

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Бранка Мрдаковића за израду докторске дисертације

Одлуком Електротехничког факултета у Београду бр. 5032/20-1 од 25.11.2021. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Бранка Мрдаковића, мастер инж. електротехнике и рачунарства, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Алгоритми за површинску сегментацију оптимизовани за ефикасну електромагнетску анализу“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Бранко Мрдаковић рођен је 15.04.1984. године у Сјеници. Основну школу завршио је у Сјеници као носилац дипломе „Вук Караџић“. Гимназију општег смера завршио је у Сјеници као ђак генерације и носилац дипломе „Вук Караџић“.

Основне студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду уписао је школске 2003/04. године. Дипломирао је на Одсеку за телекомуникације и информационе технологије - смер Микроталасна техника, са просечном оценом 9.71. Дипломски рад на тему „Електродинамичка анализа резонантне шупљине методом коначних елемената вишег реда“, под менторством проф. др Милана Илића, одбранио је 2007. године са оценом 10.

Мастер студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на модулу за Микроталасну технику, уписао је школске 2007/08. Све испите на мастер студијама положио је оценом 10. Мастер рад на тему „Микрострип patch антене за RFID апликације са мобилним читачем“, под менторством проф. др Бранка Колунџије, одбранио је 2009. године са оценом 10.

Докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на модулу за Микроталасну технику, уписао је школске 2020/21. Све испите на докторским студијама положио је оценом 10. Тему докторске дисертације пријавио је 04.10.2021. године. Окосницу истраживачког рада у вези са докторском дисертацијом чине алгоритми за четвороугаону сегментацију CAD геометрије, са фокусом је на алгоритмима који генеришу мрежу која је погодна за примену у анализи базираној на методи момената која користи функције базиса вишег реда.

Професионалну каријеру започео је у септембру 2008. године, као стручни сарадник у сектору за истраживање и развој у предузећу WIPL-D д.о.о. у Београду. Од новембра 2015. године ради као руководилац сектора за истраживање и развој у предузећу WIPL-D д.о.о. Главне области професионалног ангажовања су му: пројектовање софтвера, развој интерфејса и нумеричких алгоритама у софтверу за нумеричку електромагнетску анализу; CPU, GPU и MPI паралелизација и алгоритми за четвороугаону сегментацију CAD геометрије.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Кандидат Бранко Мрдаковић је докторске студије на Електротехничком факултету у Београду на Модулу за микроталасну технику први пут уписао у школској 2009/2010 години. По други пут уписује докторске студије у школској 2020/2021 години. Током докторских студија је испунио све обавезе и положио све испите са оценом 10. Списак положених испита и одрађених обавеза је дат у следећој табели.

<i>Назив испита или обавезе</i>	<i>Оцена</i>	<i>ЕПСБ бодови</i>
Анализа и синтеза антена (ДС2АСА)	10	9
Електромагнетика (ДС1Е)	10	9
Микроталасна техника (ДС1МТ)	10	9
Антене и простирање радио таласа (ДС1АПР)	10	9
Микроталасна електроника (ДС2МЕ)	10	9
Електромагнетска компатибилност и интегритет сигнала (ДС2ЕКИ)	10	9
Специјалне функције (ДС2СФ)	10	9
Студијски истраживачки рад I		24
Студијски истраживачки рад II		24

Активности по предметима су следеће.

- **Анализа и синтеза антена:** проучавање литературе, консултације, упознавање са принципима рада коругованих левак антена. За практични део испита одрађен је дизајн коруговане левак антене елипсоидне зрачеће површи, која ради у два опсега учестаности (око 20 GHz и око 30 GHz).
- **Електромагнетика:** проучавање литературе, консултације. Усмени теоријски део испита. За практични део испита имплементирано рачунање расејања на савршено проводној сфери произвољног полупречника обасјаној униформним равним електромагнетским таласом, коришћењем Mie-ових редова.
- **Микроталасна техника:** проучавање литературе, консултације. За практични део испита развијена и имплементирана метода за рачунање s-параметара мрежа са правоугаоним и кружним таласоводним приступима и произвољним бројем модова на сваком приступу, на основу анализе поља у једном или два попречна пресека таласовода у околини приступа.

- **Антене и простирање радио таласа:** проучавање литературе, консултације. За практични део испита имплементирана побуда структуре далеким пољем, која је постала саставни део програмског пакета WIPL-D. Сама побуда може бити задата као аналитичка функција или преко фајла који садржи мерене или симулиране резултате. Имплементирано је креирање низова произвољне геометрије, броја елемената и позиције у простору, као и могућност задавања више углова сканирања низа.
- **Микроталасна електроника:** проучавање литературе, консултације. За практични део испита је у софтверском пакету Microwave Office пројектован Клапов осцилатор са биполарним транзистором.
- **Електромагнетска компатибилност и интегритет сигнала:** проучавање литературе, консултације. За практични део испита одрађено је мерење коефицијента рефлексије и добитка у главном правцу левак антене, као и поређење мерених резултата са резултатима симулације. Коришћењем сонде SMS-K и спектралног анализатора Spectran HF-60105 мерено је далеко поље у главном правцу зрачења левак антене и извршено поређење са очекиваним вредностима поља, те донет закључак о тачности наведених преносивих уређаја за мерење електричног поља.
- **Специјалне функције:** проучавање литературе и слушање предавања и вежби истоименог предмета на основним студијама. За практични део испита направљене рутине за прецизно израчунавање Лежандрових полинома.

Библиографија кандидата:

▪ Радови у међународном часопису са импакт фактором (M23)

- [M23.1] **B. Lj. Mrdakovic**, B. M. Kolundzija, "Improvements in Insertion of Auxiliary Parity Segments in WIPL-D All-Quad Meshing Algorithm," ACES Journal, vol. 35, no. 11, November 2020, doi: 10.47037/2020.ACES.J.351116 (IF 0,724)

▪ Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

- [M33.1] B. M. Kolundzija, M. S. Pavlovic and **B. Lj. Mrdakovic**, "Optimum choice of currents' expansion order in MLFMM algorithm for electromagnetic scattering," 2009 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, 2009, pp. 1-4, doi: 10.1109/APS.2009.5171734.
- [M33.2] B. M. Kolundzija, **B. Lj. Mrdakovic**, M. M. Kostic and D. S. Sumic, "Efficient EM modeling based on conversion of triangular mesh into quadrilateral mesh," 2009 International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications, 2009, pp. 47-50, doi: 10.1109/ICEAA.2009.5297630.
- [M33.3] B. M. Kolundzija and **B. Lj. Mrdakovic**, "Analysis of space coverage in far field UHF RFID systems," 2010 International Workshop on Antenna Technology (iWAT), 2010, pp. 1-4, doi: 10.1109/IWAT.2010.5464761.
- [M33.4] **B. Mrdakovic** and B. Kolundzija, "Influence of detection zone length on space coverage in a far field UHF RFID system," 2010 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, 2010, pp. 1-4, doi: 10.1109/APS.2010.5562057.
- [M33.5] B. M. Kolundzija, M. M. Kostic, **B. Lj. Mrdakovic** and D. S. Sumic, "Comparison of different strategies for conversion of triangular mesh into quadrilateral mesh," Proceedings of the Fourth European Conference on Antennas and Propagation, 2010, pp. 1-5.

- [M33.6] M. M. Kostic, B. M. Kolundzija, D. S. Sumic and **B. Lj. Mrdakovic**, "Optimized quadrilateral mesh for higher order method of moment based on triangular mesh decimation," 2010 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, 2010, pp. 1-4, doi: 10.1109/APS.2010.5561851.
- [M33.7] **B. Lj. Mrdakovic** and B. M. Kolundzija, "Application of surface equivalence theorem for characterization of electromagnetic shielding efficiency," 2011 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation (APSURSI), 2011, pp. 1106-1109, doi: 10.1109/APS.2011.5996475.
- [M33.8] **B. Mrdakovic** and B. Kolundzija, "Efficient full wave analysis of electrically large multilayered radomes," 2011 IEEE International Conference on Microwaves, Communications, Antennas and Electronic Systems (COMCAS 2011), 2011, pp. 1-4, doi: 10.1109/COMCAS.2011.6105938.
- [M33.9] B. M. Kolundzija, D. P. Zoric and **B. Lj. Mrdakovic**, "Comparison of different variants of far-field approximation in fast solvers based on Galerkin solution of EFIE," 2013 International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications (ICEAA), Torino, 2013, pp. 728-731, doi: 10.1109/ICEAA.2013.6632341.
- [M33.10] **B. Lj. Mrdakovic**, M. M. Kostic, D. P. Zoric, M. M. Stevanetic, M. S. Tasic and B. M. Kolundzija, "Quadrilateral meshing technique optimized for higher order basis functions," 2013 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium (APSURSI), 2013, pp. 2335-2336, doi: 10.1109/APS.2013.6711826.
- [M33.11] **B. Lj. Mrdakovic**, M. M. Kostic, D. P. Zoric, M. M. Stevanetic, M. S. Tasic and B. M. Kolundzija, "A new method for quadrilateral meshing of arbitrary shaped geometry based on meshing of flat polygons," The 8th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP 2014), 2014, pp. 3417-3421, doi: 10.1109/EuCAP.2014.6902563.
- [M33.12] **B. Lj. Mrdakovic**, D. I. Olcan and B. M. Kolundzija, "Full-wave modeling of stochastic trees for radar cross section calculation," 2015 9th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), 2015, pp. 1-4.
- [M33.13] **B. Lj. Mrdakovic** and B. M. Kolundzija, "A simple method for estimation of mutual coupling among minimim scattering antennas," 2015 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting, 2015, pp. 424-425, doi: 10.1109/APS.2015.7304598.
- [M33.14] **B. Lj. Mrdakovic**, G. Lukovsky, M. B. Harush, N. Tenen and B. M. Kolundzija, "On the accuracy of EM simulations of phased arrays modeled by far-field sources," 2015 IEEE International Conference on Microwaves, Communications, Antennas and Electronic Systems (COMCAS), 2015, pp.1-5, doi: 10.1109/COMCAS.2015.7360456.
- [M33.15] M. S. Pavlovic, M. S. Tasic, **B. Lj. Mrdakovic** and B. M. Kolundzija, "WIPL-D: Monostatic RCS analysis of fighter aircrafts," 2016 10th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), 2016, pp. 1-4, doi: 10.1109/EuCAP.2016.7481481.
- [M33.16] **B. Lj. Mrdakovic**, M. S. Pavlovic, D. I. Olcan and B. M. Kolundzija, "Full-wave scattering analysis of electrically large objects in wide-band synthetic aperture radar systems," 2016 10th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), 2016, pp. 1-4, doi: 10.1109/EuCAP.2016.7481632.
- [M33.17] **B. Lj. Mrdakovic** and B. M. Kolundzija, "A method for full wave analysis of electrically large transparent radomes," 2016 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation (APSURSI), 2016, pp. 1331-1332, doi: 10.1109/APS.2016.7696373.

- [M33.18]**B. Lj. Mrdakovic** and B. M. Kolundzija, "Accurate analysis of electromagnetic shielding problems using MoM SIE method," 2016 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP), 2016, pp. 162-163.
- [M33.19]**B. Lj. Mrdakovic**, M. M. Kostic, D. I. Olcan and B. M. Kolundzija, "Acceleration of in-core LU-decomposition of dense MoM matrix by parallel usage of multiple GPUs," 2017 IEEE International Conference on Microwaves, Antennas, Communications and Electronic Systems (COMCAS), 2017, pp. 1-4, doi: 10.1109/COMCAS.2017.8244769.
- [M33.20]N. Tench and **B. Lj. Mrdakovic**, "On synthetic aperture radar simulations using WIPL-D Pro," 2018 International Applied Computational Electromagnetics Society Symposium (ACES), 2018, pp. 1-2, doi: 10.23919/ROPACES.2018.8364245.
- [M33.21]**B. Lj. Mrdakovic**, M. M. Kostic, D. I. Olcan and B. M. Kolundzija, "In-Core LU-Decomposition of Symmetrical Dense MoM Matrix in WIPL-D Multi-GPU Solver," 2018 IEEE Indian Conference on Antennas and Propagation (InCAP), 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/INCAP.2018.8770718.
- [M33.22]**B. Lj. Mrdakovic**, M. M. Kostic, D. I. Olcan and B. M. Kolundzija, "New Generation of WIPL-D in-Core Multi-GPU Solver," 2018 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting, 2018, pp. 413-414, doi: 10.1109/APUSNCURSINRSM.2018.8608435.
- [M33.23]N. Tench, **B. Lj. Mrdakovic**, M. M. Kostic, D. I. Olcan and B. M. Kolundzija, "Parallelization Efficiency of Multi-GPU In-Core LU-Decomposition of Dense Matrices," 2019 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC-URSI Radio Science Meeting, 2019, pp. 1253-1254, doi: 10.1109/APUSNCURSINRSM.2019.8888848.
- [M33.24]E. Shabashov, S. Shabunin and **B. Mrdakovic**, "Modeling and Analysis of Spiral Antenna Properties for Research the Brain Radiation in the Microwave Range," 2019 27th Telecommunications Forum (TELFOR), 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/TELFOR48224.2019.8971276.
- [M33.25]B. M. Kolundzija, T. S. Milosevic, M. S. Pavlovic and **B. Lj. Mrdakovic**, "3D EM Simulation Environment for Development, Testing, and Functioning of Internet of Things," 2020 14th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), 2020, pp. 1-4, doi: 10.23919/EuCAP48036.2020.9135600.
- [M33.26]A. I. Djurdjevic, **B. Lj. Mrdakovic** and B. M. Kolundzija, "Influence of p-Refinement on Accuracy of Mode Tracking Based on Correlation of Characteristic Currents," 2020 14th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), 2020, pp. 1-5, doi: 10.23919/EuCAP48036.2020.9135250.

Кандидат Бранко Мрдаковић је 17. децембра 2021. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду јавно усмено бранио предложену тему докторске дисертације пред Комисијом у саставу:

1. др Миодраг Тасић, доцент, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
2. др Небојша Дончов, редовни професор, Универзитет у Нишу – Електронски факултет,
3. др Марко Мишић, доцент, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет.

На јавној усменој одбрани предложене теме, Комисија је закључила да је кандидат Бранко Мрдаковић добио оцену задовољно и да испуњава потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу резултата које је кандидат постигао у свом досадашњем стручном и научном раду, од којих посебно издвајамо следеће:

- Сакупио је сто једанаест (111) ЕПСБ на докторским академским студијама,
- Јавно је одбранио тему докторске дисертације 17.12.2021. пред Комисијом (доц. др Миодраг Тасић, проф. др Небојша Дончов, доц. др Марко Мишић) формираном од стране Наставно-научног већа Електротехничког факултета Универзитета у Београду на седници бр. 867 одржаној 16.11.2021.,
- Публиковао је укупно двадесет седам радова, од којих један у међународном часопису са импакт фактором, и двадесет шест на конференцијама међународног значаја,

закључујемо да кандидат Бранко Мрдаковић у сваком погледу испуњава услове који га квалификују да приступи изради докторске дисертације са предложеном темом.

2. Предмет и циљ истраживања

У широком спектру апликација из области примењене електромагнетике постоји растућа потреба за прецизним 3D електромагнетским анализама, које се врше применом неке од нумеричких метода. Једна од најчешће коришћених метода за 3D електромагнетску анализу произвољних металних и диелектричних структура у фреквенцијском домену је метода момената (Method of Moments - MoM) примењена на решавање површинских интегралних једначина (Surface Integral Equations - SIE) [1][2].

Да бисмо решили проблем применом МоМ-а, геометријски модел мора бити представљен мрежом основних градивних елемената, који су у пракси најчешће троуглови или билинеарни четвороуглови. Са друге стране, у највећем броју случајева, те у свим најшире коришћеним комерцијалним алатима, модел чија се електромагнетска анализа врши задат је као CAD модел, чије су површине дефинисане аналитичким или NURBS функцијама. Како би се овакав модел прилагодио решавању применом МоМ-а, мора се извршити његова сегментација на основне елементе. Методе за троугаону сегментацију су далеко једноставније и боље развијене од метода за четвороугаону сегментацију [3]. Показује се, међутим, да се применом четвороугаоне мреже број непознатих коефицијената смањује приближно два пута, што доноси значајно смањење рачунарских и временских ресурса потребних за анализу [4]. Додатно, употреба функција базиса вишег реда омогућава додатно смањење броја непознатих коефицијената, те последично подизање ефикасности анализе [4].

На страни геометријског моделовања билинеарни четвороуглови имају предност у односу на троуглове због особине да природно прате главне правце закривљености површина [5], те да омогућавају примену анизотропних елемената без смањења фактора квалитета појединих елемената.

Предмет истраживања студијског рада су технике за четвороугаону сегментацију CAD геометрије. Због свега претходно реченог, посебан фокус је на техникама које генеришу мрежу која је погодна за примену у анализи базираној на методи момената која користи функције базиса вишег реда. Како би мрежа била погодна за наведену примену она мора задовољавати следеће услове:

- усаглашеност, односно потпуна повезаност мреже,
- минимизација броја елемената, уз високу тачност геометријског моделовања и
- максимизација фактора квалитета појединих елемената.

Сама област техника за сегментацију је веома широка и веома атрактивна у последњих неколико деценија [6]-[15]. У нашем истраживању је примарни фокус на методи која је оптимална за област електромагнетске анализе, али су технике сегментације веома значајне и за друге области, као што су геометријско моделовање, компјутерска графика и анимација, као и нумеричка анализа у областима попут архитектуре или динамике флуида.

Значај истраживања се огледа у развоју нове методе за четвороугаону сегментацију која ће омогућити значајно повећање ефикасности електромагнетских анализа заснованих на методи момената, а које се пре свега огледа у:

- повећању тачности анализа захваљујући високој тачности моделовања геометрије и високом фактору квалитета елемената мреже и
- смањењу захтеваних рачунарских и временских ресурса кроз минимизацију броја елемената мреже.

Циљеви истраживања јесу најпре избор оптималне методе за сегментацију, те затим развој и имплементација алгоритама за четвороугаону сегментацију која задовољава све горе наведене захтеве. Додатно, како би била практично примењива, метода треба да буде:

- робусна, тако да креира мрежу и за моделе са геометријским некоректностима и
- ефикасна, тако да CPU време потребно за сегментацију буде занемарљиво у односу на CPU време потребно за електромагнетску анализу.

Релевантни радови из области истраживања

- [1] R.F. Harrington, Field computation by moment methods. New York: Macmillan; 1968.
- [2] S. M. Rao, D. R. Wilton, and A. W. Glisson, "Electromagnetic Scattering by Surfaces of Arbitrary Shape", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, AP-30, pp. 409-418, May 1982.
- [3] D. Bommes, B. Lévy, N. Pietroni, E. Puppo, C. Silva, M. Tarini, D. Zorin, "Quad-Mesh Generation and Processing: A Survey", Computer Graphics Forum, vol. 32, no. 6, pp. 51-76, March 2013.
- [4] B. M. Kolundzija, and A. R. Djordjevic, Electromagnetic Modeling of Composite Metallic and Dielectric Structures, Artech House, Norwood, 2002.
- [5] E. F. D'Azevedo, "Are bilinear quadrilaterals better than linear triangles?", SIAM Journal on Scientific Computing, vol. 22, pp. 198-217, Jan. 2000.
- [6] E. Catmull, and J. Clark, "Recursively generated B-spline surfaces on arbitrary topological meshes," Computer-Aided Design, vol. 10, issue 6, pp. 350-355, Nov. 1978.
- [7] M. Tarini, N. Pietroni, P. Cignoni, D. Panozzo, and E. Puppo, "Practical quad mesh simplification", Computer Graphics Forum, vol. 29, No. 2, pp. 407-418, May 2010.
- [8] B. Kolundzija, M. Kostic, B. Mrdakovic and D. Sumic, "Comparison of different strategies for conversion of triangular mesh into quadrilateral mesh", Proceedings of the Fourth European Conference on Antennas and Propagation, pp. 1-5, April 2010.
- [9] J. Daniels, C. Silva, and E. Cohen, "Semi-regular quadrilateral-only remeshing from simplified base domains", Computer Graphics Forum, vol. 28, pp. 1427-1435, July 2009.
- [10] I. Boier-Martin, H. Rushmeier, and J. Jin, "Parameterization of triangle meshes over quadrilateral domains", Proceedings of the 2004 Eurographics/ACM SIGGRAPH symposium on Geometry processing (SGP '04), New York, NY, USA, pp. 193-203, July 2004.
- [11] S. Dong, P.-T. Bremer, M. Garland, V. Pascucci, and J. C. Hart, "Spectral surface quadrangulation", ACM Transactions on Graphics, vol. 25, pp. 1057-1066, July 2006.
- [12] N. Ray, W. C. Li, B. Levy, A. Sheffer, and P. Alliez, "Periodic global parameterization", ACM Transactions on Graphics, vol. 25, issue 4, pp. 1460-1485, Oct. 2006.
- [13] D. Bommes, H. Zimmer, and L. Kobbelt, "Mixed-integer quadrangulation", ACM Transactions on Graphics, vol. 28, issue 3, pp. 1-10, July 2010.
- [14] A. Vaxman, M. Campen, O. Diamanti, D. Bommes, K. Hildebrandt, M. B.-C. Technion, and D. Panozzo, "Directional field synthesis, design, and processing", Computer Graphics Forum, vol. 35, issue 2, pp. 1-30, July 2017.

- [15] M. Reberol, C. Georgiadis, and J.-F. Remacle, "Quasi-structured quadrilateral meshing in Gmsh - a robust pipeline for complex CAD models", March 2021.
- [16] D. Nowotny, "Quadrilateral Mesh Generation via Geometrically Optimized Domain Decomposition", Proceedings, 6th International Meshing Roundtable, Sandia National Laboratories, pp. 309-320, 1997.
- [17] M. S. Tasic and B. M. Kolundzija, "Efficient electromagnetic modeling based on automated quadrilateral meshing of polygons," Elsevier Science Proc., Eng. Analysis with Boundary Elements 27, pp. 361-373, April 2003.

3. Полазне хипотезе

- Алгоритми за троугаону сегментацију су значајно једноставнији и боље развијени од оних за четвороугаону сегментацију, те већина техника почива на креирању троугаоне мреже као међукока.
- Алгоритми који почивају на директној конверзији троугаоне у четвороугаону мрежу показују следећа ограничења: велика зависност квалитета финалне мреже од квалитета улазне троугаоне мреже, те веома тешко добијање анизотропне мреже [7][8].
- Технике које показују значајно већи потенцијал јесу оне које се заснивају на креирању макро-елемената [9][10] и технике које се заснивају на глобалној параметризацији [11]-[13]. Основни проблеми ових група техника односе се на комплексност поступка, те чињеницу да је CPU време сегментације комплексних модела непрактично дуго.
- Алгоритми за директну сегментацију равних полигона, који испуњавају услове неопходне за ефикасну електромагнетску анализу добро су познати [16][17]. Полазимо стога од хипотезе да је квалитетну мрежу произвољне CAD геометрије могуће добити алгоритмом који ову сегментацију своди на сегментацију равних полигона.
- Површи од којих се CAD модел састоји потребно је бијективно пресликати на раван полигон. Како би поступак пресликавања био ефикасан у погледу CPU времена, само пресликавање би требало да буде дефинисано једноставном функцијом. Једно такво пресликавање јесте пројектовање тачака квази-равне површи на одговарајућу раван. Из тог разлога потребно је све површи CAD модела најпре поделити на квази-равне површи.
- Ову поделу је могуће извршити на више начина. Међутим, пошто се показује да је оптимална оријентација елемената мреже она која одговара главним правцима закривљености површи [5], претпоставка је да је и поделу свих површи CAD модела на квази-равне површи оптимално извршити на сличан начин.
- Методе које су у литератури предложене за идентификацију главних праваца закривљености CAD површи заснивају се на финој троугаоној сегментацији, те рачунању дирекционих поља по њој [14][15]. Показује се да су ове методе, када је реч о врло сложеним површима, веома захтевне у погледу CPU времена. Претпоставка је, међутим, да је на основу анализе извесног броја изо-параметарских линија и нормала на површ у извесном броју тачака могуће доћи до значајно једноставније хеуристичке методе која омогућава веома брзо креирање квази-оптималне поделе произвољне површине.

4. Научне методе истраживања

- Прикупљање и анализа литературе која се односи на алгоритме за четвороугаону површинску сегментацију равних полигона и CAD геометрије.
- Постављање хипотеза за решавање разматраног проблема.
- Развој алгоритама за четвороугаону сегментацију CAD геометрије

- Подела алгоритма за сегментацију на више независних целина, како би се почетни сложени проблем декомпоновао на више једноставних под-проблема.
- Оптимизација алгоритма за решавање сваког од под-проблема.
- Нумерички експеримент
 - Креирање референтне базе модела на којима ће бити извршено поређење различитих алгоритама четвороугаоне сегментације.
 - Дефинисање критеријума за поређење квалитета четвороугаоних мрежа, а који обухвата поређење: тачности ЕМ анализе, ефикасности анализе у смислу потребних рачунарских ресурса, те робусности и брзине самог поступка сегментације.
 - Поређење више алгоритма за сегментацију у складу са дефинисаним критеријумом и избор оптималног.

5. Очекивани научни допринос

- Развој нове методе за четвороугаону површинску сегментацију CAD геометрије, која је оптимизована за ефикасну електромагнетску анализу применом методе момената и функција базиса вишег реда.
- Развој ефикасне хеуристичке методе за екстракцију облика CAD површи и њену поделу по главним линијама закривљености.
- Модификација алгоритма за сегментацију равног полигона како би се омогућила његова примена на сегментацију закривљених полигона.
- Нова метода за додавање тачака за парност полигона повезаних у произвољну, манифолдну или неманифолдну, геометрију.
- Екстензија развијене методе за сегментацију тако да се омогући креирање квалитетних мрежа које се састоје од би-квадратних и/или би-кубних елемената.

6. План истраживања и структура рада

- Преглед литратуре која се бави облашћу површинске четвороугаоне сегментације, са посебним фокусом на методе засноване на подели геометрије на макро-елементе и методе засноване на рачунању дирекционих и димензионих поља.
- Упознавање и овладавање технологијом у којој ће развијени алгоритми бити имплементирани (Parasolid технологија).
- Анализа различитих метода за екстракцију облика површине и идентификацију главних линија закривљености. Подела једноставних аналитичких површина на квази-равне.
- Развој и имплементација генералног алгоритма за сегментацију произвољне површи на квази-равне делове.
- Избор оптималног алгоритма за апроксимацију кривих линија изломљеним правим линијама, те креирање бијективног пресликавања квази-равне површи у полигон.
- Развој и имплементација ефикасног алгоритма за додавање помоћних тачака, како би се обезбедила парност броја сегмената на затвореним петљама свих полигона, као неопходан услов за креирање чисте четвороугаоне мреже.
- Генерализација алгоритама за четвороугаону сегментацију равног полигона на сегментацију закривљених полигона.
- Оптимизација сваког од наведених алгоритама на основу анализе квалитета мрежа модела из референтне базе.

7. Закључак и предлог

На основу приложене документације, јавне усмене одбране теме, као и увида у досадашњи научноистраживачки рад кандидата Бранка Мрдаковића, мастер инж. електротехнике и рачунарства, Комисија закључује следеће:

- Кандидат Бранко Мрдаковић испуњава све формалне и суштинске услове прописане Законом о високом образовању и Статутом Електротехничког факултета Универзитета у Београду који су потребни за приступање изради предложене докторске дисертације под насловом „Алгоритми за површинску сегментацију оптимизовани за ефикасну електромагнетску анализу“.
- Садржај предложене теме је актуелан у светлу развоја нових метода које треба да обезбеде високу тачност и ефикасност електромагнетског моделовања. Ужа научна област теме је **Електромагнетика, антене и микроталаси**, за коју је Електротехнички факултет Универзитета у Београду матичан.

Узимајући у обзир све поменуте чињенице, Комисија и предложени ментор предлажу Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да кандидату Бранку Мрдаковићу одобри израду докторске дисертације под горе наведеним насловом. За ментора израде докторске дисертације предлаже се др Бранко Колунџија, редовни професор на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Уз овај извештај прилаже се и списак радова ментора на одговарајућем формулару Универзитета.

У Београду, 17.12.2021.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



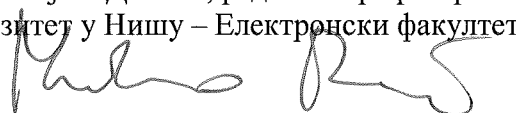
др Бранко Колунџија, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Миодраг Тасић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Небојша Дончов, редовни професор
Универзитет у Нишу – Електронски факултет



др Марко Мишић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет