

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Јелена Станковић, дипл.инж.електротехнике за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 5005/07-1 од 2.10.2014. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Јелена Станковић, дипл.инж.електротехнике за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Спектрометрија фотонског зрачења у радиолошком опсегу енергија помоћу CdTe детектора“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Јелена Станковић рођена је 30.04.1982. године у Крушевцу. Основну школу „Бошко Ђуричић“ и Гимназију „Светозар Марковић“ је завршила у Јагодини, обе као носилац Вукове дипломе.

Основне студије је уписала 2001. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, одсек за физичку електронику, смер за медицинску и нуклеарну технику. Дипломски рад на тему „Пројектовање система за биофидбек на основу интензитета ЕМГ сигнала“ одбранила је јула 2007. године са оценом 10 и дипломирала са просечном оценом 8.53, чиме је стекла стручно звање дипломирани инжењер електротехнике. За време студија је похађала и два стручна курса:

1. „*High Tech Engineering in Medicine*“, 2005. године, Португал.
2. „*School of Quantum Information and Quantum Computation*“, 2007. године, Србија.

На ЕТРАН конференцији 2007. године је добила награду за најбољи рад у студентској секцији на тему „ГУИ за детекцију микрокалцификација на мамограму“.

Докторске студије је уписала на Електротехничком факултету Универзитета у Београду 2007/08. године, студијска група за нуклеарну, медицинску и еколошку технику.

Од 2008. године до 2012. године радила је у компанији Горење ГТИ д.о.о., дистрибутеру PHILIPS HEALTHCARE компаније.

Запослена је у Институту за нуклеарне науке „Винча“ од 2012. године у Лабораторији за заштиту од зрачења и заштиту животне средине, на радном месту „Испитивач нивоа индивидуалног излагања професионално изложених лица спољашњем фотонском јонизујућем зрачењу“.

Течно говори енглески језик, и додатно немачки и француски језик. Активан је члан Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе као и Друштва истраживача Винча.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

„На основу одлуке Наставно–научног већа бр. 2944/2 од 11.10.2007. године, Студијски програм је започео у пролећном семестру школске 2007/2008, па се рок за завршетак докторских академских студија рачуна од почетка тог семестра, сагласно Статуту Универзитета у Београду и Статуту Електротехничког факултета.“

„По истеку законског рока за завршетак докторских академских студија, на захтев студента, одобрено је продужење рока за завршетак ових студија за још два семестра, сагласно члану 92. став 4 Статута Универзитета у Београду.“

Јелени Станковић, дипл.инж.електротехнике је одобрено продужење докторских академских студија и у тренутку пријаве теме има статус активног студента са уписаном школском годином 2014/15.

Положени испити (могу се навести и оцене са ЕСПБ бодовима):

Р.Бр.	Акроним	Назив	Оцена	ЕСПБ
1	ДС2МЈН	Мерење јонизујућег и нејонизујућег зрачења	10	9
2	ДС2ММН	Мерне методе у нуклеарној, медицинској и еколошкој техници	10	9
3	ДС2РИЕ	Радијациона и електромагнетна компатибилност електротехничких компоненти и уређаја	7	9
4	ДС1ДЗЗ	Дозиметрија, заштита од зрачења и нуклеарни отпад	7	9
5	ДС1ОПН	Одабрана поглавља из нуклеарне физике	10	9
6	ДС2УНР	Увод у научни рад	10	6
7	ДС2НСП	Нумеричка симулација радијационих и нуклеарних процеса	10	9
8	ДС1НМЗ	Нумеричке методе за анализу нуклеарних реактора	10	9
9	ДС1ТНР	Теорија нуклеарних реактора	10	9
10	ДС2ОС	Обрада слике	10	9

Рад на истраживачким пројектима:

Назив пројекта	Евиденциони број пројекта
Нове технологије за мониторинг и заштиту животог окружења од штетних хемијских супстанци и радијационог оптерећења	III43009
<i>European epidemiological study on radiation-induced lens opacities for interventional cardiologists, EUROLOC:</i> Пројекат је фокусиран на последице ниских доза јонизујућег зрачења на очно сочиво, комбинујући епидемиолошки, офтамолошки метод са ретроспективним и проспективним дозиметријским методом.	OPERRA-2013 Grant agreement number 60498

Држање наставе:

Кандидаткиња је била асистент за рачунске вежбе на предмету „Физичко-техничка мерења“ на Пољопривременом факултету Универзитета у Београду, за време зимском семестра, школске 2007/08. године.

Одбрана приступног рада за израду дисертације (ако је предвиђена) или сличних активности које се на ову садржину односе:

Кандидаткиња је успешно јавно усмено одбранила предложену тему докторске дисертације и добила оцену **задовољно**, дана 27.10.2014.

Списак објављених радова или других релевантних резултата и активности који доказују афинитет кандидата за рад на приложеној теми:

M22. Радови објављени у истакнутим међународним часописима

1. Darka Hadnadjev, Danijela Arandić, Sanja Stojanović, Olivera Ciraj-Bjelac, Predrag Božović, Jelena Stanković, *Patient Doses In Computed Tomography: An Assessment Of Local Diagnostic Reference Levels In A Large Teaching Hospitals*, Nuclear Technology and Radiation Protection: Vol. 27, No. 3, Sep. 2012, pp. 305-310, IF: 1.00, ISSN 1451-3994, doi: 10.2298/NTRP1203305H
2. V. Antic, O. Ciraj-Bjelac, J. Stankovic, D. Arandjic, N. Todorovic, S. Lucic, *Radiation Exposure to Nuclear Medicine Staff Involved in PET/CT Practice in Serbia*, Radiation Protection Dosimetry, 2014, pp. 1–9, IF: 0.981, Online ISSN 1742-3406, Print ISSN 0144-8420, doi:10.1093/rpd/ncu001

M33. Саопштење са међународног скупа штампано у целини

1. Jelena Stanković and Predrag Marinković, *Quasi-minimal Residual Method for X-ray Spectrum Unfolding*, Proceedings of 1st International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering IcETRAN 2014, Vrnjačka Banja, Serbia, June 2 – 5, 2014, pp. MT11.1.1-5, ISBN 978-86-80509-70-9

LINK:

<http://www.nanosys.ihtm.bg.ac.rs/Proceedings/icetran2014/Papers/NTI/NT1.1%20Stankovic%20Marinkovic.pdf>

2. Jelica Kaljević, Olivera Ciraj Bjelac, Jelena Stanković, Danijela Arandić, Predrag Božović, Vojislav Antic, *Occupational Doses in Interventional Cardiology*, Proceedings of 1st International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering IcETRAN 2014, Vrnjačka Banja, Serbia, June 2 – 5, 2014, pp. NT11.2.1-6, ISBN 978-86-80509-70-9

LINK: <http://www.nanosys.ihtm.bg.ac.rs/Proceedings/icetran2014/Papers/NTI/NT1.2%20Kaljevic%20Ciraj-Bjelac%20Stankovic%20Arandjic%20Bozovic%20Antic.pdf>

M63. Саопштења са националних скупова штампана у целини

1. Предраг Божовић, Јелена Станковић, Данијела Аранђић, Оливера Цирај-Бјелац и Зоран Рајовић, *Мерење и прорачун керме у ваздуху на дијагностичким рендген-апаратима*, Зборник радова са 27. Симпозијума Друштва за заштиту од зрачења СЦГ, 2013, пп. 177-180, ИСБН 978-86-7306-115-3

2. Милојко Ковачевић, Јелена Станковић, Предраг Божовић, Данијела Аранђић, Предраг Маринковић, Зоран Рајовић, *Одређивање квалитета снопа Х-зрачења употребом спектрометра у дијагностичкој радиологији*, Зборник радова са 27. Симпозијума Друштва за заштиту од зрачења СЦГ, 2013, пп. 213-216, ИСБН 978-86-7306-115-3
3. Јелена Станковић, Јелица Каљевић, Данијела Аранђић, Оливера Цирај Бјелац, *Оптимизација филтра термолуминесцентног дозиметра симулацијом Монте Карло*, Зборник радова са 27. Симпозијума Друштва за заштиту од зрачења СЦГ, 2013, пп. 259-262, ИСБН 978-86-7306-115-3
4. Данијела Аранђић, Оливера Цирај-Бјелац, Предраг Божовић, Војислав Антић и Јелена Станковић, *Утицај степена увећања слике на ниво расејаног зрачења у околини пацијента у интервентној радиологији*, Зборник радова са 27. Симпозијума Друштва за заштиту од зрачења СЦГ, 2013, пп. 189-192, ИСБН 978-86-7306-115-3
5. Војислав Антић, Оливера Цирај-Бјелац, Данијела Аранђић, Јелена Станковић, Наташа Тодоровић, Силвија Лучић, *Доза од професионалних излагања у нуклеарној медицини са ПЕТ/КТ праксом у Србији*, Зборник радова са 27. Симпозијума Друштва за заштиту од зрачења СЦГ, 2013, пп. 226-229, ИСБН 978-86-7306-115-3
6. Јелица Каљевић, Ковиљка Станковић, Јелена Станковић, *Мониторинг шака професионално изложених лица у нуклеарној медицини*, Зборник радова са 27. Симпозијума Друштва за заштиту од зрачења СЦГ, 2013, пп. 309-312, ИСБН 978-86-7306-115-3
7. Јелена Станковић, Јелица Каљевић, Данијела Аранђић, Оливера Цирај Бјелац, *Монте Карло симулација релативног одзива термолуминесцентног дозиметра у зависности од енергије фотонског извора*, Зборник радова са 57. Конференције ЕТРАН, 3 – 6. јуна 2013, Златибор, пп. НТ1.5.1-5, ИСБН: 978-86-80509-68-6
8. Јелица Каљевић, Ковиљка Станковић, Јелена Станковић, *Мерење еквивалентне дозе гама зрачења за шаке професионално изложених лица у области нуклеарне медицине*, Зборник радова са 57. Конференције ЕТРАН, 3 – 6. јуна 2013, Златибор, пп. НТ1.4.1-4, ИСБН: 978-86-80509-68-6
9. Душка Клеут, Јелена Станковић, Горан Зајић, *Статистичка анализа вектора обележја слика из Корел 1000 базе*, Зборник радова са 52. Конференције ЕТРАН, 8 – 12. јуна 2008, Палић, пп. ЕК3.2.1-4, ИСБН: 978-86-80509-63-1
10. Јелена Станковић, Милан Барбарић, *ГУИ за детекцију микрокалцификација на мамограму*, Зборник радова са 51. Конференције ЕТРАН, јуна 2007, Херцег Нови, пп. СТУ1.8.-ЕК.1-4, ИСБН: 978-86-80509-62-4

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу научно-истраживачке и стручне активности, и постигнутих резултата може се закључити да је Јелена Станковић, дипл.инж.електротехнике подобна кандидаткиња за докторски рад на тему „Спектрометрија фотонског зрачења у радиолошком опсегу енергија помоћу CdTe детектора“. Референце кандидаткиње и положен докторски испит показују спремност кандидаткиње за самосталан рад. Учешће кандидата у активностима Лабораторије за заштиту од зрачења, Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе, као и Друштва истраживача Винча, показују посвећеност кандидаткиње и несумњив је аргумент да кандидат заслужује одобрење за рад на поменутој теми.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања у оквиру горе поменуте докторске дисертације је детекција фотонског зрачења и одређивање његовог спектра у енергетском опсегу који се користи у медицинској дијагностичкој радиологији помоћу полупроводничког детектора од кадмијум-телурида (CdTe). У истраживању ће бити проучени проблеми који се јављају при детекцији и методи њиховог отклањања. Један од кључних корака за добијање фотонског енергетског спектра је процес анфолдинга (једне врсте деконволуције; енг. *unfolding*), којим се амплитудски излаз детектора преводи у енергетски спектар. При проучавању анфолдинга спектра биће размотрено следеће:

1. симулација реалног експеримента применом Монте Карло методе помоћу програма за симулацију транспорта елементарних честица у тродимензионалној геометрији,
2. нумеричко решавање система једначина у случају лоше условљене матрице система, и
3. утицај електричног поља унутар полупроводничког детектора на носиоце наелектрисања и последице истог на амплитудски спектар.

Основни циљ истраживања је развој нове методе за отклањање нежељених последица интеракције фотонског зрачења и материјала детектора. У оквиру основног циља истраживања, значајно је следеће:

1. израда тродимензионог модела CdTe спектрометра за Монте Карло симулацију,
2. израда софтвера за постпроцесирање добијених резултата Монте Карло симулацијом,
3. развој новог модела транспорта носиоца наелектрисања у условима постојања електричног поља унутар полупроводничког детектора и његово инкорпорирање у Монте Карло симулацију.

- *Осврт на релевантне библиографске изворе и остварене резултате на које се надовезују предвиђена истраживања у предложеној дисертацији.*

[1] G. Knoll, *Radiation Detection and Measurement*, 3rd ed., New York, United States of America: Wiley, 1989, ISBN 0-471-07338-5

[2] R.H. Redus et al., *Design and performance of the X-123 compact X-ray and gamma-ray spectroscopy system*, Nuclear Science Symposium Conference Record, 2006. IEEE , Vol.6, pp.3794 - 3797, Oct. 29 - Nov. 1 2006, DOI: 10.1109/NSSMIC.2006.353819, ISSN: 1082-3654

- [3] R.H. Redus et al., *Characterization of CdTe Detectors for Quantitative X-ray Spectroscopy*, Nuclear Science, IEEE Transactions on, Vol.56, No.4, Aug. 2009, pp.2524 - 2532, DOI: 10.1109/TNS.2009.2024149, IF 1.455, ISSN: 0018-9499
- [4] K. Maeda, Masao Matsumoto, *Mammographic x-ray spectra measured by Compton spectroscopy using a high resolution Schottky CdTe detector*, Jpn. J. Med. Phys., Vol.24., No.4, 2004, pp.131-141, ONLINE ISSN: 2186-9634 PRINT ISSN: 1345-5354
- [5] M. Krmar et al., Some aspects involving the use of CdTe for finding end-point energies in diagnostic radiology, Applied Radiation and Isotopes, Vol.64, No.5, May 2006, pp.584–587, DOI: 10.1016/j.apradiso.2005.11.011, IF 1.056, ISSN 0969-8043
- [6] Satoshi Miyajima, Kotaro Imagawa, Masao Matsumoto, CdZnTe detector in diagnostic x-ray spectroscopy, Med. Phys. Vol.29, No.7, July 2002, pp.1421-1429, DOI: 10.1118/1.1485975, IF 3.012, ISSN 0094-2405
- [7] Andrea QUEROL et al., Application of the Tikhonov Unfolding Method for Reconstruction of Primary X-Ray Spectra from X-Ray Equipments, Progress in NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY, Vol.2, 2011, pp.219-225
- [8] M. Moralles et al., Monte Carlo and least-squares methods applied in unfolding of X-ray spectra measured with cadmium telluride detectors, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, Vol.580, 2007, pp.270–273, IF 1.268, ISSN 0168-9002
- [9] S. Gallardo et al., X-ray spectrum unfolding using a regularized truncated SVD method, X-Ray Spectrom. 2006, Vol.35, pp.63–70, DOI: 10.1002/xrs.834, IF 1.187, Online ISSN: 1097-4539
- [10] M. Tajik, et al., NE213/BC501A scintillator–lightguide assembly response to ^{241}Am –Be neutrons: An MCNPX–PHOTRACK hybrid code simulation, Radiation Physics and Chemistry, Vol.97, April 2014, pp.319-324, DOI: 10.1016/j.radphyschem.2013.12.011, IF 1.296, ISSN 0969-806X
- [11] Stefano Del Sordo et al., Progress in the Development of CdTe and CdZnTe Semiconductor Radiation Detectors for Astrophysical and Medical Applications, Sensors 2009, Vol.9, pp.3491-3526; DOI:10.3390/s90503491, IF 2.048, ISSN 1424-8220

[1] је основна литература која до детаља објашњава појмове који се тичу спектрометријског метода детекције гама и рендгенског зрачења.

Карактеристике CdTe као полупроводничког детектора јонизујућег зрачења су приказане у [2,3,4].

Проблеми који се јављају при детекцији полупроводничким детектором као и специфично CdTe детектором су приказани у [1,5,6,7].

Процедура анфолдинга као и пример коришћених софтверских програма за симулацију радијационог транспорта у 3Д геометрији су дати у [8, 9].

PTRAC излазни документ, употребљен за симулацију неутронског детектора, је објашњен у [10].

[11] илуструје потребу и разлог примене модела транспорта носиоца наелектрисања при добијању матрице одзива детектора.

[7, 8, 9] дају преглед на поједине нумеричке методе које се користе у процедури анфолдинга.

3. Полазне хипотезе

1. Излазни спектар детектора се разликује од улазног спектра услед нежељених последица интеракције фотонског зрачења и компликованих релаксационих процеса побуђених атома детектора;
2. Излазни спектар детектора после примењеног анфолдинга је једнак стандардном спектру истоветног напона рендгенске цеви са истоветном филтрацијом;
3. Излаз функције Tally F8 Монте Карло програма MCNP5 даје исти резултат као и реални експеримент;
4. PTRAC излаза Монте Карло програма MCNP5 након примењеног алгоритма за постпроцесирање даје исти резултат као излаз функције Tally F8;
5. Електрично поље унутар детектора деформише спектар ка нижим енергијама, стога треба укључити модел транспорта носиоца наелектрисања у анализу.

Хипотезе [1,2,5] се надовезују на резултате релевантних референци. Како је циљ истраживања развој нове методе за отклањање нежељених последица при детекцији спектра фотонског зрачења, хипотезе [3,4] треба доказати у току истраживања, и онда те резултате применити тако да [2] важи на крају истраживања.

4. Научне методе истраживања

1. Детекција спектра рендгенског зрачења се врши спектрометријским методом, а помоћу полупроводничког детектора од CdTe.
2. Након спектрометријског мерења развија се тродимензионални модел поставке експеримента са моделом детектора. Да би се ово постигло користи се Монте Карло метод симулације транспорта елементарних честица у тродимензионалној геометрији. Стандардни и веома актуелни програм базиран на Монте Карло методу је MCNP5 и планиран је да се употреби у овом истраживању.
У раду ће бити размотрена функција PTRAC према функцији Tally F8 која се иначе стандардно користи при симулацији спектрометријских проблема у MCNP5 програму.
3. Користећи методе дубинске анализе података, метод класификације и метод груписања, потребно је пронаћи алгоритам који PTRAC излаз трансформише у Tally F8 са додатном информацијом о z-координати места интеракције фотона у детектору.
4. Након успешног завршетка претходног корака, на основу постојећих метода за прорачун сакупљеног наелектрисања на електродама полупроводничког детектора (метод упареног мапирања пулсева, Хектов метод) развити нови метод погодан за инкорпорирање у Монте Карло симулацију.
5. За анфолдинг спектра, потребно је проучити нумеричке методе за решавање система једначина у случају лоше условљене матрице система, и употребити оптимални метод за постојећи проблем.

Методи 3 и 4 су специфични научни методи и биће предмети истраживања.

5. Очекивани научни допринос

Оригинални научни допринос дисертације се састоји од следећег:

- Формирање алгоритма за рад са PTRAC излазом MCNP5 софтвера који даље омогућава развој метода за корекцију амплитудског спектра;

- Унапређење спектрометријског метода контроле квалитета радиолошких уређаја;
- Развој новог, по сложености, за ову проблематику, прихватљивог модела транспорта носиоца наелектрисања у CdTe детектору;
- Унапређење метода Монте Карло за симулацију радијационог транспорта унутар детектора, инкорпорирањем модела транспорта носиоца наелектрисања и сакупљања наелектрисања на електродама;
- Развој алгоритма за гаусово енергетско ширење пика постпроцесирањем PTRAC излаза.

6. План истраживања и структура рада

Почетак је предвиђен за теоријско истраживање и преглед постојеће литературе на тему полупроводничких детектора, метода детекције фотонског зрачења и могућих интеракција фотонског зрачења и детектора. Потребно је предвидети спектар који ће бити измерен у спектрометријском експерименту уз помоћ CdTe детектора. Након тога врши се спектрометријско мерење и уочавају се предвиђени деформитети на измереном спектру.

Други корак у истраживању је реализација Монте Карло модела експерименталне поставке, у MCNP5 програму. Када је модел детектора реализован и верификован потврдом треће хипотезе, покрећу се симулације са монохроматским фотонским извором тако што се у свакој симулацији повећа енергија извора за вредност енергије канала спектрометра. Као излаз сваке симулације бележи се Tally F8 и PTRAC. Планиран опсег енергија је од 10 keV до 150 keV. Када се ураде све симулације потребно је генерисати матрицу одзива детектора помоћу излаза Tally F8.

Трећи корак је анализа излаза Tally F8 и PTRAC за само једну енергију. Потребно је развити алгоритам који од PTRAC излаза синтетише Tally F8 и додатно записује z-координату места интеракције упадног фотона.

Четврти корак обухвата модификацију PTRAC излаза за све енергије и генерисање новог спектрометријског излаза. Унутар алгоритма који модификује PTRAC је неопходно инкорпорирати и утицај електричног поља на деформисан изглед спектра развојем новог модела транспорта носиоца наелектрисања унутар детектора.

Пети корак се састоји од формирања матрица одзива на основу PTRAC излаза. Када су матрице одзива формиране, потребно је да се боље проуче. Према особинама матрице одзива система потребно је направити преглед нумеричких метода које се користе у решавању проблема у којима фигурира инверзија лоше условљене матрице. Изабрати оптималну нумеричку методу за анфолдинг измереног спектра.

Планирана структура рада ће бити следећа:

- Увод,
- CdTe полупроводнички детектор зрачења и примена,
- Монте Карло метод и програм MCNP5,
- Математичко дефинисање проблема анфолдинга,
- Опис експеримента,
- Развој тродимензионалног модела детектора, експериментале поставке и симулација у програму MCNP5,
- Развој алгоритма за постпроцесирање PTRAC излаза,
- Утицај електричног поља унутар полупроводничког детектора на спектар и инкорпорирање истог у Монте Карло симулацију,
- Резултати и дискусија,
- Закључак и
- Литература

7. Закључак и предлог

На основу изложеног, комисија констатује да Јелена Станковић, дипл.инж.електротехнике испуњава све потребне услове да може приступити изради докторске дисертације под насловом „Спектрометрија фотонског зрачења у радиолошком опсегу енергија помоћу CdTe детектора“.

Предложена тема је научно заснована, припада ужој научној области Нуклеарна техника и представља нову методу у спектрометрији гама и рендгенског зрачења, засновану на PTRAC излазу софтверског програма MCNP5. Тема је и од практичног значаја, јер омогућава унапређење спектрометријског метода контроле квалитета радиолошких уређаја.

Стога комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да одобри Јелени Станковић израду докторске дисертације под руководством др Предрага Маринковића, редовног професора са Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

У Београду, 06. 11. 2014.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Предраг Маринковић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

др Оливера Цирај-Бјелац, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

др Ђорђе Лазаравић, научни сарадник
Универзитет у Београду – Институт за нуклеарне науке „Винча“

др Радивоје Ђурић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет