POSLIJEDIPLOMSKI DOKTORSKI STUDIJ

OBRAZAC D5A-OCJ

**PRIJAVA ZA POKRETANJE POSTUPKA OCJENE I OBRANE DOKTORSKOG RADA**

|  |  |
| --- | --- |
| **Ime i prezime studenta:** | Ante Kapetanović, mag. ing. el. |
| **Ime i prezime mentora:** | prof. dr. sc. Dragan Poljak |
| **Poslijediplomski**  **doktorski studij:** | Elektrotehnika i informacijska tehnologija |
| **Znanstveno polje/grana:\*** | Elektrotehnika/elektronika |
| **Naslov doktorskog rada (hrvatski):** | Napredna tehnika određivanja prostorno usrednjenih dozimetrijskih veličina na zakrivljenim površinama |
| **Naslov doktorskog rada (engleski):** | Advanced Technique for Assessment of Spatially Averaged Dosimetric Quantities on Nonplanar Surfaces |
| **Jezik pisanja:** | engleski |
| **Datum prihvaćanja teme:** | 24.4.2023 |

Izjavljujem da sam ispuni-o/la sve uvjete za pokretanje postupka ocjene i obrane doktorskog rada, a što uključuje: položene sve propisane ispite, položen kvalifikacijski doktorski ispit, položeni svi propisani seminari, objavljen najmanje jedan međunarodno recenzirani znanstveni rad u časopisu indeksiranom u CC, SCI ili SCI expanded tematski vezan za doktorsko istraživanje u kojem sam prvi/a autor/ica (znanstveni rad je objavljen u časopisu referiranom za znanstveno polje doktorskog istraživanja), prezentiran i objavljen najmanje jedan znanstveni rad u zborniku radova međunarodnog znanstvenog skupa (tematski vezan uz doktorsko istraživanje). Izjavljujem da sam samostalno izradio/la predloženi doktorski rad.

Predloženi doktorski rad pripremio/la sam u skladu s Naputkom za oblikovanje teksta doktorskog rada.

|  |  |
| --- | --- |
|  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  *vlastoručni potpis doktoranda* |
|  |  |

|  |
| --- |
| **Suglasnost mentora:**  (mentor daje suglasnost za pokretanje postupka ocjene i obrane doktorskog rada) |
| Suglasan sam s pokretanjem postupka za ocjenu i obranu doktorskog rada kandidata Ante Kapetanovića, mag.ing. |
| **Mišljenje mentora:**  (mentor daje mišljenje o provedenom istraživanju i postignutom znanstvenom doprinosu, preporučeno od 4000 do 7000 riječi) |
| **Pregled sadržaja doktorskog rada**  Doktorska disertacija kandidata Ante Kapetanovića, mag. ing. el., napisana je na engleskom jeziku i naslovljena *Advanced Technique for Assessment of Spatially Averaged Dosimetric Quantities on Nonplanar Surfaces* (Napredna tehnika određivanja prostorno usrednjenih dozimetrijskih veličina na zakrivljenim površinama).  Disertacija sadrži ukupno 145 stranica, 15 slika, 3 tablice i 145 bibliografskih jedinica, a napisana je po „Skandinavskom modelu” i sadržava naslovnu stranicu, bibliografske podatke, sažetak na engleskom i hrvatskom jeziku, rezervirano mjesto za zahvale i posvetu, sadržaj, popis tablica, popis slika, popis kratica, središnji dio teksta disertacije i na kraju životopis.  Središnji dio disertacije temeljene na skupu objavljenih radova se sastoji od uvoda u kojem je iznesena motivacija, potom ciljevi istraživanja i hipoteza, znanstvene metode i doprinos, te nakon toga popis objavljenih radova na kojima se zasniva znanstveni doprinos rada i na posljetku pregled organizacije disertacije.  Nakon uvoda, slijedi i središnji dio u kratkoj formi preglednog rada. Pregled znanstvenog doprinosa je prikazan kroz radove na kojima se temelji disertacija, pri čemu je definiran i doprinos doktoranda na svakom pojedinom radu. U zadnjem dijelu je zaključak u kojem se navode glavna rješenja i smjernice za eventualni daljnji istraživački rad.  Nakon zaključka je popisana i korištena literatura u disertaciji. Radovi na kojima se temelji disertacija su navedeni u dodatku A, B, C i D.  Središnji dio teksta disertacije po poglavljima je organiziran na sljedeći način:   1. INTRODUCTION    1. Motivation    2. Hypothesis    3. Scientific Method and Contribution    4. Published Papers    5. Outline 2. BASIC ASPECTS OF EXPOSURE TO ELECTROMAGNETIC FIELDS    1. A Primer on Electromagnetic Fields    2. Principles of Non-Ionizing Radiation Effects on Tissue    3. Radio Frequency Electromagnetic Radiation Protection       1. Brief History of Exposure Limits       2. Scientific Basis for Limiting Exposure       3. Basic Restrictions       4. Exposure Reference Levels 3. GOVERNING EQUATIONS AT GIGAHERTZ RANGE    1. Specific Absorption Rate    2. Transition to Area-Averaged Dosimetric Quantities       1. Absorbed/Epithelial Power Density       2. Equivalence of Absorbed/Epithelial Power Density Definitions    3. Incident Power Density    4. State of Research 4. AVERAGING POWER DENSITY ON NONPLANAR SURFACES    1. Normal Estimation on the Evaluation Surface       1. Normal Estimation on Nonplanar Canonical Surfaces       2. Normal Estimation on Nonplanar Anatomical Surfaces    2. Construction of the Averaging Area    3. Spatial Averaging of Power Density 5. PUBLISHED PAPERS    1. Assessment of Incident Power Density on Spherical Head Model up to 100 GHz       1. Abstract       2. Impact Statement       3. Author Contributions       4. Supplementary Materials    2. Machine Learning-Assisted Antenna Modeling for Realistic Assessment of Incident Power Density on Nonplanar Surfaces above 6 GHz       1. Abstract       2. Impact Statement       3. Author Contributions       4. Supplementary Materials    3. Area-Averaged Transmitted and Absorbed Power Density on a Realistic Ear Model       1. Abstract       2. Impact Statement       3. Author Contributions       4. Supplementary Materials    4. On the Applicability of Numerical Quadrature for Double Surface Integrals at 5G Frequencies       1. Abstract       2. Impact Statement       3. Author Contributions 6. CONCLUDING REMARKS 7. BIBLIOGRAPHY 8. APPENDIX A 9. APPENDIX B 10. APPENDIX C 11. APPENDIX D   **Prikaz sadržaja doktorskog rada po poglavljima**  Motivacija i hipoteza disertacije kao i popis objavljenih radova prikazani su u uvodnom dijelu disertacije unutar prvog poglavlja. U situacijama izloženosti ljudskog tijela elektromagnetskom polju visoke frekvencije, kada je valna duljina usporediva s polumjerom zakrivljenosti izloženih dijelova tijela, ravna ploha predstavlja grubu aproksimaciju i potencijalno dovodi do poddimenzioniranja površinski usrednjenih dozimetrijskih veličina. Osnovna pretpostavka je stoga da primjena zakrivljenih modela nužno dovodi do vrijednosti srednje gustoće snage bliže stvarnim vrijednostima. Kako su prilikom praktičnih scenarija izloženosti u najvećoj ugrozi od površinskog pregrijavanja na lokalnoj skali prsti ruke te vanjsko uho i glava, odgovarajući cilindrični ili sferni modeli nameću se kao najprikladniji. Međutim, obzirom da složene površinske geometrije poput one vanjskog uha ne mogu biti adekvatno opisane kanonskim zakrivljenim modelima, javlja se potreba za korištenjem ekvivalentnih anatomskih modela. Matematički opis zakrivljenosti površine anatomskih modela je moguć isključivo koristeći preciznu numeričku procjenu normalnih jediničnih vektora na površini. Usrednjavanje gustoće snage je potom ostvareno parametrizacijom površine u dvodimenzionalnom integracijskom prostoru i numeričkim pristupom aproksimacije plošnih integrala vektorskog polja. Druga temeljna pretpostavka je, dakle, da raspodjela normalnih vektora na površini anatomskih modela uvjetovana morfološkim nepravilnostima, nesimetrijama i eventualnim deformitetima promatranog tkiva, značajno utječe na apsorpciju upadnog elektromagnetskih polja. Posljedično, vrijednosti usrednjene gustoće snage potencijalno mogu biti drastično veće u usporedbi s ravnim modelima ali i zakrivljenim modelima simetrične geometrije, ovisno o položaju antene, polarizaciji upadnog polja i površini integracijske domene. Naposljetku, u ovom istraživanju posljednja temeljna pretpostavka je da se primjenom hibridnih metoda zasnovanim na principima strojnog učenja i standardnih numeričkih metoda na efikasan način indirektno ostvaruje automatsko otkrivanje područja vruće točke. Ovo područje je okarakterizirano kao ograničeno područje najvećeg temperaturnog porasta.  U drugom poglavlje naslovljenom: *Osnovni aspekti izloženosti ljudi elektromagnetskim poljima* (eng. *Basic Aspects of Exposure to Electromagnetic Fields*) daje se pregled osnova interakcije između radio-frekvencijskih elektromagnetskih polja i ljudskog tijela. Polazeći od fundamentalnih principa izraženih Maxwellovim jednadžbama, u ovom poglavlju dan je detaljan opis neionizirajućeg zračenja, koje čini osnovu za određivanje ograničenja ljudske izloženosti. Nadalje, prikazuje se i znanstvena metodologija za kojom se dolazi do temeljnih ograničenja izloženosti ljudi poljima radio frekvencija u području od 6 do 300 GHz.  U trećem poglavlju naslovljenom *Jednadžbe numeričke dozimetrije u gigahertznom području* (eng. *Governing Equations at Gigahertz Range*), provodi se detaljnije istraživanje matematičkih formulacija koje se odnose na prostorno usrednjene dozimetrijske veličine, oslanjajući se na Poyntingov teorem kojim se opisuje opći zakon očuvanja energije u elektrodinamici. Posebna pozornost pridaje se specifičnom scenariju izloženosti koji je karakteriziran kao lokalni, stacionarni i unutar raspona od 6 do 300 GHz, gdje je primarni ishod interakcije elektromagnetskih polja i ljudskog tijela očitovan kao porast temperature na površini kože. Na kraju, ovo poglavlja pruža pregled trenutnog stanja istraživanja, s fokusom na računalne postupke koji se koriste za procjenu gustoće snage bežičnih uređaja u neposrednoj blizini ljudskog tijela.  U četvrtom poglavlju naslova: *Određivanje prostorno usrednjene gustoće snage na zakrivljenim površinama* (eng. *Averaging Power Density on Nonplanar Surfaces*), kandidat ulazi dublje u tehnike potrebne za točno izračunavanje prostorno prosječne gustoće snage na zakrivljenim evaluacijskim površinama. U ovom poglavlju se sustavno definiraju glavni doprinosi prikazani kroz znanstveni opis korištene metodologije:   * *Razvoj adekvatnih zakrivljenih i anatomskih modela dijelova ljudskog tijela na temelju dostupne literature.* Opisane su dvije vrste zakrivljenih modela dijelova ljudskog tijela: *kanonski* i *anatomski modeli.* Kanonskim modelima u vidu sfere ili cilindra dobiva se efikasna aproksimiacija dijelova tijela poput glave, oka, prstiju šake, učestalo izloženih prilikom praktičnih scenarija izloženosti. S druge strane, anatomski modeli su razvijeni u svrhu postizanja kompatibilnosti s većinom populacije koristeći očekivane vrijednosti dimenzija modeliranog dijela tijela, njegove strukture i anatomije, te vrijednosti dielektričnih parametara od interesa. * *Proračun normala na integracijskim površinama zakrivljenih dijelova ljudskog tijela.*  Kod kanonskih geometrija zakrivljenih modela, proračun normala je proveden izravno koristeći analitičke izraze u odgovarajućem koordinatnom sustavu (sferni ili cilindrični koordinatni sustav temeljen na ISO 80000-2:2019 konvenciji). S druge strane, kod anatomskih modela, integracijska površina se matematički opisuje kao dvodimenzionalna Riemannova mnogostruktost (eng. *manifold*) u trodimenzionalnom Euklidskom prostoru. U svim točkama promatrane površine postoji zasebna tangencijalna ravnina. Pravac u bilo kojoj točki okomit na pripadnu tangencijalnu ravninu sadržava normalni i jedinični normalni vektor proizvoljne orijentacije. Zakrivljenost površine u promatranoj točki se potom može opisati koristeći dvije ravnine koje sadržavaju vektor normale a koje karakterizira najveća i najmanja zakrivljenost krivulje dobivene kao presjek ovih ravnina i kontrolne površine. Bilo koja pravilna i glatka (diferencijabilna) površina može se lokalno izraziti kao graf bivarijantne "funkcije visine" u odnosu na bilo koji z-smjer koji ne pripada spomenutom tangencijalnom prostoru. Određivanje z-smjera je ostvareno transformacijom originalnog koordinatnog sustava koristeći analizu glavnih komponenti a vektor normale je realiziran kao vektorski produkt parcijalne derivacije parametrizirane površine po tangencijalnim komponentama. * *Efikasno prostorno usrednjavanje snage na površinama proizvoljnog oblika.* Plošna integracija je provedena na temelju opisanog proračun normala a ostvarena je tako da ne uzima u obzir položajne veza između točaka proračuna elektromagnetskog polja. Prilikom proračuna apsorbiranog polja, potrebno je definirati raspodjelu normalne komponente polja po površini što u je matematičkom smislu određeno skalarnim produktom vektorskog polja jediničnih normala i kompleksnih elektromagnetskih komponenti. Plošni integral vektorskog polja tada se može aproksimirati korištenjem bilo koje dvodimenzionalne kvadrature budući da polje (normalizirano s obzirom na površinu) prolazi parametarskom površinom.   Objavljeni radovi koji služe kao temelj ove disertacije navedeni su petom poglavlju. Svaki je rad popraćen sažetcima, izjavom o utjecaju i zahvalom za doprinose pojedinih autora. Radi lakšeg snalaženja, potpuni tekst svakog objavljenog rada može se pronaći dodacima. Iako se svaki od radova može uzeti kao zasebno znanstveno istraživanje, ovi radovi sveukupno čine doprinos numeričkoj dozimetriji po pitanju proračuna prostorno usrednjenih dozimetrijskih veličina. Za proračun su korištene rigorozne matematičke formulacije u svrhu postizanja što vjernijih rezultata a koje su kompatibilne s formulacijama dostupnima u posljednjem izdanju IEEE standarda i ICNIRP smjernica za sigurnosne razine s obzirom na izloženost ljudi elektromagnetskim poljima do 300 GHz.  Konačno, posljednje poglavlje Zaključak (eng. *Concluding Remarks*) obuhvaća opću raspravu, zaključke izvedene iz istraživanja (izvorni znanstveni doprinos) te ukazuje na smjer potencijalnog budućih istraživanja.  **Izvorni znanstveni doprinos i zaključak**  Glavni znanstveni doprinos ostvaren u okviru ove disertacije zasnovan je na realizaciji efikasne tehnike i pripadnog računalnog alata za efikasno usrednjavanje dozimetrijskih veličina na površini zakrivljenih dijelova ljudskog tijela izloženih elektromagnetskim poljima iznad 6 GHz.  Osim razvoja efikasne metode usrednjavanja upadnog i apsorbiranog polja koja ne ovisi o numeričkoj metodi za simulacije izloženosti, kvantificiran je i utjecaj geometrijskih obilježja površine tkiva, njegovih morfoloških obilježja, zakrivljenosti i geometrije područja usrednjavanja.  Na ovaj način, osigurani su temelji za razvoj referentnih modela ekvivalentnih izloženom tkivu u budućim smjernicama i standardima za ograničenje izloženosti elektromagnetskim poljima do 300 GHz.  Glavni doprinosi disertacije su sljedeći:   * *Skup novih realističnih modela dijelova ljudskog tijela izloženih zračenju poljima iznad 6 GHz kojima se zamjenjuju dosadašnji ravni modeli zastupljeni u literaturi u svrhu bolje aproksimacije zakrivljenih dijelova ljudskog tijela čiji je polumjer zakrivljenosti usporediv s valnom duljinom upadnog polja.* Ovdje je riječ se o homogenom/slojevitom sfernom i cilindričnom modelu glave te homogenom/slojevitom anatomskom modelu vanjskog uha. Uho je odabrano zbog morfološke složenosti uvjetovane kompleksnom konveksno-konkavnom strukturom tkiva uslijed koje dolazi do nehomogene raspodjele apsorbiranog polja, za razliku od ravnog, sfernog i cilindričnog modela. Također, vanjsko uho predstavlja najizloženiji dio tijela prilikom praktičnih scenarija izloženosti. * *Algoritam automatskog otkrivanja područja tzv. vruće točke koje predstavlja ograničeno područje najvećeg temperaturnog porasta u odnosu na temperaturu okoline izvan utjecaja elektromagnetskog polja.* Ova tehnika zasniva se na iterativnoj primjeni analize glavnih komponenta ili faktorske analize primjenom bilo zakrivljene modele jednostavne geometrije ili anatomske modele transformirane u neorganizirani oblak točaka. Algoritam prihvaća model predstavljen kao set trodimenzionalnih koordinata, gdje svaka koordinata predstavlja jednu točku na površini modela, kao ulaz i na taj način osigurava kompatibilnost s bilo kojom metodom (numerička ili analitička) za proračun elektromagnetskog polja i pripadne interakcije. * *Proračun usrednjene gustoće apsorbirane i upadne elektromagnetske snage koristeći rigorozne matematičke definicije zasnovane na plošnoj integraciji vektorskog toka gustoće snage kroz kontrolnu površinu proizvoljnog oblika.* Kako je osnovni dio podintegralne funkcije plošnog integrala diferencijal elementa integracijske domene, potrebno je odrediti i raspodjelu normalnih vektora na površini modela. Doprinos ove doktorske disertacije je onda i razvoj napredne, efikasne numeričke tehnike za procjenu plošnog integrala skalarnog i vektorskog polja, u potpunosti neovisne o ishodišnoj elektromagnetskoj metodi.   Primjena rezultata istraživanja provedenih u okviru predložene doktorske disertacije bi ostvarila i potvrdu valjanosti gustoće apsorbirane snage kao temeljnog ograničenja za procjenu temperaturnog porasta za lokalnu izloženost zakrivljenih dijelova tijela iznad 6 GHz u stacionarnom stanju. Osim toga ostvaren je i uvid u efikasnosti zakrivljenih i anatomskih modela za elektromagnetsku dozimetriju pri visokim frekvencijama kao temelj buduće rasprave i djelatnosti Radne skupine 7 pod IEEE/ICES (International Committee for) Electromagnetic Safety TC (Technical Committee) 95 SC 6 za elektromagnetsko dozimetrijsko modeliranje. Konačno, ova disertacija predstavlja i svojevrsnu polaznu točku za diskusiju o realizaciji zakrivljenih modela kao referentnih u budućim izdanjima ICNIRP (International Commission of Nonionizing Radiation Protection)smjernica i IEEE standarda za ograničenje izloženosti ljudi radio frekvencijskim elektromagnetskim poljima do 300 GHz.  Predstavljeno istraživanje u okviru ovog doktorskog rada daje značajan doprinos razumijevanju problematike izloženosti ljudi elektromagnetskim poljima visokih frekvencija u području milimetarskih valova te doprinosi razvoju novih dozimetrijskih modela prilagođeno kontekstu budućih bežičnih komunikacijskih tehnologija. |
|  |

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

*vlastoručni potpis mentora*

U Splitu, \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

*Privitak:*

1. *Tekst doktorskog rada u elektroničkom i tiskanom obliku (šest primjeraka)*
2. *Popis i preslika objavljenih znanstvenih radova pristupnika iz područja doktorskog rada*
3. *Popis svih objavljenih radova pristupnika iz područja doktorskog rada*
4. *Potvrda mentora da su objavljeni radovi pristupnika iz područja doktorskog rada*

*Prema potrebi može se dodatno navesti i značajan doprinos u drugom znanstvenom polju/grani.*

**POPIS ZNANSTVENIH RADOVA PRISTUPNIKA IZ PODRUČJA PREDLOŽENE TEME DOKTORSKOG RADA\***

|  |
| --- |
| **Znanstveni radovi kategorije A** |

|  |  |
| --- | --- |
| Autori | **Kapetanović, A.**, Poljak, D. |
| Naslov rada | Machine learning-assisted antenna modelling for realistic assessment of incident power density on non-planar surfaces above 6 GHz |
| Časopis | Radiation Protection Dosimetry |
| Broj izdanja, stranice, godina | 199(8-9), 826-834, 2023 |
| Bibliografske baze podataka | Current Contents/Engineering, Google Scholar, SCOPUS, Science Citation Index... |
| Impact factor | 1.053 |

|  |  |
| --- | --- |
| Autori | **Kapetanović, A.**, Sacco, G., Poljak, D., Zhadobov, M. |
| Naslov rada | Area-Averaged Transmitted and Absorbed Power Density on Realistic Body Parts |
| Časopis | IEEE Journal of Electromagnetics, RF and Microwaves in Medicine and Biology |
| Broj izdanja, stranice, godina | 7(1), 39-45, 2023 |
| Bibliografske baze podataka | Current Contents/Engineering, Google Scholar, SCOPUS, Science Citation Index... |
| Impact factor | 3.00 |

|  |  |
| --- | --- |
| Autori | **Kapetanović, A.**, Poljak, D. |
| Naslov rada | Assessment of Incident Power Density on Spherical Head Model up to 100 GHz |
| Časopis | IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility |
| Broj izdanja, stranice, godina | 64, 1296-1303, 2022 |
| Bibliografske baze podataka | Current Contents/Engineering, Google Scholar, SCOPUS, Science Citation Index... |
| Impact factor | 2.036 |

|  |  |
| --- | --- |
| Autori | **Kapetanović, A.**, Šušnjara, A., Poljak, D. |
| Naslov rada | Stochastic analysis of the electromagnetic induction effect on a neuron’s action potential dynamics |
| Časopis | Nonlinear Dynamics |
| Broj izdanja, stranice, godina | 105, 3585-602, 2021 |
| Bibliografske baze podataka | Current Contents/Engineering, Google Scholar, SCOPUS, Science Citation Index... |
| Impact factor | 5.022 |

|  |  |
| --- | --- |
| Autori | Cvetković, M., **Kapetanović, A.**, Poljak, D., Dodig, H. |
| Naslov rada | On the Applicability of Numerical Quadrature for Double Surface Integrals at 5G Frequencies |
| Časopis | Journal of communications software and systems |
| Broj izdanja, stranice, godina | 18:42-53, 2022 |
| Bibliografske baze podataka | Scopus, EBSCO, INSPEC, CrossRef, Google Scholar and DOAJ |
| Impact factor | 1.26 |

|  |
| --- |
| **Znanstveni radovi kategorije C** |

|  |  |
| --- | --- |
| Autori | **Kapetanović, A.**, Poljak, D., Li, K. |
| Naslov rada | Standardized Benchmark Dataset for Localized Exposure to a Realistic Source at 10-90 GHz |
| Naslov zbornika | Proceedings of BioEM 2023, Numerical dosimetry |
| Stranice (od-do) | 1-6 |
| Naziv skupa | BioEM 2023 |
| Datum održavanja skupa | 18-23.6.2023, Oxford, UK |

|  |  |
| --- | --- |
| Autori | **Kapetanović, A.**, Šušnjara, A., Poljak, D., Russo, M. |
| Naslov rada | Stochastic-Deterministic Electromagnetic Modeling of Human Head Exposure to Microsoft HoloLens |
| Naslov zbornika | Special Session on Environmental Electromagnetic Compatibility (EEMC) |
| Stranice (od-do) | 1-6 |
| Naziv skupa | 30th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks, SoftCOM 2022 |
| Datum održavanja skupa | 22-24.9.2022, Split, Croatia |

|  |  |
| --- | --- |
| Autori | **Kapetanović, A.**, Sacco, G., Poljak, D., Zhadobov, M. |
| Naslov rada | Novel procedure for spatial averaging of absorbed power density on realistic body models at millimeter waves |
| Naslov zbornika | BioEM proceedings |
| Stranice (od-do) | 242-8 |
| Naziv skupa | BioEM 2022 |
| Datum održavanja skupa | 19-24.6.2022, Nagoya, Japan (virtual) |

|  |  |
| --- | --- |
| Autori | **Kapetanović, A.**, Poljak, D. |
| Naslov rada | Machine learning-assisted antenna modeling for realistic assessment of human exposure reference levels above 6 GHz |
| Naslov zbornika | IEEE and ICNIRP and Hot Topics EMF |
| Stranice (od-do) | 1 (abstract) |
| Naziv skupa | 6th European Congress on Radiation Protection |
| Datum održavanja skupa | 30.5-3.6.2022, Budapest, Hungary |

|  |  |
| --- | --- |
| Autori | **Kapetanović, A.**, Sacco, G., Poljak, D., Zhadobov, M. |
| Naslov rada | Assessment of Area-Average Absorbed Power Density on Realistic Tissue Models at mmWaves |
| Naslov zbornika | Facing challenges in electromagnetic dosimetry at mm waves and THz |
| Stranice (od-do) | 153-5 |
| Naziv skupa | IEEE International Microwave Biomedical Conference (IMBioC 2022) |
| Datum održavanja skupa | 16-18.5.2022, Suzhou, China in a hybrid mode |

|  |  |
| --- | --- |
| Autori | Cvetković, M.; Poljak, D.; **Kapetanović, A.**; Dodig, H. |
| Naslov rada | Study on the Suitability of Numerical Integration at 5G Frequencies Using Unit Cube Test |
| Naslov zbornika | Special Session on Environmental Electromagnetic Compatibility (EEMC) |
| Stranice (od-do) | 1-6 |
| Naziv skupa | 29th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks, SoftCOM 2021 |
| Datum održavanja skupa | 23-25.9.2021 |

|  |  |
| --- | --- |
| Autori | Cvetković, M.; Poljak, D.; **Kapetanović, A.**; Dodig, H. |
| Naslov rada | Selecting Optimal Numerical Integration Rules for Double Surface Integrals on Triangular Domains |
| Naslov zbornika | Computation of Electromagnetic Fields |
| Stranice (od-do) | 38-41 |
| Naziv skupa | 15th International Conference on Applied Electromagnetics, PEC 2021 |
| Datum održavanja skupa | 30.8-1.9.2021 |

|  |  |
| --- | --- |
| Autori | Cvetković, M.; Poljak, D.; **Kapetanović, A.**; Dodig, H. |
| Naslov rada | Unit Cube Test for Double Surface Integrals in Frequency Domain Integral Equation Formulations |
| Naslov zbornika | Engineering Modeling |
| Stranice (od-do) | 1-6 |
| Naziv skupa | 6th International Conference on Smart and Sustainable Technologies, SpliTech 2021 |
| Datum održavanja skupa | 8-11.9.2021 |

|  |  |
| --- | --- |
| Autori | **Kapetanović, A.**; Poljak, D. |
| Naslov rada | Application of Automatic Differentiation in Electromagnetic Dosimetry – Assessment of the Absorbed Power Density in the mmWave Frequency Spectrum |
| Naslov zbornika | Engineering Modeling |
| Stranice (od-do) | 1-6 |
| Naziv skupa | 6th International Conference on Smart and Sustainable Technologies, SpliTech 2021 |
| Datum održavanja skupa | 8-11.9.2021 |

*\*Kategorizacija znanstvenih radova sukladno Pravilniku o uvjetima za izbor u znanstvena zvanja (NN 28/2017)*

**POPIS SVIH OBJAVLJENIH RADOVA PRISTUPNIKA IZ PODRUČJA PREDLOŽENE TEME DOKTORSKOG RADA**

ZNANSTVENI RADOVI OBJAVLJENI U ČASOPISIMA

1. **Kapetanović, A.** & Poljak D. (2023) „Machine learning-assisted antenna modelling for realistic assessment of incident power density on non-planar surfaces above 6 GHz,” *Radiation Protection Dosimetry*, 199(8-9), 826-834, doi: 10.1093/rpd/ncad114
2. **Kapetanović, A.**, Sacco, G., Poljak, D. & Zhadobov, M. (2022) “Area-averaged transmitted and absorbed power density on a realistic ear model,” *IEEE Journal of Electromagnetics, RF and Microwaves in Medicine and Biology*, 7(1), 39-45, doi: 10.1109/jerm.2022.3225380
3. **Kapetanović, A.** & Poljak, D. (2022) “Assessment of Incident Power Density on Spherical Head Model up to 100 GHz,” *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility,* 64(5), 1296-1303, doi: 10.1109/temc.2022.3183071
4. Cvetković, M., Poljak, D., **Kapetanović, A.** & Dodig, H. (2022) “On the Applicability of Numerical Quadrature for Double Surface Integrals at 5G Frequencies,” *Journal of communications software and systems*, 18(14), 42-53, doi: 10.24138/jcomss-2021-0183
5. **Kapetanović, A.**, Šušnjara, A. & Poljak, D. (2021) “Stochastic analysis of the electromagnetic induction effect on a neuron’s action potential dynamics,” *Nonlinear dynamics*, 105, 3585-3602 doi: 10.1007/s11071-021-06762-z

ZNANSTVENI RADOVI OBJAVLJENI U ZBORNICIMA

1. **Kapetanović, A.**, Poljak, D. & Li, K. (2023) „Standardized benchmark dataset for localized exposure to a realisitic source at 10-90 GHz” In proceedings of BioEM2023, Oxford, UK,
2. **Kapetanović, A.**, Šušnjara, A., Poljak, D. & Russo, M. (2022) “Stochastic-deterministic electromagnetic modeling of human head exposure to Microsoft HoloLens,” In proceedings of 2022 International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM), Split, Hrvatska, 1-5 doi: 10.23919/SoftCOM55329.2022.9911431.
3. **Kapetanović, A.**, Sacco, G., Poljak, D. & Zhadobov, M. (2022) “Assessment of area-average absorbed power density on realistic tissue models at mmWaves,” In proceedings of 2022 IEEE MTT-S International Microwave Biomedical Conference (IMBioC), Sozhou, Kina, 153-155, doi: 10.1109/imbioc52515.2022.9790150
4. **Kapetanović, A.** & Poljak, D. (2021) “Application of automatic differentiation in electromagnetic dosimetry: Assessment of the absorbed power density in the mmWave frequency spectrum,” In proceedings of 2021 International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech), Bol, Hrvatska, 1-6, doi: 10.23919/SpliTech52315.2021.9566429
5. Cvetković, M., Poljak, D., **Kapetanović, A.** & Dodig, H. (2021) “Selecting optimal numerical integration rules for double surface integrals on triangular domains,” In proceedings of 2021 International Conference on Applied Electromagnetics (PEC), Niš, Srbija, 38-41
6. **Kapetanović, A.**; Poljak, D. (2021) „Efficient procedures in assessment of incident power density on non-planar tissue models under electromagnetic exposure in mmWave spectrum,” In proceedings of 2021 International Conference on Telecommunications (ConTEL), Zagreb, Croatia, 9-10
7. Cvetković, M., Poljak, D., **Kapetanović, A.** & Dodig, H. (2021) “Unit cube test for double surface integrals in frequency domain integral equation formulations,” In proceedings of 2021 International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech), Split, Croatia, 1-6, doi: 10.23919/SpliTech52315.2021.9566347
8. Cvetković, M., Poljak, D., **Kapetanović, A.** & Dodig, H. (2021) “Study on the suitability of numerical integration at 5G frequencies using unit cube test,” In proceedings of 2021 International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM), Split, Croatia, 1-6, doi: 10.23919/SoftCOM52868.2021.9559114
9. **Kapetanović, A.**, Šušnjara, A. & Poljak, D. (2020) “Numerical solution and uncertainty quantification of bioheat transfer equation using neural network approach,” In proceedings of 2020 International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech), Bol, Croatia, 1-6, doi: 10.23919/SpliTech49282.2020.9243733

**POTVRDA MENTORA DA SU OBJAVLJENI RADOVI PRISTUPNIKA IZ PODRUČJA ISTRAŽIVANJA DOKTORSKOG RADA**

Potvrđujem da radovi koje je pristupnik Ante Kapetanović,student poslijediplomskog doktorskog studija Elektrotehnike i informacijske tehnologije, naveo u priloženom popisu znanstvenih radova i priloženom popisu svih objavljenih radova, pripadaju području istraživanja doktorskog rada.

**Mentor**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

prof. dr. sc. Dragan Poljak