

ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ У БОРУ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације и о одређивању ментора

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

РАЗВОЈ И ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА НУМЕРИЧКОГ МОДЕЛА ЗА ПРЕДИКЦИЈУ ВРЕДНОСТИ ЕКОЛОШКОГ ОТИСКА, ЗАСНОВАНО НА МЕТОДАМА МАШИНСКОГ УЧЕЊА

НАУЧНА ОБЛАСТ: **Инжењерски менаџмент**

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

- Име, име једног од родитеља и презиме кандидата: **Радмила (Љубомир) Јанковић**
- Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм): **Технички факултет у Бору**
- Година завршетка претходног нивоа студија: **2016.**
- Година уписа на докторске студије: **2016.**
- Назив студијског програма докторских студија: **Инжењерски менаџмент**

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: **Проф. др Иван Михајловић**

Звање: **редовни професор, Технички факултет у Бору, Универзитет у Београду**

За кандидата: **Радмила Јанковић**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Savic, M., Djordjevic, P., Milosevic, I., Mihajlovic, I., Zivkovic, Z. Assessment of the ISO 9001 functioning on an example of relations with suppliers development: empirical study for transitional economy conditions (2017) Total Quality Management and Business Excellence, 28 (11-12), pp. 1285-1306. IF 2016: 1.368 (M23).
2. Živković, Ž., Nikolić, D., Djordjević, P., Mihajlović, I., Savić, M. Analytical network process in the framework of SWOT analysis for strategic decision making (Case study: Technical faculty in Bor, University of Belgrade, Serbia) (2015) Acta Polytechnica Hungarica, 12 (7), pp. 199-216. IF 2015: 0.544 (M23)
3. Milijić, N., Mihajlović, I., Nikolić, D., Živković, T. Multicriteria analysis of safety climate measurements at workplaces in production industries in Serbia (2014) International Journal of Industrial Ergonomics, 44 (4), pp. 510-519. IF 2014: 1.366 (M22)
4. Milijic, N., Mihajlovic, I., Strbac, N., Zivkovic, Z. Developing a questionnaire for measuring safety climate in the workplace in Serbia (2013) International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 19 (4), pp. 631-645. IF: 2013: 0.595 (M23)
5. Arsić, M., Nikolić, D., Živković, Z., Urošević, S., Mihajlović, I. The effect of TQM on employee loyalty in transition economy, Serbia (2012) Total Quality Management and Business Excellence, 23 (5-6), pp. 719-729. IF 2012: 0.894 (M23)

Обавештавамо вас да је **НАСТАВНО-НАУЧНО ВЕЋЕ ТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БОРУ** на седници одржаној **14.11.2019.** размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Нада Штрбац

- Прилог
1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
 2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-2-9
Бор, 15. 11. 2019. године

На основу чл. 49. Статута Техничког факултета у Бору и чл. 35. Правилника о докторским студијама на Техничком факултету у Бору, Наставно-научно веће Факултета, на седници одржаној 14. 11. 2019. године, донело је

О Д Л У К У

I Прихвата се предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације кандидата **Радмиле Јанковић**, мастер инж. менаџмента, студента докторских академских студија, студијског програма Инжењерски менаџмент.

II Одобрава се именованој израда докторске дисертације под називом: „Развој и имплементација нумеричког модела за предикцију вредности еколошког отиска, засновано на методама машинског учења“.

III За ментора се именује **др Иван Михајловић**, редовни професор Универзитета у Београду - Техничког факултета у Бору.

IV Одлуку доставити надлежном Већу научне области Универзитета у Београду, ради давања сагласности.

Доставити:

- ВНО Универзитет у Београду
- именованој
- студентској служби
- архиви

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА

декан

Проф. др Нада Штрбац

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU TEHNIČKOG FAKULTETA U BORU
UNIVERZITETA U BEOGRADU**

PREDMET: Izveštaj komisije za ocenu naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije kandidata **MSc Radmile Janković, master inženjera menadžmenta.**

Odlukom Naučno–nastavnog veća Tehničkog fakulteta u Boru, br. VI/4-31-16 od 13.09.2019.godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije kandidata **MSc Radmile Janković** pod nazivom:

„Razvoj i implementacija numeričkog modela za predikciju vrednosti ekološkog otiska, zasnovano na metodama mašinskog učenja“.

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

MSc Radmila Janković, master inženjer menadžmenta, rođena je 16.04.1990. godine u Boru. Srednju Mašinsko-elektrotehničku školu završila je u Boru, na smeru tehničar drumskog saobraćaja. Osnovne studije na Tehničkom fakultetu u Boru, Univerziteta u Beogradu, završila je na smeru inženjerski menadžment, gde je diplomirala 2015. godine uspešno odbranivši diplomski rad pod nazivom: „Uticaj cene bakra na ekonomiju poslovanja TIR-Bor“, kod profesora Radmila Nikolića sa ocenom 10 na diplomskom radu.

Master studije završila je na istom smeru 2016. godine, sa prosečnom ocenom 10.00, odbranivši master rad pod nazivom: „Uticaj izbora CAPTCHÉ u e-poslovanju“ kod profesora Darka Brodića. Doktorske studije je upisala 2016. godine na modulu Inženjerski menadžment i

položila je sve ispite predviđene Nastavnim planom i programom modula sa prosečnom ocenom 10.00.

Od 2017. godine zaposlena je na Matematičkom institutu SANU, gde od 2019. godine radi u zvanju istraživač-saradnik. Trenutno je angažovana na realizaciji projekta Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja pod nazivom: Razvoj novih informaciono-komunikacionih tehnologija korišćenjem naprednih matematičkih metoda, sa primenama u medicini, telekomunikacijama, energetici, zaštiti nacionalne baštine i obrazovanju (III 044006).

1.2. Stečeno naučno-istraživačko iskustvo

Radmila Janković svoje naučno-istraživačko iskustvo stiče radom na Matematičkom institutu SANU u istraživačkom zvanju. Marta 2018. godine bila je predavač po pozivu na seminaru "Decision making – theory, technology and practice" održanom u Nišu, pod temom „Using decision trees for educational data mining“. Maja 2018. godine učestvovala je na manifestaciji Maj mesec matematike, gde je održala radionicu pod nazivom „Kreiranje animacije ekološke piramide upotrebom Java scripta“, dok je maja 2019. godine na istoj manifestaciji održala radionicu za učenike osnovne škole pod nazivom „Određivanje temperature na osnovu geografske širine i dužine“.

Svoje naučno-istraživačko iskustvo stekla je i kao recenzent naučnih radova na sledećim konferencijama i radionicama: (1) Visual Pattern Extraction and Recognition for Cultural Heritage Understanding Workshop (VIPERC2019), (2) 1st Workshop on Machine Learning, Intelligent Systems and Statistical Analysis for Pattern Recognition in Real-life Scenarios (ML-ISAPR 2018), (3) ITSGE: 2018 International Workshop on Immersive Technologies and Serious Gaming for Health Professions Education, (4) 18th International Symposium INFOTEH-JAHORINA, (5) Serbian Journal of Management, (6) 5th Jubilee Virtual International Conference on Science, Technology and Management in Energy, kao i u časopisu International Journal of Computational Intelligence Studies.

Član je organizacionog odbora eNergetics konferencije 2017, 2018, 2019. godine, a bila je i u organizacionom odboru radionice Visual Pattern Extraction and Recognition for Cultural Heritage Understanding Workshop (VIPERC2019) koja je bila održana u sklopu konferencije Italian Research Conference on Digital Libraries. Bila je i ko-predsedavajuća na radionici pod nazivom

1st Workshop on Machine Learning, Intelligent Systems and Statistical Analysis for Pattern Recognition in Real-life Scenarios (ML-ISAPR 2018) koja je bila održana u sklopu 9th International Conference on Information Intelligence Systems Applications jula 2018. Član je uređivačkog odbora studentskog časopisa koji izdaje Tehnički fakultet u Boru, pod nazivom Engineering Management (ISSN: 2466-2860).

Radmila Janković je autor i koautor 25 radova, od čega je 10 radova publikovano u internacionalnim i nacionalnim časopisima i monografijama, a 15 radova na međunarodnim konferencijama.

1.3. Spisak objavljenih i saopštenih radova

1.3.1. Poglavlje u istaknutoj monografiji međunarodnog značaja (M14)

1. Brodić, D., Amelio, A., **Janković, R.**, & Milivojević, Z. N. (2017, November). Analysis of the Reforming Languages by Image-Based Variations of LBP and NBP Operators. In International Workshop on Multi-disciplinary Trends in Artificial Intelligence – MIWAI 2017, LNCS 10607 (ISBN: 978-3-319-69456-6), doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-69456-6_20, (pp. 238-251). Springer, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-69456-6_20
2. Brodić, D., Amelio, A., Draganov, I. R., & **Janković, R.** (2018, September). Exploring the Usability of the Dice CAPTCHA by Advanced Statistical Analysis. In International Conference on Artificial Intelligence: Methodology, Systems, and Applications – AIMS A 2018, LNCS 11089 (ISBN: 978-3-319-99344-7), https://doi.org/10.1007/978-3-319-99344-7_14, (pp. 152-162). Springer, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-99344-7_14
3. Amelio, A., **Janković, R.**, Tanikić, D. & Draganov, I.R. (2019, January). Predicting the Usability of the Dice CAPTCHA via Artificial Neural Network, 15th Italian Research Conference on Digital Libraries –IRCDL2019, CCIS 988 (ISBN: 978-3-030-11225-7), doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-11226-4>, pp. 44-58, Springer, <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-11226-4#toc>

1.3.2. Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu (M21a)

1. Brodić, D., Amelio, A. & **Janković, R.** (2018). Bidimensional Comparison of the Extremely Low Frequency Magnetic Field Ranges of the Laptop Surface, *Applied Soft Computing*, vol. 70, (pp.330-346). [Impact Factor (IF) – 4.858/2018].

1.3.3. Rad u istaknutom međunarodnom časopisu (M22)

1. Brodić, D., Amelio, A., & **Janković, R.** (2018). Exploring the influence of CAPTCHA types to the users response time by statistical analysis. *Multimedia Tools and Applications*, 77(10), 12293-12329. [Impact factor (IF) – 1.876/2018].

2. Amelio, A., Brodic, D., & **Janković, R.** (2018). The Extended-Average Common Submatrix Similarity Measure with Application to Handwritten Character Images. *INFORMATICA*, 29(3), 399-420. [Impact Factor (IF) – 1.775/2018].

3. Amelio, A., Draganov, I. **R.**, **Janković, R.**, & Tanikić, D. (2019). Analysis of Usability for the Dice CAPTCHA. *Information*, 10(7), 221. <https://www.mdpi.com/2078-2489/10/7/221>

1.3.4. Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini (M33)

1. Brodić, D., & **Janković, R.** (2016). Usability analysis of the specific CAPTCHA types. In *International Scientific Conference UNITECH*, Gabrovo, Bulgaria, (pp. 18-19).

2. **Janković, R.** (2016). Cross cultural business communication - sociological and psychological aspects. In *IX International Student Scientific and Practical Conference* (pp. 62-68). Institute of Public and Private Sector Management of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russia.

3. **Janković, R.**, & **Jovkić, J.** (2016). Environmental Awareness in Companies of Eastern Serbia. 6th International symposium on environmental management and material flow management (pp. 183-192). Bor, Serbia: Technical Faculty in Bor.

4. **Janković, R.**, Dobrosavljević, A., Djordjević, M., Cvetković, V., & Kovačević, J. (2017). Science and technology park Bor. In XIII international May conference on strategic management. Bor: Technical faculty Bor. 745-753.
5. Jovkić, J., **Janković, R.**, & Jovanović, I. (2017, November). A Comparative Study of Environmental Awareness of Residents and Companies in Bor District. In 7th International Symposium on Environmental Management and Material Flow Management. Bor, Serbia. 147-157
6. **Janković, R.**, & Brodić, D. (2017, November). Analysis of Mobile Banking in East Serbia. In International Scientific Conference UNITECH. Gabrovo, Bulgaria.
7. **Janković, R.** (2017, October). Forecasting Energy Consumption in Serbia using ARIMA model. In 3rd Virtual International Conference on Science, Technology and Management in Energy. Serbia.
8. **Janković, R.** & Amelio, A. (2018, October). Comparing Multilayer Perceptron and Multiple Regression models for Predicting Energy Use in the Balkans. In 4th Virtual International Conference on Science, Technology and Management in Energy. Serbia
9. Amelio, L., **Janković, R.** & Amelio A. (2018, July). A New Dissimilarity Measure for Clustering with Application to Dermoscopic Images. In International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications, 1st Workshop on Machine Learning, Intelligent Systems and Statistical Analysis for Pattern Recognition in Real-life Scenarios, Zakynthos, Greece.
10. Brodić, D., Amelio, A., & **Janković, R.** (2018, May). Comparison of different classification techniques in predicting a university course final grade. In 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO) (pp. 1382-1387). IEEE.

11. **Janković R.** & Amelio, A. (2018). Usability of Puzzle and Gesture-based CAPTCHAs on Smartphones via Statistical Analysis. In International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications, 1st Workshop on Machine Learning, Intelligent Systems and Statistical Analysis for Pattern Recognition in Real-life Scenarios, Zakynthos, Greece.
12. **Janković, R.** & Mihajlović, I. (2018) Development and implementation of the numerical model for predicting the values of the ecological footprint, based on the Monte Carlo methodology. In FIKUSZ Symposium for Young Researchers, Budapest. Hungary.
13. **Janković, R.** (2019, January), Classifying Cultural Heritage Images by using Decision Tree Classifiers in WEKA, 15th Italian Research Conference on Digital Libraries, Visual Pattern Extraction and Recognition for Cultural Heritage Understanding Workshop (VIPERC2019), Pisa, Italy.
14. **Janković, R.**, Ćosović, M., & Amelio, A. (2019, March). Time Series Prediction of Air Pollutants: A Case Study for Serbia, Bosnia and Herzegovina and Italy. In 2019 18th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH) (pp. 1-6). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8717778/>
15. **Janković, R.**, Amelio, A., & Ranjha, Z. A. (2019, February). Classification of Energy Consumption in the Balkans using Ensemble Learning Methods. In 2019 2nd International Conference on Advancements in Computational Sciences (ICACS) (pp. 1-8). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8689000>

1.3.5. Rad u Rad u časopisu nacionalnog značaja (M52)

1. Brodić, D., Petrovska, S., **Janković, R.**, & Amelio, A. D. (2017, April). User-centric analysis of the CAPTCHA response time: A new perspective in artificial intelligence. ERCIM News, pp. 49-50.

2. Amelio, A., Brodić, D., Petrovska, S., & **Janković, R.** (2018). The CAPTCHA Samples Website. ERCIM NEWS, (112), 40-40.
3. Amelio, A., Amelio, L., & **Janković, R.** (2019). New Directions for Recognizing Visual Patterns in Medical Imaging. ERCIM NEWS, (118), 13-14.

1.4. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu uvida u biografske podatke, podatke o master radu, iznetih podataka o dosadašnjem radu, objavljenim radovima i ostvarenog iskustva kandidata, Komisija je ustanovila da, kandidat MSc Radmila Janković, ima naučno–stručnu usmerenost u oblasti kojoj pripada predložena tema disertacije te se ocenjuje podobnom za rad na datoj temi. Komisija zaključuje da, kandidat MSc Radmila Janković, poseduje sve potrebne kvalifikacije i ispunjava formalne uslove za odobravanje izrade doktorske disertacije i da može da pristupi obradi predložene teme na zahtevanom nivou.

2. Predmet i cilj istraživanja

2.1. Predmet istraživanja

Trenutno, sve države širom sveta moraju učestvovati u pronalaženju rešenja za probleme životne sredine, naročito one koji direktno utiču na klimatske promene. Jedan od načina da se odredi održivost planete Zemlje jeste preko izučavanja ekološkog otiska.

Ekološki otisak predstavlja otisak čovečanstva na planetu, odnosno količinu prirodnih resursa koja je čovečanstvu potrebna za obavljanje svakodnevnih aktivnosti. Njegova suština zasniva se na tome koliko ljudske aktivnosti opterećuju životnu sredinu i crpe njene resurse. Osnovna ideja iza koncepta ekološkog otiska jeste da i sama planeta ima ograničenu količinu resursa koji bi se neminovno, u nekom trenutku, mogli iscrpeti, jer potrošnja resursa često daleko premašuje sposonost Zemlje da iste obnovi.

Važnost ekološkog otiska se ogleda u njegovoj svestranosti - svaka ljudska aktivnost ostavlja određeni ekološki otisak na okolinu. U tom smislu, ekološki otisak se može okarakterisati kao element potražnje i iskorišćenja prirodnih resursa, odnosno posledica koje to iskorišćenje ostavlja

na životnu sredinu. Iako bitan, ekološki otisak nije jedini element koji se treba razmatrati. Naime, da bi se potrošili prirodni resursi, oni se najpre moraju proizvesti od strane planete. Raspoloživi prirodni resursi predstavljaju biokapacitet, odnosno biološki produktivnu površinu, i mogu se direktno porediti sa ekološkim otiskom.

Sve ljudske aktivnosti ostavljaju određeni otisak na životnu sredinu. Od transporta do proizvodnje hrane, svaka aktivnost troši određenu količinu prirodnih resursa, odnosno biokapaciteta planete. Pored toga, mnogi prirodni resursi se neosnovano iscrpljuju, pa se tako javlja problem deforestacije, kao i zagađenje vazduha zbog prevelikih količina ugljen-dioksida (CO₂).

Energija predstavlja osnovnu komponentu funkcionisanja svih sistema, a njena potrošnja direktno je uslovljena ljudskim potrebama. U tom smislu, ne može se govoriti o održivom razvoju, a da se ne obrati pažnja na proizvodnju i potrošnju energije. Obzirom da se energija proizvodi iz prirodnih resursa, njena veza sa ekološkim otiskom je vrlo posledična; iskorišćenje prirodnih resursa za proizvodnju energije smanjuje raspoloživi biokapacitet, istovremeno povećavajući ekološki otisak. Dodatno, proizvodnja energije, naročito iz fosilnih goriva, povećava emisije ugljen-dioksida, koji se zatim akumulira u atmosferi povećavajući vrednosti ekološkog otiska. Kako je proizvodnja energije najviše zasnovana na fosilnim gorivima, a time njena potrošnja biva uslovljena, nameće se potreba za racionalnijim korišćenjem energetske izvora i njihovom zamenom obnovljivim izvorima energije. U tom smislu, efekti proizvodnje i potrošnje energije se mogu posmatrati i analizirati sa aspekta ekološkog otiska, kako bi se stekao uvid u dostupnost energije i njenih količina.

Gotovo sve ljudske aktivnosti zahtevaju trošenje nekog vida energije, zbog čega su energetske vrednosti i uzete kao jedan od najznačajnijih parametara ovog istraživanja. U tom smislu, mogu se sagledati globalne vrednosti primarne energetske potrošnje za period od 1972. godine do danas, na osnovu čega je primetan kontinuirani rastući trend za sve energetske izvore osim za nuklearne, za koje je primetan blagi pad tokom perioda od 2008. do 2011. godine, a zatim ponovni rast potrošnje energije iz ovih izvora. Tokom posmatranog perioda, ljudske aktivnosti su bile fokusirane na trošenje energije iz fosilnih goriva, dok su obnovljivi izvori ušli u veću upotrebu tek skorijih godina. Srazmerno porastu potrošnje energije iz fosilnih goriva porasle su i vrednosti ukupnog ekološkog otiska potrošnje, te se i ovde primećuje izraziti linearni trend rasta.

Industriju 4.0 karakteriše trošenje velikih količina energije koje iscrpljuju prirodni kapacitet planete. Zbog toga je racionalno raspolaganje prirodnim resursima neophodno, a samim tim neophodno je i predvideti buduće vrednosti ekološkog otiska. Adekvatan model predviđanja ekološkog otiska bi dalje mogao da se primeni od strane državnih i privatnih agencija u cilju projektovanja budućih planova iskorišćenja prirodnih resursa.

Istraživanje, koje je planirano u okviru ove doktorske disertacije, će se bazirati na analizi uticaja različitih faktora na ukupan ekološki otisak potrošnje. Konkretno, analizom će biti obuhvaćeni ulazni podaci koji se odnose na veličinu populacije i primarnu energetska potrošnju iz više različitih izvora i to: (1) uglja, (2) nafte, (3) nuklearnih izvora, (4) prirodnog gasa, (5) vetra, (6) solarnih izvora, (7) hidro izvora, i (8) drugih obnovljivih izvora. Kao izlazna varijabla biće predstavljen ekološki otisak potrošnje. Važnost ovog istraživanja ogleda se u činjenici da iscrpljivanje prirodnih resursa trajno šteti čovečanstvu i planeti, pa je neophodno njihovo racionalno planiranje i korišćenje kako bi se očuvala adekvatna količina ekoloških rezervi.

2.2. Ciljevi istraživanja

Cilj istraživanja, koje će se sprovesti tokom izrade ove disertacije, je da se objasni kako određeni faktori utiču na ukupni ekološki otisak potrošnje, te da li se na osnovu tih faktora može izvršiti pouzdano predviđanje ekološkog otiska. Ekološki otisak je racio potreba čovečanstva za prirodnim resursima i potrošnje tih resursa. Veći ekološki otisak ujedno ukazuje i na veću potrošnju prirodnih resursa. Značaj analize ekološkog otiska je u tome što on ukazuje i na brzinu trošenja prirodnih resursa, jer priroda ne može istim tempom da nadoknadi ono što je čovečanstvo potrošilo relativno brzo.

Cilj navedenog istraživanja je i sačinjavanje pouzdanih modela predviđanja vrednosti ukupnog ekološkog otiska, uz sastavljanje grafičkog korisničkog interfejsa za olakšanu kalkulaciju. Takvi modeli se mogu implementirati u okviru mnogih aspekata, od industrije gde se mogu koristiti za predviđanje ekološkog otiska neke grane industrije, regiona ili kompanije, a na osnovu izabranih parametara, do informacionih tehnologija gde se u domenu veštačke inteligencije ovakvi modeli mogu koristiti za programiranje sistema merenja i podsticanja održivog razvoja. S obzirom da iscrpljivanje prirodnih resursa i emisija ugljen-dioksida direktno doprinosi pogoršanju klimatskih

promena, neophodno je znati buduće vrednosti ekološkog otiska kako bi se na vreme donele određene mere očuvanja životne sredine.

2.3. Najznačajnija naučna literatura korišćena za definisanje teme disertacije

Polazna literatura koja se odnosi na predmet istraživanja obuhvata literaturu koja proučava ekološki otisak i uticaj različitih demografskih i energetske faktora na ekološki otisak, kao i predviđanje ekološkog otiska korišćenjem različitih metoda:

- Bello, M. O., Solarin, S. A., & Yen, Y. Y. (2018). The impact of electricity consumption on CO₂ emission, carbon footprint, water footprint and ecological footprint: The role of hydropower in an emerging economy. *Journal of environmental management*, 219, 218-230.
- Borucke, M., et al. (2013). Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: The National Footprint Accounts' underlying methodology and framework. *Ecological indicators*, 24, 518-533.
- Chen, S. T., & Chang, H. T. (2016). Factors that affect the ecological footprint depending on the different income levels. *AIMS Energy*, 4(4), 557-573.
- Collins, A., Galli, A., Patrizi, N., & Pulselli, F. M. (2018). Learning and teaching sustainability: The contribution of Ecological Footprint calculators. *Journal of Cleaner Production*, 174, 1000-1010.
- Destek, M. A., Ulucak, R., & Dogan, E. (2018). Analyzing the environmental Kuznets curve for the EU countries: the role of ecological footprint. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(29), 29387-29396.
- Fan, Y., Qiao, Q., Xian, C., Xiao, Y., & Fang, L. (2017). A modified ecological footprint method to evaluate environmental impacts of industrial parks. *Resources, Conservation and Recycling*, 125, 293-299.
- Fang, K., Zhang, Q., Yu, H., Wang, Y., Dong, L., & Shi, L. (2018). Sustainability of the use of natural capital in a city: Measuring the size and depth of urban ecological and water footprints. *Science of the Total Environment*, 631, 476-484.
- Ferguson, A. R. (1999). The logical foundations of ecological footprints. *Environment, Development and Sustainability*, 1(2), 149-156.

- Galli, A., Wiedmann, T., Ercin, E., Knoblauch, D., Ewing, B., & Giljum, S. (2012). Integrating ecological, carbon and water footprint into a “footprint family” of indicators: definition and role in tracking human pressure on the planet. *Ecological indicators*, 16, 100-112.
- Ghita, S., Saseanu, A., Gogonea, R. M., & Huidumac-Petrescu, C. E. (2018). Perspectives of ecological footprint in European context under the impact of information society and sustainable development. *Sustainability*, 10(9), 3224.
- Kitzes, J., Galli, A., Bagliani, M., Barrett, J., Dige, G., Ede, S., ... & Jolia-Ferrier, L. (2009). A research agenda for improving national Ecological Footprint accounts. *Ecological Economics*, 68(7), 1991-2007.
- Liu, L., & Lei, Y. (2018). An accurate ecological footprint analysis and prediction for Beijing based on SVM model. *Ecological Informatics*, 44, 33-42.
- Monfreda, C., Wackernagel, M., & Deumling, D. (2004). Establishing national natural capital accounts based on detailed ecological footprint and biological capacity assessments. *Land use policy*, 21(3), 231-246.
- Mostafa, M. M. (2010). A Bayesian approach to analyzing the ecological footprint of 140 nations. *Ecological Indicators*, 10(4), 808-817.
- Moyer, M., & Storrs, C. (2010). How Much Is Left? The Limits of Earth's Resources. *Scientific American*
- Piciu, G.C. (2013). Ecological Footprint from the sustainability perspective. *Sci. Pap.*, 13(3), 197-206.
- Rees, W. E. (1992). Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment and urbanization*, 4(2), 121-130.
- Rudolph, A., & Figge, L. (2017). Determinants of Ecological Footprints: What is the role of globalization?. *Ecological Indicators*, 81, 348-361.
- Uddin, G. A., Alam, K., & Gow, J. (2016). Does ecological footprint impede economic growth? An empirical analysis based on the environmental Kuznets curve hypothesis. *Australian Economic Papers*, 55(3), 301-316.
- Wackernagel et al. (1999). National natural capital accounting with the ecological footprint concept. *Ecological economics*, 29(3), 375-390.

- Wackernagel et al. (2002). Tracking the ecological overshoot of the human economy. Proceedings of the national Academy of Sciences, 99(14), 9266-9271.
- Wang, Z., Yang, L., Yin, J., & Zhang, B. (2018). Assessment and prediction of environmental sustainability in China based on a modified ecological footprint model. Resources, Conservation and Recycling, 132, 301-313.
- Wiedmann, T., & Barrett, J. (2010). A review of the ecological footprint indicator—perceptions and methods. Sustainability, 2(6), 1645-1693.
- Zhao, S., Li, Z., & Li, W. (2005). A modified method of ecological footprint calculation and its application. Ecological Modelling, 185(1), 65-75.

Pri definisanju teme korišćeni su naučni radovi i aktuelne, relevantne naučne publikacije štampane od strane vodećih svetskih izdavača. Pored toga, korišćene su i dostupne elektronske baze i web – orijentisane platforme kao što su:

1. Global Footprint Network - <https://www.footprintnetwork.org/>
2. World Bank Open Data - <https://data.worldbank.org/>
3. BP Statistical Review of World Energy - <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>

3. Polazne hipoteze

Polazne hipoteze uz pomoć kojih je definisan predmet ovog istraživanja, formulisane su nakon opsežne analize literature koja se odnosi na ovu oblast. Polazna pretpostavka je da populacioni i energetske faktori utiču na ukupan ekološki otisak potrošnje. U skladu sa ovim, definisane su početne hipoteze na kojima se zasniva dalja analiza.

Osnovna hipoteza, proistekla iz već izloženog teorijsko-hipotetičkog okvira, formulisana je na sledeći način:

H0: Moguće je razviti numerički model predviđanja vrednosti ekološkog otiska korišćenjem metoda mašinskog učenja, a na osnovu populacionih i energetske parametara.

Pomoćne hipoteze mogu biti definisane na sledeći način:

H1: Sa rastom energetske potrošnje iz fosilnih izvora, raste i ekološki otisak potrošnje.

H2: Sa rastom energetske potrošnje iz obnovljivih izvora energije, ekološki otisak potrošnje se smanjuje.

4. Naučne metode istraživanja

Prilikom izrade ove doktorske disertacije korišćene su različite naučne metode istraživanja u cilju što adekvatnijeg, pouzdanijeg i objektivnijeg odgovora na postavljene istraživačke hipoteze. U tom smislu, istraživački proces obuhvatao je nekoliko faza:

1. Prikupljanje i sagledavanje dosadašnjih istraživanja iz dostupne literature
2. Postavljanje teoretskog opsega istraživanja
3. Prikupljanje raspoloživih podataka o vrednostima ekološkog otiska
4. Preliminarna analiza podataka
5. Izrada modela predviđanja
6. Implementacija odabranog modela predviđanja u grafički korisnički interfejs
7. Proces zaključivanja

Prikupljanje i sagledavanje dosadašnjih istraživanja iz dostupne literature izvršeno je korišćenjem Kobson repozitorijuma i Google Scholar veb sajta. Naredni korak baziraće se na analitičkom pristupu koji će za ishod imati postavljanje konačnog teoretskog opsega istraživanja, nakon čega će biti izvršeno prikupljanje dostupnih podataka iz raspoloživih baza. U cilju preliminarne analize, biće izvršena deskriptivna statistička analiza, nakon čega će se pristupiti analizi korelacije podataka kako bi se analizirali odnosi između energetske potrošnje i ekološkog otiska potrošnje. Za izradu modela predviđanja, biće korišćene metode mašinskog učenja i to: metoda višestruke linearne regresije, metoda Random Forest i metoda veštačkih neuronskih mreža.

Pre nego što će biti izvršena modelovanja, biće urađena standardizacija podataka pri čemu će srednje vrednosti biti dovedene na nulu, dok će standardna devijacija iznositi 1.

5. Očekivani naučni doprinos

Očekivani naučni, ali i društveni, doprinos ovog rada ogledaće se u sledećem:

1. Biće analiziran ekološki otisak sa aspekta uticaja koji na njega imaju populacioni i energetske faktori. Ovakva analiza mogla bi koristiti istraživačima, agencijama i organizacijama kako bi stekle uvid u mogućnosti koje imaju kada je reč o očuvanju prirodnih resursa i smanjenju negativnog uticaja na ekološki sistem planete.
2. Izvršiće se predviđanje ekološkog otiska potrošnje u zavisnosti od populacionih i energetskih faktora, te će ovakva analiza imati za rezultat originalni model predviđanja koji široj naučnoj javnosti i donosiocima odluka može koristiti prilikom budućih predikcija ovih parametara.
3. Unapređenje modela predviđanja ekološkog otiska primenom metoda mašinskog učenja, a na osnovu uticajnih parametara.
4. Direktna implementacija modela u domen veštačke inteligencije, te mogućnost nadgradnje modela uvođenjem novih parametara, korišćenjem metoda regresije i veštačkih neuronskih mreža.
5. Praktična primenjivost dobijenih modela predviđanja – od njihove direktne aplikacije u naučno istraživačke svrhe, preko praktične primene u industriji, do upotrebe u domenu informacionih tehnologija.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Plan istraživanja i rada na disertaciji se sastoji od nekoliko faza:

Faza 1: prikupljanje i analiza literaturnih podataka:

1. Proučavanje relevantne literature, sa fokusom na skorije publikacije;
2. Definisane konačnog teoretskog opsega istraživanja i postavljanje preliminarne istraživačkih pitanja;

Faza 2: istraživanje:

1. Pribavljanje podataka sa web-sajtova svetskih agencija i organizacija, u cilju pronalazjenja polaznih podataka za numeričku analizu u cilju dobijanja odgovora na postavljeno istraživačko pitanje;

Faza 3: numerička analiza i modelovanje:

1. Preliminarna obrada podataka koja uključuje njihovo grupisanje u jedinstvenu bazu podataka i priprema podataka u odgovarajućoj formi za unos u Python, softver koji će biti korišćen prilikom analize podataka i modelovanja;
2. Obrada podataka putem deskriptivne analize;
3. Proučavanje korelacije između parametara;
4. Standardizacija podataka;
5. Razvoj modela višestruke linearne regresije;
6. Razvoj modela veštačkih neuronskih mreža;
7. Razvoj Random forest regresionog modela
8. Testiranje svih modela na novom setu podataka;
9. Analiza dobijenih rezultata i upoređivanje tačnosti modela;
10. Odabir najboljeg modela i njegova implementacija u okviru grafičkog korisničkog interfejsa
11. Diskusija rezultata i zaključak.

Predviđa se da će struktura rada obuhvatati sledeća poglavlja:

1. Uvod
2. Ekološki otisak – pojam i definisanje
3. Faktori od uticaja na ekološki otisak
4. Literaturni pregled
5. Podaci i metodologija
6. Rezultati
7. Diskusija
8. Zaključak

Moguće su manje modifikacije u skladu sa dobijenim rezultatima.

7. Zaključak i predlog

Na osnovu analize prijave predložene teme doktorske disertacije, Komisija za ocenu ispunjenosti uslova kandidata i naučne zasnovanosti teme, zaključuje da kandidat Radmila Janković ispunjava sve zakonske i suštinske uslove za izradu predložene doktorske disertacije. Svoje mišljenje zasnivamo na tome što je 2016. godine odbranila master rad na Tehničkom fakultetu u Boru i potom upisala doktorske studije na Tehničkom fakultetu u Boru, Univerziteta u Beogradu. Takođe, na osnovu sadržine do sada saopštenih i publikovanih radova, kandidat je dokazala da je osposobljena da samostalno radi na ovako definisanoj temi. Predložena tema po predmetu istraživanja, ciljevima, sadržaju i očekivanim naučnim doprinosima, predstavlja značajno područje istraživanja i kao takva može biti predmet doktorske disertacije.

Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehničkog fakulteta u Boru da se kandidatu Radmili Janković odobri izrada doktorske disertacije pod nazivom: „**Razvoj i implementacija numeričkog modela za predikciju vrednosti ekološkog otiska, zasnovano na metodama mašinskog učenja**“. Takođe, Komisija predlaže da se za mentora imenuje Prof. Dr Ivan Mihajlović, redovni profesor Tehničkog fakulteta u Boru, koji ispunjava sve Zakonom predviđene uslove (veći broj radova u časopisima sa SCI liste).

U Boru, oktobar 2019.

Komisija:

1. Prof. dr Đorđe Nikolić, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru

2. Prof. dr Predrag Đorđević, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru

3. dr Lazar Velimirović, naučni saradnik
Matematički institut SANU
