

Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука

		14.03.2013	
0-1/220			

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

Предмет: Извештај Комисије за оцену подобности кандидата и теме докторске дисертације кандидата Александра Новаковића.

Одлуком стручног већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број 122/13 од 13.03.2013. године именовани смо за чланове Комисије за оцену испуњености услова за пријаву докторске дисертације кандидата **Александра Новаковића**, дипл. математичара-информатичара, као и оцену теме докторске дисертације под насловом:

ТЕХНИКЕ РАЧУНАРСКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ У МОДЕЛИРАЊУ И ИДЕНТИФИКАЦИЈИ ИНДИКАТОРА ПОНАШАЊА БРАНЕ

На основу увида у приложену документацију и личног познавања Кандидата, Комисија подноси Наставно научно већу следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

а) Лични подаци

Александар Новаковић је рођен 29. фебруара 1988. године у Крагујевцу. Основну школу "Седам партизана" завршио је 2002. године у Книћу. Четврти степен стручне, спреме, стекао је у "Првој крагујевачкој гимназији" у Крагујевцу, природно-математички смер.

Факултет је уписао школске 2006/07 год., на Природно-математичком факултету у Крагујевцу, смер Математика са информатиком. У октобру 2010. године завршио је студије у року (4 године) са просечном оценом 9.12 (девет и 12/100). Дипломски рад са темом "J2EE платформа за развој веб апликација" из предмета Оперативни системи је одбранио са оценом 10 (десет).

У периоду од 2009. до 2010. године је основао и био главни координатор Јава радионице на Природно-математичком факултету, која је за циљ имала упознавање студената са напредним Јава технологијама. У априлу 2010. године на основу успеха постигнутог у току студирања од стране компаније Com-Trade IT Solutions и Природно математичког факултета добио је награду за најбољег студента четврте године на смеру математика са информатиком, Природно математичког факултета у Крагујевцу.

Докторске студије је уписао школске 2010/2011. године на Машинском факултету у Крагујевцу, област Примењена информатика и рачунарско инжењерство.

Од јануара 2011. године је постао стипендиста Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Активно учествује у извођењу вежби на предметима: Програмски језици, Истраживачки рад у машинству, Математика 1 и Математика 2.

б) Научно истраживачки рад

Претходних година, као коаутор, објавио је 2 научна рада у међународним часописима. Садржаји ових радова се односе на области примене различитих техника вештачке интелигенције у области моделирања понашања бране.

Објављени радови:

Рад у врхунском међународном часопису, [M21]:

1. Ranković V., Grujović N., Divac D., Milivojević N., **Novaković A.** 2012. Modelling of dam behaviour based on neuro-fuzzy identification. *Engineering Structures, Volume 35, pp. 107–113*

Рад у међународном часопису, [M23]:

1. Ranković V., **Novaković A.**, Grujović N., Divac D., Milivojević N. Predicting piezometric water level in dams via artificial neural networks. *Neural Computing and Applications*, First published online: January 2013, <http://link.springer.com/article/10.1007/s00521-012-1334-2>,
DOI: 10.1007/s00521-012-1334-2.

Учешће на научно – истраживачким пројектима

Као стипендиста је ангажован на националном пројекту из технолошког развоја „Примена биомедицинског инжењеринга у предклиничкој и клиничкој пракси“ (41007) у оквиру Центра за биоинжењеринг, Факултета инжењерских наука у Крагујевцу.

2. ПОДАЦИ О ДОКТОРКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

2.1 Наслов докторске дисертације

Комисија се слаже са предложеним насловом докторске дисертације:

ТЕХНИКЕ РАЧУНАРСКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ У МОДЕЛИРАЊУ И ИДЕНТИФИКАЦИЈИ ИНДИКАТОРА ПОНАШАЊА БРАНЕ

2.2 Предмет и основне хипотезе докторске дисертације

У великом броју земаља су прихваћени ефикасни програми за праћење стања сигурности и стабилности брана. У оквиру хидроенергетског и других водопривредних система пројектује се веома обиман систем за осматрање стања објекта и инсталирају се бројни инструменти којима се мере релевантни геодетски и физичко-телеметријски параметри. У оквиру физичко-телеметријског осматрања најчешће се мере следеће величине: водостај, температуре ваздуха, узгон, порни притисци, инфилтрација, нивои подземних и провирних вода, релативно хоризонтално померање, ротација делова конструкције, деформације и притисци, силе у арматури, температуре бетона, итд. Сваки систем осматрања је посебан и односи се на једну одређену брану, одређеног конструктивног типа, одређених карактеристика фундамента и др. Величине које се прате треба да се крећу у неком одређеном опсегу који гарантује стање стабилности бране. Резултати мерења у оскултационом систему представљају веома обиман скуп података.

Математички модели бране се користе као средство за стицање увида у текуће стање бране, али и контроле њеног будућег понашања, односно предвиђања истог. Основне методе које су коришћене за моделирање релевантних индикатора понашања бране су детерминистичке и статистичке. Најшире примењивани физички засновани модели су модели са коначним елементима. Они се формирају уз помоћ стварне геометрије објекта и стварних карактеристика материјала и калибришу се према реалним мерењима. Резултат коришћења ових модела је утврђивање стања физичких величина у простору и промена у времену које настају као последица реалног али и предвиђеног сценарија (регуларног или ванредног) оптерећења бране. Статистички модели не захтевају тако значајну софтверску подршку као физички засновани модели, лакше и брже се формирају и практично имају неограничену примену у праћењу мерења, без обзира на врсту бране или физичких величина које се њима моделирају. Међутим, овим моделима је могуће само утврдити да ли се мерене вредности налазе у очекиваним опсезима, али не и анализирати узроке одступања. Статистички модели представљају функционалне везе, добијене методама статистичке анализе, између неких узрочних величина и релевантних индикатора понашања бране. Међутим, релевантни индикатори понашања бране су нелинеарне, сложене функције узрочних величина па статистичке методе (метод вишеструке линеарне регресије) често не дају задовољавајуће резултате када се користе у моделирању нелинеарних процеса.

Технике рачунарске интелигенције могу да се користе у моделирању и идентификацији сложених нелинеарних динамичких процеса. У литератури је доказано да *RBF* (*RBF* - *Radial Basis Function* – радијална основна функција) неуронска мрежа, вишеслојни перцептрон и *ANFIS* (*ANFIS* - *Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System* - фази систем за закључивање заснован на адаптивној мрежи) могу да се

примене за апроксимацију континуалних нелинеарних функција до жељене тачности на основу улазно-излазних података.

Предмет овог рада је моделирање и идентификација индикатора понашања бране применом техника рачунарске интелигенције. Овакви нелинеарни модели могу да се формирају за најразличитије врсте појава за које постоји довољан скуп података. У томе је њихова предност над физички заснованим моделима, који су ограничени на моделирање величина чије се понашање може описати неком утврђеном аналитичком везом.

Овај рад се заснива на следећим хипотезама:

- Прва хипотеза овог рада је да је могуће креирати и обучити неуронске мреже и неуро-фази системе који ће бити у стању да са великом прецизношћу предвиђају битне индикаторе понашања бране као што су хоризонтална померања једне или више тачака бране и нивое воде у пијезометрима
- Друга хипотеза је да када на располагању стоје мерења улазно/излазних променљивих тада се математички модели бране могу добити параметарском идентификацијом нелинеарних система и избором одговарајућег нелинеарног модела процеса
- Трећа хипотеза овог рада је да је могуће оптимизовати математичке моделе за симулацију битних индикатора понашања бране тако да они у довољној мери одговарају експерименталним подацима.

2.3 Подобност кандидата

На основу досадашњег истраживања и објављених радова у међународним часописима, испуњени су сви предуслови за израду докторске дисертације.

2.4 Преглед стања у подручју истраживања

Модели са коначним елементима су најшире примењивани физички засновани модели за одређивање индикатора понашања бране. Они се формирају уз помоћ стварне геометрије објекта и стварних карактеристика материјала и калибришу се према реалним мерењима. Главне врсте таквих модела које се користе у анализи стања брана, су модели за филтрационе и напонско-деформацијске прорачуне. Квалитет физички заснованог модела, какав је модел направљен помоћу мреже коначних елемената, зависи од квалитета дискретизације мреже, способности одабраних закона понашања да репродукују стварно понашање, познавања стварних физичких параметара објекта (карактеристика материјала), поједностављења која су уведена при моделирању (пре свега у вези са законима понашања и граничним условима), поједностављивања која су уведена у процес математичког решавања. Предност статистичких модела у одређивању индикатора понашања је што су релативно једноставни за коришћење, не захтевају сложене рачунске процесе и могу да се примене на све врсте величина. Међутим, методе линеарне идентификације (вишеструка линеарна регресија) често не дају задовољавајуће резултате када се користе у моделирању нелинеарних индикатора понашања бране.

У овом раду ће се користити методе нелинеарне идентификације и моделирања система које се базирају на техникама рачунарске интелигенције за одређивање индикатора понашања бране. Предложени приступ идентификације базиране на неуронским мрежама, фази и неуро-фази системима, биће примењен за моделирање хоризонталног померања бране и нивоа воде у пијезометрима конкретне бране.

Идентификација нелинерних система базирана на техникама рачунарске интелигенције подразумева да временске серије података које представљају улазне или излазне променљиве модела буду комплетне (без недостајућих измерних вредности). У овом истраживању ће се користити различите статистичке технике намењене генерисању недостајућих података.

Према релевантној литератури хоризонтална померања једне или више тачака као и нивои воде у пијезометрима који су уграђени у тело бране и/или у њеној области представљају битан индикатор понашања бране. Пијезометри омогућавају дугорочно мерење нивоа подземне воде, односно мерење притисака у водоносним слојевима и њихову промену у времену. Имају улогу у откривању путања и степена проциривања. Уколико није у пројектним границама, и уколико није контролисано, проциривање може бити узрок озбиљних оштећења структуре бране.

Хоризонтално померање бране је нелинеарна функција хидростатичког притиска, температуре и других непознатих узрока који су последица деградације материјала. У великом броју референци је показано да су нивои воде у пијезометрима нелинеарне функције падавина и нивоа воде у акумулацији.

Истраживања у оквиру теме докторске дисертације ослањаће се на истраживања представљена у следећој полазној литератури:

- [1]ICOLD. Methods of analysis for the prediction and the verification of dam behaviour. Tech. rep. Swiss Committee on Dams; 2003.
- [2]Perner F, Obernhuber P. Analysis of arch dam deformations. *Front Archit Civ Eng China* 2010;4(1):102–108.
- [3]Mata J. Interpretation of concrete dam behaviour with artificial neural network and multiple linear regression models. *Eng Struct* 2011;33(3):903–910.
- [4]De Sortis A, Paoliani P. Statistical analysis and structural identification in concrete dam monitoring. *Eng Struct* 2007;29(1):110–20.
- [5]Fedele R, Maier G, Miller B. Identification of elastic stiffness and local stresses in concrete dams by in situ tests and neural networks. *Struct Infrastruct Eng* 2005;1(3):165–80.
- [6]Cao M, Qiao P, Ren Q. Improved hybrid wavelet neural network methodology for time-varying behavior prediction of engineering structures. *Neur Comput Appl* 2009;18(7):821–832.
- [7]Bayrak T. Modeling the relationship between water level and vertical displacements on the Yamula Dam, Turkey. *Nat Hazards Earth Syst Sci* 2007;7(2):289–297.
- [8]Karimi I, Khaji N, Ahmadi MT, Mirzayee M. System identification of concrete gravity dams using artificial neural networks based on a hybrid finite element–boundary element approach. *Eng Struct* 2010;32(11): 3583–3591.
- [9]Gülal E, Erdoğan H, Aykut NO, Erkaya H. The use of SISO ARX models in the determination of the damage to dams. *Int J Dam Mech* (2010), doi: 10.1177/1056789510369333

- [10] Yazdizadeh A, Khorasani K. Adaptive time delay neural network structures for nonlinear system identification. *Neurocomput* 2002;47(1-4):207–240.
- [11] Gao Y, Er MJ. NARMAX time series model prediction: feedforward and recurrent fuzzy neural network approaches. *Fuzzy Sets Sys* 2005;150(2):331–350.
- [12] Yu W. Nonlinear system identification using discrete-time recurrent neural networks with stable learning algorithms. *Inform Sci* 2004;158:131–147.
- [13] Abdelazim T, Malik OP. Identification of nonlinear systems by Takagi-Sugeno fuzzy logic gray box modeling for real-time control. *Cont Eng Pract* 2005;13(12):1489–1498.
- [14] Banakar A., Fazle Azeem M. Parameter identification of TSK neuro-fuzzy models. *Fuzzy Sets Sys* (2011), doi:10.1016/j.fss.2011.05.003
- [15] Babuška R, Verbruggen H. Neuro-fuzzy methods for nonlinear system identification. *Ann Rev in Contr* 2003;27(1):73–85.
- [16] Hamidian D, Seyedpoor SM. Shape optimal design of arch dams using an adaptive neuro-fuzzy inference system and improved particle swarm optimization. *Appl Math Model* 2010;34(6):1574–1585.
- [17] Evsukoff A, Branco ACS, Galichet S. Structure identification and parameter optimization for non-linear fuzzy modelling. *Fuzzy Sets Sys* 2002;132(2):173–188.
- [18] Honaker J, King G. What to do About Missing Values in Time Series Cross-Section Data. *Am J Polit Sci* 2010; 54(2):561-58.
- [19] King G, Honaker J, Joseph A, Scheve K. Analyzing Incomplete Political Science Data: An Alternative Algorithm for Multiple Imputation. *Am Polit Sci Rev* 2001; 95(1): 49-69.

2.5 Значај и циљ истраживања са становишта актуелности у одређеној научној области

За благовремено откривања узрока аномалија у понашању бране и њиховог превентивног отклањања од великог је значаја да се мерне променљиве адекватно интерпретирају. Значај истраживања се огледа у добијању математичких модела бране, базираних на техникама рачунарске интелигенције, који ће се користити као средство за стицање увида у текуће стање бране, али и контролу њеног будућег понашања, односно предвиђања истог.

Уважавајући значај брана и акумулација, као објеката од посебног друштвеног интереса, те значај и утицај њиховог одржавања на век трајања, функционалност и сигурност објекта, генерални циљ студије је формирање и оптимизација модела који ће бити у стању да са великом прецизношћу предвиђају битне индикаторе понашања бране, како би се на изводљив и рационалан начин побољшала њихова сигурност и функционалност.

2.6 Веза са досадашњим истраживањима

У току свог истраживачког рада, кандидат се бавио истраживањима у области у којој је предложена тема дисертације што се види из радова које је објављивао. Током истраживања на докторским студијама, кандидат је објавио радове који су блиско повезани са употребом техника рачунарске интелигенције у моделирању релевантних индикатора понашања бране.

2.7 Методе истраживања

У овом раду ће бити примењене различите технике рачунарске интелигенције у моделирању нелинеарних система. Анализираће се могућности примене различитих врста неуронских мрежа, фази и неуро-фази система у идентификацији нелинеарних процеса.

Недостајући мерни подаци биће генерисани коришћењем класа и функција које су садржане у *Amelia II* библиотеци за *R* програмски језик и уз помоћ других статистичких алата који су намењени попуњавању временских серија података.

Нелинеарни модели базирани на техникама рачунарске интелигенције биће имплементирани коришћењем програмског језика Јава и програмског пакета Матлаб.

2.8 Очекивани резултати докторске дисертације

Основни циљ рада на докторској дисертацији је моделирање и идентификација индикатора понашања бране применом неуронских мрежа и неуро-фази система.

Резултати који се предвиђају при реализацији овог циља обухватају добијање математичких модела који ће се користити као средство за стицање увида у текуће стање бране као и за предвиђање њеног будућег понашања. У области анализе сигурности брана модели ће се примењивати у циљу континуалног праћења мерења и утврђивања усаглашености измерених величина и њихових очекиваних вредности.

Реализацијом предвиђених истраживања у оквиру ове докторске дисертације очекују се оптимизовање математичких модела за симулацију битних индикатора понашања бране. Када се примењује параметарска идентификација за добијање модела тада је одређивање оптималне димензије модела нелинеарног процеса веома сложен проблем. Повећањем димензије модела долази до проблема естимације параметара и повећања грешке предикције. Модел процеса мале димензије није довољно флексибилан да моделира релевантну динамику процеса. У оквиру предвиђених истраживања очекује се оптимизација димензије регресионог вектора идентификационог модела и параметара неуронске мреже и неуро-фази система.

2.9 Оквирни садржај дисертације

1. Увод
2. Вештачке неуронске мреже, фази и неуро-фази системи
3. Технике рачунарске интелигенције у моделирању и идентификацији нелинеарних процеса
4. Методе моделирања индикатора понашања бране
5. Моделирање индикатора понашања бране применом техника рачунарске интелигенције
6. Одређивање перформанси модела и дискусија резултата
7. Закључна разматрања

2.10 Ментор

Ментор кандидата је др Весна Ранковић, ванредни професор на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу. Проф. др Весна Ранковић испуњава све услове да би била ментор што укључује и потребан број радова на СЦИ листи:

Радови у врхунском међународном часопису [M21]

1. **Vesna Ranković**, Nenad Grujović, Dejan Divac, Nikola Milivojević, Aleksandar Novaković, Modelling of Dam Behaviour Based on Neuro-Fuzzy Identification, *Engineering Structures*, Vol.35, No.00, pp. 107-113, ISSN 0141-0296, Doi 10.1016/j.engstruct.2011.11.011, 2012.
2. Jasna Radulović, **Vesna Ranković**, Feedforward neural network and adaptive network-based fuzzy inference system in study of power lines, *Expert Systems with Applications*, Vol.37, No.1, pp. 165-170, ISSN 0957-4174, Doi 10.1016/j.eswa.2009.05.008, 2010.
3. **Vesna Ranković**, Slobodan Savić, Application of feedforward neural network in the study of dissociated gas flow along the porous wall, *Expert Systems with Applications*, Vol.38, No.10, pp. 12531-12536, ISSN 0957-4174, Doi 10.1016/j.eswa.2011.04.039, 2011.

Рад у истакнутом међународном часопису [M22]

1. **Vesna Ranković**, Jasna Radulović, Ivana Radojević, Aleksandar Ostojić, Ljiljana Čomić, Neural network modeling of dissolved oxygen in the Gruža reservoir, Serbia, *Ecological Modelling*, Vol.221, No.8, pp. 1239-1244, ISSN 0304-3800, Doi doi:10.1016/j.ecolmodel.2009.12.023, 2010.

Рад у међународном часопису [M23]

1. **Vesna Ranković**, Aleksandar Novaković, Nenad Grujović, Dejan Divac, Nikola Milivojević, Predicting piezometric water level in dams via artificial neural networks, *Neural Computing and Applications*, ISSN 0941-0643, Doi 10.1007/s00521-012-1334-2, 2013.
2. **Vesna Ranković**, Nenad Grujović, Dejan Divac, Nikola Milivojević, Radovan Slavković, Nonlinear Structural Behaviour Identification using Digital Recurrent Neural Networks, *Strojarstvo: časopis za teoriju i praksu u strojarstvu*, Vol.54, No.3, pp. 221-227, ISSN 0562-1887, 2012.
3. **Vesna Ranković**, Jasna Radulović, Nenad Grujović., Dejan Divac, Neural Network Model Predictive Control of Nonlinear Systems Using Genetic Algorithms, *Journal of Computers, Communications & Control*, Vol.7, No.3, pp. 516-525, ISSN 1841-9836, 2012.
4. **Vesna Ranković**, Jasna Radulović, Prediction of magnetic field near power lines by normalized radial basis function network, *Advances in Engineering Software*, Vol.42, No.11, pp. 934–938, ISSN 0965-9978, Doi 10.1016/j.advengsoft.2011.06.008, 2011.

5. **Vesna Ranković**, Jasna Radulović, Ivana Radojević, Aleksandar Ostojić , Ljiljana Čomić, Prediction of dissolved oxygen in reservoirs using adaptive network-based fuzzy inference system, Journal of Hydroinformatics, Vol.14, No.1, pp. 167-179, ISSN 1464-7141, Doi 10.2166/hydro.2011.084, 2012.
6. Jasna Radulović, **Vesna Ranković**, Milorad Bojić, Jasmina Skerlić, Environmental impacts of the electromagnetic field levels near overhead transmission lines, Environmental Engineering and Management Journal, ISSN 1582-9596, 2013.

2.11 Научна област дисертације

Докторска дисертација се налази у области Примењене информатике и рачунарског инжењерства.

2.12 Научна област чланова комисије

Др Весна Ранковић, ванр. проф., Факултет инжењерских наука у Крагујевцу,
Научне области: Аутоматика и мехатроника, Примењена информатика и
рачунарско инжењерство

Др Дејан Дивац, виши научни сарадник, Институт за водопривреду “Јарослав
Черни”, Научна област: Грађевинарство

Др Ненад Грујовић, ред. проф., Факултет инжењерских наука у Крагујевцу,
Научне области: Примењена механика и Примењена информатика и
рачунарско инжењерство

Др Мирослав Живковић, ред. проф., Факултет инжењерских наука у Крагујевцу,
Научне области: Примењена механика и Примењена информатика и
рачунарско инжењерство

Др Никола Миливојевић, доцент, Факултет информационих технологија,
Универзитет Метрополитан, Научна област: Софтверско инжењерство

3. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

На основу свега наведеног у тачкама 1 и 2 овог извештаја комисија доноси следећи

ЗАКЉУЧАК

Александар Новаковић, дипл. математичар-информатичар, испунио је све, Законом о универзитету и Статутом Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, предвиђене услове за одобрење израде докторске тезе.

На основу предложених полазних хипотеза, предмета и научних циљева тезе, метода истраживања и очекиваним теоријским и применљивим резултатима истраживања комисија сматра да је тема под насловом:

Технике рачунарске интелигенције у моделирању и идентификацији индикатора понашања бране

веома актуелна и садржајно квалитетна и да може дати конкретне научне резултате.

ПРЕДЛОГ МЕНТОРА

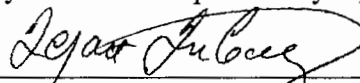
Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др Весна Ранковић, ванредни професор Факултета инжењерских наука у Крагујевцу.

У Крагујевцу,
15.03.2013.

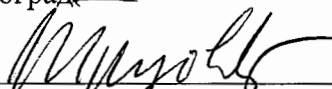
КОМИСИЈА:



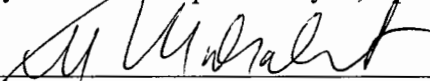
Др Весна Ранковић, ванредни професор,
Факултет инжењерских наука, Крагујевац




Др Дејан Дивац, виши научни сарадник,
Институт за водопривреду "Јарослав Черни",
Београд



Др Ненад Грјовић, редовни професор,
Факултет инжењерских наука, Крагујевац



Др Мирослав Живковић, редовни професор,
Факултет инжењерских наука, Крагујевац



Др Никола Миливојевић, доцент,
Факултет информанионих технологија,
Београд