji se u odnosu na stacionarne odlikuju manjim dimenzijama displeja, manjom procesorskom moći, manjim kapacitetom memorije i, najvažnije, baterijskim napajanjem. Preporučivač pri tome predstavlja još jednu aplikaciju koja se izvršava na mobilnom terminalu i nipošto ne sme dovesti do primetnije degradacije njegovih performansi. Kao rezultat, izabran je ELM algoritam koji se izvršava na neuralnoj mreži s jednim skrivenim čvorom. U nastavku je razmotren uticaj korišćenja kontekstualnih informacija; pokazano je da se uključivanjem podataka o danu u sedmici i vremenu emitovanja programa, koje se mogu dobiti bez narušavanja privatnosti korisnika, ostvaruje poboljšanje tačnosti preporuka bez značajnijeg usložnjavanja sistema. Konačno, detaljno je razmotren uticaj disbalansa klasa, te su formulisani parametri sistema koji ga minimiziraju. Kao agregirane mere performansi, posmatrane su *G-mean* i *AG-mean* funkcije, te ROC grafik. Određen je neophodan broj korisničkih interakcija koje rešavaju problem hladnog starta, a ne dovode do prespecijalizacije, tj. monotonosti preporuka. Konačni predlog sistema ima dva režima rada – u prvom je to retki autoenkoder treniran ELM algoritmom s parametrima izabranim na osnovu metoda doslednosti, a u drugom mreža s jednim skrivnim slojem koja je trenirana WELM algoritmom.

Performanse predloženog rešenja verifikovane su u osmom poglavlju. Korišćeni su skupovi podataka prikupljeni na Elektrotehničkom fakultetu, u okviru izrade disertacije. Od kvantitativnih pokazatelja, posmatrani su ROC grafik, te konvergencija algoritma, izražena kroz vreme treniranja. Razmotrena je i implementacija algoritma na programabilnoj hardverskoj platformi. Svi pokazatelji potvrdili su kvalitet predloga.

Zaključak disertacije sa smernicama za dalji rad dat je u devetom poglavlju.

Spisak korišćene literature sadrži 131 referencu navedenu po redosledu citiranja.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost i originalnost

Savremenost disertacije kandidata Marka Krstića proizilazi iz same oblasti kojom se ona bavi, a to je personalizacija telekomunikacionih servisa; kandidat je konkretno razmotrio projektovanje personalizovanih programskih vodiča za primenu u digitalnoj televiziji. Paradoksalno, ekspanzija produkcije multimedijalnih sadržaja, kako na platformama za distribuciju, tako i na društvenim mrežama, korisnicima nije olakšala pronalaženje sadržaja od interesa, već ga je otežala. Naime, praksa pokazuje da u mnoštvu raspoloživih sadržaja nalaženje potencijalno zanimljivih nije nipošto lak zadatak. Korisnici stoga ne mogu efikasno iskoristiti prednosti digitalne televizije, pa se u većini slučajeva zadržavaju samo na nekolicini omiljenih kanala, čak i po cenu da propuste zanimljiviji sadržaj koji se u isto vreme nudi na nekom od, za njih, nepoznatih kanala. Kao moguće rešenje ovoga problema, prepoznati su personalizovani programski vodiči koji uče interesovanja svojih korisnika i potom im preporučuju sadržaje za koje procene da odgovaraju tim interesovanjima.

U literaturi ne postoji jedinstven stav po pitanju projektovanja ovakvih sistema. Uobičajen je pristup na bazi kolaborativnog filtriranja, koje podrazumeva sistematsko prikupljanje i čuvanje podataka o korisnicima. Rešenje koje je razvijeno u disertaciji koristi pristup zasnovan na filtriranju sadržaja, koji štiti privatnost. Kandidat je na jednom mestu razmotrio i neke aspekte koji se u literaturi posmatraju izolovano, poput konvergencije algoritma učenja, disbalansa klasa, ili prespecijalizacije, kao i neke koji se u dostupnoj literaturi nisu detaljnije razmatrali, poput problema zaštite privatnosti pri izvođenju preporuka i optimizacije algoritma za izvršavanje na mobilnim uređajima. Iz navedenog proizilazi originalnost njegovog metoda.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

Kandidat je tokom izrade disertacije proučio dostupnu relevantnu literaturu i u spisku referenci korektno naveo 131 stavku. Literatura uključuje i tri rada kategorije M22, na kojima je kandidat prvi autor, a koji razmatraju oblast projektovanja personalizovanih programskih vodiča; prvi od njih proistekao je iz kandidatovog master rada, a dva potonja iz rada na disertaciji.

3.3. Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

Metodologija istraživanja u okviru doktorske disertacije sastojala se u sledećim aktivnostima:

- Identifikovan je i formulisan problem: razvoj personalizovanog programskog vodiča za digitalnu televiziju, pogodnog za izvršavanje na mobilnim terminalima, koji ne narušava privatnost korisnika;
- Izvršen je sistematski pregled literature u cilju upoznavanja sa stanjem u oblasti i potrage za mogućim elementima rešenja;
- Formirane su polazne hipoteze i formulisana moguća rešenja, što je dosledno i dokumentovano;
- Putem računarske simulacije, potvrđene su hipoteze i izabrana je konfiguracija sistema;
- Analizirane su ostvarene performanse.

Primenjena metodologija u potpunosti odgovara standardima naučno-istraživačkog rada i u saglasnosti je s postavljenim ciljevima disertacije.

3.4. Primenljivost ostvarenih rezultata

Doktorska disertacija inicirana je konkretnim nedostatkom zaokruženih algoritama za preporučivanje sadržaja na mobilnim terminalima. Rezultat disertacije je sistem koji je primeren za komercijalnu primenu, koji je male algoritamske složenosti, pogodan za implementaciju na platformama s ograničenim resursima i koji ne narušava privatnost svojih korisnika. Primenljivost rezultata ilustrovana je kroz studiozna razmatranja koja su data u tekstu disertacije.

3.5. Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Na osnovu pregledane disertacije, Komisija nalazi da je kandidat Marko Krstić pokazao sposobnost za samostalni naučno-istraživački rad u svim segmentima istraživanja – od sistematskog proučavanja literature, preko razumevanja problema, formulisanja mogućih rešenja, do specificiranja rešenja i analiziranja rezultata. Kandidat je rezultate istraživanja objavio u časopisu međunarodnog značaja (tri rada kategorije M22), što potvrđuje njegovu zrelost za samostalni naučni rad.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Osnovni naučni doprinosi koji su ostvareni u okviru doktorske disertacije su:

- Sveobuhvatno su analizirani zahtevi koje savremeni personalizovani programski vodič za digitalnu televiziju mora zadovoljiti.
- Analizirani su algoritmi za pružanje personalizovanih preporuka i identifikovani su načini za zaštitu privatnosti korisnika.
- Analiziran je uticaj informacija o kontekstu u kome korisnik pristupa TV sadržaju na performanse personalizovanog programskog vodiča, te su izabrane one informacije koje dovoljno dobro modeliraju ponašanje korisnika, a ne ometaju uobičajeni način gledanja televizije.
- Analiziran je uticaj tendencije korisnika da znatno češće pružaju informacije o sadržajima koji im se sviđaju, nego o onima koji im se ne sviđaju na funkcionisanje sistema, te je dat predlog mogućih načina za poboljšanje performansi.
- Formulirana je konfiguracija sistema koja će se moći koristiti i na uređajima s ograničenim hardverskim resursima.
- Predloženo rešenje je testirano i verifikovano korišćenjem podataka prikupljenih u realnom okruženju.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Sagledavanjem postavljenih ciljeva istraživanja, polaznih pretpostavki i ostvarenih rezultata, Komisija konstatuje da je kandidat uspešno odgovorio na sva bitna pitanja iz problematike kojom se disertacija bavi.

U stručnoj literaturi do sada nije razmatran *objedinjeni* uticaj pitanja zaštite privatnosti, disbalansa klasa i specifičnosti mobilnih terminala na pružanje personalizovanih preporuka; relevantni izvori

navode rešenja koja su ili akademskog karaktera, ili su izvedena pod parcijalnim i/ili zastarelim scenarijima koji ne oslikavaju dobro aktuelno stanje u oblasti, prvenstveno ekspanziju individualne video-produkcije na društvenim mrežama. Naučni doprinosi koji su navedeni u odeljku 4.1. u tome smislu predstavljaju konkretno unapređenje naučnih znanja, koje je verifikovano objavljivanjem u međunarodnim časopisima kategorije M22 i koje je primećeno u istraživačkoj zajednici.

4.3. Verifikacija naučnih doprinosa

Kandidat je autor ukupno šest naučnih radova: tri su objavljena u časopisima kategorije M22, dva na međunarodnim konferencijama (M33) i jedan na domaćoj konferenciji (M63). Na svima njima je prvi autor. Prema podacima sajta *Google Scholar*, radovi su do sada citirani 42 puta.

Kategorija M22

1. **M. Krstić**, M. Bjelica: "Personalized Program Guide based on One-Class Classifier", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 62, No. 2, May 2016, pp. 175-181; doi: 10.1109/TCE.2016.7514717; ISSN 0098-3063; **IF = 1,12** (2015).
2. **M. Krstić**, M. Bjelica: "Impact of Class Imbalance on Personalized Program Guide Performance", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 61, No. 1, February 2015, pp. 90-95; doi: 10.1109/TCE.2015.7064115; ISSN 0098-3063; **IF = 1,12**.
3. **M. Krstić**, M. Bjelica: "Context-Aware Personalized Program Guide based on Neural Network", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 58, No. 4, November 2012, pp. 1301-1306; doi: 10.1109/TCE.2012.6414999; ISSN 0098-3063; **IF = 1,087**.

Kategorija M33

1. **M. Krstić**, M. Bjelica: "Performance Metrics for Personalized Program Guides", *Proceedings of the 13th Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering (NEUREL)*, Beograd 2016, pp. 113-117, ISBN 978-1-5090-1529-0.
2. **M. Krstić**, M. Bjelica: "Personalized TV Program Guide based on Neural Network", *Proceedings of the 11th Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering (NEUREL)*, Beograd 2012, pp. 227-230, ISBN 978-1-4673-1571-5.

Kategorija M63

1. **M. Krstić**, M. Bjelica: „Personalizovani vodič za izbor multimedijalnih sadržaja”, *Zbornik radova konferencije ETRAN 2016*, Zlatibor 2016, str. TE1.2.1. 1-5, ISBN 978-86-7466-618-0.

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Doktorska disertacija „Personalizovani programski vodiči za digitalnu televiziju” kandidata Marka Krstića napisana je u skladu s obrazloženjem navedenim u prijavi teme i po formi odgovora Pravilniku o doktorskim studijama koji se primenjuje na Univerzitetu u Beogradu – Elektrotehničkom fakultetu.

U disertaciji je prikazan zaokružen postupak projektovanja personalizovanog programskog vodiča za digitalnu televiziju, koji sistematski razmatra probleme zaštite privatnosti korisnika, disbalansa klasa i izvršavanja na mobilnim terminalima. Sistem je matematički formulisao, implementiran u vidu softverskog prototipa i ispitan simulacijom na podacima koji su prikupljeni u realnom okruženju. Dobijeni rezultati upoređeni su s onima iz relevantne literature.

Doprinosi disertacije imaju jasan teorijski značaj i perspektivu praktične primene.

Tokom izrade disertacije, kandidat je nedvosmisleno pokazao sposobnost i spremnost za samostalni naučno-istraživački rad.

Na osnovu svega iznesenog, Komisija sa zadovoljstvom predlaže Nastavno-naučnom veću da se doktorska disertacija „Personalizovani programski vodiči za digitalnu televiziju” kandidata Marka Krstića prihvati, izloži na uvid javnosti i uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, kao i da se potom obavi njena javna usmena odbrana.

U Beogradu, 15.01.2019. godine

ČLANOVI KOMISIJE



Dr Milan Bjelica, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet



Dr Mirjana Simić-Pejović, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet



Dr Vladimir Čeperić, docent
Univerzitet u Zagrebu – Fakultet elektrotehnike i računarstva



Dr Predrag Pejović, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet



Dr Irini Reljin, redovni profesor u penziji
Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet