

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

<b>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</b>
<p>1. Датум и орган који је именовео комисију</p> <p>Дана 19.01.2017. године Научно-наставно веће Природно-математичког факултета у Новом Саду је именовало Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације.</p>
<p>2. Састав комисије са знаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. др Срђан Шкрбић, ванредни професор, информациони системи, 15.10.2014, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Нови Сад, председник</li><li>2. Проф. др Милош Рацковић, редовни професор, рачунарске науке, 02.03.2006. Природно-математички факултет, Нови Сад, ментор</li><li>3. Проф. др Милош Стојаковић, редовни професор, теоријске основе информатике, 01.04.2016. Природно-математички факултет, Нови Сад, члан</li><li>4. др Милош Радовановић, ванредни професор, рачунарске науке, 12.12.2016. Природно-математички факултет, Нови Сад, члан</li><li>5. др Бранко Маркоски, ванредни професор, информационе технологије, 09.02.2014. Технички факултет "Михајло Пупин", Зрењанин, члан</li></ol>
<b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b>
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме:</p> <p>Предраг, Љиљана, Пецев</p>
<p>2. Датум рођења, општина, држава:</p> <p>23.07.1984. Зрењанин, Република Србија</p>
<p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив</p> <p>Технички Факултет “Михајло Пупин”, Дипломирани инжењер информатике – мастер, Дипломирани инжењер информатике – мастер</p>
<p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија</p>

Уписан 2010. године на студијски програм: Докторске академске студије информатике

5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:

Технички Факултет "Михајло Пупин", Системи заштите Интернет апликација - Администраторски подсистем HEFES, информационе технологије 30.09.2009

6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:

информационе технологије

### III НАСЛОВ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

**Развој алгорита и система за дедуктивну предикцију и анализу кретања кошаркашких судија**

### IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација се састоји од седам поглавља и листе референци. У раду, који укупно има 181 страну А4 формата, налазе се 63 табеле, 58 слика и 69 референци.

Докторска дисертација спада у област предикције временских серија. Основни циљ дисертације је креирање алгорита и система (софтвера) који ће омогућити што боље позиционирање кошаркашких судија током кошаркашке акције како би исту што боље сагледали. Основна намена споменутог софтвера је да се исти користи у едукативне сврхе за обучавање младих кошаркашких судија. Оптималне позиције кошаркашких судија се резонују употребом вишеслојних неуронских мрежа (*MLP – Multilayered Perceptron*) на основу путање лопте по кошаркашком терену током кошаркашке акције. У овој докторској дисертацији разматра се проблем вишеструких зависних временских серија који је протекао из поставке проблема који се решава. Под вишеструким зависним временским серијама сматра се низ временских серија које су међусобно зависне (нпр. вредности једне временске серије у једном временском тренутку зависе од вредности других временских серија) и дешавају се у истим временским тренутцима. Такође, на основу једне временске серије (кретање лопте по терену) се формирају три зависне временске серије (кретање за сваког од троје кошаркашких судија) у форми једног јединственог излазног вектора.

Неуронске мреже које се користе за решавање наведеног проблема обучаване су на основу обучавајућих скупова које су продукт / дериват експертског знања, тј. знања кошаркашких судија и тренера у форми сценарија кошаркашких акција. Дефинисана су два модела неуронске мреже (*MLP* и *LTR – MDTS – Left to Right – Multiple Dependent Time Series*), и две структуре неуронске мреже (са 15 и 12 кључних тачака) и затим је приступљено евалуацији истих на основу *SRC* критеријума. Након обучавања неуронских мрежа и њихове евалуације споменути критеријумом, приступило се коначној евалуацији истих путем симулације хоризонталног видног поља. На крају доктората разматра се систем за корекцију путања кошаркашких судија.

Садржај дисертације обухвата:

1. Увод
2. Анализа посматраног проблема
3. Могућности формираног едукативног софтвера
4. Симулација хоризонталног видног поља
5. Основе, моделовање и обучавање неуронске мреже
6. Систем за корекцију путања кошаркашких судија
7. Закључак

## 8. Литература

Поглавље два (12 страница) је подељено у две кључне целине. Први део представља преглед сличних радова и релевантне литературе који је подељен у четири дела. Први део се односи на примену вишеслојних перцептрона за решавање временских серија. Затим следи поглавље које говори о примени неуронских мрежа у кошарци. Пошто је саставни део овог доктората симулација хоризонталног видног поља, трећи део говори о начинима детекције колизије у дводимензионалном простору док четврти део говори о алатима за формирање сценарија кошаркашких акција. Други део другог поглавља се односи на преглед познатих класификатора и оцену резоновања неуронске мреже.

Следеће поглавље (12 страница) приказује могућности формираног система тј. едукативног софтвера. Наведено поглавље се састоји од три потпоглавља која описују коришћене технологије, приказују основну спецификацију развијеног софтвера кроз UML дијаграме и употребу истог са корисничког аспекта.

Поглавље четири (38 страница) приказује како се формирала симулација хоризонталног видног поља. Прво се разматрају основе биолошког (људског) видног поља и метрика доброг вида. Затим се излажу основе модела симулације хоризонталног вида, као и основа Sweep and Prune алгоритма који се иницијално користи као основа развијеног алгоритма за симулацију хоризонталног видног поља као и коначна верзија развијеног алгоритма. У наставку четвртог поглавља излажу се и начини на основу којег се формирају резултати симулације хоризонталног видног поља, као и правила на основу којих се евалуира резонвано кретање кошаркашких судија на основу резултата симулације хоризонталног видног поља. Крај четвртог поглавља се односи на анализу развијеног алгоритма и планове даљег развоја истог.

У петом поглављу (68 страница) су приказане основе моделовања и обучавања неуронске мреже. На почетку споменутог поглавља даје се кратак увод у неуронске мреже, а затим се прелази на моделовање *MLP* неуронских мрежа за решавање постављеног проблема, структуру обучавајућих и тест скупова као и начин функционисања претходно споменутог *SRC* критеријума. Након размотрених тема приказују се резултати обучавања и компаративна анализа неуронских мрежа са *MLP* моделом и *LTR – MDTS* моделом како путем претходно споменутог *SRC* критеријума тако и путем претходно споменуте симулације хоризонталног видног поља.

Поглавље шест (28 страница) представља развијени систем и методе за корекцију путања кошаркашких судија и садржи анализу одабраних неуронских мрежа које имплементирају *MLP* односно *LTR – MDTS* модел са аспекта симулације хоризонталног видног поља. Циљ развијеног система јесте да се, уколико постоји потреба, коригују резоноване путање кошаркашких судија како би резултати симулације хоризонталног видног поља били што бољи.

Последње поглавље (4 странице) представља закључак докторске дисертације и истиче значај и допринос овог рада, као и предлоге за даља истраживања.

Литература садржи референце од укупно 69 литературна извора.

## V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Прва два поглавља садрже полазне основе за реализацију основног циља дисертације. У уводу су дефинисани циљеви истраживања, док је у другом поглављу дат преглед релевантне литературе на основу које се види докле се тренутно стигло са истраживањима на дату тему.

Оригинални резултати истраживања су приказани у поглављима, четири, пет и шест.

Поглавље три приказује могућности формираног едукативног софтвера са освртом на коришћене технологије, спецификацију развијеног едукативног софтвера путем UML дијаграма, као и опис употребе споменутог софтвера са аспекта корисника.

Поглавље четири описује основе развијене симулације хоризонталног видног поља. Прво се разматрају биолошке основе људског видног поља а затим се дефинишу основе модела симулације хоризонталног видног поља. Након формираног модела описује се имплементација формираног алгоритма симулације хоризонталног видног поља који се иницијално заснивао на Sweep and Prune алгоритму и излажу се методе сумирања резултата симулације хоризонталног видног поља. Завршна потпоглавља четвртог поглавља се односе на анализу развијеног алгоритма, његову критику као и планове даљег развоја.

Поглавље пет приказује основе, моделовање и обучавање неуронских мрежа које су коришћене током истраживања. Прво се даје кратак увод у неуронске мреже, а затим се на основу модела традиционалне вишеслојне перцептронске неуронске мреже (MLP – Multilayered Perceptron) формира модел путем које се решава један од постављених проблема докторске дисертације. У поглављу пет се такође анализирају обучавајући и тест скупови и приказује се Метода секвенцијалне репетиције са прогресивним развојем акције. Наведена метода је метода која је посебно осмишљена за обучавање MLP неуронских мрежа у контексту постављеног проблема. Такође, приказан је и посебно оформљени SRC критеријум (SRC – Satisfactory Results Criteria) путем којег се евалуира коректност резонованих излаза неуронских мрежа. Направљена је компарација између MLP неуронских мрежа које су обучаване традиционалним Back Propagation алгоритмом и Методом секвенцијалне репетиције са прогресивним развојем акције. Такође представља се и LTR – MDTs (Left to Right – Multiple Dependent Time Series) структура неуронске мреже која је погоднија за решавање постављеног проблема који се у дисертацији дефинисао као проблем вишеструких зависних временских серија. За LTR – MDTs структуру дефинисана су два алгоритма обучавања неуронских мрежа која су заснована на Back Propagation алгоритму и именована су NNTL Back Propagation (No Node Time Lapse) и NTL Back Propagation (Node Time Lapse). Завршна потпоглавља поглавља пет се односе на проналажење одговарајућих обучавајућих параметара за наведене типове неуронских мрежа као и компарацију наведених структура неуронских мрежа и алгоритама путем којих се исте обучавају са аспекта SRC критеријума и са аспекта симулације хоризонталног видног поља. Завршно поглавље представља анализу понашања обучених неуронских мрежа.

Шесто поглавље представља опис развијеног система за корекцију путања кошаркашких судија који поседује посебно осмишљене методе за корекцију путања кошаркашких судија : Метода централних линија, Метода квадранта и Метода силуета. Наведено поглавље даје увид у могућности примене микрокорекција путања кошаркашких судија (уколико су иста потребна и могућа). Примена наведеног система осликава се у резултатима симулације хоризонталног видног поља. Последње потпоглавље шестог поглавља представља сумарну анализу система за корекцију путања кошаркашких судија и даје уопштене смернице са аспекта применљивости истог.

Редослед поглавља је такав да се у сваком наставља опис потребних алгоритама из претходних поглавља. На тај начин је дат јасан и прегледан опис приказаних резултата, који се углавном поклапају са већином постављених циљева, очекиваним резултатима и хипотезама датим у оцени подобности теме за израду докторске дисертације.

**VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ**

Од више од 80 радова које је кандидат до сада публиковао, 10 се директно или индиректно односи на истраживања у оквиру рада на докторској дисертацији.

**M22 - Рад у истакнутом међународном часопису**

1. **Pecev P.**, Racković M., Ivković M. "A system for deductive prediction and analysis of movement of basketball referees", Multimedia Tools and Applications, DOI 10.1007/s11042-015-2938-1, Accepted: 8 September 2015 , Published Online: 05 October 2015 / Springer Science+Business Media New York 2015, Published : December 2016, Volume 75, Issue 23, pp 16389–16416

**M23 - Рад у међународном часопису**

1. Markoski B., **Pecev P.**, Ratgeber L., Ivković M., Ivanković Z. : A New Approach to Decision Making in Basketball - BBFBR Program, Acta Polytechnica Hungarica – Journal of Applied Sciences, 2011, Vol. 8, No 6, pp. 111-130, ISSN 1785-8860
2. Ratgeber L., Markoski B., **Pecev P.**, Lacmanović D., Ivanković Z. "Comparative Review of Statistical Parameters for Men's and Women's Basketball Leagues in Serbia", Acta Polytechnica Hungarica Vol. 10, No. 6, 2013, 151 – 170
3. Markoski B., Ivanković Z, Ratgeber L., **Pecev P.**, Glušac D. "Application of AdaBoost Algorithm in Basketball Player Detection", Acta Polytechnica Hungarica, Vol. 12, No. 1, 2015, 189 - 207

**M33 - Саопштење са међународног скупа штампано у целини**

1. **P. Pecev**, D. Lacmanovic, B. Markoski, D. Radosav, Z. Ivankovic "FIELD OF VISION AND BASKETBALL ACTION COVERAGE FROM A POINT OF A BASKETBALL REFEREE", International Conference on Information Technology and Development of Education – ITRO 2013 June, 2013. Zrenjanin, Republic of Serbia, str 161 – 165
2. Markoski B., **Pecev P.**, Ratberg L., Ivković M., Ivanković Z., "Appliance of Neural Networks in Basketball - Basketball board for Basketball Referees", CINTI 2011 - 12th IEEE International Symposium on Computational Intelligence and Informatics, Budapest, Hungary, 2011, str 133 – 137
3. Vasiljević P., **Pecev P.**, Lacmanović D., Lacmanović I, Petrevski B. "AJAX web aplikacija za praćenje košarkaške statistike uživo putem Interneta", Infoteh - Jahorina 2012, Vol. 11, March 2012, str 957 – 960
4. Vasiljević P., Ivanković Z., Milošević Z., **Pecev P.**, Markoski B. : AJAX Web Application for Basketball Statistics, 1. ICT-SME - Information and Communication Technologies for Small and Medium Enterprises, Arandelovac, 22 Septembar, 2011, ISBN 978-86-7672-140-5

**M63 - Саопштења са скупа националног значаја штампано у целини**

1. Markoski B., Ivanković Z., **Pecev P.**, Milošević Z., Istrat V. : Prenos osnovnih statističkih parametara u košarci korišćenjem interneta, 6. Tehnologija, informatika, obrazovanje za društvo učenja i znanja, Čačak, 3-5 Jun, 2011, pp. 792-797
2. Markoski B., **Pecev P.**, Lacmanović D., Šetrajčić I., Šetrajčić J. "APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGY IN THE ANALYSIS OF BASKETBALL GAMES", ICDQM-2012, Republika Srbija, 2012 srt 400 - 404, ISBN 978-86-86355-11-9

## VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Кандидат Предраг Пецев у својој дисертацији решава проблем вишеструких зависних временских серија који је посебно дефинисан у самој дисертацији. У том циљу је креиран едукативни софтвер који се може користити за обуку младих кошаркашких судија. Наведени едукативни софтвер поседује две кључне компоненте: резонување путања кошаркашких судија на основу кретања лопте по терену како би исти што боље сагледали неку кошаркашку акцију и евалуација резонованог кретања путем симулације хоризонталног видног поља. Истраживање је проистекло из реалне потребе кошаркашких тренера, судија и уопште људи који се баве кошарком, да се едукација кошаркашких судија побољша. У овом истраживању врши се утврђивање да ли је резоновано кретање кошаркашких судија током кошаркашке акције било адекватно на основу процента успешности сагледаности исте. Уколико су проценти сагледаности кошаркашке акције, који се рачунају на основу симулације хоризонталног видног поља незадовољавајући, резоновано кретање кошаркашких судија се такође сматра незадовољавајућим. У циљу креирања софтвера који има дате могућности, кандидат је морао да креира, модификује и примени већи број алгоритама из области машинског учења и рачунарске графике. Основни резултат истраживања садржаног у дисертацији јесте да је могуће креирати едукативни софтверски систем за дедуктивну анализу и предикцију кретања кошаркашких судија применом, модификацијом и конструкцијом одређених алгоритама. Овакав софтверски систем представља научни допринос, а резултати који исти продукује говоре да би уз одређене дораде (углавном се односе на симплификацију корисничког интерфејса) исти могао постати и ефективно применљив у пракси.

Приликом креирања софтвера, кандидат је увео неколико научних доприноса:

- поједностављен је опис кошаркашке акције увођењем шеме квадраната и потквадраната у комбинацији са фиксним позицијама у којима се кошаркашке судије могу наћи
- дефинисан је проблем вишеструких зависних временских серија и оформљен је уопштени модел неуронске мреже који се предлаже за решавање постављеног проблема. Споменути модел је модуларан са аспекта дужине улазних и излазних вектора неуронске мреже (кључне тачке)
- осмишљен је посебан алгоритам за обучавање вишеслојних перцептронских неуронских мрежа (MLP – Multilayered Perceptrons) и назван је Метода секвенцијалне репетиције са прогресивним развојем акције
- оформљен је специфичан критеријум за евалуацију успешности резновања неуронских мрежа у контексту постављеног проблема и назван је SRC критеријум – Satisfactory Results Criteria
- формиран је критеријум за евалуацију кретања кошаркашких судија у договору са кошаркашким стручњацима. Наведени критеријум се примењује како би се оценило да ли је кретање кошаркашких судија са акцентом на синхронизовано кретање било одговарајуће.
- формиран су Реални и Апроксимативни модел кретања кошаркашких судија
- на основу *Sweep and Prune* алгоритма формиран је алгоритам који се користи за симулацију хоризонталног видног поља. Путем симулације хоризонталног видног поља могуће је сагледати како кошаркашки судија види одређену акцију.
- оформљена је LTR – MDTS структура неуронске мреже која пружа бољу подшку за решавање проблема вишеструких зависних временских серија. Наведена структура није структура која уопштено боље решава проблеме које се описују временским серијама већ само даје боље резултате на супрот MLP неуронским мрежама у оквиру презентованог проблема
- за LTR – MDTS структуру неуронске оформљена су два алгоритма обучавања неуронских мрежа која су заснована на Back Propagation алгоритму и именована су NNTL Back Propagation (No Node Time Lapse) и NTL Back Propagation (Node Time Lapse)
- формиран је систем за корекцију путања кошаркашких судија са посебно осмишљеним методама за корекцију путања кошаркашких судија: Метода централних линија,

Метода квадранта и Метода силуета.

Применом постојећих алгоритама и уводећи претходне доприносе, кандидат је показао да је могуће креирати систем за дедуктивну предикцију и анализу кретања кошаркашких судија који се у форми едукативног софтвера може користити за обуку младих кошаркашких судија. У циљу креирања практично применљивијег решења, потребно је проширити истраживање са циљем да се размотре другачији начини решавања постављеног проблема уз симплификацију корисничког интерфејса и дораду имплементираних алгоритама.

### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

У дисертацији је јасно представљен предмет и циљ истраживања. Приказана су постојећа решења и јасно исказани резултати дисертације који имају теоријске и практичне доприносе у развоју система за дедуктивну предикцију и анализу кретања кошаркашких судија. Сви резултати су систематично презентовани у тексту дисертације. Резултати истраживања су прегледно презентовани, детаљно анализирани и дато је њихово тумачење које потврђује исправност примењених алгоритама.

<b>IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b>	
1.	<p>Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме</p> <p>Дисертација је написана у складу са планом датим у извештају о оцени подобности теме за израду докторске дисертације.</p>
2.	<p>Да ли дисертација садржи све битне елементе</p> <p>Дисертација садржи све битне елементе. У прва два поглавља описани су сви битни познати резултати на које се дисертација ослања. Детаљан приказ резултата добијених у овој дисертацији је дат у преосталим поглављима. Списак референци садржи релевантне радове и сведочи да кандидат одлично познаје област истраживања. Дисертација је прегледна и добро организована.</p>
3.	<p>По чему је дисертација оригиналан допринос науци</p> <p>Оригиналан допринос науци је реализација софтверске апликације применом постојећих алгоритама, њиховом модификацијом и увођењем нових. Приликом креирања едукативног софтвера, кандидат је увео неколико доприноса:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• поједноставио је опис кошаркашке акције увођењем шеме квадраната и потквадраната у комбинацији са фиксним позицијама у којима се кошаркашке судије могу наћи</li> <li>• дефинисао је проблем вишеструких зависних временских серија и предложио модел неуронске мреже за решавање истог</li> <li>• осмислио је алгоритам за обучавање традиционалних вишеслојних перцептронских неуронских мрежа у контексту постављеног проблема. Наведени алгоритам се зове Метода секвенцијалне репетиције са прогресивним развојем акције</li> <li>• осмислио је LTR – MDTS структуру неуронске мреже која се показала да је погоднија за решавање постављеног проблема</li> <li>• осмислио је два алгоритма за обучавање неуронских мрежа са LTR – MDTS структуром који су засновани на традиционалном Back Propagation алгоритму и названи су NNLT Back Propagation (No Node Time Lapse) и NTL Back Propagation (Node Time Lapse) алгоритми</li> <li>• осмислио је алгоритам који се користи приликом реализације симулације хоризонталног видног поља. Иницијално наведени алгоритам се заснивао на принципима Sweep and Prune алгоритма</li> <li>• осмислио је систем за корекцију путања кошаркашких судија путем којег се, селективном применом, може побољшати сагледатност кошаркашке акције а самим тим и резонована кретања кошаркашких судија.</li> </ul> <p>Резултати су публиковани у већем броју радова, при чему су неки од њих часописи са импакт фактором.</p>



4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања Утврђено је да дисертација нема недостатака који би утицали на резултате истраживања
<b>X ПРЕДЛОГ:</b>
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже да се докторска дисертација под називом <b>Развој алгоритма и система за дедуктивну предикцију и анализу кретања кошаркашких судија</b> кандидата Пецев Предрага прихвати, а кандидату одобри одбрана.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

\_\_\_\_\_  
Др Срђан Шкрбић (председник)

\_\_\_\_\_  
Др Милош Рацковић (ментор)

\_\_\_\_\_  
Др Милош Стојаковић (члан)

\_\_\_\_\_  
Др Милош Радовановић (члан)

\_\_\_\_\_  
Др Бранко Маркоски (члан)