

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/533
(Број захтева)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
(Назив већа научне области и коме се захтев упућује)

09.12.2015.
(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

**„Предвиђање емисије гасовитих загађујућих материја на националном нивоу
применом модела заснованих на вештачким неуронским мрежама“**
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ИНЖЕЊЕРСТВО ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

ЛИДИЈА (Јовица) СТАМЕНКОВИЋ, дипл. инж.

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао високо образовање: Универзитет у Нишу,
Природно-математички факултет

Година дипломирања: 2006.

4. Назив магистарске тезе кандидата: /

Студент је уписан на докторске академске студије шк. 2010/2011. године.

5. Назив факултета на коме је магистарска теза одбрањена: /

6. Година одбране магистарске тезе: /

Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће,
(назив надлежног тела Факултета)

на седници одржаној **03.12.2015. године** размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаковић

ДП

На основу чл. 30. став 3. Закона о високом образовању, чл. 76. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 29. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 03.12.2015. године, донета је

О Д Л У К А

**о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата
за израду докторске дисертације**

Прихвата се Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобрава израда докторске дисертације **ЛИДИЈЕ СТАМЕНКОВИЋ**, дипл. инж., под називом: „**Предвиђање емисије гасовитих загађујућих материја на националном нивоу применом модела заснованих на вештачким неуронским мрежама**“

Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За ментора се одређује: **др Виктор Поцајт**, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду на сагласност, кандидату, ментору, Служби за наставно студентске послове и архиви Факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Лидију Стаменковић

Име и презиме ментора: Виктор Поцајт

Звање: ванредни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. D. Z. Antanasijević, **V. V. Pocajt**, M. Đ. Ristić, A. A. Perić-Grujić, *Modeling of energy consumption and related GHG (greenhouse gas) intensity and emissions in Europe using general regression neural networks*, *Energy*, 84 (2015) 816-824. ISSN 0360-5442, IF(2014)=4,844
2. D. Z. Antanasijević, M. Đ. Ristić, A. A. Perić-Grujić, **V. V. Pocajt**, *Forecasting GHG emissions using optimized artificial neural network model based on correlation and principal component analysis*, *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 20 (2014) 244-253. ISSN 1750-5836, IF(2014)=3,946
3. L. J. Stamenković, D. Z. Antanasijević, M. Đ. Ristić, A. A. Perić-Grujić, **V. V. Pocajt**, *Modeling of ammonia emission in the United States and EU countries using artificial neural networks approach*, *Environmental Science and Pollution Research*, 22 (2015) 18849–18858. ISSN 0944-1344, IF(2014)=2,828
4. L. J. Stamenković, D. Z. Antanasijević, M. Đ. Ristić, A. A. Perić-Grujić, **V. V. Pocajt**, *Modeling of CH₄ emissions using artificial neural network approach*, *Journal of the Serbian Chemical Society*, 80 (2015) 421-433. ISSN 0352-5139, IF(2014)=0,889
5. D. Antanasijević, **V. Pocajt**, D. Povrenović, M. Ristić, A. Perić-Grujić, *PM₁₀ Emission Forecasting Using Artificial Neural Networks and Genetic Algorithm Input Variables Optimization*, *Science of The Total Environment*, 443 (2013) 511-519. ISSN 0048-9697, IF(2014)=4,099

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техникотехнолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односне дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум: 03.12.2015.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU**

Predmet: Podobnost teme i kandidata Lidije Stamenković za izradu doktorske disertacije

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu br. 35/382 od 23.09.2015. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Lidije Stamenković za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme „Predviđanje emisije gasovitih zagađujućih materija na nacionalnom nivou primenom modela zasnovanih na veštačkim neuronskim mrežama“.

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći

I Z V E Š T A J

1. Podaci o kandidatu

1.1. Biografski podaci

Lidija Stamenković rođena je 17.11.1977. godine u Leskovcu, gde je završila srednju školu sa odličnim uspehom. Prirodno-matematički fakultet u Nišu upisala je školske 1996/97. godine, na odseku Hemija. Diplomski rad, „*Hemijsko-termički aktiviran treset kao adsorbens i filtraciono sredstvo u prečišćavanju fekalnih voda*“, odbranila je 2006. godine, sa ocenom 10. Od 2009. do 2011. godine radila je kao saradnik u nastavi, a od novembra 2011. do jula 2015. godine radila je kao asistent na Fakultetu za ekologiju i zaštitu životne sredine, Univerziteta Union – Nikola Tesla u Beogradu.

Doktorske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu upisala je školske 2010/11. godine na studijskom programu Inženjerstvo zaštite životne sredine.

Govori engleski jezik. Član je Srpskog hemijskog društva.

1.2. Stečeno naučnoistraživačko iskustvo

Lidija Stamenković je u okviru doktorskih studija položila sve ispite (12) predviđene studijskim programom, sa prosečnom ocenom 9,42. Završni ispit (pristupni rad za izradu doktorske disertacije) pod nazivom „*Razvoj modela za predviđanje emisije zagađujućih materija u vazduhu primenom neuronskih mreža*“ je odbranila u septembru 2012. godine sa ocenom 10 pred komisijom u sastavu: dr Viktor Pocajt, van. prof., dr Mirjana Ristić, red. prof. i dr Aleksandra Perić-Grujić, red. prof.

Položeni ispiti i ostvareni bodovi u okviru doktorskih studija:

R. br.	Naziv predmeta	Ocena	ESPB
1.	Ekonomija životne sredine i održivi razvoj	9	4
2.	Matematička obrada eksperimentalnih podataka	8	5
3.	Industrijska ekologija	9	5
4.	Hemijska kinetika	8	5
5.	Viši kurs analitičke hemije	9	5
6.	Modelovanje atmosferske disperzije	10	5
7.	Teorijski principi i praktični aspekti pripreme vode za piće i primenu u industriji	10	4
8.	Odabrani mikrobiološki procesi u zaštiti životne sredine	10	4
9.	Tečna hromatografija-masena spektrometrija	10	4
10.	Upravljanje čvrstim i opasnim otpadom	10	5
11.	Organske zagađujuće supstance	10	4
12.	Završni ispit – pristupni rad za izradu doktorske disertacije	10	30
Ukupno		9.42	80

Od 2009. do 2015. godine kandidat Lidija Stamenković je bila angažovana na držanju nastave, eksperimentalnih i računskih vežbi na Fakultetu za ekologiju i zaštitu životne sredine, Univerziteta Union-Nikola Tesla, na predmetima: Osnovi hemije, Hemija životne sredine, Kvalitet vode u urbanim uslovima, Monitoring kvaliteta vode, Procena hemijskog rizika i upravljanje, Analiza transporta zagađujućih materija u prirodnoj sredini.

Naučnoistraživački rad Lidije Stamenković obuhvata primenu neuronskih mreža za predviđanje emisije zagađujućih materija u vazduh na nacionalnom nivou.

Lidija Stamenković je koautor 3 rada objavljena u časopisima međunarodnog značaja (M21 – 1 rad, M23 – 2 rada), 2 rada u časopisima nacionalnog značaja (M51 - 2) i 7 naučnih saopštenja u zbornicima radova sa međunarodnih (4) i nacionalnih skupova (3). Iz oblasti istraživanja kojoj pripada predložena tema doktorske disertacije, kandidat je koautor 2 naučna rada objavljena u časopisima međunarodnog značaja (oznaka grupe **M20**: vrsta rezultata **M21** - 1 rad, **M23** - 1 rad), 1 saopštenje sa međunarodnog naučnog skupa (oznaka grupe **M30**: vrsta rezultata **M34** - 1 saopštenje).

Spisak objavljenih radova i saopštenja

Radovi objavljeni u časopisima međunarodnog značaja - M20

– Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu – M21

1. **Stamenković L.**, Antanasijević D., Ristić M., Perić-Grujić A., Pocajt V.: *Modeling of ammonia emission in the USA and EU countries using an artificial neural network approach*, Environmental Science and Pollution Research, 2015, DOI 10.1007/s11356-015-5075-5, ISSN 0944 – 1344, IF (2014) = 2.828.

– Rad u međunarodnom časopisu – M23

1. **Stamenković L.**, Antanasijević D., Ristić M., Perić-Grujić A., Pocajt V.: *Modeling of methane emissions using artificial neural network approach*, Journal of Serbian Chemical Society, Vol 80, No 3, 2015, pp. 421–433, ISSN 0352 – 5139, IF (2014) = 0.871.
2. Cibulić V., **Stamenković L.**, Veljković N., Saletović N.: *Dynamics of the process of colour adsorption from waste waters after dyeing textile fibres on natural zeolites*, Hemijska industrija, Vol 67, No 1, 2013, pp. 41-49, ISSN 0367 – 598X, IF (2013) = 0.562.

Radovi objavljeni u časopisima nacionalnog značaja –M50

– Rad u vodećem časopisu nacionalnog značaja - M51

1. Cibulić V., Lazić-Fišter S., **Stamenković, L.**: *Zagađivanje Dunava kod Beograda i utvrđivanje prisustva genotoksičnih agenasa analizom hromozoma riba*, Voda i sanitarna tehnika, Vol 41, br. 5, 2011, str. 27-38, ISSN 0350 - 5049.
2. Cibulić V., **Stamenković L.**, Luković J., Staletović N.: *Kvalitet vode u akumulaciji 'Barje' petnaest godina nakon formiranja i nultog ispitivanja*, Vodoprivreda, Vol 45, br. 1-3, 2013, str. 111-122, ISSN 0350 - 0519.

Zbornici međunarodnih naučnih skupova – M30

– Saopštenje sa međunarodnog naučnog skupa štampano u celini – M33

1. Mrazovac Kurilić S., Presburger Ulniković V., Cibulić V., **Stamenković L.**: *Assessment of pollutant impact of nitrate concentration in groundwater*, XIV International Eco-conference, Novi Sad 2014, pp. 99-106.
2. Cibulić V., Marinković M., Filipović A., Staletović N., **Stamenković L.**: *Production process of protective glove, assessment and management of chemical hazards*; XXII International Conference "Ecological Truth" Eco-Ist'14, Borsko jezero 2014, pp. 599-606, ISBN 978-86-6305-021-1.
3. Cibulić V., Mrazovac Kurilic S., Staletović N., **Stamenkovic L.**: *Pollution of the Sava river from entrance in Serbia to confluence in the Danube river*; XXIII International Conference "Ecological Truth" Eco-Ist'15, Kopaonik 2015, pp. 603-609, ISBN 978-86-6305-032-7.

– Saopštenje sa međunarodnog naučnog skupa štampano u izvodu – M34

1. **Stamenković L.**, Antanasijević D., Ristić M., Perić-Grujić A., Pocajt V.: *Estimation of GHG emission in Serbia for period 1995-2013 using recurrent neural networks*, Međunarodna naučna konferencija „Životna sredina i adaptacija privrede na klimatske promene“, Beograd 2015, p. 155, ISBN 978-86-89061-07-9.

Zbornici skupova nacionalnog značaja – M60

– Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u celini – M63

1. Cibulić V., **Stamenković L.**: *Prečišćavanje gradskih otpadnih voda adsorpcijom na hemijsko-termički aktiviranom tresetu*, Nacionalna konferencija Srpskog društva za zaštitu voda sa međunarodnim učešćem "Voda 2010", Zbornik radova, Divčibare 2010, str. 333-336, ISBN 978-86-904241-7-7.
2. Cibulić V., **Stamenković L.**: *Uticaj grada i industrije Beograda na zagađivanje Dunava*, Nacionalna konferencija Srpskog društva za zaštitu voda sa međunarodnim učešćem "Voda 2010", Zbornik radova, Divčibare 2010, str. 259-264, ISBN 978-86-904241-7-7.
3. Cibulić V., **Stamenković L.**, Luković J., Staletović N.: *Kvalitet vode akumulacije »Barje« nekad i sad*, Nacionalna konferencija Srpskog društva za zaštitu voda sa međunarodnim učešćem "Voda 2012", Zbornik radova, Divčibare 2012, str.163-170, ISBN 978-86-904241-9-1.

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu dosadašnjeg rada i ostvarenih rezultata tokom doktorskih studija, Lidija Stamenković je pokazala izuzetnu sklonost i sposobnost za bavljenje naučnoistraživačkim radom. Do sada je objavila 3 rada u međunarodnim časopisima, 2 naučna rada objavljena su u časopisima nacionalnog značaja i 7 saopštenja je prikazano na međunarodnim i domaćim skupovima. Shodno navedenom, Komisija smatra da kandidat ispunjava uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. Predmet i cilj istraživanja

- Prikaz predmeta i cilja istraživanja

Industrijske aktivnosti, sagorevanje fosilnih goriva, proizvodnja različitih hemijskih materijala, korišćenje raspršivača i rashladnih uređaja, kao i saobraćaj, su osnovni antropogeni izvori zagađujućih materija. Jedna od ozbiljnih posledica emitovanja zagađujućih materija u životnu sredinu jeste narušavanje kvaliteta vazduha. Degradacija kvaliteta vazduha i posledice proistekle iz toga, ukazuju na neophodnost kontinuiranog praćenja njegovog kvaliteta. To se pre svega ogleda u praćenju i predviđanju emisije svih onih zagađujućih materija, nastalih usled antropogenog delovanja, koje najviše doprinose procesima globalnog zagađivanja vazduha. Poznavanje vrste i količine emitovanih zagađujućih materija, kao i njihovih koncentracija su osnova za proučavanje i kontrolu kvaliteta vazduha, kao i za donošenje mera i strategija vezanih za kontrolu zagađivanja vazduha.

Procena i predviđanje emisije zagađujućih materija u vazduh je zbog svog značaja predmet rada mnogih istraživanja. Razvojem računarskih tehnologija i algoritama za obučavanje, veštačke neuronske mreže (*Artificial Neural Network* - ANN) su našle širok spektar primena, uključujući oblast životne sredine. S obzirom da mogu da modeluju proizvoljnu funkciju zavisnosti, kako linearnu, tako i nelinearnu, ANN su pogodne za predviđanje emisije zagađujućih materija u vazduh, kod koje postoji kompleksna zavisnost od većeg broja ulaznih veličina.

Cilj predložene doktorske teze je:

- da se zbog veze između ekonomskog i privrednog razvoja i emisije zagađujućih materija u vazduh, primene ekonomski/industrijski indikatori i indikatori održivog

razvoja, kao ulazne veličine, kod razvoja modela neuronskih mreža za predviđanje emisije odabranih zagađujućih materija u vazduh;

- da se razvije metod zasnovan na neuronskim mrežama za modelovanje emisije u vazduh na nacionalnom nivou metana (CH_4), amonijaka (NH_3), nemetanskih isparljivih organskih jedinjenja (*Non-Methane Volatile Organic Compounds* – NMVOC), azotnih oksida (NO_x) i gasova sa efektom staklene bašte (*Greenhouse Gases* - GHG).

- Osvrt na relevantne bibliografske izvore i ostvarene rezultate na koje se nadovezuju predviđena istraživanja u predloženoj disertaciji

Praćenje i predviđanje emisije zagađujućih materija na nacionalnom nivou, postala je obaveza država potpisnica različitih protokola i direktiva o redovnom izveštavanju o pojedinim zagađujućim materijama koje najviše doprinose degradaciji kvaliteta vazduha (CH_4 , NO_x , NMVOC, NH_3 , itd.). U tom smislu su, kako na globalnom, regionalnom, tako i na nacionalnom nivou razvijeni modeli za procenu emisija različitih zagađujućih materija u vazduh [1-3]. Regionalnim RAINS (*Regional Air Pollution Information and Simulation*) modelom, a od 2006. godine i GAINS (*Greenhouse Gas and Air Pollution Interactions and Synergies*) modelom vrše se procene emisija ugljen-dioksida, metana, azotnih oksida, suspendovanih čestica, sumpor-dioksida, isparljivih organskih jedinjenja, amonijaka, ugljen-monoksida i fluorovanih gasova sa efektom staklene bašte u vazduh, za države Evropske unije, Kinu i Indiju [4-6]. Kako se zagađujuće materije u vazduh emituju iz velikog broja različitih izvora, procena emisije GAINS metodologijom iziskuje poznavanje velikog broja (više stotina) ulaznih parametara (emisionih faktora i stopa aktivnosti) za različite sektore izvora emisije. Još jedan model, koji se primenjuje na globalnom nivou za procenu emisije gasova sa efektom staklene bašte, prekursora ozona, acidifikujućih supstanci, suspendovanih čestica i supstanci koje oštećuju ozonski omotač, je EDGAR (*The Emissions Database for Global Atmospheric Research*). EDGAR metodologija razlikuje sedam glavnih sektora, izvora emisije, koji su dalje podeljeni na veliki broj pod sektora [7-9]. Međutim, pregled literature pokazuje da postojeći modeli zahtevaju korišćenje velikog broja ulaznih veličina (emisionih faktora i stopa aktivnosti) koje su specifične za svaki izvor emisije i koje je neophodno određivati posebnim ispitivanjima.

Pregledom dostupne literature, može se uočiti da su se ANN modeli pokazali kao vrlo efikasno sredstvo u rešavanju brojnih problema, koji se odnose na zaštitu i kontrolu kvaliteta vazduha [10]. U tom smislu, poslednjih godina razvijeni su brojni modeli za predviđanje kako koncentracije [11-15], tako i emisije različitih zagađujućih materija iz raznih izvora emisije. Neka ispitivanja uključuju emisiju metana iz rudnika [16], amonijaka sa poljoprivrednog zemljišta [17], emisiju GHG iz poljoprivrede [18]. Međutim, u naučnoj literaturi relativno je mali broj naučnih radova koji se bave procenom emisije zagađujućih materija u vazduh na nacionalnom nivou, a koji su zasnovani na ANN modelima. Nekoliko istraživanja je pokazalo da se modeli zasnovani na veštačkim neuronskim mrežama, uz korišćenje ekonomskih, industrijskih i parametara održivog razvoja, mogu koristiti za predviđanje emisije gasova staklene bašte i suspendovanih čestica (PM10) na nacionalnom nivou za države Evropske unije [19-21]. U poređenju sa konvencionalnim (linearnim) modelima, može se uočiti da ANN modeli koriste znatno manji broj ulaznih parametara (najčešće do 10), pa samim tim se

moгу primeniti kao alternativa u slučajevima kada konvencionalni modeli ne bi mogli da se koriste, zbog nedostatka podataka, kako za razvijene, tako i za države u razvoju koje su veliki emiteri zagađujućih materija u vazduh, poput Kine i Indije.

Literatura

- [1] Klimont Z., Streets D.G., Gupta S., Cofala J., Lixin F., Ichikawa Y.: *Anthropogenic emissions of non-methane volatile organic compounds in China*. Atmospheric Environment, Vol 36, No 8, 2002, pp. 1309–1322.
- [2] Streets D.G., Bond T.C., Carmichael G.R., Fernandes S.D., Fu Q., He D., Klimont Z., Nelson S.M., Tsai N.Y., Wang M.Q., Woo J.H., Yarber K.F.: *An inventory of gaseous and primary aerosol emissions in Asia in the year 2000*, Journal of Geophysical Research, Vol 108, No D21, 2003, p. 8809.
- [3] Amann M., Bertok I., Borken-Kleefeld J., Cofala J., Heyes C., Höglund-Isaksson L., Klimont Z., Nguyen B., Posch M., Rafaj P., Sandler R., Schöpp W., Wagner F., Winiwarter W.: *Cost-effective control of air quality and greenhouse gases in Europe: Modeling and policy applications*, Environmental Modelling and Software, Vol 26, No 12, 2011, pp. 1489–1501.
- [4] Schöpp W., Amann M., Cofala J., Heyes C., Klimont Z.: *Integrated assessment of European air pollution emission control strategies*, Environmental Modelling and Software, Vol 14, No 1, 1998, pp. 1–9.
- [5] Streets D.G., Waldho S.T.: *Present and future emissions of air pollutants in China: SO₂, NO_x, and CO*, Atmospheric Environment, Vol 34, No 3, 2000, pp. 363–374.
- [6] Höglund-Isaksson L.: *Global anthropogenic methane emissions 2005–2030: technical mitigation potentials and costs*. Atmospheric Chemistry and Physics, Vol 12, No 19, 2012, pp. 9079–9096.
- [7] Olivier J.G.J., Bouwman A.F., Maas C.W.M. van der, Berdowski J.J.M., Veldt C., Bloos J.P.J., Visschedijk A.J.H., Zandveld P.Y.J., Haverlag J.L.: *Description of EDGAR Version 2.0: A set of global emission inventories of greenhouse gases and ozone-depleting substances for all anthropogenic and most natural sources on a per country basis and on 1 degree x 1 degree grid*, RIVM, Bilthoven 1996, RIVM Rapport 771060002.
- [8] Van Amstel A., Olivier J., Janssen L.: *Analysis of differences between national inventories and an Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR)*, Environmental Science and Policy, Vol 2, No 3, 1999, pp. 275–293.
- [9] Janssens-Maenhout G., Dentener F., Van Aardenne J., Monni S., Pagliari V., Orlandini L., Klimont Z., Kurokawa J., Akimoto H., Ohara T., Wankmueller R., Battye B., Grano D., Zuber A., Keating T.: *EDGAR-HTAP: a Harmonized Gridded Air Pollution Emission Dataset Based on National Inventories*, Ispra (Italy): European Commission Publications Office; 2012, JRC68434, EUR report No EUR 25 299 - 2012, ISBN 978-92-79-23122-0, ISSN 1831-9424.
- [10] Gardner M., Dorling S.: *Artificial neural networks (the multilayer perceptron)—a review of applications in the atmospheric sciences*, Atmospheric Environment, Vol 32, No 14/15, 1998, pp. 2627–2636.

- [11] Singh K.P., Gupta S., Kumar A., Shukla S.P.: *Linear and nonlinear modeling approaches for urban air quality prediction*, Science of the Total Environment, Vol 426, 2012, pp. 244–255.
- [12] Alalawi S., Abdulwahab S., Bakheit C.: *Combining principal component regression and artificial neural networks for more accurate predictions of ground-level ozone*. Environmental Modelling & Software, Vol 23, No 4, 2008, pp. 396–403.
- [13] Cai M., Yin Y., Xie M.: *Prediction of hourly air pollutant concentrations near urban arterials using artificial neural network approach*, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Vol 14, No 1, 2009, pp. 32–41.
- [14] Hájek P., Olej V.: *Ozone prediction on the basis of neural networks, support vector regression and methods with uncertainty*, Ecological Informatics, Vol 12, 2012, pp. 31–42.
- [15] Russo A., Raischel F., Lind P.G.: *Air quality prediction using optimal neural networks with stochastic variables*, Atmospheric Environment, Vol 79, 2013, pp. 822–830.
- [16] Karacan C. Ö.: *Modeling and prediction of ventilation methane emissions of U.S. longwall mines using supervised artificial neural networks*, International Journal of Coal Geology, Vol 73, No 3-4, 2008, pp. 371–387.
- [17] Lim Y., Moon Y. S., Kim T. W.: *Artificial neural network approach for prediction of ammonia emission from field-applied manure and relative significance assessment of ammonia emission factors*, European Journal of Agronomy, Vol 26, No 4, 2007, pp. 425–434.
- [18] Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., Yousefi, M., Movahedi, M.: *Modeling of energy consumption and GHG (greenhouse gas) emissions in wheat production in Esfahan province of Iran using artificial neural networks*, Energy, Vol 52, No 0, 2013, pp. 333-338.
- [19] Antanasijević D.Z., Pocajt V.V., Povrenović D.S., Ristić M.Đ., Perić-Grujić A.A.: *PM 10 emission forecasting using artificial neural networks and genetic algorithm input variable optimization*, Science of the Total Environment, Vol 443, 2013, pp. 511–519.
- [20] Antanasijević, D.Z., Ristić, M.Đ., Perić-Grujić, A.A., Pocajt, V. V.: *Forecasting GHG emissions using an optimized artificial neural network model based on correlation and principal component analysis*, International Journal of Greenhouse Gas Control, Vol 20, 2014, pp. 244–253.
- [21] Sözen A., Gülseven Z., Arcaklioğlu E.: *Estimation of GHG emissions in Turkey using energy and economic indicators*, Energy Source Part A, Vol 31, No 13, 2009, pp. 1141–1159.

3. Polazne hipoteze

Osnovne hipoteze na kojima se bazira izrada predložene disertacije su:

- povezanost indikatora kvaliteta vazduha (kao zavisnih promenljivih) i ekonomskih, industrijskih indikatora i indikatora održivog razvoja (kao nezavisnih promenljivih) je nelinearna;
- neuronskim mrežama je moguće vršiti predviđanje emisije zagađujućih materija, uz odgovarajući odabir ekonomskih, industrijskih indikatora i indikatora održivog razvoja, kao nezavisnih promenljivih;

- kako su veze između predloženih zavisnih i nezavisnih promenljivih nelinearne, primenom neuronskih mreža moguće je dobiti bolje rezultate u poređenju sa konvencionalnim (linearnim) modelima;
- modelovanjem emisije ANN pristupom, moguće je dobiti jednostavnije modele za predviđanje emisije u odnosu na postojeće, zbog značajno manjeg broja ulaznih parametara koji će se koristiti za razvoj ANN modela;
- modelovanjem emisije određene zagađujuće materije, može se razviti ANN metod koji bi mogao da se primeni i kod modelovanja emisije ostalih zagađujućih materija, koje se koriste kao indikatori kvaliteta vazduha i kvaliteta životne sredine uopšte.

4. Naučne metode istraživanja

U cilju realizacije predmeta i cilja istraživanja, kao i da bi se potvrdile postavljene hipoteze, opšte i posebne naučne metode istraživanja biće korišćene. Neke od opštih naučnih metoda koje će biti primenjene su induktivno i deduktivno zaključivanje, komparacija, analiza i sinteza, apstrakcija i konkretizacija, generalizacija i specijalizacija. Planirano je da se u okviru eksperimentalnog rada odaberu relevantni ulazni parametri za ANN modele korišćenjem odgovarajućih statističkih baza podataka. Razvoj ANN modela vršiće se upotrebom softverskog paketa *Neuroshell 2*. Odgovarajuće statističke metode biće primenjene za redukciju broja ulaznih parametara (analiza glavnih komponenti, korelaciona analiza, *variance inflation factor*-VIF metoda).

Performanse modela biće ispitane testiranjem razvijenih modela kroz:

- 1) poređenje modelovanih i izmerenih vrednosti emisija,
- 2) poređenje rezultata ANN i konvencionalnih modela, korišćenjem statističkih indikatora performansi modela.

Za ispitivanje performansi modela biće primenjeni sledeći statistički indikatori: indeks performansi modela (*dr*), Nash-Sutcliffe Efficiency (*NSE*), koren srednje kvadratne greške (*RMSE*), srednja apsolutna greška (*MAE*), srednja apsolutna greška u procentima (*MAPE*), procenat rezultata u okviru faktora 1.25 i 1.1 (*FAI.25*, *FAI.1*) i srednja kvadratna greška (*MSE*).

5. Očekivani naučni doprinos

Očekuje se da će rezultati istraživanja u okviru ove doktorske disertacije:

- omogućiti tačnije, brže i jednostavnije predviđanje emisija zagađujućih materija u vazduh na nacionalnom nivou, naročito u slučajevima kada ne postoje uslovi za primenu konvencionalnih modela;
- doprineti razumevanju veza između ekonomskog, privrednog, industrijskog razvoja i količine emitovanih zagađujućih materija u vazduh;
- omogućiti projekciju budućih emisija razvijenim modelom, prema određenim scenarijima, što može biti od značajne pomoći donosiocima odluka u cilju poboljšanja kvaliteta vazduha;

- doprineti saznanjima o primeni neuronskih mreža u oblasti zaštite životne sredine i održivog razvoja;
- doprineti da razvijeni model može poslužiti i kao sredstvo u procesu verifikacije rezultata postojećih modela za procenu emisije.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Predmet rada ove doktorske disertacije je predviđanje emisije gasovitih zagađujućih materija na nacionalnom nivou primenom modela zasnovanih na veštačkim neuronskim mrežama. Kao ulazni podaci biće korišćeni ekonomski, industrijski i podaci održivog razvoja za odabrane države sveta koje su značajni emiteri, kao i podaci za Republiku Srbiju. Tokom razvoja modela, planirano je da se primene različite arhitekture neuronskih mreža: neuronska mreža sa propagacijom greške unazad (*Backpropagation Neural Network - BPNN*), rekurentna neuronska mreža (*Recurrent Neural Network - RNN*), neuronska mreža sa opštom regresijom (*General Regression Neural Network - GRNN*). Planirano je da se razvije ANN metodologija za modelovanje emisije CH₄, NH₃, NMVOC, NO_x i GHG na nacionalnom nivou. U cilju redukcije broja ulaznih promenljivih, planirano je da se odabir ulaznih promenljivih vrši korišćenjem: analize glavnih komponenti, korelacione analize, VIF metodom. Analiza performansi modela vršiće se testiranjem razvijenih modela, poređenjem modelovanih i izmerenih vrednosti emisija zagađujućih materija. ANN modeli koji budu dali najbolje rezultate takođe će biti upoređeni sa konvencionalnim modelima, korišćenjem statističkih indikatora performansi modela. Biće primenjeni sledeći statistički indikatori: indeks performansi modela (*dr*), Nash-Sutcliffe Efficiency (*NSE*), koren srednje kvadratne greške (*RMSE*), srednja apsolutna greška (*MAE*), srednja apsolutna greška u procentima (*MAPE*), procenat rezultata u okviru faktora 1.25 i 1.1 (*FA1.25*, *FA1.1*) i srednja kvadratna greška (*MSE*).

Planirano je da se u doktorskoj disertaciji obrade sledeća poglavlja: *Uvod*, *Teorijski deo*, *Eksperimentalni deo*, *Rezultati i diskusija*, *Zaključak*, *Literatura*.

U poglavlju *Uvod* biće opisana problematika vezana za modelovanje emisije zagađujućih materija u vazduh, sa osvrtom na postojeće modele koji se koriste za predviđanje emisije.

U okviru *teorijskog dela* doktorske disertacije biće dat literaturni pregled relevantnih istraživanja, vezanih za:

- analizu odabranih zagađujućih materija;
- klasične matematičke modele koji se koriste kod predviđanje emisija zagađujućih materija;
- teorijske osnove neuronskih mreža;
- pregled dosadašnje primene neuronskih mreža kod predviđanja emisije zagađujućih materija u vazduh;
- statističku verifikaciju modela.

U *Eksperimentalnom delu* biće opisano:

- odabir relevantnih ulaznih i izlaznih promenljivih za razvoj modela,

- redukcija broja ulaznih promenljivih na osnovu različitih statističkih metoda,
- formiranje skupova podataka,
- pretprocesiranje ulaznih i izlaznih podataka,
- arhitekture korišćenih neuronskih mreža,
- parametri treninga (kalibracije) modela,
- statistička analiza performansi modela.

U poglavlju *Rezultati i diskusija* biće prikazani i diskutovani rezultati dobijeni razvijenim ANN modelima kod modelovanja emisije NH₃, CH₄, NMVOC, NO_x i GHG na nacionalnom nivou.

U *Zaključku* će biti sumirani rezultati dobijeni primenom razvijene ANN metodologije kao i relevantni zaključci dobijeni na osnovu performansi razvijenih modela.

Literatura će sadržati literaturne navode koji su citirani u disertaciji, kao i radove proistekle tokom istraživanja u okviru izrade ove doktorske disertacije.

7. Zaključak i predlog

Na osnovu iznetih podataka o dosadašnjem radu i postignutim rezultatima može se zaključiti da kandidat Lidija Stamenković ispunjava sve potrebne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije. Takođe na osnovu iznetih podataka, Komisija smatra da je tema predložene doktorske disertacije Lidije Stamenković pod naslovom „Predviđanje emisije gasovitih zagađujućih materija na nacionalnom nivou primenom modela zasnovanih na veštačkim neuronskim mrežama“, naučno zasnovana i predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta da je prihvati. Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Inženjerstvo zaštite životne sredine, za koju je matičan Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu. Za mentora se predlaže dr Viktor Pocajt, vanredni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Beograd, 16.11.2015. godine

ČLANOVI KOMISIJE:

Dr Viktor Pocajt, van. prof.

Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu

Dr Mirjana Ristić, red. prof.

Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu

Dr Aleksandra Perić-Grujić, red. prof.

Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu

Dr Davor Antanasijević, naučni saradnik

IC TMF-a