

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata Nikole Slavkovića

Odlukom Nastavno-naučnog veća Elektrotehničkog fakulteta, broj 956/3 od 30.9.2019. godine, imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata mr Nikole Slavkovića pod naslovom

„Detekcija promene sastava i geometrije puta obradom izmerenih parametara za potrebe kategorizacije putne infrastrukture”.

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

REFERAT

1. UVOD

1.1. Hronologija odobravanja i izrade disertacije

- 7.5.2015. Kandidat mr Nikola Slavković je prijavio temu za izradu doktorske disertacije „Detekcija promene sastava i geometrije puta obradom izmerenih parametara za potrebe kategorizacije putne infrastrukture”. Za mentora je predložen dr Milan Bjelica, vanredni profesor Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu.
- 12.5.2015. 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.
- 30.6.2015. Odlukom br. 956/1, Nastavno-naučno veće imenovalo je Komisiju za ocenu uslova i prihvatanje teme doktorske disertacije kandidata mr Nikole Slavkovića, u sastavu:
- dr Milan Bjelica, vanredni profesor (Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet),
 - dr Irini Reljin, redovni profesor (Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet),
 - dr Miroslav Lutovac, redovni profesor (Univerzitet Singidunum),
 - dr Željko Đurović, redovni profesor (Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet).
- 1.7.2015. Kandidat je polagao javnu usmenu odbranu teme i dobio ocenu *zadovoljno*.
- 12.7.2015. Nastavno-naučno veće usvojilo je Izveštaj Komisije za ocenu uslova i prihvatanje teme doktorske disertacije (Odluka br. 956/2).
- 15.9.2015. Veće naučnih oblasti tehničkih nauka dalo je saglasnost na predlog teme doktorske disertacije (odluka broj 61206-3786/2-15).
- 5.9.2019. Kandidat je predao doktorsku disertaciju na pregled i ocenu.

- 10.9.2019. 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.
- 30.9.2019. Nastavno-naučno veće Elektrotehničkog fakulteta imenovalo je Komisiju za pregled i ocenu doktorske disertacije (broj odluke 956/3), 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 Ana Gavrovska, docent (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.

1.3. Biografski podaci kandidata

Nikola Slavković je rođen 23.06.1969. godine u Beogradu, gde je završio osnovnu školu „N. H. Branko Parać” (danas „Stefan Nemanja”) i Matematičku gimnaziju. Dobitnik je Vukove diplome. Učestvovao je na takmičenjima iz fizike i matematike. Diplomirao je na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu, na Odseku za fizičku elektroniku. Odmah po diplomiranju je upisao poslediplomske studije i 2005. godine odbranio magistarski rad „Optimizacija primene lasera male snage u biomedicini”, pod rukovodstvom prof. dr Milese Srećković.

Bio je zaposlen u preduzeću „Centrolek” u Beogradu, kao rukovodilac tehničke podrške za uređaje za biohemijsku analizu, kao i u Srednjoj PTT školi. Od 2002. godine do danas zaposlen u Visokoj školi strukovnih studija za informacione i komunikacione tehnologije u Beogradu, u zvanju predavača; predaje telekomunikacione predmete, na osnovnim i specijalističkim studijama. Šef je specijalističkog studijskog programa Elektronske komunikacije, a trenutno i pomoćnik direktora.

Više puta je bio član stručne komisije za ocenjivanje naučnoistraživačkih radova na regionalnim, nacionalnim i međunarodnim takmičenjima i smotrama. Učestvovao u izradi više glavnih projekata telekomunikacionih mreža i sistema. Posедује sledeće sertifikate:

- Licencu odgovornog projektanta telekomunikacionih mreža i sistema, Inženjerska komora Srbije, 2007. godine;
- Licencu odgovornog izvođača radova telekomunikacionih mreža i sistema, Inženjerska komora Srbije, 2007. godine;
- Licencu odgovornog projektanta električnih instalacija niskog i srednjeg napona, Ministarstvo građevine, saobraćaja i infrastrukture RS, 2019. godine;
- Licencu odgovornog izvođača radova električnih instalacija niskog i srednjeg napona, Ministarstvo građevine, saobraćaja i infrastrukture RS, 2019. godine;

- “Intermediate approved installer for LANscape solutions - copper” i “Intermediate approved installer for LANscape solutions - fiber optics”, kompanija Corning Cable Systems, Germany Neustadt, 2006. godine.

Kandidat zna engleski i ruski jezik. Član je strukovnih udruženja: Inženjerske komore Srbije, FTTH udruženja Srbije, ETRAN i Društva za telekomunikacije. Stalni je član komisija za polaganje stručnog ispita iz oblasti elektrotehničke struke i komisija za dodelu licenci iz oblasti elektrotehničke struke.

Do sada je objavio dva rada u međunarodnim časopisima s JCR liste, te oko 40 naučnih i stručnih radova u međunarodnim i nacionalnim časopisima i na konferencijama.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija „Detekcija promene sastava i geometrije puta obradom izmerenih parametara za potrebe kategorizacije putne infrastrukture” kandidata mr Nikole Slavkovića napisana je na srpskom jeziku; obima je 104 numerisane stranice teksta, s matematičkim izrazima, slikama i tabelama. Rukopis je dosledno pripremljen prema aktuelnom Uputstvu o obliku i sadržaju doktorske disertacije koja se brani na Univerzitetu u Beogradu.

Izložena materija organizovana je u šest poglavlja i to: 1. Uvod, 2. Problem predikcije rizičnih zona puta, 3. Pregled postojeće literature, 4. Algoritam za klasifikaciju putne površi zasnovan na multifraktalnoj analizi makroteksture, 5. Algoritam predviđanja rizika i mapiranje puta i 6. Zaključak.

2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

Prvo poglavlje je uvodno. U njemu je ukazano na širi kontekst bezbednosti učesnika u saobraćaju, naročito u pogledu ocene geometrijsko-strukturalnih karakteristika puta i opisivanja stanja putne površi, u cilju blagovremene reakcije na oštećenja koja bi mogla voditi smanjenju koeficijenta trenja u kontaktnoj zoni pneumatika i putne površi i posledičnom proklizavanju vozila. Cilj istraživanja je da se ova oštećenja identifikuju dok su još u mikroskopskoj fazi, nevidljiva golim okom, kako bi se blagovremenom reakcijom predupredile saobraćajne nezgode. U užem smislu, ovde je data postavka problema, definisani su predmet i cilj istraživanja, date polazne hipoteze i objašnjena primenjena metodologija.

U drugom poglavlju, postavka problema je detaljnije razrađena. Dati su relevantni statistički pokazatelji o saobraćajnim nezgodama, diskutovani su faktori koji utiču na proklizavanje vozila i dati su primeri tipičnih oštećenja kolovoza koja se susreću u praksi. Naročito вреди istaći osvrt na aktuelno pitanje autonomne vožnje i mapiranja puteva koji su pogodni za ovakva vozila.

Treće poglavlje daje pregled relevantne literature. Ovde su kritički upoređeni pristupi akviziciji signala, njihovoj predobradi i obradi, u cilju detekcije promene sastava i geometrije kolovoza, te kasnije klasifikacije segmenata puta, predikcije rizika i mapiranja rizičnih zona. Na osnovu ove analize, postavljene su smernice za formulisanje novog algoritma.

Četvrto poglavlje bavi se primenom multifraktalne analize makroteksture za klasifikaciju putne površi. U njemu su najpre definisani pojmovi i objašnjen primenjeni matematički aparat. Analizom jednodimenzionalnog signala dobijenog merenjima laserskim profilometrom, prema aktuelnim

međunarodnim standardima, potvrđena je multifraktalna priroda teksture putne površi, te su identifikovani deskriptori koji ukazuju na njen kvalitet i na udobnost vožnje.

Središnji deo disertacije čini peto poglavlje; u njemu je detaljno opisan novi algoritam koji se zasniva na obradi dvodimenzionalnog signala, dobijenog sistemom za skeniranje putne površi iz vozila u pokretu. Ispitano je nekoliko tehnika za izdvajanje obeležja teksture i kvantifikovanje sličnosti pripadajućih vektora, pri čemu su najbolje rezultate pokazali Gaborova transformacija i dvodimenzionalni prostor koeficijenta korelacije i normalizovane razlike srednje vrednosti i medijane; dodatnu potvrdu ovakvom izboru pružila su simultana merenja temperature putne površi. Na osnovu vrednosti deskriptora, deonica puta svrstava se u jednu od triju klasa – visokog, srednjeg, ili niskog rizika. Predloženo rešenje je verifikovano merenjem na deonici puta za koju je dokazana korespondencija procenjene klase s brojem saobraćajnih nesreća koje su zabeležene u trogodišnjem periodu.

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

Spisak korišćene literature sadrži 168 referenci navedenih po redosledu citiranja.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost i originalnost

Savremenost disertacije kandidata mr Nikole Slavkovića neposredno proizilazi iz oblasti kojom se ona bavi, a to je primena veštačke inteligencije – računarske (mašinske) vizije – na bezbednost vožnje, što je bez ikakve sumnje aktuelno pitanje od očiglednog značaja za zaštitu ljudskog života i podizanje njegovog kvaliteta. Dodatno, savremenosti disertacije doprinosi i primena na oblast autonomnih vozila.

Preovlađujući pristup proceni stanja putne infrastrukture i rizika ili bezbednosti vožnje zasniva se na inspekciji kolovoza od strane obučених stručnjaka, bilo neposrednim uvidom u ispitivanu deonicu (vožnjom), bilo pregledanjem njenog video-snimka; u oba slučaja, radi se o proceduri koja je podložna subjektivnim greškama, npr. zbog zamora. Suštinska zamerka, međutim, odnosi se na to da se ovako mogu uočiti samo makroskopska, uznapredovala oštećenja. Kandidat se u svom istraživanju posvetio detekciji oštećenja koja su još u mikroskopskoj fazi, nevidljiva golim okom. Detekcijom ovakvih oštećenja moguće je blagovremeno reagovati i preduzeti mere sanacije pre nego što ona počnu predstavljati rizik za vožnju. Kandidat je predložio originalno i ekonomično rešenje koje je primenljivo u praksi.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

Kandidat je tokom izrade disertacije proučio dostupnu relevantnu literaturu i u spisku referenci korektno naveo 168 stavki. Literatura uključuje i rad kategorije M23, na kome je kandidat prvi autor, a u kome je razvijen algoritam za ocenu kvaliteta puta i predikciju rizika vožnje, zasnovan na primeni Gaborovih filtara za klasifikaciju teksture slike kolovozne površi.

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 algoritma za mapiranje puta u smislu predviđanja rizika usled proklizavanja, koji koristi podatke prikupljene skeniranjem kolovoza iz vozila u pokretu;
- 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;
- Analizirani su deskriptori sastava i geometrije kolovozne površi i slojeva iznad i ispod nje, kako u jednodimenzionalnom, tako i u dvodimenzionalnom domenu;
- Formulisan je algoritam za predikciju rizičnih zona putne površi, kao i za automatizovanu kategorizaciju putne infrastrukture, čija je uspešnost eksperimentalno verifikovana.

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 automatsku klasifikaciju kvaliteta putne infrastrukture i procene rizika vožnje. Rezultat disertacije je sistem koji je primeren za upotrebu – koristi standardnu opremu za akviziciju i obradu podataka i verifikovan je testiranjem u realnom okruženju.

3.5. Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Na osnovu pregledane disertacije, Komisija nalazi da je kandidat mr Nikola Slavković 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 (jedan rad kategorije M23), 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:

- Analizirani su mogući lokalni deskriptori putne površi, s ciljem efikasne detekcije promena strukture i geometrije puta, u jednodimenzionalnom i dvodimenzionalnom domenu;
- Potvrđena je multifraktalna priroda putne površi – dokazano je da se kontinualno skeniranje vertikalnog profila putne površi može posmatrati kao vremenska serija (1D signal) koji iskazuje osobine multifraktalnosti. Pokazano je da se usrednjavanjem vrednosti parametra kvaliteta makroteksture na segmentima puta ne gubi multifraktalna karakteristika 1D vremenske serije;
- Dokazano je da se primenom ekonomske 1D i 2D analize signala može izvršiti precizno lociranje promene u kvalitetu putne infrastrukture, te nije potrebno angažovati skupu 3D opremu;
- Predložen je metod za automatsku detekciju promena fine strukture i geometrije kolovoza, pre nego što je degradacija putne površi vidljiva golim okom. Iz ovog metoda izvedena je ocena kvaliteta, kategorizacija i klasifikacija putne površi;

- Razvijen je, testiran i verifikovan novi algoritam predviđanja rizika proklizavanja na putu, čime je omogućeno mapiranje rizičnih zona duž putne infrastrukture.

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 razmatrana detekcija *finih* promena teksture putne površi. Nijedno od dostupnih rešenja ne sadrži ovde primenjenu metodologiju – akviziciju video-signala s vozila u pokretu, segmentaciju pojedinačnih okvira video-sekvence, izdvajanje obeležja, te klasifikaciju kolovoza prema njegovoj teksturi; takođe nema podataka ni o tome da se ovako prikupljeni eksperimentalni podaci negde koriste za predikciju i mapiranje rizika, niti da se otvara prostor za primenu u autonomnim vozilima. Naučni doprinosi koji su navedeni u odeljku 4.1. u tom smislu predstavljaju konkretno unapređenje naučnih znanja, koje je verifikovano objavljivanjem u međunarodnom časopisu kategorije M23.

4.3. Verifikacija naučnih doprinosa

Kandidat je autor ukupno četiri naučna rada iz uže oblasti predmetne doktorske disertacije: jedan je objavljen u časopisu kategorije M23, dok su tri objavljena na međunarodnim konferencijama (M33). Na svima njima je prvi autor.

Kategorija M23

1. **Nikola Slavkovic** and Milan Bjelica: "Risk prediction algorithm based on image texture extraction using mobile vehicle road scanning system as support for autonomous driving", *Journal of Electronic Imaging* 28(3), 033034 (25 June 2019), ISSN 1017-9909, DOI: 10.1117/1.JEI.28.3.033034 (IF: 0.924).

Kategorija M33

1. **N. Slavkovic**, A. Slavkovic: "Implementing Internet of Vehicles (IOV) Scanning Devices for Improving the Road Safety Concept", *Academics World International Conference*, Cannes, France, 13-14. September 2018 in *International Journal of Mechanical and Production Engineering*, 6, (11), 17-19, (Nov 2018). ISSN(p): 2320-2092, ISSN(e): 2321-2071.
2. **Slavković Nikola M**, Zajić Goran J, Gavrovska Ana M, Reljin Irini S, Reljin Branimir D, Bjelica Milan D: "Integrating Mobile Vehicle Sensor Diagnostic Procedures into the Intelligent Transportation Network", *14th Symposium on Neural Networks and Applications (NEUREL)*, 1-5, 2018. doi:10.1109/NEUREL.2018.8586998. ISBN: 9781538669754.
3. **N. Slavkovic**, D. Mamula Tartalja, M. Bjelica, "One Approach to Laser Scanning Problems for Improvement Road Condition Diagnostics", *PHOTONICA 2017, International School and Conference on Photonics*, Belgrade, Serbia. ISBN 978-86-82441-46-5.

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Doktorska disertacija „Detekcija promene sastava i geometrije puta obradom izmerenih parametara za potrebe kategorizacije putne infrastrukture” kandidata mr Nikole Slavkovića napisana je u skladu s obrazloženjem navedenim u prijavi teme i po formi odgovara Pravilniku o doktorskim studijama koji se primenjuje na Univerzitetu u Beogradu – Elektrotehničkom fakultetu i Uputstvu o obliku i sadržaju doktorske disertacije koja se brani na Univerzitetu u Beogradu.

U disertaciji je prikazan zaokruženi postupak razvoja sistema za procenu i mapiranje rizika vožnje, od akvizicije signala, preko njihove obrade, do algoritma klasifikacije. Sistem je matematički formulisano, implementiran u vidu softverskog rešenja i eksperimentalno verifikovan u realnim uslovima.

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.

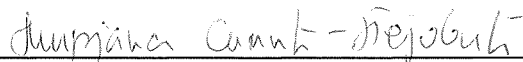
Na osnovu svega iznesenog, Komisija sa zadovoljstvom predlaže Nastavno-naučnom veću da se doktorska disertacija „Detekcija promene sastava i geometrije puta obradom izmerenih parametara za potrebe kategorizacije putne infrastrukture” kandidata mr Nikole Slavkovića prihvati, izloži na uvid javnosti i uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, kao i da se potom obavi njena javna usmena odbrana.

U Beogradu, 26.12.2019. godine

ČLANOVI KOMISIJE



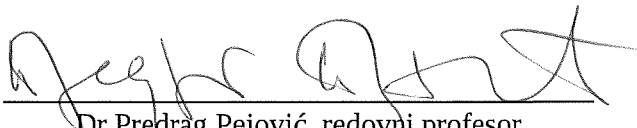
Dr Milan Bjelica, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet



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 Ana Gavrovska, docent
Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet