

4-185/123
20-10-2023.

**VEĆU DEPARTMANA ZA POSLEDIPLOMSKE STUDIJE
UNIVERZITETA SINGIDUNUM**

Beograd
Danijelova 32

Odlukom Veća Departmana za poslediplomske studije i međunarodnu saradnju Univerziteta Singidunum, broj 4-72/2022 od 21.04.2022.godine, određeni smo za članove Komisije za pregled, ocenu i usmenu odbranu doktorske disertacije Bojana Džilića, pod nazivom: *“Unapređenje performansi izahorizontskih radara zasnovano na novoj arhitekturi sistema”*.

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

Bojan Džolić je upisao doktorske studije na Singidunum univerzitetu školske 2018/2019. godine. Položio je svih 12 ispita, sa srednjom ocenom 10. Zahtev za odobravanje teme za izradu doktorske disertacije podneo je 2022. godine. Odlukom Veća Departmana za poslediplomske studije Univerziteta Singidunum, broj 4-47/2022 od 10.03.2022. godine, formirana je Komisija u sastavu:

1. dr Mladen Veinović, redovni profesor, Univerzitet Singidunum, Beograd
2. dr Milan Milosavljević, redovni profesor, Univerzitet Singidunum, Beograd
3. dr Vladimir Orlić, viši naučni saradnik, Institut Vlatacom, Beograd

za ocenu teme i podobnosti kandidata za izradu doktorske disertacije pod nazivom: *“Unapređenje performansi izahorizontskih radara zasnovano na novoj arhitekturi sistema”*. Na osnovu pozitivnog izveštaja Komisije Veće Departmana za poslediplomske studije Univerziteta Singidunum je 21.04.2022. godine odobrio rad na izradi doktorske disertacije. Za mentora je imenovan prof. dr Mladen Veinović.

1.2. Naučna oblast disertacije

Tema disertacije kandidata je u oblasti elektrotehnike, za koju je Tehnički fakultet Univerziteta Singidunum matičan.

1.3. Biografski podaci o kandidatu

Bojan Džolić, diplomirani inženjer elektrotehnike, rođen je 27.09.1984. god. u Beogradu. U Beogradu je završio osnovnu školu (OŠ Jelenu Četković), a nakon nje i srednju elektrotehničku školu „Nikola Tesla“. Nakon završetka srednje škole upisao je Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu 2003. god. Diplomirao je na katedri za radio sisteme 2010. god. sa

prosečnom ocenom 7.07. Diplomski rad "*Analiza povezivanja više predajnika na jedan antenski sistem*" uspešno je odbranio sa ocenom 10. Nakon osnovnih studija završio je master akademske studije, drugog stepena, na studijskom programu Elektrotehnika i računarstvo, 2011. god. sa prosečnom ocenom 10. Master rad „*Fuzzy sistem za personalizaciju telekomunikacionih servisa*“ uspešno je odbranio sa ocenom 10.

Od 2012. do 2013. godine bio zaposlen u *Roaming Networks d.o.o.* na poziciji sistem inženjera. Od 2013. do danas zaposlen je u Institutu Vlatacom. Od 2013. do 2015. radio je na poziciji radio-telekomunikacionog inženjera, od 2015. do 2018. na poziciji sistem inženjera za radarske sisteme, od 2018. do danas radi na poziciji arhitekta sistema za izahorizontske radarske sisteme. 2019. godine je izabran u zvanje *istraživač pripravnik*.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacijapod naslovom: "*Unapređenje performansi izahorizontskih radara zasnovano na novoj arhitekturi sistema*" ima ukupno 105 strana. Disertacija ima sedam poglavlja i spisak literature. Poglavlja su:

1. Uvod, 2 strane,
2. OTHR postojeće arhitekture i obrada signala, 22 strana,
3. OTHR simulator, 19 strana,
4. Nove arhitekture OTHR sistema, 26 strana,
5. Kvalitativna ocena performansi arhitekture i detekcionih algoritama OTHR, 22 strana,
6. Doprinosi disertacije, 2 strane,
7. Zaključak, 1 strana.

U disertaciji ima ukupno 75 slika i 7 tabela. Literatura sadrži 85 bibliografskih jedinica.

2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

Posle uvoda, disertacija započinje opsežnim pregledom oblasti u poglavlju 2, koje uključuje specifično korišćenje HF opsega za potrebe implementacije radarskih sistema, prikaz načina funkcionisanja HFSW-OTHR i metoda obrade signala specifičnih za ove radarske sisteme, dizajn OTHR sistema u praktičnoj implementaciji sa posebnim naglaskom na realizaciju njegovog antenskog podsistema.

U poglavlju 3 opisan je OTHR simulator, koji je razvijen u okviru Instituta Vlatacom i koristi se za analizu pogodnosti terena i radarskog okruženja za potencijalnu instalaciju samog OTHR sistema

Nove arhitekture OTHR sistema opisane su u poglavlju 4 i prikazani rezultati testiranja na terenu. Poglavlje 5 je posvećeno dobijanju kvalitativne ocene performansi novih algoritama korišćenih u razvoju nove verzije OTHR sistema.

Naučni doprinosi disertacije su prikazani u glavi 6.

Zaključci disertacije i pravci daljeg istraživanja su dati u glavi 7

Mogući izvori podataka tokom rada na projektu, relevantna literatura i reference od značaja u samoj oblasti istraživanja navedeni su u glavi 8.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost i originalnost

Istraživanje ove doktorske disertacije rezultiralo je u razvoju naprednog rešenja za praktičnu primenu izvanhorizontnog radarskog sistema (OTHR). Ovaj doprinos obuhvata suštinske izmene u arhitekturi sistema, kao i hardverskom dizajnu i izradi antenskog niza. Paralelno sa tim, prateće korekcije primenjuju se na softverski segment u smislu optimizacije algoritama za obradu signala. Kroz ovu modifikaciju, ostvarena je sposobnost za preciznu detekciju plovila sa smanjenom reflektivnom površinom. Takođe, dobijeno je povećanje pouzdanosti detekcije na velikim udaljenostima od obale, što će doprinosti poboljšanim performansama radarskog sistema u uslovima visokog nivoa smetnji i destruktivnih faktora okoline.

Posebna ostvaren je u dizajnu transmitterskog antenskog niza OTHR sistema što omogućuje efikasnu instalaciju u izazovnim terenskim uslovima. Dodatno, ovaj dizajn povećava otpornost sistema na eksterne uticaje kao što su poplave i električna pražnjenja.

Uz to, kroz specifičan dizajn prijemnog antenskog niza, dobijena je veća osetljivost sistema. Ova poboljšanja manifestuju se kroz bolju detekciju ciljeva sa određenim karakteristikama, uključujući dimenzije, brzinu, položaj i udaljenost od radara.

Dat je doprinos i izučavanju uticaja morskog klatera na obradu radarskog signala, posebno na pojavu Bragovih linija na određenim Doplerovim frekvencijama, što može zakloniti potencijalne ciljeve. Upotreba simultanih frekvencija prevazilazi ovaj izazov i omogućava otkrivanje brodova maskiranih Bragovim linijama.

Napredak u senzitivnosti u poređenju sa tradicionalnom OTHR arhitekturom ostvaren je dodavanjem većeg broja antenskih elemenata u prijemnom nizu. Ovo otvara mogućnost detekcije ciljeva koji su inače na samoj granici detekcije.

Razvijeni su i implementirani sofisticirani algoritmi za detekciju i praćenje ciljeva, što će proširuje mogućnosti detekcije plovila sa malim radar-skim površinama.

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), u domaćim naučnim časopisima (2 rada) i u zbornicima sa međunarodnih naučnih konferencija (9 radova) i dva rada u zbornicima domaćih naučnih konferencija.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U izradi disertacije korišćena je obimna literatura iz oblasti izvanhorizontskih radarskih sistema (OTHR), 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 toku naučnog i istraživačkog rada upotrebio različite metode kako bi bili zadovoljeni osnovni metodološki zahtevi – objektivnost, pouzdanost, opštost i sistematičnost.

U skladu sa izabranom problematikom, definisanim ciljevima istraživanja i postavljenim naučnim hipotezama radi definisanja naučnih i stručnih zaključaka i iznalaženja mogućih rešenja upotrebljena je teorijska analiza uz korišćenje rezultata istraživanja iz međunarodne naučne literature, odnosno saznanja naučnika i drugih autora koji su istraživali problematiku kojom se bavi i ovaj rad. U disertaciji se predstavljaju naučno-teorijska saznanja, relevantna literatura i originalni predlozi korišćenjem većeg broja metoda, i to: istorijske metode, metode kompleksnog posmatranja i analize sadržaja, metode analize i sinteze, metode dokazivanja, kao i eksperimentalne metode.

Primenom istorijskog metoda pribavljeni su rezultati istraživanja drugih autora koji su se bavili problematikom vezanom za tematiku od interesa. Pribavljeni podaci potiču uglavnom iz eminentnih naučnih radova i istraživanja u ovoj oblasti.

Metoda kompleksnog posmatranja i analiza sadržaja primenjena je prilikom obrade rezultata preuzetih iz istraživanja drugih istraživača. Rezultati su upotrebljeni u cilju definisanja nedostataka postojećih algoritama automatske klasifikacije modulacije i utvrđivanja pravca za potencijalna unapređenja.

Osnovni izazov koji je ovom doktorskom disertacijom rešen dobijen je kroz razvoj novih OTHR arhitektura, unapređenje hardvera i softvera različitih OTHR arhitektura čime su dobijene performanse uključujući funkcionalnost, robusnost, osetljivost i pouzdanost u detekciji i praćenju ciljeva, koje su omogućile instalaciju ovih sistema širom sveta.

U cilju provere efektivnosti i efikasnosti predloženih rešenja, izvršene su simulacije koje su potvrdile inicijalne hipoteze disertacije, što predstavlja implementaciju eksperimentalnog metoda.

3.4. Primenljivost ostvarenih rezultata

Rezultati i rešenja do kojih je kandidat došao u svojoj disertaciji imaju značajan praktičan značaj i primenu u realnim uslovima i aplikacijama. Poboljšane performanse OTHR sistema čine ih konkurentnim i relevantnim u širokom spektru naučno-istraživačkih i operativnih konteksta. Njihova primena može biti od ključnog značaja u oblastima kao što su nacionalna bezbednost, nadgledanje vazdušnog i pomorskog saobraćaja, kao i u istraživanju i razvoju novih tehnologija u oblasti radara.

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, kao i da kritički analizira dobijene rezultate.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Na osnovu decenijskog rada na ovoj disertaciji, projektovanju, instalaciji i eksploataciji sistema OTHR u različitim geografskim i klimatskim uslovima širom sveta, svi postavljeni ciljevi koje je disertacija trebalo da valorizuje su ostvareni. Osnovni doprinosi disertacije su sledeći:

- Istraživanjem i razvojem adekvatne nove arhitekture OTHR sistema, ostvareno je značajno povećanje robusnosti ovih radara u zahtevnim okruženjima, kao što su npr. ekvatorijalna područja. Nove arhitekture omogućavaju znatno bolje performanse u promenljivim atmosferskim uslovima i interferencijama, povećavajući osetljivost sistema i proširujući granice detekcije. Ovo obezbeđuje otkrivanje ciljeva koji bi inače bili izvan dometa klasičnih OTHR sistema.
- Nova arhitektura OTHR sistema značajno unapređuje pouzdanost i kvalitet praćenja ciljeva koji su prethodno detektovani. Ovo je od suštinskog značaja za situacije gde je praćenje kretanja ciljeva od vitalnog značaja, kao što je u vojnim operacijama ili praćenju vazdušnog i pomorskog saobraćaja.
- Razvoj i primena novih algoritama za detekciju i praćenje ciljeva predstavlja ključnu komponentu unapređenja performansi HFSW OTHR sistema. Ovi algoritmi, zajedno sa novim hardverskim rešenjima i inovativnim konceptima u arhitekturi sistema, znatno doprinose boljoj obradi radarskih signala i povećavaju ukupne performanse sistema. Ovo omogućava preciznije detektovanje i praćenje ciljeva, smanjujući rizik od grešaka u identifikaciji i praćenju.
- Ova disertacija doprinosi značajnoj unapređenju razumevanja, tehnologiji i primeni izahorizontskih radara u HF frekvencijskom opsegu i postavlja osnovu za dalje istraživanje i razvoj ovih sistema u budućnosti.

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.

Tokom istraživačkog rada koristio je mogućnost kritičkog preispitivanja i pogodne načine unapređenja postojećih rešenja dodajući svoj doprinos kroz nove ideje.

Predloženi model rešenja postavljenog problema je praktično implementiran i eksperimentalno su dobijeni rezultati modelovanja sa odgovarajućim referentnim vrednostima (rezultatima računarskih simulacija).

Uočene su i prikazane prednosti i nedostaci predloženog pristupa i ukazano na smernice mogućih daljih istraživanja.

4.3. Verifikacija naučnih doprinosa

Naučni doprinosi disertacije verifikovani su sledećim radovima kandidata:

Objavljeni radovi u časopisima kategorije M22:

1. B.Džolić, M.Veinović, D.Nikolić, N.Grbić, N.Lekić, V.Orlić, "Tailoring HFSWR Transmitting Antenna Array for Environment of Equatorial Area: Gulf of Guinea Experiences", IEEE Sensors Journal

Objavljeni radovi u časopisima kategorije M51:

1. B.Džolić, M.Veinović, V.Orlić, N.Lekić, N.Grbić, "A Solution for THE Over-The-Horizon-Radar Simulator", Military Technical Courier, Volume 68, Issue 4, Pages 760-789, October 2020.
2. P. Petrović, B. Džolić, N. Lekić, N. Grbić, A. Čupurdija, V. Orlić, M. Erić, "Testing RFoF Link for Transmitting HF-OTHR Signal Between Transmitter and Receiver shelters", TELFOR Journal, Vol. 13, No. 1, 2021, p. 13-18, DOI: 10.5937/telfor2101013P.

Objavljeni radovi u zbornicima međunarodnih konferencija kategorije M33:

1. N.Stojković, D.Nikolić, B.Džolić, N.Tošić, V.Orlić, N.Lekić, B.M.Todorović, "An Implementation of Tracking Algorithm for Over-The-Horizon Surface Wave Radar", Proc. of 24th Telecommunications Forum (TELFOR 2016), IEEE i Društvo za telekomunikacije, pp. 459 - 462, doi:10.1109/TELFOR. 2016.7818820, isbn:978-1-5090-4085-8, Beograd, 22. - 23. Nov, 2016
2. B.Džolić, D.Nikolić, N.Tošić, N.Lekić, V.Orlić, B.M.Todorović, "System for Remote Monitoring and Control of HF-OTH Rada", Proc. of 7th International Scientific Conference on Defensive Technologies (OTEH 2016), VTI, pp. 710 - 714, isbn:978-86-81123-82-9, Beograd 6. - 7., Oct 2016
3. D.Nikolić, B.Džolić, N.Tošić, N.Lekić, V.Orlić, B.M.Todorović, "HFSW Radar Design: Tactical, Technological and Environmental Challenges", Proc. of 7th International Scientific Conference on Defensive Technologies (OTEH 2016), VTI, pp. 350 - 355, isbn:978-86-81123-82-9, Beograd, 6. - 7., Oct 2016
4. Pavle Petrović, Nemanja Grbić, Bojan Džolić, Nikola Lekić, Miroslav Perić, "Software for Monitoring of Direct Path Test data for HFSW Over The Horizon Radar", ETRAN 2018, Subotica, SR.
5. B.Džolić, N.Tošić, V.Orlić, M.Veinović, „Visualisation tools for design of Maritime Surveillance System“, Sinteza 2019, Novi Sad, SR.
6. M.Pajić, B.Džolić, M.Perić, M.Veinović, "Energy and Communication Requirements for Network of E-band Radars as Sensors", Sinteza 2019, doi:10.15308/Sinteza-2019-575-580.
7. B.Džolić, N.Tošić, N.Lekić, V.Orlić, M.Veinović, „Transmitter’s Internal Noise Performance as Limiting Factor in High-Frequency Over-the-Horizon Radars“, Telsiks 2019, Niš, SR.
8. D.Nikolić, N.Tošić, B.Džolić, N.Grbić, P.Petrović, A.Djurdjevic, N.Lekić, "Tailoring OTHR Deployment in Order to Meet Conditions in Remote Equatorial Areas", Proc. of IEEE 15th International Colloquium on Signal Processing & its Applications (CSPA 2019), isbn:978-1-5386-7562-5, Penang, Malaysia, 8. - 9. March 2019.
9. P. Petrović, B. Džolić, N. Lekić, N. Grbić, A. Čupurdija, V. Orlić, M. Erić, "Testing RFoF Link for Transmitting HF-OTHR Signal Between Transmitter and Receiver shelters", TELFOR 2020, Belgrade.

Objavljeni radovi u zbornicima domaćih konferencija kategorije M63:

1. N.Tošić, B.Džolić, D.Nikolić, N.Lekić, B.M.Todorović, "Izazovi pri projektovanju", in Serbian, Proceedings of the 60h,ETRAN, pp. TE2.1.1 - TE2.1.5, isbn: 978-86-7466-618-0, Zlatibor, 13. - 16. Jun, 2016
2. Nemanja Grbić, Pavle Petrović, Nikola Stevanović, Bojan Džolić, Dejan Nikolić, Nikola Lekić, "Simulacija radarske površine brodova u kratkotalasnom frekventnom opsegu", ETRAN 2018, Subotica, SR.

5. MIŠLJENJE KOMISIJE I PREDLOG

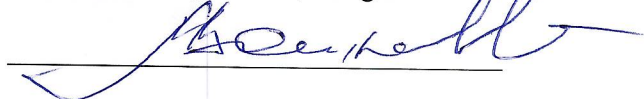
Na osnovu izloženog, komisija konstatuje da doktorska disertacija Bojana Džolića, master inženjera elektrotehnike, pod naslovom "*Unapređenje performansi izahorizontskih radara zasnovano na novoj arhitekturi sistema*" ispunjava sve formalne i suštinske uslove predviđene Zakonom o visokom obrazovanju, kao i propisima univerziteta Singidunum u Beogradu. Doktorska disertacija Bojana Džolića sadrži naučne doprinose koji se sastoje u poboljšanju radnih performansi OTHR sistema u nekoliko ključnih aspekata. To uključuje veću funkcionalnost, otpornost na spoljašnje uticaje, povećanu osjetljivost te pouzdanost u detekciji i praćenju ciljeva. Razvijene su potpuno nove arhitekture OTHR sistema, koristeći inovativna konceptualna rešenja, poboljšanu hardversku implementaciju pojedinih podsistema kao i primenom novih algoritme za detekciju i praćenje ciljeva..

Tokom celokupne izrade doktorske disertacije, kandidat je pokazao nesumnjivu sposobnost za samostalni naučnoistraživački rad. Stoga članovi Komisije sa zadovoljstvom predlažu Veću departmana za posle diplomanske studije da se doktorska disertacija pod naslovom "*Unapređenje performansi izahorizontskih radara zasnovano na novoj arhitekturi sistema*" kandidata Bojana Džolića, mastera u oblasti elektrotehnike prihvati, izloži na uvid javnosti i uputi na konačno usvajanje Senatu univerziteta Singidunuma u Beogradu.

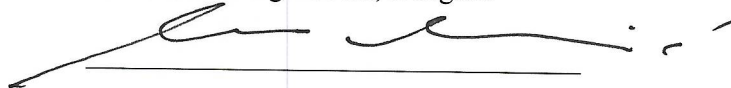
Beograd, 16. 10. 2023. godine

Članovi komisije:

dr Mladen Veinović, redovni profesor,
Univerzitet Singidunum, Beograd



dr Milan Milosavljević, redovni profesor,
Univerzitet Singidunum, Beograd



dr Vladimir Orlić, viši naučni saradnik,
Institut Vlatacom, Beograd

