

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

Predmet: Podobnost teme i kandidata Davora Antanasijevića za izradu doktorske disertacije

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu br. 35/430 od 27.12.2012. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Davora Antanasijevića za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme „Modelovanje parametara kvaliteta životne sredine primenom veštačkih neuronskih mreža“.

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

Antanasijević (Zoran) Davor rođen je 26.03.1986. godine u Pirotu, gde je 2005. godine završio gimnaziju na prirodno-matematičkom smeru. Iste godine upisao je Tehnološko-metalurški fakultet u Beogradu, smer Inženjerstvo zaštite životne sredine, koji je završio 2009. godine sa prosečnom ocenom 8,89. Završni rad „*Određivanje izotopa olova masenom spektrometrijom sa indukovano spregnutom plazmom*“ odbranio je sa ocenom 10. Nagrađen je za visok prosek u trećoj i završnoj godini studija nagradom fonda „Panta S. Tutundžić“.

Školske 2009/2010. godine upisao je doktorske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu, na studijskom programu Inženjerstvo zaštite životne sredine. Rešenjem Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu br. 20/10 od 09.02.2010. godine, Davor Antanasijević je izabran u zvanje istraživač pripravnik. Rešenjem Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu br. 20/7 od 04.02.2011. godine, Davor Antanasijević je izabran u zvanje istraživač saradnik.

Kao član Organizacionog odbora učestvovao je u organizaciji „*Prve konferencije mladih hemičara Srbije*“ koja je održana 19. i 20. oktobra 2012. godine na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu. Takođe je angažovan na izradi projekta „*Lokalni registar izvora zagađivanja životne sredine na teritoriji Beograda*“ koji realizuju Sekretarijat za zaštitu životne sredine Grada Beograda i Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu.

Kandidat se u svom radu koristi osnovnim i naprednim softverskim paketima. Govori engleski jezik. Član je Srpskog hemijskog društva.

1.2. Stečeno naučnoistraživačko iskustvo

Davor Antanasijević je u okviru doktorskih studija položio sve ispite (12) predviđene studijskim programom, sa prosečnom ocenom 9,58. Završni ispit (pristupni rad za izradu doktorske disertacije) pod nazivom „*Razvoj modela neuronskih mreža za modelovanje indikatora održivog razvoja*“ je odbranio u septembru 2011. godine sa ocenom 10 pred komisijom u sastavu: dr Mirjana Ristić, van. prof., dr Aleksandra Perić-Grujić, van. prof. i dr Viktor Pocajt, docent.

Položeni ispiti i ostvareni bodovi u okviru doktorskih studija

R. br.	Naziv predmeta	ESPB
1.	Ekonomija životne sredine i održivi razvoj	4
2.	Matematička obrada eksperimentalnih podataka	5
3.	Industrijska ekologija	5
4.	Hemijska kinetika	5
5.	Viši kurs termodinamike	5
6.	Modelovanje atmosferske disperzije	5
7.	Viši kurs pripreme vode za piće	4
8.	Tečna hromatografija-masena spektrometrija	4
9.	Organske zagađujuće supstance	4
10.	Prečišćavanje otpadnih voda	5
11.	Hemija pesticida	4
12.	Završni ispit – pristupni rad za izradu doktorske disertacije	30
Ukupno		80

Davor Antanasijević, dipl. inž. tehnologije, od septembra 2009. godine bio je uključen u rad Laboratorije za masenu spektrometriju sa indukovano spregnutom plazmom (ICP-MS) na TMF-u, a od novembra 2009. do kraja 2010. godine angažovan je na Projektu 142002, „*Razvoj metoda za separaciju, predkoncentrisanje, određivanje i uklanjanje zagađivača okoline*“. Od januara 2011. godine do danas angažovan je na projektu osnovnih istraživanja iz hemije: „*Razvoj i primena metoda i materijala za monitoring novih zagađujućih i toksičnih organskih materija i teških metala*“, Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (broj projekta 172007).

Oblast naučnoistraživačkog rada Davora Antanasijevića obuhvata primenu neuronskih mreža za predviđanje indikatora održivog razvoja i kvaliteta životne sredine, kao i biomonitoring olova, izotopa olova i platinske grupe elemenata.

Davor Antanasijević je koautor 7 radova objavljenih u časopisima međunarodnog značaja (M21 – 3 rada, M23 – 4 rada) i 9 naučnih saopštenja u zbornicima radova sa međunarodnih (2) i nacionalnih skupova (7). 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), 4 saopštenja prikazanih na domaćim skupovima (oznaka grupe **M60**: vrsta rezultata **M64** - 4 saopštenja).

Spisak objavljenih radova i saopštenja

Radovi objavljeni u časopisima međunarodnog značaja - M20

– Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu – M21

1. **Antanasijević D.**, Pocajt V., Povrenović D., Perić-Grujić A., Ristić M.: *PM₁₀ Emission Forecasting Using Artificial Neural Networks and Genetic Algorithm Input Variables Optimization*, Science of The Total Environment, Vol 443, 2013, pp. 511-519.
2. Tomašević M., **Antanasijević D.**, Aničić M., Deljanin I., Perić-Grujić A., Ristić M.: *Lead concentrations and isotope ratios in urban tree leaves*, Ecological Indicators, Vol 24, 2013, pp. 504–509.
3. Rajaković L. V., Marković D. D., Rajaković-Ognjanović V. N., **Antanasijević D. Z.**: *Review: The approaches for estimation of limit of detection for ICP-MS trace analysis of arsenic*, Talanta, Vol 102, 2012, pp. 79–87.

– Rad u međunarodnom časopisu – M23

1. **Antanasijević D.**, Pocajt V., Popović I., Redžić N., Ristić M.: *The Forecasting of Municipal Waste Generation Using Artificial Neural Networks and Sustainability Indicators*, Sustainability Science, Vol 8, No 1, 2013, pp. 37-46.
2. Šućur K. M., Aničić M. P., Tomašević M. N., **Antanasijević D. Z.**, Perić-Grujić A. A., Ristić M. Dj.: *Urban deciduous tree leaves as biomonitors of trace element (As, V, and Cd) atmospheric pollution in Belgrade, Serbia*, Journal of the Serbian Chemical Society, Vol 75, No 10, 2010, pp. 1453-1461.
3. Ristić M., Popović I., Pocajt V., **Antanasijević D.**, Perić-Grujić A.: *Concentrations of Selected Trace Elements in Mineral and Spring Bottled Waters on the Serbian Market*, Food Additives and Contaminants: Part B, Vol 4, No 1, 2011, pp. 6–14.
4. **Antanasijević D. Z.**, Lukić N. A., Pocajt V. V., Perić-Grujić A. A., Ristić M. Đ.: *Analysis of selected elements in water in the drinking water preparation plants in Belgrade, Serbia*, Hemijska industrija, Vol 65, No 2, 2011, pp. 187-196.

Zbornici međunarodnih naučnih skupova – M30

– Saopštenje sa međunarodnog naučnog skupa štampano u izvodu – M34

1. **Antanasijević D.**, Aničić M., Perić-Grujić A., Tomašević M., Ristić M.: *Lead isotope ratios analysis by inductively coupled plasma mass spectrometry in trees leaves of Belgrade, Serbia*, 16th European Conference on Analytical Chemistry, September 2011, Belgrade, Serbia, Compendium of All Abstracts, EN05, p. 352.
2. Veličković Z., **Antanasijević D.**, Marinković A., Vuković G., Perić-Grujić A., Uskoković P., Ristić M.: *Adsorption of arsenate by iron(iii) oxide coated ethylenediamine functionalized multi-walled carbon nanotubes*, 16th European Conference on Analytical Chemistry, September 2011, Belgrade, Serbia, Compendium of All Abstracts, SC01, p. 599.

Zbornici skupova nacionalnog značaja – M60

– Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u izvodu – M64

1. **Antanasijević D. Z.**, Perić-Grujić A. A., Ristić M. Đ., Pocajt V. V.: *PM10 country level concentration modelling using Artificial Neural Networks*, 50th Meeting of the Serbian Chemical Society, Belgrade, Serbia, June 14th-15th 2012., Book of Abstracts, p. 81.
2. **Antanasijević D. Z.**, Minović T. Z., Perić-Grujić A. A., Ristić M. Đ., Pocajt V. V.: *ANN emission modelling of some sustainable development parameters*, 49th Meeting of the Serbian Chemical Society, Kragujevac, Serbia, May 13th-14th 2011., Book of Abstracts, p.70.
3. Radojević D. M., **Antanasijević D. Z.**, Perić-Grujić A. A., Ristić M. Đ., Pocajt V. V.: *Research on sustainable development of Serbia based on neural networks*, 48th Meeting of the Serbian Chemical Society, Novi Sad, Serbia, April 17th-18th 2010., Book of Abstracts, p. 90.
4. Krainović B. V., **Antanasijević D. Z.**, Pocajt V. V., Perić-Grujić A. A., Ristić M. Đ.: *Modelovanje emisija amonijaka, metana i nemetanskih isparljivih organskih jedinjenja neuronskim mrežama*, Prva Konferencija mladih hemičara Srbije, Beograd, Srbija, 19. i 20 oktobar 2012., Program i Kratki izvodi radova, str. 112.
5. Šućur K. M., Aničić M. P., Tomašević M. N., **Antanasijević D. Z.**, Perić-Grujić A. A., Ristić M. Đ.: *Biomonitoring of selected trace elements (As, V, Cd) with leaves of deciduous trees (Aesculus hippocastanum and Tilia spp.)*, 48th Meeting of the Serbian Chemical Society, Novi Sad, Serbia, April 17th-18th 2010., Book of Abstracts, p. 92.
6. Deljanin I. V., Aničić M. P., **Antanasijević D. Z.**, Tomašević M. N., Perić-Grujić A. A., Ristić M. Đ.: *Lead isotope ratio analysis in tree leaves from Belgrade*, 50th Meeting of the Serbian Chemical Society, Belgrade, Serbia, June 14th-15th 2012., Book of Abstracts, p. 82.
7. Deljanin I. V., **Antanasijević D. Z.**, Aničić Urošević M. P., Tomašević M. N., Perić-Grujić A. A., Ristić M. Đ.: *Određivanje koncentracije platine u listovima listopadnog drveća sa područja Beograda*, Prva Konferencija mladih hemičara Srbije, Beograd, Srbija, 19. i 20 oktobar 2012., Program i Kratki izvodi radova, str. 19.

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu dosadašnjeg rada i ostvarenih rezultata tokom doktorskih studija, Davor Antanasijević je pokazao izuzetnu sklonost i sposobnost za bavljenje naučnoistraživačkim radom. To se ogleda, kako u samostalnom kreiranju i realizaciji istraživanja vezanih za temu doktorske disertacije, tako i kroz rad na ostalim istraživanjima koja se izvode u okviru projekata na kojima je bio angažovan. Do sada je objavio 7 radova u međunarodnim časopisima, kao i 9 saopštenja na međunarodnim i domaćim skupovima. Iz oblasti istraživanja kojoj pripada predložena tema doktorske disertacije, kandidat je koautor 2 naučna rada objavljena u časopisima međunarodnog značaja i 4 saopštenja prikazanih na 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

Indikatori kvaliteta životne sredine se, prema Ujedinjenim Nacijama [1], definišu kao parametri, ili vrednosti izvedene od vrednosti parametara, koji daju informaciju i/ili opis stanja u životnoj sredini. Samim tim indikatori kvaliteta životne sredine imaju značajnu ulogu u okviru zaštite životne sredine, jer su:

- osnova za donošenje mera i strategija vezanih za poboljšanje stanja u životnoj sredini,
- mera ostvarenja zadatih ciljeva u zaštiti životne sredine,
- kao nosioci informacija, sredstvo za uključivanje javnosti u donošenju odluka vezanih za pitanja zaštite životne sredine.

Zbog svog značaja, indikatori kvaliteta životne sredine su predmet istraživanja u mnogim studijama, a sve češće se za predviđanje njihovih vrednosti koristi modelovanje, uz primenu veštačkih neuronskih mreža (*Artificial neural network* - ANN). ANN koncept je razvijen pre gotovo 70 godina, ali se tek u poslednjih 20 godina, sa razvojem odgovarajućeg softvera, praktično primenjuje za rešavanje širokog spektra problema u praksi. Ovaj vid nelinearnog modelovanja je jako pogodan za predviđanje indikatora kvaliteta životne sredine, jer su oni često, na kompleksan način, povezani sa dostupnim parametrima, na osnovu čijih vrednosti se indikatori određuju.

Cilj predložene doktorske teze je:

- da se na osnovu veze između ekonomskog razvoja i emisije zagađujućih materija primene ekonomski/industrijski indikatori i indikatori održivog razvoja, kao ulazne veličine, kod razvoja modela neuronskih mreža za predviđanje indikatora kvaliteta životne sredine;
- da se izvrši predviđanje specifičnih indikatora kvaliteta voda ANN modelima, samo na osnovu poznavanja nespecifičnih indikatora kvaliteta voda,
- da se razvije ANN metodologija za modelovanje indikatora kvaliteta životne sredine na nacionalnom nivou: emisija PM10 čestica u vazduh, koncentracija PM10 čestica u vazduhu, količina generisanog komunalnog otpada, i na lokalnom nivou: količina rastvorenog kiseonika u rečnim vodama.

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

U mnogim studijama ANN modeli su korišćeni za predviđanje emisije različitih zagađujućih materija: PM10 čestica u saobraćaju [2], amonijaka sa poljoprivrednog zemljišta [3] i metana iz rudnika [4]. Takođe, ANN modeli su korišćeni u velikom broju studija za predviđanje PM10 koncentracija [5-9]. Nekoliko studija je pokazalo da se primenom neuronskih mreža, uz korišćenje ekonomskih indikatora i indikatora održivog razvoja može vršiti predviđanje emisije gasova staklene bašte na nacionalnom nivou [10, 11]. Poređenje ANN modela i odgovarajućih konvencionalnih (linearnih) modela pokazuje da se kod ANN modela koristi znatno manji broj ulaznih veličina (najčešće do 10), pa samim tim mogu se primeniti u slučajevima kada konvencionalni modeli ne bi mogli da se koriste, zbog nedostatka podataka.

Na primer, emisije PM10 čestica se dostavljaju na nivou Evropske Unije u okviru različitih programa i direktiva, a ukoliko neka od zemalja ne dostavi tražene podatke o emisiji, predviđanje PM10 čestica se vrši RAINS modelom (*Regional Air Pollution Information and Simulation*) [12], odnosno od 2007. godine GAINS modelom (*Greenhouse Gas and Air Pollution Interactions and Synergies*). Kako se čestice emituju u vazduh iz velikog broja različitih izvora, RAINS metodologija razlikuje 392 kategorije mobilnih i stacionarnih izvora iz sektora sagorevanja, industrije, poloprivrede. Za primenu RAINS modela potrebno je oko 800 ulaznih parametara, kako bi se izvršilo predviđanje emitovanih količina PM10 čestica. Takođe, kod određivanja izloženosti stanovništva PM10 česticama koristi se GMAPS model (*The Global Model of Ambient Particulates*) razvijen od strane Svetske Banke. GMAPS model kao ulazne parametre koristi podatke o broju stanovnika, gustini naseljenosti, ekonomskom razvoju, nacionalnom dohotku, 6 različitih parametara potrošnje energije, kao i 22 meteorološka i geografska parametra [13].

Predviđanje količine generisanog komunalnog otpada je krucijalan parametar kod planiranja sistema za upravljanje komunalnim otpadom, pa je samim tim razvoj pouzdanih modela značajan za unapređenje sistema za upravljanje komunalnim otpadom [14]. Pregled literature pokazuje da je do sada ANN pristup u ovoj oblasti bio primenjen za predviđanje nedeljnih količina nastalog otpada [14], kao i za predviđanje brzine nastajanja medicinskog otpada [15].

Koncentracija rastvorenog kiseonika je jedan od najznačajnijih indikatora kvaliteta rečnih voda, pa se kao takav redovno određuje u sklopu njihovog monitoringa [16]. Kako na koncentraciju rastvorenog kiseonika utiče veliki broj parametara i procesa u vodama: temperatura, sedimentacija, reaeracija, nitrifikacija, fotosinteza i slično, može se očekivati nelinearni odnos između koncentracije rastvorenog kiseonika i odgovarajućih ulaznih parametara. Do sada su za predviđanje sadržaja rastvorenog kiseonika u vodama, kao ulazni parametri ANN modela, korišćeni različiti specifični i nespecifični parametri kvaliteta voda i njihove kombinacije:

- temperatura, pH vrednost, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, protok, biološka potrošnja kiseonika (BPK) [16],
- temperatura, pH vrednost, mesec u godini, hlorofil a, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ [17],
- temperatura, pH vrednost, ukupni alkalitet, ukupna tvrdoća, ukupni sadržaj čvrstih materija, hemijska potrošnja kiseonika (HPK), $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, koncentracija hlorida, fosfata, K, Na [18,19],
- temperatura, pH vrednost, alkalitet, tvrdoća, mutnoća vode, sadržaj hlorida, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ [20],
- temperatura, pH vrednost, konduktivitet, sadržaj hlorida, Ca, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, ukupni alkalitet, ukupna tvrdoća [21].

Literatura

- [1] United Nations: *Glossary of Environment Statistics, Studies in Methods*, Series F, No. 67, United Nations, New York, 1997.
- [2] Kassomenos P., Karakitsios S., Papaloukas C.: *Estimation of daily traffic emissions in a South-European urban agglomeration during a workday. Evaluation of several "what if" scenarios*, Science of the Total Environment, Vol 370, 2006, pp. 480–90.

- [3] 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, 2007, pp. 425–34.
- [4] 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, 2008, pp. 371–87.
- [5] Perez P., Reyes J.: *Prediction of maximum of 24-h average of PM10 concentrations 30 h in advance in Santiago, Chile*, Atmospheric Environment, Vol 36, 2002, pp. 4555–4561.
- [6] Kukkonen J., Partanen L., Karppinen A., Ruuskanen J., Junninen H., Kolehmainen M., Niska H., Dorling S., Chatterton T., Foxall R., Cawley G.: *Extensive evaluation of neural network models for the prediction of NO₂ and PM10 concentrations, compared with a deterministic modelling system and measurements in central Helsinki*, Atmospheric Environment, Vol 37, 2002, pp. 4539–4550.
- [7] Hooyberghsa J., Mensink C., Dumont G., Fierens F., Brasseur O.: *A neural network forecast for daily average PM10 concentrations in Belgium*, Atmospheric Environment, Vol 39, 2005, pp. 3279–3289.
- [8] Voukantsis D., Karatzas K., Kukkonen J., Räsänen T., Karppinen A., Kolehmainen M.: *Intercomparison of air quality data using principal component analysis, and forecasting of PM10 and PM2.5 concentrations using artificial neural networks, in Thessaloniki and Helsinki*, Science of the Total Environment, Vol 409, 2011, pp. 1266–1276.
- [9] Paschalidou A. K., Karakitsios S., Kleanthous S., Kassomenos P. A.: *Forecasting hourly PM10 concentration in Cyprus through artificial neural networks and multiple regression models: implications to local environmental management*, Environmental Science and Pollution Research, Vol 18, No 2, 2011, pp. 316–327.
- [10] 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.
- [11] Radojević D.M., Pocajt V.V., Popović I.G., Perić-Grujić A.A., Ristić M.DJ.: *Forecasting of greenhouse gas emissions in Serbia using Artificial neural networks*, Energy Source Part A, in press. DOI 10.1080/15567036.2010.514597.
- [12] 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, 1999, pp. 1–9.
- [13] World Health Organization (WHO): *Comparative quantification of health risks: global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors*, vol. 2. In: Ezzati M, Lopez AD, Rodgers A, Murray CJL, Geneva, Switzerland, 2004.
- [14] Noori R., Abdoli M. A., Farokhnia A., Abbasi M.: *Results uncertainty of solid waste generation forecasting by hybrid of wavelet transform-ANFIS and wavelet transform-neural network*, Expert Systems with Applications, Vol 36, No 6, 2009, pp. 9991–9999.
- [15] Jahandideh S., Jahandideh S., Asadabadi E. B., Askarian M., Movahedi M. M., Hosseini S., Jahandideh M.: *The use of artificial neural networks and multiple linear regression to predict rate of medical waste generation*, Waste Management, Vol 29, No 11, 2009, pp. 2874–2879.
- [16] Şengörür B., Dogan E., Koklu R., Samandar A.: *Dissolved oxygen estimation using artificial neural network for water quality control*, Fresenius Environmental Bulletin, Vol 15, No 9a, 2006, pp. 1064–1067.

- [17] Kuo J-T., Hsieh M-H., Lung W-S., She N.: *Using artificial neural network for reservoir eutrophication prediction*, Ecological Modelling, Vol 200, 2007, pp. 171–177.
- [18] Singh KP, Basant A, Malik A, Jain G. *Artificial neural network modeling of the river water quality—A case study*, Ecological Modelling, Vol 220, 2009, pp. 888-895.
- [19] Basant N., Gupta S., Malik A., Singh K. P.: *Linear and nonlinear modeling for simultaneous prediction of dissolved oxygen and biochemical oxygen demand of the surface water — A case study*, Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, Vol 104, 2010, pp. 172–180.
- [20] Ranković V., Radulović J., Radojević I., Ostojić A., Čomić L.: *Neural network modeling of dissolved oxygen in the Gruža reservoir, Serbia*, Ecological Modelling, Vol 221, 2010, pp. 1239–1244.
- [21] Wen X., Fang J., Diao M., Zhang C.: *Artificial neural network modeling of dissolved oxygen in the Heihe River, Northwestern China*, Environmental Monitoring and Assessment, in press. DOI 10.1007/s10661-012-2874-8.

3. Polazne hipoteze

Osnovne hipoteze na kojima se bazira izrada predložene disertacije su:

- matematička povezanost indikatora kvaliteta životne sredine (kao zavisnih promenljivih) i ekonomskih indikatora i indikatora održivog razvoja (kao nezavisnih promenljivih) je nelinearna;
- matematička povezanost specifičnih parametara kvaliteta voda (kao zavisnih promenljivih) i nespecifičnih parametara kvaliteta voda (kao nezavisnih promenljivih) je nelinearna;
- neuronskim mrežama je moguće vršiti predviđanje indikatora kvaliteta životne sredine, uz odgovarajući odabir ekonomskih indikatora i indikatora održivog razvoja kao nezavisnih promenljivih;
- neuronskim mrežama je moguće vršiti predviđanje parametara kvaliteta voda, uz odgovarajući odabir nespecifičnih parametara kvaliteta voda 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 i/ili koncentracije određene zagađujuće materije, može se razviti ANN metodologija koja bi mogla da se primeni i kod modelovanja emisije i/ili koncentracije ostalih zagađujućih materija, koje se koriste kao indikatori kvaliteta životne sredine ili voda.

4. Naučne metode istraživanja

Kako bi se potvrdile postavljene hipoteze, biće korišćene opšte i posebne naučne metode istraživanja. Od opštih naučnih metoda istraživanja biće primenjene: induktivno i deduktivno zaključivanje, komparacija, analiza i sinteza, apstrakcija i konkretizacija, generalizacija i specijalizacija. Na osnovu eksperimentalnih podataka dobijenih različitim instrumentalnim tehnikama (atomsom apsorpcionom spektroskopijom - AAS, atomsom emisijom

spektroskopijom - AES, jonskom hromatografijom - IC, ultra-ljubičastom i vidljivom spektrofotometrijom - UV-VIS, indukovano spregnutom plazmom sa atomskom emisijom spektroskopijom - ICP-OES, indukovano spregnutom plazmom sa masenom spektroskopijom - ICP-MS), kao i klasičnim tehnikama (volumetrija - Morov postupak, gasne analize – Vinklerov postupak) vršiće se modelovanje emisija i koncentracija zagađujućih materija koje se koriste kao indikatori kvaliteta životne sredine, uz odabir ulaznih promenljivih korišćenjem odgovarajućih hemometrijskih metoda (korelaciona analiza, genetički algoritmi).

Performanse modela biće ispitane testiranjem razvijenih modela kroz:

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

Za ispitivanje performansi modela biće primenjeni sledeći statistički indikatori: indeks slaganja (*IA*), procenat rezultata u okviru faktora 1,25 i 1,1 (*FA1.25* i *FA1.1*), srednja apsolutna greška (*MAE*), koren srednje kvadratne greške (*RMSE*) i srednja apsolutna greška u procentima (*MAPE*).

5. Očekivani naučni doprinos

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

- omogućiti tačnije, brže i jednostavnije predviđanje emisija i koncentracija zagađujućih materija koje se koriste kao indikatori kvaliteta životne sredine, naročito u slučajevima kada ne postoje uslovi za primenu konvencionalnih matematičkih modela,
- doprineti saznanjima o međusobnom uticaju i povezanosti pojedinih indikatora kvaliteta životne sredine,
- doprineti saznanjima o primeni neuronskih mreža u oblasti zaštite životne sredine i održivog razvoja.

Takođe se očekuje da bi razvijena ANN metodologija omogućila proaktivno i efikasno vođenje politike zaštite životne sredine kroz analizu učinka strategija i mera koje se donose na nacionalnom nivou u cilju poboljšanja kvaliteta životne sredine.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Predmet rada ove doktorske disertacije je modelovanje indikatora kvaliteta životne sredine veštačkim neuronskim mrežama. Kao ulazni podaci biće korišćeni podaci o ekonomskom, industrijskom i održivom razvoju za odabrane evropske zemlje i Republiku Srbiju, kao i podaci dobijeni monitoringom odabranih parametara kvaliteta vode reke Dunav. Planirano je da se razvije ANN metodologija za modelovanje emisije i koncentracije PM10 čestica, količine nastalog otpada i koncentracije rastvorenog kiseonika u rečnoj vodi. Takođe je planirano 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 odabir odgovarajućih

ulaznih promenljivih vrši korišćenjem neke od hemometrijskih metoda: korelaciona analiza, generički algoritam, analiza glavnih komponenti.

Analiza performansi modela vršiće se testiranjem razvijenih modela poređenjem modelovanih i izmerenih vrednosti emisija i koncentracija indikatora kvaliteta životne sredine. ANN modeli koji budu dali najbolje rezultate takođe će biti upoređeni sa konvencionalnim modelima korišćenjem statističkih indikatora performansi modela. Biće korišćeni sledeći statistički indikatori: indeks slaganja (*IA*), procenat rezultata u okviru faktora 1,25 i 1,1 (*FAI.25* i *FAI.1*), srednja apsolutna greška (*MAE*), koren srednje kvadratne greške (*RMSE*) i srednja apsolutna greška u procentima (*MAPE*).

Predviđa se da će u doktorskoj disertaciji biti prikazana sledeća poglavlja: *Uvod*, *Teorijski deo*, *Eksperimentalni deo*, *Rezultati i diskusija*, *Zaključak*, *Literatura*.

U poglavlju *Uvod* biće opisana problematika vezana za modelovanje indikatora kvaliteta životne sredine sa pregledom konvencionalnih modela koji se koriste za predviđanje emisije i koncentracije zagađujućih materija u vazduhu i vodama.

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

- indikatore kvaliteta životne sredine i održivog razvoja;
- klasične matematičke modele koji se koriste kod predviđanja emisija i koncentracija zagađujućih materija;
- prikaz nekih od klasičnih modela;
- teorijske osnove neuronskih mreža;
- dosadašnju primenu neuronskih mreža kod predviđanja indikatora i parametara kvaliteta životne sredine;
- statističku verifikaciju modela.

U *Eksperimentalni deo* će obuhvatiti

- analizu odabranih indikatora odgovarajućim metodama,
- odabir ulaznih i izlaznih promenljivih na osnovu hemometrijskih metoda,
- formiranje skupova podataka,
- preprocesiranje ulaznih i izlaznih podataka,
- arhitekture korišćenih neuronskih mreža,
- parametri treninga (kalibracije) modela,
- statistička analiza performansi modela.

U poglavlju *Rezultati i diskusija* biće prikazani i analizirani podaci dobijeni ispitivanjima i rezultati dobijeni razvijenim ANN modelima kod modelovanja odabranih indikatora kvaliteta životne sredine:

- emisije PM10 čestica na nacionalnom nivou,
- koncentracija PM10 čestica na nacionalnom nivou,

- količine generisanog komunalnog otpada na nacionalnom nivou i
- koncentracije rastvorenog kiseonika u rekama.

Poseban deo diskusije odnosiće se na primenu razvijene ANN metodologije kod modelovanja emisije i/ili koncentracije ostalih zagađujućih materija, a čije se vrednosti koriste kao indikatori kvaliteta životne sredine.

U *Zaključku* će biti sumirani rezultati dobijeni primenom razvijene ANN metodologije kao i relevantni zaključci dobijeni analizom performansi kreiranih modela, uz osvrt na potencijalnu primenu.

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 Davor Antanasijević ispunjava sve potrebne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije. Takođe na osnovu iznetih podataka, Komisija smatra da je tema predložene doktorske disertacije Davora Antanasijevića pod naslovom „Modelovanje parametara kvaliteta životne sredine primenom veštačkih neuronskih mreža“, naučno zasnovana, i predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta da je prihvati sa izmenjenim naslovom: „Modelovanje indikatora kvaliteta životne sredine primenom veštačkih neuronskih mreža“. 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, docent Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Beograd, 14.02.2013. godine

ČLANOVI KOMISIJE:

Dr Viktor Pocajt, docent
Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu

Dr Mirjana Ristić, red. prof.
Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu

Dr Aleksandra Perić-Grujić, van. prof.
Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu

Dr Antonije Onjia, naučni savetnik
INN Vinča