

13.06.2018. Институт за физичку
сагласан Мишевић

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У
КРАГУЈЕВЦУ И ВЕЋУ ЗА ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКЕ НАУКЕ
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ**

Предмет: Извештај комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Зорана Јовановића**, дипл. физичар.

На основу одлуке Наставно-научног већа Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, број 180/IX-1, одржаној дана 14.03.2018. и одлуком Већа за природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-01-250/6 од 11.04.2018 именована је Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под насловом:

**„ ПРИМЕНА MCNP5/X СОФТВЕРА И ВОКСЕЛ ФАНТОМА ЗА РАЧУНАЊЕ ДОЗА
ЈОНИЗУЈУЋИХ ЗРАЧЕЊА У ОРГАНИМА ЧОВЕЧЈЕГ ТЕЛА “**

кандидата Зорана Јовановића, истраживача сарадника на Природно-математичком факултету у Крагујевцу, у следећем саставу:

- 1. др Драгослав Никезић, редовни професор, председник Комисије**
Природно-математички факултет, Универзитет у Крагујевцу
ужа научна област: Радијациона физика
- 2. др Оливера Цирај-Бјелац, редовни професор**
Електротехнички факултет, Универзитет у Београду
и научни саветник, Институт за нуклеарне науке Винча
ужа научна област: Нуклеарна техника
- 3. др Петар Беличев, научни саветник**
Институт за нуклеарне науке Винча
ужа научна област: Акцелераторска физика

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ПРИМЉЕНО: 14.06.2018.			
Ор	Ор	Ор	Ор
02	440/3	-	-

На основу приложене документације и рукописа, сагласно члану 58. став 3 Статута Природно-математичког факултета факултета Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно-научном већу Природно-математичког факултета и Већу за природно-математичке науке следећи

ИЗВЕШТАЈ

Кандидат **Зоран Јовановић**, истраживач сарадник на Природно-математичком факултету у Крагујевцу, је сагласно Правилнику о пријави, изradi и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, поднео рукопис под насловом: **“Примена MCNP5/X софтвера и воксел фантома за рачунање доза јонизујућих зрачења у органима човечјег тела”**.

1. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области

Докторска дисертација кандидата **Зорана Јовановића** под насловом: **“Примена MCNP5/X софтвера и воксел фантома за рачунање доза јонизујућих зрачења у органима човечјег тела”** је из научне области **Физика**, односно уже научне области **Радијациона физика**. Предмет истраживања наведене докторске дисертације је примена воксел геометрије за рачунање апсорбованих доза јонизујућих зрачења у органима људског тела у различитим ситуацијама озрачивања. Циљ ове дисертације је побољшање дозиметрије јонизујућих зрачења применом „воксел“ модела.

У овој докторској дисертацији остварени су следећи задаци:

Креирање воксел модела на основу ЦТ или МР снимака конкретних особа према коме је људски организам представљен као скуп малих запреминских елемената ткива - тзв воксела;

Имплементација воксел модела у већ постојећи модел људског тела – ОРНЛ фантом према коме су органи представљени као геометријска тела преко једначина аналитичке геометрије у три димензије;

Примена и имплементација воксел геометрије у *MCNP5/X* софтверу;

Прорачун доза јонизујућих зрачења у запреминама од интереса у вокселизованог геометрији;

Примена воксел геометрије и на друге моделе фантома и њихова примена у различитим ситуацијама.

2. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области

Имајући увид у актуелно стање у изучавању моделовању фантома, Комисија закључује да докторска дисертација под насловом: “Примена MCNP5/X софтвера и воксел фантома за рачунање доза јонизујућих зрачења у органима човечјег тела” кандидата Зорана Јовановића садржи оригиналне научне резултате који нису били предмет ни једног до сада објављеног истраживања у овој области.

3. Преглед остварених резултата рада кандидата у одређеној научној области

Кандидат **Зоран Јовановић** бави се научно-истраживачким радом у области Радијационе физике. Резултати научно-истраживачког рада публиковани су у оквиру 4 рада у међународним часописима са SCI (M21-1 рад, M22-2 рада и M23-1 рад), 7 саопштења на међународним научним скуповима (M33-2 и M34-5) и 3 саопштења на националним научним скуповима штампана у целини (M63-3), што укупно чини 14 библиографске јединице.

Библиографски подаци кандидата Зорана Јовановића

Радови објављени у часописима међународног значаја (SCI):

1. D. Krstic, V.M. Markovic, **Z. Jovanovic**, B. Milenkovic, D. Nikezic, J. Atanackovic. Monte Carlo calculations of lung dose in ORNL phantom for Boron Neutron Capture therapy. *Radiation Protection Dosimetry*; 161(1-4): 269-273, 2014. ISSN: 0144-8420, ИФ=0.913, M22
2. Dragana Krstic, **Zoran Jovanovic**, Vladimir Markovic, Dragoslav Nikezic, Vlade Urosevic MCNP simulation of the dose distribution in liver cancer treatment for BNC therapy. *Central European Journal of Physics*; 12(10):714-718, 2014. ISSN: 1895-1082, ИФ =1.0875, M22
3. Paolo Ferrari, Frank Becker, Eleftheria Carinou, Vadim Chumak, Jad Farah, **Zoran Jovanovic**, Dragana Krstic, Artem Morgun, Sara Principi and Pedro Teles. Monte Carlo study of the scattered radiation field near the eyes of the operator in interventional procedures. *Journal of Radiological Protection*, 36: 902–921, 2016. ISSN:0952-4746, ИФ=1.657, M21

4. **Z. Jovanović**, D. Krstić, D. Nikezić, J.M. Gomez Ros, P. Ferrari. MCNPX calculations of specific absorbed fractions in some organs of the human body due to application of ^{133}Xe , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ and $^{81\text{m}}\text{Kr}$ radionuclides. *Radiation Protection Dosimetry*. 178(4):422-429, 2018.
ISSN: 0144-8420, ИФ=0.917, М23

Саопштења на међународним научним скуповима:

1. **Jovanović Zoran**, Nikezić Dragoslav and Krstić Dragana. Determination of depleted uranium in the river Ibar. The First International Conference of Radiation and Dosimetry in Various Field and Research. April 25-27, 2012. Faculty of Electronic Engineering Nis, Serbia. M33

2. D. Krstic, **Z. Jovanovic**, D.Nikezic, O.Ciraj-Bjelac, D. Vucic. Calculation of the dose conversion coefficients for the voxelized mathematical model of the eye lens. Proceedings of Second International Conference on radiation and Dosimetry in Various Filed of Research, RAD 2014, Nis, Serbia, 27-30 May 2014, pp 199-2013. M33

3. **Zoran Jovanović**, Dragana Krstić, Vladimir Marković, Dragoslav Nikezić, Vlade Urošević. MCNP simulation of the dose distribution in liver cancer treatment for BNCT therapy. The Second International Conference on Radiation and Dosymetry in Various Fields of Research (RAD 2014) and the Second East European Radon Symposium (SEERAS), May 27-30, Niš, 2014, pp. 279. ISBN 978-86-6125-100-9, M34

4. Dragana Krstić, **Zoran Jovanović**, Dragoslav Nikezić, Danijela Savić, Dušica Vučić. CALCULATION OF THE DOSE CONVERSION COEFFICIENTS FOR THE VOXELIZED EYE LENS FOR NEUTRONS IRRADIATION. The Second International Conference on Radiation and Dosymetry in Various Fields of Research (RAD 2014) and the Second East European Radon Symposium (SEERAS), May 27-30, Niš, 2014, pp. 313. ISBN 978-86-6125-100-9, M34

5. Dragana Krstic, **Zoran Jovanovic**, Olivera Ciraj-Bjelac, Dragoslav Nikezić. AIR KERMA TO Hp(3) CONVERSION COEFFICIENTS FOR EXPOSURE OF THE HUMAN EYE LENS TO THE SELECTED STANDARD X-RAY BEAM QUALITIES. Third International Conference on Radiation and Dosymetry in Various Fields of Research (RAD 2015), June 8-12, Budva, Montenegro, 2015, pp. 373. ISBN 978-86-80300-00-9, M34

6. **Z. Jovanovic**, D. Krstic, D. Nikezic , M. Matovic, R. Krstic. Monte Carlo simulations to evaluate dose for possible treatment of brain cancers by boron neutron capture therapy. Annual Congress of the European Association of Nuclear Medicine, October 10 – 14, 2015 Hamburg, Germany. European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging Volume 42, Supplement 1 Doi: 10.1007/s00259-015-3198-z, S379-S379; 2015. M34

7. **Zoran Jovanović**, Dragana Krstić, Paolo Ferrari, Eleftheria Carinou, Vadim Chumak, Jad Farah, Sara Principi, Artem Morgun, Frank Becker, Pedro Teles. The study of the radiation scatter in interventional cardiology through monte carlo simulations: the EURADOS working group No. 12. Approach. The Fourth International Conference on Radiation and Applications in Various Fields of Research (RAD 2016), May 23-27, Niš, Serbia, 2016, pp.339. ISBN 978-86-6125-160-3, M34

Саопштења на националним научним скуповима:

1. **Јовановић Зоран**, Никезић Драгослав и Драгана Крстић. Подешавање инпут фајла за воксел фантоме у MCNP програму. XXVII Симпозијум Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе. Врњачка Бања. 2-4. 10. 2013. ISBN 978-86-7306-115-3, M63

2. **Zoran Jovanovic**, Dragana Krstic, Olivera Ciraj-Bjelac and Dragoslav Nikezic. AIR KERMA TO HP(3) CONVERSION COEFFICIENTS FOR EXPOSURE OF THE HUMAN EYE LENS TO THE SELECTED STANDARD X-RAY BEAM QUALITIES. Zbornik radova, XXVII Simpozijum Društva za Zaštitu od Zračenja Srbije i Crne Gore, Vršac, 30.sept.-2. oktobra, 334-339; 2015. ISBN 978-86-7306-135-1, M63

3. **Зоран Јовановић**, Драгана Крстић, Драгослав Никезић. Прорачун специфичне апсорбоване фракције у појединим органима човечјег тела приликом примене радиофармацеутика ^{133}Xe . XXIX Симпозијум Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе, 27.-29.09.2017, Сребрно језеро. 328-332, 2017. Београд. ISBN: 978-86-7306-105-4, M63

4. Име ментора са образложењем

На седници Већа за природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу, одржаној 14.01.2018. године донета је Одлука бр. IV-01-4/8 којом је др Драгана Крстић, доцент Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, ужа научна област Радијациона физика, одређена за ментора.

Ментор др Драгана Крстић се активно бави научно-истраживачким радом у области Радијационе физике и резултате свог научног рада је објавила у око 100 библиографских јединица од значаја за ову области. Аутор/коаутор је већег броја публикованих радова: 45 радова у међународним научним часописима са SCI листе (15-M21, 18-M22 и 12-M23); 2 рада у часописима националног значаја (M53-1 и M52-1); 16 саопштења на међународним конгресима и скуповима (M33-3 и M34- 13); 29 саопштења на националним научним скуповима (M63). Каутор је 2 поглавља у монографијама међународног значаја (M14), као и 4 поглавља у монографијама националног значаја (M44).

Члан је Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе – ДЗЗ и Европског удружења за радијациону дозиметрију – EURADOS. Истраживач на два пројекта ресорног министарства у текућем пројектном циклусу.

Доцент др Драгана Крстић била је ментор једне одбрањене докторске дисертације, а била је члан у комисијама за одбрану 6 докторских дисертација.

5. Оцена о испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему

Предати рукопис “Примена MCNP5/X софтвера и воксел фантома за рачунање доза јонизујућих зрачења у органима човечјег тела” кандидата Зорана Јовановића у потпуности и по обиму и по квалитету испуњава првобитно постављене захтеве приликом пријављивања теме докторске дисертације.

6. Научни резултати докторске дисертације

Комисија истиче да је из области докторске дисертације кандидат Зоран Јовановић публиковао четири рада у часописима са листе цитираних часописа (SCI):

1. D. Krstic, V.M. Markovic, **Z. Jovanovic**, B. Milenkovic, D. Nikezic, J. Atanackovic. Monte Carlo calculations of lung dose in ORNL phantom for Boron Neutron Capture therapy. *Radiation Protection Dosimetry*; 161(1-4): 269-273, 2014. ISSN: 0144-8420, ИФ=0.913, M22
2. Dragana Krstic, **Zoran Jovanovic**, Vladimir Markovic, Dragoslav Nikezic, Vlade Urosevic MCNP simulation of the dose distribution in liver cancer treatment for BNC therapy. *Central European Journal of Physics*; 12(10):714-718, 2014. ИФ =1.0875, M22
3. Paolo Ferrari, Frank Becker, Eleftheria Carinou, Vadim Chumak, Jad Farah, **Zoran Jovanovic**, Dragana Krstic, Artem Morgun, Sara Principi and Pedro Teles. Monte Carlo study of the scattered

radiation field near the eyes of the operator in interventional procedures. *Journal of Radiological Protection*, 36: 902–921, 2016. ISSN:0952-4746, ИФ=1.657, M21

4. **Z. Jovanović**, D. Krstić, D. Nikezić, J.M. Gomez Ros, P. Ferrari. MCNPX calculations of specific absorbed fractions in some organs of the human body due to application of ^{133}Xe , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ and $^{81\text{m}}\text{Kr}$ radionuclides. *Radiation Protection Dosimetry*. 178(4):422-429, 2018. ISSN: 0144-8420, ИФ=0.917, M23

7. Применљивост и корисност резултата у теорији и пракси

Добијени резултати могу се успешно имплементирати и користити у будућности на пољу заштите од зрачења, приликом одређивања и побољшања разумевања односа доза/ефекат у различитим ситуацијама. Добијени резултати применом воксел геометрије имају неколико импликација. Добијена је већа рачунска ефикасност употребом решеткасте структуре, која олакшава рутинске симулације за процену различитих дозиметријских величина. Побољшана је брзина извршења симулација, као и једноставност манипулацијама различитим запреминама, које су важне у задатој геометрији симулација. Развојем ових структурисаних модела у *MCNP5/X* софтверу, омогућена је упоредна анализа добијених података између различитих метода и модела, као и њихове примене у процесу заштите од јонизујућег зрачења.

8. Начин презентирања резултата научној јавности

Резултати научно-истраживачког рада кандидата **Зорана Јовановића** представљени су у оквиру докторске дисертације под насловом: **“Примена MCNP5/X софтвера и воксел фантома за рачунање доза јонизујућих зрачења у органима човечјег тела”**, као и у виду научних радова публикованих у међународним научним часописима.

Докторска дисертација кандидата Зорана Јовановића изложена је на 167 страна, а у оквиру текста приказано је 32 слика и 25 табела. Укупно је цитирано 92 литературних јединица.

Поднети рад се састоји из два дела. Први део је општи, без оригиналног научног доприноса кандидата, даје преглед стања у овој области и има монографски карактер. Други део представља рад кандидата на задатој теми.

У првој глави су описани основни појмови и величине од интереса у радијационој физици. Дефинисане су протекционе и операционе величина, као и њихова веза са физичким величинама према ICRP (International Commitee on Radilological Protection) и ICRU (International Commitee on Radilological Units) публикацијама.

У другој глави је дат кратак описан Монте Карло методе и њихова имплементација у главним софтверима у области интеракције зрачења и материје.

У трећој глави је дат преглед фантома, који се користе у различитим ситуацијама на пољу заштите од зрачења.

У четвртој глави је описан DICOM (Digital Imaging and COmmunication in Medicine) стандард. Познавање овог стандарда игра важну улогу за добијање воксел фантома. Од великог значаја представља правилно тумачење информација, које DICOM сет слика носи са собом као информацију, а која се користи при моделовању воксел фантома. Резолуција ових слика представља запремину једног воксела. На овај начин се при моделовању избегава преклапање површина и елиминишу грешке у улазном фајлу.

У петој глави описан је софтвер ImageJ (<http://rsb.info.nih.gov/ij/>) за рад са ЦТ сликама. Овај софтвер је комерцијални софтвер отвореног кода, а намењен је за рад са сликама у различитим форматима, као и манипулација објектима у оквиру дате слике.

Шеста глава садржи резултате теоријско-експерименталног рада, основе моделовања фантома, као и добијање улазног фајла са воксел фантомом. Приказане су методе имплементације и употребе воксел геометрије, а у циљу заштите од зрачења.

У закључку је дат сажет преглед резултата и достигнућа рада. Дискутовани су добијени резултати у светлу постојећих експерименталних и теоријских података.

Резултати ће бити презентовани и на јавној одбрани докторске дисертације, након прихватања овог извештаја од стране Наставно-научног већа Природно-математичког факултета и Већа за природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу

После детаљног прегледа докторске дисертације, као и на основу свега што је констатовано и написано у овом извештају, Комисија доноси следећи

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Комисија сматра да приложени текст докторске дисертације кандидата **Зорана Јовановића** под насловом: **“Примена MCNP5/X софтвера и воксел фантома за рачунање доза јонизујућих зрачења у органима човечјег тела”** у потпуности испуњава циљеве постављене у теми коју су прихватили Наставно-научно веће Природно-математичког

факултета и Веће за природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу. Комисија истиче да је поднети текст самосталан рад кандидата и да постоје нови и оригинални резултати. На основу анализе научних радова Зорана Јовановића може се закључити да је испољио запажену научну активност, и смисао за анализу и решавање научних проблема из области рачунске дозиметрије. Системски приступ и свестрана анализа указују да је кандидат овладао научном облашћу којој припада тема докторске дисертације и да поседује одговарајућу специфичну стручност и оспособљеност. Ова дисертација представља значајан допринос дозиметрији и физици, и по квалитету, обиму и оствареним резултатима задовољава законске и друге специфичне услове одређене за израду докторске дисертације.

На основу горе изнетих резултата и података о раду “Примена MCNP5/X софтвера и воксел фантома за рачунање доза јонизујућих зрачења у органима човечјег тела”, кандидата Зорана Јовановића, Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Природно-математичког факултета и Већу за природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу да прихвати понуђени текст као докторску дисертацију, те да омогући њену јавну одбрану у складу са Законом и нормативним актима Природно-математичког факултета и Универзитета у Крагујевцу.

У Крагујевцу

08.06.2018. год.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:



др Драгослав Никезић, редовни професор, председник Комисије
Природно-математички факултет, Универзитет у Крагујевцу
ужа научна област: Радијациона физика



др Оливера Цирај-Бјелац, редовни професор
Електротехнички факултет, Универзитет у Београду
и научни саветник, Институт за нуклеарне науке Винча
ужа научна област: Нуклеарна техника



др Петар Беличев, научни саветник
Институт за нуклеарне науке Винча
ужа научна област: Акцелераторска физика