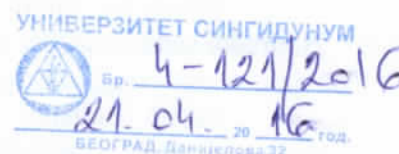


**VEĆU DEPARTMANA ZA POSLEDIPLOMSKE STUDIJE
I MEĐUNARODNU SARADNJU UNIVERZITETA SINGIDUNUM**

Beograd
Danijelova 32

Odlukom Veća Departmana za poslediplomske studije i međunarodnu saradnju Univerziteta Singidunum, broj: 4-19/2015 od 23.01.2015. godine, određeni smo za članove Komisije za pregled, ocenu i usmenu odbranu doktorske disertacije Olivera Popovića, master pod nazivom: "*Energetski efikasno rešenje platforme za mobilno učenje u Cloud computing okruženju*".

Posle pregleda dostavljene Disertacije i drugih pratećih materijala, Komisija je sačinila sledeći



R E F E R A T

1. UVOD

1.1 Hronologija odobravanja i izrade disertacije

Oliver Popović je upisao doktorske studije na Univerzitetu Singidunum školske 2009/2010. godine. Položio je svih 12 ispita, sa srednjom ocenom 10. Zahtev za odobravanje teme za izradu doktorske disertacije podneo je 30.09.2014. godine. Odlukom Veća Departmana za poslediplomske studije i međunarodnu saradnju Univerziteta Singidunum, broj: 1- 3005/2014 od 31.10.2014. godine, formirana je Komisija u sastavu:

1. dr Dragan S. Marković, vanredni profesor, Univerzitet Singidunum, Beograd
2. dr Mladen Veinović, redovni profesor, Univerzitet Singidunum, Beograd
3. dr Boško Nikolić, vanredni profesor, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu

za ocenu teme i podobnosti kandidata za izradu doktorske disertacije pod nazivom: "*Energetski efikasno rešenje platforme za mobilno učenje u Cloud computing okruženju*". Na osnovu pozitivnog izveštaja Komisije Veće departmana za poslediplomske studije i međunarodnu saradnju je 23.01.2015. godine odobrio rad na izradi doktorske disertacije. Za mentora je imenovan prof. dr Dragan S. Marković. Završnu verziju doktorske disertacije u elektronskom i štampanom obliku kandidat Oliver Popović je predao Univerzitetu 17.03.2016. godine.

1.2. Naučna oblast disertacije

Tema disertacije kandidata je u oblasti informacionih sistema i tehnologija, za koju je Fakultet za informatiku i računarstvo Univerziteta Singidunum matičan.

1.3. Biografski podaci o kandidatu

Oliver Popović je rođen 12.07.1984. godine u Paraćinu, Republika Srbija. Osnovnu školu „Dositej Obradović“ i srednju ekonomsku školu završio je u Čičevcu. Diplomirao je na Fakultetu za menadžment – smer Informatika u menadžmentu, u Novom Sadu 2007. godine odbranom diplomskog rada pod nazivom „OSPF i EIGRP protokoli rutiranja“.

Nakon diplomiranja nastavio je dalje školovanje na poslediplomskim studijama Univerziteta Singidunum u Beogradu, na studijskom programu Savremene informacione komunikacione tehnologije. Master rad pod nazivom „Web pretraživači“ kod mentora prof. dr Ranka Popovića odbranio je 2009. godine i stekao akademski naziv diplomirani inženjer poslovne informatike - master.

Doktorske studije na Univerzitetu Singidunum u Beogradu, na studijskom programu Napredni sistemi zaštite upisuje školske 2009/2010. godine.

Radno iskustvo Oliver Popović je počeo da stiče od 2007. godine na Visokoj poslovnoj školi strukovnih studija u Blacu i to kao saradnik u nastavi. Od 2008. pa do 2011. radi kao asistent, a od 2011. do danas kao predavač, na studijskom programu Računarstvo i informatika.

Znanje svetskih jezika: Engleski jezik, čita, piše i govori.

Profesionalna orijentacija: Računarstvo i informatika, informacione tehnologije, računarske mreže i sistemi.

Nastavne aktivnosti

Njegova zaduženja se sastoje od izvođenja nastave na sledećim predmetima:

- Osnovi računarske tehnike,
- Mobilno računarstvo,
- Projekat.

Kandidat je stekao sledeće međunarodne sertifikate:

- ECDL – Instruktorski sertifikat,
- TOPSIM GM sertifikat.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija pod naslovom: *“Energetski efikasno rešenje platforme za mobilno učenje u Cloud computing okruženju”* ima ukupno 20+119 strana, 50 slika/grafikona i 11 tabela. Disertacija ima devet poglavlja i spisak literature. Poglavlja su:

1. Uvod, 5 strana
2. Definisaneje Cloud computing okruženja, 9 strana
3. Cloud computing platforme, 19 strana
4. Bezbednosni aspekti Cloud computing platforme, 22 strane
5. Energetski efikasno alociranje resursa u Cloud computing okruženju, 12 strana

6. Energetski efikasna klijentska platforma namenjena učenju, 11 strana
7. Cloud i sistemi za elektronsko učenje, 8 strana
8. Mobilna rešenja namenjena učenju, 31 strana
9. Zaključak, 2 strane

Literatura sadrži 161 bibliografsku jedinicu.

2.2 Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U uvodnom poglavlju data su uvodna razmatranja, predmet i cilj istraživanja, osnovne hipoteze, metode istraživanja i struktura rada. Predmet istraživanja je energetski efikasna platforma za mobilno učenje u cloud computing okruženju. Kada se govori o energetski efikasnom okruženju, neophodan je holistički pristup, tj. razmotriti energetsku efikasnost i pružaoca usluge i korisnika usluge.

Drugo poglavlje se bavi konceptom cloud computing okruženja, arhitekturom, servisnim modelom usluga i karakteristikama koje su bitne za uspostavljanje sistemskih zahteva i daljeg razvoja.

U trećem poglavlju dat je kratak prikaz komercijalnih cloud computing platformi, kao i cloud computing platformi tzv. otvorenog koda. Definisan je pojam virtuelizacije i navedeni tipovi virtuelizacije uz kratak opis.

U okviru četvrtog poglavlja razmatrani su bezbednosni aspekti cloud computing okruženja. Kako raste popularnost primene cloud computing platformi, tako rastu i bezbednosni rizici zbog koncentracije digitalnih dobara na jednom mestu. Problemi se odnose na integritet podataka, slabosti autentifikacije itd. U radu je izvršena kategorizacija problema i klasifikacija napada. Analizirani su sistemi za detekciju upada, kao i sistem federalnog upravljanja identitetima.

Energetski efikasno alociranje resursa u cloud computing okruženju je analizirano u petom poglavlju. Smanjenje potrošnje električne energije predstavlja ključni korak u smanjenju troškova data centara. Porastom popularnosti cloud computinga neophodno je ispitati različite metode za smanjenje potrošnje električne energije u tom okruženju. U tom kontekstu analizirane su u energetskom smislu komponente cloud platformi, kao i polise za alokaciju resursa. Posebna pažnja je posvećena energetskoj efikasnosti hipervizora. Takođe, dat je osvrt na uticaj bezbednosnih mehanizama na energetsku efikasnost cloud platformi.

U šestom poglavlju analizirane su potencijalne klijentske platforme namenjene učenju u pogledu energetske i ekonomske efikasnosti. Izvršena je evaluacija više komercijalnih tankih klijenata prilikom korišćenja u desktop cloud okruženju i izvedeni odgovarajući zaključci. Nakon toga je urađena sveobuhvatna analiza energetski efikasnih klijenata namenjenih učenju, tj. PC računara, tankih klijenata i pametnih telefona. Takođe, urađena je finansijska analiza opremanja elektronske učionice. Ovo poglavlje sadrži originalne naučne rezultate kandidata.

Kratak prikaz tradicionalnog elektronskog modela za učenje dat je u sedmom poglavlju. Ti sistemi se postepeno potiskuju zbog pojave novog poslovnog modela, tj. cloud computing modela elektronskog učenja. Taj model oslobađa obrazovnu instituciju izgradnje, održavanja i pružanja tehničke podrške cloud sistema. Provajderi su odgovorni za razvoj

sistema, gde leži osnova komercijalne vrednosti ove tehnologije. Napori obrazovne institucije se usmeravaju na stvaranje adekvatnih obrazovnih materijala i aplikacije za korišćenje takvog materijala. Cloud sistemi obezbeđuju gotovo trenutnu isporuku servisa na zahtev korisnika, heterogenost platformi za pristup servisima, balansiranje resursa itd. Međutim, postoje određene stvari o kojima treba voditi računa kada su u pitanju sistemi za učenje na daljinu, naročito su osetljiva pitanja bezbednosti i privatnosti, dostupnost i očuvanje podataka, skalabilnost, kao i energetska efikasnost. U tom smislu, deo odgovornosti pripada obrazovnoj instituciji koja treba da obezbedi odgovarajuću aplikaciju namenjenu elektronskom učenju u cloud computing okruženju.

Osmo poglavlje je posvećeno tzv. mobilnom učenju u cloud computing okruženju. Zahvaljujući novim tehnologijama studenti su u mogućnosti da uče iz digitalnog sadržaja u bilo koje vreme, sa bilo kog mesta gde postoji mogućnost mrežnog povezivanja. Primena modernih informaciono komunikacionih tehnologija u obrazovanju zahteva pažljivu evaluaciju i adekvatnu primenu u skladu sa pedagoškim principima. Razvoj aplikacija za mobilno učenje zahteva višestapni iterativni proces kroz koji treba da se zadovolje tehnički i pedagoški zahtevi. Analiziran je postupak dizajniranja sistema za mobilno učenje a zatim arhitektura sistema. Potom je dat pregled postojećih aplikacija namenjenih mobilnom učenju. Na osnovu tog pregleda kandidat je došao do željenih projektnih zahteva koje aplikacija za mobilno učenje treba da zadovolji. Prema tim zahtevima projektovao je aplikaciju za mobilno učenje pod nazivom mTester koja je korišćena u nastavi na Visokoj poslovnoj školi u Blacu. Sastavni deo poglavlja je evaluacija korišćenja aplikacije u istoimenoj obrazovnoj instituciji. Ti rezultati ujedno predstavljaju evaluaciju naučnog rezultata i naučnog doprinosa kandidata. Prikazane su prednosti u performansama učenja korišćenjem mobilne platforme mTester, uočeni nedostaci, kao i utisci studenata i nastavnika koji se odnose na upotrebnu vrednost aplikacije. Ovo poglavlje takođe sadrži originalne naučne rezultate kandidata.

U zaključku disertacije navedeni su osnovni doprinosi i date smernice za moguća dalja istraživanja u cilju poboljšanja aplikacije.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost i originalnost

Obrazovanje u 21. veku je ključni faktor za ekonomski i društveni napredak zajednice. Većina tradicionalnih nastavnih metoda nisu pogodni za to i nisu u stanju da odgovore promenljivim potrebama učenika. Novi način života zahteva nove načine učenja. U poslednjih nekoliko godina, nagla integracija ICT tehnologija u različite aspekte naših života uticao je na mnoge aspekte naših života. U tom kontekstu, neizbežna je i modernizacija obrazovnog sektora.

Suština unapređenja performansi obrazovnih sistema ogleda se u izgradnji sistema primenom savremenih tehnologija. Obrazovni sistemi koji kombinuju tradicionalni način učenja sa učenjem na daljinu korišćenjem cloud computing tehnologije i mobilne tehnologije su svetski trend. Za izgradnju ovakvog okruženja potrebno je da se studenti i predavači aktivno uključe u proces razvoja novih tehnologija, da bi stvorili optimalne uslove za eksperimente i nova naučna ostvarenja u oblasti informacionih i komunikacionih tehnologija, kao i adekvatnih nastavnih materijala kako bi obrazovni proces bio što efikasniji.

U ovom kontekstu, kandidat je svoju originalnost potvrdio na korektan i uverljiv način objavljivanjem radova u međunarodnim naučnim časopisima (1 rad u časopisu sa

impakt faktorom, kategorije M23), u zbomicima sa medunarodnih (5 radova) i domaćih naučnih konferencija (12 radova).

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U izradi disertacije korišćena je obimna literatura iz oblasti cloud computinga, energetske efikasnosti računarskih sistema, zaštite računarskih mreža, bežičnih mreža, sistema za elektronsko učenje, razvoja mobilnih aplikacija polazeći od fundamentalnih referenci, pa sve do najnovijih radova u vrhunskim međunarodnim naučnim časopisima uključujući i sopstvene reference. Na osnovu tih referenci, originalni naučni rezultati do kojih je kandidat došao u disertaciji su stavljeni u korektan kontekst.

3.3. Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

Kandidat je u svom istraživačkom radu koristio više različitih postupaka. U istraživanju su između ostalog korišćene metode prikupljanja podataka, indukcija i dedukcija, analiza i sinteza podataka, uporedna analiza, statističke metode itd. Najpre je uvidom u literaturu, zajedno sa mentorom metodom teorijske analize postavljena teorijska osnova istraživanja, tj. teorijski rasvetljen problem istraživanja i time omogućeno definisanje predmeta istraživanja, utvrđivanje istraživačkih ciljeva i hipoteza. Izvršena je komparativna analiza performansi cloud platformi, kao i postojećih aplikacija za elektronsko učenje. Pošto se radi o multidisciplinarnoj oblasti, razmatrani su pedagoški i sociološki aspekti obrazovanja. Na osnovu izvršenih analiza izvedeni su odgovarajući zaključci koji su pretočeni u odgovarajuće smernice za definisanje cloud computing okruženja i projektne zahteve za razvoj aplikacije za mobilno učenje. Potom je korišćenjem statističkih metoda izvršena evaluacija predloženog rešenja. Na kraju su kritički sagledane prednosti i mane predloženog rešenja i date smernice za moguća dalja istraživanja.

3.4. Primenljivost ostvarenih rezultata

U naučno-teorijskom smislu doktorska disertacija kandidata Olivera Popovića daje niz značajnih rezultata koji mogu biti izuzetno korisni u teoriji i praksi.

Kroz naučno-istraživački rad na ovoj disertaciji kandidat daje odgovore na određena pitanja i postavljene hipoteze, ali dolazi i do novih pitanja koja otvaraju niz novih pravaca istraživanja u multidisciplinarnoj oblasti razvoja sistema za učenje na daljinu.

Razvijeno rešenje za mobilno učenje u cloud computing okruženju je veoma efikasan dopunski oblik obrazovanja u sklopu šire strategije kombinovanog učenja, što je realnim eksperimentima i verifikovano. Sistem je tako modelovan da se može primeniti ne samo na visokoškolske institucije, već i na druge vidove obrazovanja. Posebno je značajno naglasiti da se sistem može uspešno primeniti i u sve popularnijem konceptu celoživotnog obrazovanja.

3.5. Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Kandidat je u svom dosadašnjem radu pokazao kvalitete presudne za uspešan istraživački rad: sposobnost uočavanja problema i postavljanje korektnog cilja istraživanja, shvatanje i proširivanje teorijskih koncepata, originalnost, sposobnost da teorijske metode pretoči u algoritme, strukture podataka i računarske programe, kao i da kritički analizira dobijene rezultate.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Naučni doprinos doktorske disertacije je u domenu analize i sinteze edukacionog softverskog sistema koji treba da omogući energetske i ekonomski efikasan pristup, sa bilo kog mesta i u bilo koje vreme, nastavnim sredstvima čijom se upotrebom povećava učinak u obrazovanju. Kao sastavni delovi doktorske disertacije dati su sledeći naučni doprinosi:

- Pregled i analiza dosadašnjih istraživanja iz oblasti *cloud computing* tehnologije,
- Pregled i analiza postojećih energetski efikasnih polisa i algoritama,
- Pregled *cloud computing* platformi,
- Pregled energetski efikasnih hipervizora,
- Pregled i evaluacija energetski efikasnih klijentskih rešenja koja se mogu koristiti u učenju
- Pregled i analiza bezbednosnih problema i rešenja koja se mogu primeniti na *cloud computing*,
- Analizirana teorija mobilnog učenja,
- Analizirane su ključne karakteristike,
- Analizirani su faktori koji stvaraju stimulanse za mobilno učenje,
- Analizirane su trenutne perspektive i bitni elementi,
- Definisani su argumenti za i protiv mobilnog učenja.

Takođe, studija o mobilnom učenju u ovoj tezi može u pozitivnom smislu da utiče na percepciju roditelja o mobilnoj generaciji koja se sastoji od učenika svih uzrasta. Ona takođe ukazuje na potrebu angažovanja studenata u mobilnom učenju tokom radnih i neradnih dana čime ova tehnologija i socijalno umrežavanje postaju deo školske svakodnevice.

- Analizirani su principi i šabloni dizajna interfejsa. Date su smernice i uputstva, što može olakšati posao novim programerima u kreiranju dobrih aplikacija. Takođe, ova analiza može pomoći projektantima da shvate i uzmu u obzir nekoliko važnih stvari kada žele da projektuju novu mobilnu aplikaciju ili prenesu desktop aplikaciju u mobilno okruženje.
- Urađena je analiza potencijalnih mobilnih platformi koje se mogu koristiti za izvršavanje mobilne aplikacije.
- Predočena je taktika za rešavanje zajedničkih problema kod razvoja Android aplikacija koja može poslužiti kao vodič novim programerima.
- Kreirana je potpuno funkcionalna Android aplikacija koja može da podrži učenje na daljinu.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

U prvoj fazi kandidat je razmatrajući raspoloživu literaturu u oblasti teme disertacije izvršio kritičku analizu dostupnih informacija i korektno definisao cilj istraživanja. U istraživačkom radu koristio je mogućnost kritičkog preispitivanja, sintetizovanja projektnih

zahteva, razvoja novog rešenja i pogodne načine verifikacije dobijenih rezultata. Rezultati studenata koji su koristili mobilnu aplikaciju za učenje u cloud computing okruženju verifikovani su poređenjem sa rezultatima studenata koji su učili na tradicionalan način bez korišćenja modernih tehnologija. Uočene su i prikazane prednosti i nedostaci predloženog rešenja i ukazano na smernice mogućih daljih istraživanja.

4.3. Verifikacija naučnih rezultata

Naučni doprinosi disertacije verifikovani su sledećim radovima kandidata:

Kategorija M23

Popović, O., Marković, D. S., Popović, R. 2016. mTester—Mobile learning system. *Computer Applications in Engineering Education*. DOI 10.1002/cae.21719.

Kategorija M33

Jovanovic Nenad, Jovanovic Zoran, **Popovic Oliver**, Stankovic Ivan, Zakic Aleksandar, Computer Network Simulation and Visualization Tool for Educational Purpose, 2013 11Th International Conference on Telecommunication in Modern Satelite, Cable and Broadcasting Services (TELSIKS) Vols 1 and 2 (2013): pp.579-582

O. Popović, Z. Jovanović, N. Jovanović, R. Popović: „A Comparison and Security Analysis of the Cloud Computing Software Platforms“, 10Th International Conference on Telecommunication in Modern Satelite, Cable and Broadcasting Services (TELSIKS), Niš, Serbia, Vol.2, pp.632-634, 2011.

O. Popović, N. Jovanović, Z. Jovanović: “Implementation of the web search engine”, International scientific conference, International scientific conference Gabrovo, 2009.

Z. Jovanović, **O. Popović**, N. Jovanović, “Comparative Evaluation of Computer Network Simulators”, International scientific conference Gabrovo, 2009.

N. Jovanović, S. Marković, **O. Popović**, Z. Jovanović: “Web Laboratory for Computing and Informatics”, International scientific conference, Gabrovo, 2008.

Kategorija M63

Danilo Obradović, Slaviša Trajković, **Oliver Popović**, Miloš Cvjetković, „Organizaciona promena strategije i transformacije elektronskog poslovanja“, ICDQM-2014, 17. Međunarodna konferencija "Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću", Beograd, 27-28. Jun 2014.

Nenad Jovanović, Zoran Jovanović, **Oliver Popović**, „Edukacioni sistem za vizuelizaciju algoritama“, Etran, Zlatibor, 2013.

Nenad Jovanović, **Oliver Popović**, Zoran Jovanović, „OBJEKTNO ORIJENTISAN PRISTUP MODELOVANJA TCP/IP RAČUNARSKE MREŽE“, Etran, Zlatibor, 2012.

Z. Jovanović, **O. Popović**, N. Jovanović: “Pregled alata za simulaciju računarskih mreža u edukacionom okruženju”, YU Info, Kopaonik, 2011.

O. Popović, Z. Jovanović, N. Jovanović, M. Cvjetković: "Primena *open-source* softvera za virtuelizaciju serverskih sistema u edukativne svrhe", Etran, Banja Vrućica, 2011.

O. Popović, N. Jovanović, D. Obradović, S. Stojković: „Softverski sistem za upravljanje podacima u komercijalnom sektoru“, Etran, Donji Milanovac, 2010.

N. Jovanović, **O. Popović**, Z. Jovanović: „Edukacioni sistem za algoritme i strukture podataka“, Etran, Donji Milanovac, 2010.

N. Jovanović, **O. Popović**, Z. Jovanović, A. Zakić: "Modelovanje *full-duplex* komunikacije u računarskoj mreži", YU Info, Kopaonik, 2009.

N. Jovanović, **O. Popović**, Z. Jovanović: "Edukacioni sistem za programiranje na asembleru", Etran, Vrnjačka Banja, 2009.

S. Marković, R. Popović, N. Jovanović, **O. Popović**: "Adaptivni sistem testiranja i jedna njegova realizacija", Festival informatičkih dostignuća - Infofest, Budva, str.214-222, 2008.

N. Jovanović, A. Zakić, Z. Jovanović, **O. Popović**: "Simulacija statičkog rutiranja IP paketa u WAN mreži", Festival informatičkih dostignuća - Infofest, Budva, str.131-137, 2008.

O. Popović, D. **Obradović**, "Implementacija informacionih tehnologija u savremenom preduzeću", Ekonomski fakultet u Prištini - Kosovska Mitrovica, Ekonomski pogledi, 2008.

4.4 Ispunjenost uslova

Kandidat Oliver Popović, master, ispunio je sledeća dva obavezna uslova:

Proverena je originalnost kompletne doktorske disertacije u jednom koraku 8. marta 2016. godine:

- Prva provera je pokazala da postoji 2% poklapanja, ali kada se neke stvari neutrališu, pravo poklapanje je manje od 2%.
- Ako bude bilo potrebno, može se priloži izveštaj o proveru na plagijat (izveštaji su dostupni u PDF formatu).

Objavio rad u časopisu kategorije **M23**:

- Popović, O., Marković, D. S. and Popović, R. (2016), mTester — Mobile learning system. *Comput. Appl. Eng. Educ.*, 24: 412–420. doi: 10.1002/cae.21719

5. MIŠLJENJE KOMISIJE I PREDLOG

Na osnovu izloženog, komisija konstatuje da doktorska disertacija Olivera Popovića, master informacionih tehnologija, pod naslovom "*Energetski efikasno rešenje platforme za mobilno učenje u Cloud computing okruženju*" ispunjava sve formalne i suštinske uslove predviđene Zakonom o visokom obrazovanju, kao i propise Univerziteta Singidunum u Beogradu. Doktorska disertacija Olivera Popovića sadrži naučne doprinose koji se sastoje u razvoju energetski efikasne platforme za mobilno učenje u cloud computing okruženju.

Tokom celokupne izrade doktorske disertacije, kao i kroz ukupne naučne doprinose iz prethodnog perioda kandidat je pokazao nesumnjivu sposobnost za samostalni naučno istraživački rad. Stoga članovi Komisije sa zadovoljstvom predlažu Veću departmana za

poslediplomske studije i međunarodnu saradnju da se doktorska disertacija pod naslovom "Energetski efikasno rešenje platforme za mobilno učenje u Cloud computing okruženju" kandidata Olivera Popovića, mastera u oblasti informacionih tehnologija prihvati, izloži na uvid javnosti i uputi na konačno usvajanje Senatu univerziteta Singidunum u Beogradu.

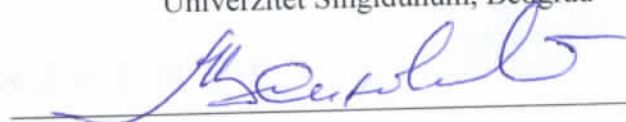
Beograd, 27. 04. 2016. godine

Članovi komisije:

dr Dragan S. Marković, vanredni profesor
Univerzitet Singidunum, Beograd



dr Mladen Veinović, redovni profesor
Univerzitet Singidunum, Beograd



dr Boško Nikolić, redovni profesor
Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu

