ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ ФАКУЛТЕТ

Образац 2

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

35/254
(Број захтева)
10.08.2018.
(датум)

(назив већа научне области коме се захтев упућује)

Београд, Студентски трг бр. 1

ЗАХТЕВ
за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тачка 4. Статута Универзитету у Београду ("Гласник Универзитета у Београду" број 162/11, пречишћен текст, 167/12, 172/13 и 178/14), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

ВЛАДИМИРА (Милосав) АДАМОВИЋА, дипломираног инжењера технологије

КАНДИДАТ: **ВЛАДИМИР (Милосав) АДАМОВИЋ** пријавио је докторску дисертацију под називом:

„Предвиђање индикатора за управљање чврстим отпадом на националном нивоу применом вештачких неуронских мрежа"

Из научне области: **ИНЖЕЊЕРСТВО ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ**

Универзитет је дана **25.09.2017.** године, својим актом **61206-3760/2-17,** дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

„Предвиђање индикатора за управљање чврстим отпадом на националном нивоу применом вештачких неуронских мрежа"

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **ВЛАДИМИРА (Милосав) АДАМОВИЋА**, образована је на седници Наставно-научног већа одржаној **31.05.2018.** године Одлуком Факултета под бр. **35/201,** у саставу:

Име и презиме	Звање	Научна област
1. Др Виктор Поцајт	**Ванредни професор**	**Инжењерство заштите животне средине**
2. Др Мирјана Ристић	**Редовни професор**	**Инжењерство заштите животне средине**
3. Др Александра Перић-Грујић	**Ванредни професор**	**Контрола квалитета**
4. Др Давор Антанасијевић	**Научни сарадник**	**Хемијско инжењерство**
5. Др Александар Ћосовић	**Научни сарадник**	**Хемијско инжењерство**

Студен је поновно уписан на докторске студије шк. 2014/2015. године, након истека рока за завршетак студија, уписом на трећу годину студија. На захтев студента и уз сагласност ментора декан је донео Решење број 05-10/34 од 24.09.2016. године којим му је одобрено продужење рока за завршетак студија за два семестра школске 2016/2017. године. На захтев студента и уз предлог ментора Наставно-научно веће је на седници одржаној 21.09.2017. године донело Одлуку број 35/360 о одобрењу продужења рока за завршетак студија за још годину дана шк. 2017/2018. године.

.

Наставно-научно веће Факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **06.07.2018.** године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ДIV

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 104. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 40. Статута ТМФ-а и чл. 49. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 06.07.2018. године, донета је

О Д Л У К А
о прихватању Реферата о оцени докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије у саставу: др Виктор Поцајт, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Мирјана Ристић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Александра Перић-Грујић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Давор Антанасијевић, научни сарадник Иновационог центра Технолошко-металуршког факултета, др Александар Ћосовић, научни сарадник Центра за чистију производњу Технолошко-металуршког факултета у Београду, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: **„Предвиђање индикатора за управљање чврстим отпадом на националном нивоу применом вештачких неуронских мрежа“** коју је поднео **Владимир Адамовић,** дипломирани инжењер технологије и упућује се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације Владимира Адамовића, под називом **„Предвиђање индикатора за управљање чврстим отпадом на националном нивоу применом вештачких неуронских мрежа“** Одлуком број: 61206-3760/2-17 од 25.09.2017. године.

Верификација научних доприноса:

Категорија М21:

1. **Vladimir M. Adamović**, Davor Z. Antanasijević, Mirjana Đ. Ristić, Aleksandra A. Perić-Grujić, Viktor V. Pocajt (2017), Prediction of municipal solid waste generation using artificial neural network approach enhanced by structural break analysis, Environmental Science and Pollution Research, 24(1) 112–119. doi: 10.1007/s11356-016-7767-x (IF=2.760) http://link.springer.com/article/ 10.1007/s11356-016-7767-x#enumeration

Категорија М23:

1. **Vladimir M. Adamović**, Davor Z. Antanasijević, Mirjana Đ. Ristić, Aleksandra A. Perić-Grujić, Viktor V. Pocajt (2018), An optimized artificial neural network model for the prediction of rate of hazardous chemical and healthecare waste generation at the national level, Journal of Materiala Cycles and Waste Management, doi: 10.1007/s10163-018-0741-6(IF=1.604) http://dx.doi.org/10.1007/s10163-018-0741-6

Докторска дисертација и реферат о оцени докторске дисертације достављају се на увид јавности, а по истеку рока од 30 дана, на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, ментору, Служби за наставно-студентске послове, Библиотеци и Архиви факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

UNIVERZITET U BEOGRADU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKI FAKULTET

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata **Vladimira Adamovića**, dipl. inž. tehnologije.

Odlukom br. 35/201 od 31.05.2018. godine, imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata Vladimira Adamovića, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom:

„PREDVIĐANJE INDIKATORA ZA UPRAVLJANJE ČVRSTIM OTPADOM NA NACIONALNOM NIVOU PRIMENOM VEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA"

Posle pregleda dostavljene Disertacije i drugih pratećih materijala i razgovora sa Kandidatom, Komisija je sačinila sledeći

REFERAT

1. UVOD

1.1 Hronologija odobravanja i izrade disertacije

Školske 2007/2008. godine kandidat Vladimir Adamović, dipl. inž. tehnologije je upisao doktorske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu na smeru Inženjerstvo zaštite životne sredine.

Školske 2014/2015. godine kandidat Vladimir Adamović, dipl. inž. tehnologije, ponovo je upisan na III godinu doktorskih studija uz priznavanje svih položenih ispita.

24.09.2016. godine - Kandidatu Vladimiru Adamoviću, Rešenjem broj 05-10/34, produžen je rok za završetak studija za dva semestra.

22.06.2017. godine – Kandidat Vladimir Adamović, dipl. inž. tehnologije, predložio je temu doktorske disertacije pod nazivom: „Predviđanje indikatora za upravljanje čvrstim otpadom na nacionalnom nivou primenom veštačkih neuronskih mreža".

06.07.2017. godine – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu doneta je Odluka br. 35/240 o imenovanju Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Vladimira Adamovića, dipl. inž. tehnologije, za izradu doktorske disertacije pod nazivom: „Predviđanje indikatora za upravljanje čvrstim otpadom na nacionalnom nivou primenom veštačkih neuronskih mreža".

21.09.2017. godine – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu doneta je Odluka br. 35/272 o prihvatanju Referata Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata i odobravanju izrade doktorske disertacije Vladimira Adamovića, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom: „Predviđanje indikatora za upravljanje čvrstim otpadom na

nacionalnom nivou primenom veštačkih neuronskih mreža“, a za mentora ove doktorske disertacije imenovan je dr Viktor Pocajt, vanredni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

21.09.2017. godine - Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta doneta je Odluka br. 35/360 kojom je produžen rok za završetak doktorskih studija kandidata Vladimira Adamovića za još godinu dana, školske 2017/2018. godine.

25.09.2017. godine – Na sednici Veća naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, Odlukom br. 61206-3760/2-17, data je saglasnost na predlog teme doktorske disertacije Vladimira Adamovića, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom: „Predviđanje indikatora za upravljanje čvrstim otpadom na nacionalnom nivou primenom veštačkih neuronskih mreža“.

31.05.2018. godine – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu doneta je Odluka br. 35/201 o imenovanju članova Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije Vladimira Adamovića, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom: „Predviđanje indikatora za upravljanje čvrstim otpadom na nacionalnom nivou primenom veštačkih neuronskih mreža“.

1.2 Naučna oblast disertacije

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Tehničko-tehnološke nauke, uža naučna oblast Inženjerstvo zaštite životne sredine, za koju je matičan Tehnološko-metalurški fakultet, Univerziteta u Beogradu. Za mentora ove doktorske disertacije imenovan je dr Viktor Pocajt, vanredni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, koji je do sada publikovao 25 radova iz ove oblasti, bio je mentor dve odbranjene doktorske disertacije, kao i član komisije pet odbranjenih magistarskih teza i tri odbranjene doktorske disertacije. Na osnovu dosadašnjih rezultata, smatramo da je mentor bio kompetentan da rukovodi izradom ove doktorske disertacije.

1.3 Biografski podaci o kandidatu

Vladimir (Milosav) Adamović je rođen 06.07.1969. godine u Zemunu. Završio je I Beogradsku gimnaziju 1988. godine, a 1989. godine je upisao Tehnološko–metalurški fakultet u Beogradu. Diplomirao je 2000. godine na Katedri za organsku hemijsku tehnologiju i polimerno inženjerstvo, mentor prof. dr Ivanka Popović, na temu “Kinetika polimerizacije monoetilitakonata u metanolu kao rastvaraču“.

Postdiplomske studije je upisao 2002. godine na Alternativnoj akademskoj obrazovnoj mreži – program “Životna sredina – izazov za nauku, tehnologiju i društvo”. 2003. godine je odbranio završni rad kod prof. dr Željka Grbavčića na temu “Emisija čestica – uzorkovanje i mogućnosti za njihovo uklanjanje” sa ocenom A – 10 (deset) i prosečnom ocenom 9,75, čime je stekao pravo na stipendiju koju dodeljuje *WUS Austria - World University Service*.

Školske 2007/2008 je upisao doktorske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu, Univerziteta u Beogradu, studijski program Inženjerstvo za zaštitu životne sredine.

Zaposlen je u Institutu za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina (ITNMS), Beograd od 01.02.2002. godine u zvanju istraživač-pripravnik, a u zvanje istraživač saradnik je izabran 2008. godine.

Vladimir Adamović je 2004. godine položio stručni ispit iz oblasti tehnologije, a od 2007. godine poseduje Licencu odgovornog projektanta tehnoloških procesa (br. 371 E179 06) koju, na osnovu Zakona o planiranju i izgradnji, izdaje Inženjerska komora Srbije. Kao odgovorni projektant učestvovao je na izradi više idejnih i glavnih projekata, kao i na izradi više od deset studija o proceni uticaja projekta na životnu sredinu.

Od 2009. godine je UNIDO (*United Nations Industrial Development Organiztion* - Organizacija Ujedinjenih nacija za industrijski razvoj) sertifikovani konsultant za čistiju proizvodnju. Kao nacionalni ekspert, od 2015. do 2017. godine je bio angažovan na projektu „Implementacija IPPC/IE direktive u postrojenjima za intenzivan uzgoj živine i svinja“, a od aprila 2018. godine angažovan je na projektu „Implementacija Direktive o industrijskim emisijama u Srbiji“, kojima rukovodi Centar za čistiju proizvodnju Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu.

Od 2008. godine je nezavisni stručnjak Tehničke komisije za ocenu studija o proceni uticaja na životnu sredinu, a od 2016. godine i nezavisni stručnjak Tehničke komisije za ocenu uslova utvrđenih u nacrtu integrisane dozvole, pri Ministarstvu poljoprivrede i zaštite životne sredine.

Od 2005. godine do danas angažovan je na sledećim projektima Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj:

- Tehničko-tehnološka rešenja u razvoju čistijih tehnologija kao osnova strategije održivog industrijskog razvoja - Projekat tehnološkog razvoja TR 6707 (2005 - 2007);
- Rekultivacija deponije isplake i mogućnost remedijacije i bioremedijacije zemljišta, otpadnih voda i teških taloga akcidentno i incidentno kontaminiranih naftom i njenim derivatima - Top-down projekat TD 7032 (2005 - 2007);
- Razvoj postupaka, metoda i materijala za prečišćavanje otpadnih industrijskih gasnih tokova i praćenje uticaja na životnu sredinu - Projekat tehnološkog razvoja TR 21020 (2008 - 2010);
- Primena modernih tehničko-tehnoloških rešenja zaštite životne sredine u postojećim proizvodnim sistemima rudnika bakra Bor i rudnika bakra Majdanpek - Projekat tehnološkog razvoja TR 33007 (2011 -);
- Razvoj tehnoloških postupaka livenja pod uticajem elektromagnetnog polja i tehnologija plastične prerade u toplom stanju čvorokomponentnih legura Al-Zn za specijalne namene - Projekat tehnološkog razvoja TR 34002 (2011 -).

Govori engleski jezik.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1 Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija Vladimira Adamovića pod naslovom „Predviđanje indikatora za upravljanje čvrstim otpadom na nacionalnom nivou primenom veštačkih neuronskih mreža ” napisana je na 144 numerisane strane, sadrži 23 slike, 25 tabela i 188 literaturnih navoda. Tekst disertacije obuhvata sledeća poglavlja: Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultate i diskusiju, Zaključak i Literaturu.

2.2 Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

Uvodni deo doktorske disertacije sadrži opis značaja razvoja modela za predviđanje količina različitih vrsta otpada koji se generišu na nacionalnom nivou, kao i modela kojima bi bilo moguće predviđanje efekata i benefita primene odgovarajućih načina tretmana otpada. U okviru ovog poglavlja definisani su predmet, cilj i značaj istraživanja, a u kratkim crtama su opisane i polazne hipoteze i metode korišćene za njihovo isptivanje. Na kraju ovog poglavlja opisana je struktura disertacije.

U okviru Teorijskog dela disertacije data su tri poglavlja: 2. poglavlje „Otpad“, 3. poglavlje „Veštačke neuronske mreže (ANNs)“ i 4. poglavlje „Metode primenjene za selekciju ulaznih promenljivih“. U 2. poglavlju je data definicija i podela otpada, a zatim je dat kraći prikaz razvoja upravljanja otpadom kroz ljudsku istoriju. U okviru ovog poglavlja definisani su i indikatori upravljanja otpadom koji su bili predmet istraživanja u okviru ove disertacije, a to su: količina generisanog komunalnog čvrstog otpada, količine generisanog opasnog otpada i primarna proizvodnja energije iz komunalnog čvrstog otpada. Takođe, dat je i prikaz modela koji su korišćeni za procenu pomenutih indikatora upravljanja otpadom. U 3. poglavlju, koje je takođe u okviru Teorijskog dela disertacije, opisane su veze između bioloških i veštačkih neuronskih mreža, način funkcionisanja i podele veštačkih neuronskih mreža, a na kraju ovog poglavlja su obrađene neuronske mreže sa opštom regresijom (GRNN) koje su korišćene za razvoj modela u okviru obavljenih istraživanja. Na kraju Teorijskog dela, u okviru 4. poglavlja, obrađene su primenjenje metode za selekciju ulaznih promenljivih i to: korelaciona analiza, analiza značajnosti i strukturni lom.

U Eksperimentalnom delu disertacije opisan razvoj modela zasnovanih na veštačkim neuronskim mrežama. U ovom poglavlju su obrađeni su i statistički indikatori performansi modela koji su korišćeni za ocenu modela razvijenih u svrhu istraživanja vezanih za ovu doktorsku disertaciju.

Rezultati i diskusija, kroz poglavlja 6, 7 i 8, obrađuju razvoj i analizu rezultata modela za predviđanje količine generisanog otpada na nacionalnom nivou, predviđanja količina generisanja opasnog hemijskog i opasnog medicinskog otpada na nacionalnom nivou i predviđanje primarne proizvodnje energije iz komunalnog otpada na nacionalnom nivou i primene dobijenog modela na balkanske države.

U svakom od poglavlja koji su prezentovani u okviru Rezultata i diskusije, detaljno je prikazana metodologija razvoja ANN modela: odabir ulaznih promenljivih i priprema podataka, razvoj i optimizacija neuronske mreže, primena određenih metoda za odabir ulaznih

promenljivih, kao i analiza značajnosti pojedinih ulaznih promenljivih i analiza performansi razvijenih modela.

U 6. poglavlju je prikazana primena ANN metodologije za predviđanje količina generisanja komunalnog čvrstog otpada (KČO) na nacionalnom nivou za 44 države širom sveta, koje su razlličite po veličini, broju stanovnika i nivou ekonomskog razvoja. Za razvoj modela je primenjena neuronska mreža sa opštom regresijom (GRNN), pri čemu su korišćeni socio-ekonomski, demografski i industrijski parametri kao ulazne promenljive, dok je izlazna promenljiva količina generisanog komunalnog čvrstog otpada na godišnjem nivou po glavi stanovnika. Većina pomenutih ulaznih promenljivih je normirano i to uglavno po glavi stanovnika, da bi države koje se razlikuju po svojoj veličini mogle da se porede. U ovom poglavlju su detaljno obrađeni svi ulazni parametri. Zatim je obrađen razvoj i optimizacija GRNN modela za predviđanje količine generisanja KČO na nacionalnom nivou. Za razvoj modela je korišćeno 12 ulaznih promenljivih za koje je ocenjeno da su reprezentativne za predviđanje količina generisanja KČO. Korelaciona analiza je korišćena za ispitivanje eventualne pojave visoko korelisanih ulaznih promenljivih, a s obzirom da među pomenutim ulaznim promenljivim veličinama nije bilo međusobno visoko korelisanih vrednosti, svih 12 ulaznih promenljivih je upotrebljeno za razvoj modela. Pored ovog modela, u ovom poglavlju je opisan model koji je razvijen sa istim ulaznim parametrima, samo što su u ovom slučaju uzeti u obzir efekti Svetske ekonomske krize, koja se odigrala u periodu od 2007. do 2009. godine. Ovi uticaji su ispitivani preko odnosa između ulaznih promenljivih i količine generisanog KČO, koji su ispitivani tako što je testirana pojava tzv. strukturnog loma na svakoj od 44 države ponaosob. Pojava strukturnog loma je ispitivana Kuant-Andrjuzovim (Quandt-Andrews) testom, koji pokazuje pojavu dominantnog strukturnog loma, dok je eventualna pojava dodatnih strukturnih lomova testirana pomoću Čau (Chow) testa. Za sve države kod kojih je ustanovljen strukturni lom, za razvoj modela su korišćeni samo podaci iz godina nakon godine u kojoj je on registrovan. Na ovaj način je dobijen drugi model za predviđanje količina generisanog KČO. Na kraju poglavlja je izvšeno poređenje dva dobijena modela, preko analize njihovih rezultata predviđanja. Vrednosti statističkih pokazatelja performansi modela pokazali su da model pri čijem razvoju su uzeti u obzir efekti Svetske ekonomske krize ima superiorne osobine u odnosu na model kod koga su zanemareni uticaji krize.

U poglavlju 7 je prikazan razvoj i optimizacija modela za predviđanje godišnjih količina generisanog opasnog hemijskog i opasnog medicinskog otpada na nacionalnom nivou. Model je razvijen na osnovu podataka iz država Evropske unije za koje su podaci bili dostupnil. Predviđanje količina generisanja opasnog otpada je od velikog značaja za planiranje odgovarajućih strategija tretmana i zbrinjavanja ove vrste otpada, što je od izuzetnog značaja imajući u vidu potencijalne negativne uticaje koje opasan otpad može da izazove. S obzirom da se opasan otpad generiše iz mnogo različitih izvora, predviđanje količina ukupnog opasnog otpada koji se generiše je gotovo nemoguće. Kako opasan hemijski i opasan medicinski otpad zajedno čine oko 40% svog opasnog otpada koji se generiše u Evropskoj uniji, oni su odabrani za istraživanje. Za razvoj dva odvojena modela za predviđanje količina opasnog hemijskog otpada i opasnog medicinskog otpada prikupljen je veći broj ulaznih promenljivih, pri čemu je samo manji broj primenjen za razvoj oba modela. Optimizacija ulaznih podataka

je obavljena pomoću korelacione analize i analize značajnosti, pri čemu su dobijena po dva modela za predviđanje opasnog hemijskog i za predviđanje opasnog medicinskog otpada. Primenom statističkih parametara performansi modela poređeni su modeli koji su razvijeni na bazi ulaznih podataka optimizovanih korelacionom analizom sa modelima koji su razvijeni pomoću podataka koji su preostali nakon optimizacije i korelacionom i analizom značajnosti. U oba slučaja (i kod opasnog hemijskog i kod opasnog medicinskog otpada) dobijeni rezultati su ukazali da se bolja predviđanja ostvaruju kada se primene i korelaciona analiza i analiza značajnosti. Ova istraživanja su značajna jer još uvek nedostaju podaci o ovim vrstama otpada, a i kada su dostupni, vrlo često se dešava da su ovi podaci nepouzdani, što ukazuje na manjkavosti u metodologiji i sistemu prikupljanja informacija o opasnom otpadu.

U 8. poglavlju je opisan razvoj modela za predviđanje primarne proizvodnje energije iz komunalnog čvrstog otpada. Za razvoj modela korišćeni su podaci iz 16 zemalja Evropske unije i Norveške. Za razvoj modela je primenjena neuronska mreža sa opštom regresijom (GRNN), a za selekciju ulaznih promenljivih su korišćene korelaciona analiza i analiza osetljivosti. Kao i u prethodnom slučaju, bolje rezultate predviđanja je pokazao model kod koga su ulazni podaci optimizovani i korelacionom i analizom osetljivosti. S obzirom da su dobijeni veoma dobri rezultati predviđanja primarne proizvodnje energije iz komunalnog čvrstog otpada za evropske zemlje, ovaj model je primenjen i na podatke za balkanske zemlje. Primenom modela na podatke balkanskih država prikupljenih za 2015. godinu dobijeni su rezultati koji ukazuju na to da i u državama Balkana postoji značajan potencijal za upotrebu komunalnog čvrstog otpada za dobijanje energije. Na kraju poglavlja je zaključeno da bi dobijenjem energije iz komunalnog čvrstog otpada u balkanskim državama dovelo do značajnih ušteda fosilnih goriva, a prvenstveno lignita koji je najzastupljeniji izvor energije na Balkanu.

U Zaključku je dat kratak pregled i analiza dobijenih rezultata istraživanja, koji odgovaraju postavljenim ciljevima disertacije. Takođe, dat je i predlog za dalja istraživanja u ovoj oblasti.

Na kraju disertacije je navedena Literatura koja sadrži sve reference citirane u radu, kao i reference kandidata Vladimira Adamovića, proistekle iz ove disertacije, a koje su objavljene u međunarodnim časopisima.

3.OCENA DISERTACIJE

3.1 Savremenost i originalnost

Otpad, uz klimatske promene i gubitak biodiverziteta, predstavlja najveći problem savremenog čovečanstva. Antropogene aktivnosti oduvek su bile povezane sa proizvodnjom otpada, a povećanje broja stanovnika, ekonomski rast, kao i promene u životnom stilu i potrošačkim navikama, danas su glavni pokretači progresivnog porasta količina generisanog otpada. Kao posledica navedenog, jedan od najvećih izazova za lokalne zajednice u XXI veku predstavlja upravljanje otpadom u cilju sprečavanja zagađivanja životne sredine i svih negativnih posledica koje iz toga proizilaze. Međutim, otpad danas predstavlja i značajan izvor resusa, kako sa materijalne, tako i sa energetske strane. Poznavanje vrednosti odgovarajućih indikatora upravljanja otpadom je od suštinskog značaja za planiranje

odgovarajućih strategija upravljanja otpadom, koje uključuju sakupljanje, transport i tretman otpada, kako na lokalnom, tako i na nacionalnom nivou. Zbog svog značaja, indikatori koji se odnose na upravljanje otpadom su predmet istraživanja u mnogim studijama, a sve češće se za predviđanje njihovih vrednosti koristi pristup zasnovan na veštačkim neuronskim mrežama. Pristup primenjen u ovoj disertaciji kombinuje ANN modele sa dostupnim socio-ekonomskim, demografskim, industrijskim, medicinskim i energetskim indikatorima, kao i indikatorima održivog razvoja, pri čemu se dobijaju modeli koji omogućavaju preciznije, brže i jednostavnije predviđanje odgovarajućih indikatora upravljanja otpadom. Da bi se dodatno poboljšali rezultati kreiranih ANN modela i smanjio broj neophodnih ulaznih promenljivih, primenjene su različite metode za ocenu značajnosti inicijalno odabranih ulaznih promenljivih. Ocena performansi modela i poređenje rezultata različitih razvijenih modela su izvršeni preko odgovarajućih statističkih indikatora performansi modela.

3.2 Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U ovoj doktorskoj disertaciji citirana su 118 literaturnih navoda. Citirani literaturni radovi su omogućili da se predstavi stanje u ispitivanoj naučnoj oblasti, kao i da se sagleda aktuelna problematika vezana za generisanje različitih vrsta otpada i njegovo iskorišćavanje, pre svega, u energetske svrhe. Kandidat je pregledao obimnu literaturu vezanu za linearno i nelinearno modelovanje različitih indikatora vezanih za upravljanje otpadom, kao i literaturu u kojoj su opisani razvoj i primena modela zasnovanih na neuronskim mrežama, prvenstveno u oblasti zaštite životne sredine. Iz spiska literature koja je korišćena u istraživanju, od čega je veliki broj radova objavljen u poslednjih 10 godina, kao i objavljenih radova kandidata Vladimira Adamovića, može se zaključiti da kandidat na adekvatnom nivou poznaje predmetnu oblast istraživanja i aktuelno stanje istraživanja u ovoj oblasti u svetu.

3.3 Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

U ovoj disertaciji je za realizaciju predloženog ispitivanja korišćena kombinacija detaljne analize prethodno objavljenih literaturnih podataka, teorijske analize i eksperimentalnih ispitivanja. Na osnovu podataka o socio-ekonomskim, demografskim, industrijskim, medicinskim i energetskim indikatorima, dobijenih korišćenjem odgovarajućih statističkih baza podataka za odabrane evropske i van evropske države, u eksperimentalnom delu razvijani su modeli za predviđanje količina generisanja različitih vrsta otpada, kao i primarne proizvodnje energije i komunalnog čvrstog otpada. Selekcija ulaznih promenljivih je obavljena korišćenjem odgovarajućih statističkih metoda i to: korelacione analize i analize značajnoste i ekonometrijskog indikatora - strukturnog loma. Razvijena je ANN metodologija za predviđanje količina generisanog komunalnog čvrstog otpada, količina generisanog opasnog hemijskog i opasnog medicinskog otpada i za predviđanje primarne proizvodnje energije iz komunalnog čvrstog otpada, pri čemu je primenjena Neuronska mreža sa opštom regresijom (*General Regression Neural Network - GRNN*). Analiza performansi modela vršena je testiranjem razvijenih modela, poređenjem modelovanih i stvarnih (izmerenih) vrednosti. Za testiranje su korišćeni sledeći statistički indikatori performansi modela: koeficijent determinacije (R^2), indeks slaganja (*IA*), Neš-Satklifov koeficijent efikasnosti (*Nash-Sutcliffe Efficiency - NSE*), koren srednje kvadratne greške (*RMSE*), srednja apsolutna greška (*MAE*), srednja apsolutna greška u procentima (*MAPE*), srednja kvadratna greška (*MSE*), procenat rezultata u okviru faktora 1.1, 1.2 i 1.25 (*FA1.1, FA1.2 i FA1.25*).

3.4. Primenljivost ostvarenih rezultata

U okviru izrade ove doktorske disertacije ispitana je mogućnost primene veštačkih neuronskih mreža za modelovanje odabranih indikatora upravljanja otpadom. Razvijeno je više ANN modela za predviđanje količina generisanja komunalnog otpada, količina generisanja opasnog hemijskog i opasnog medicinskog otpada i za predviđanje primarne proizvodnje energije iz komunalnog čvrstog otpada za različite države na nacionalnom nivou, uz primenu dostupnih socio-ekonomskih, demografskih, industrijskih, medicinskih i energetskih indikatora, koje su korišćene za razvoj modela kao ulazne promenljive. Poznavanje vrednosti količina generisanja različitih vrsta otpada, kao i potencijala za dobijanje energije iz komunalnog čvrstog otpada je od velikog značaja za upravljanje otpadom i upravljanje životnom sredinom uopšte, jer mogu predstavljati osnovu za donošenje odgovarajućih zakonodavno - pravnih mera i strategija kojima se unapređuje sistem upravljanja otpadom. Pored već navedene primene modela zasnovanih na neuronskim mrežama za predviđanje količina generisanja različitih vrsta otpada i primarne proizvodnje energije iz komunalnog čvrstog otpada, razvijeni ANN modeli mogu biti korišćeni i za simulaciju različitih scenarija vezanih za generisanje i upravljanje otpadom. Promenom vrednosti ulaznih promenljivih, koje su uslovljene izvesnim izmenama zakona, ili primenom odgovarajućih regulatornih mera, mogu se predviđati vrednosti različitih indikatora upravljanja otpadom za odgovarajući vremenski period. Na taj način se omogućuje ocena efikasnosti planiranih mera, kroz procenu potrebnih materijalnih ulaganja i efekata koji bi se postigli uvođenjem odgovarajuće mere.

3.5 Ocena dostignutih sposobnosti kandidatkinje za samostalni naučni rad

Kandidat Vladimir Adamović, dipl. ing tehn. je u okviru izrade ove doktorske disertacije kroz prikupljanje relevantnih podataka, analize i obrade dobijenih rezultata, pokazao samostalnost, sistematičnost i stručnost u sagledavanju otvorenih problema istraživanja, kao i kritičku analizu postojećih saznanja. Kandidat je pokazao da vlada naučnim i istraživačkim metodama, kao i kreativnost u realizaciji, analizi i obradi dobijenih rezultata. Komisija smatra da kandidat poseduje sve kvalitete koji su neophodni za samostalan naučni rad.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Rezultati do kojih se došlo u okviru ove disertacije predstavljaju značajan naučni doprinos koji se ogledaju u sledećem:

- Razvijena je, testirana i primenjena ANN metodologija za predviđanje odabranih indikatora značajnih za upravljanje otpadom;
- Razvijen je i primenjen zajednički ANN model za predviđanje količina generisanog komunalnog otpada za veliki broj država na 5 različitih kontinenata, pri čemu su ispitivani uticaji Svetske ekonomske krize na tačnost rezultata predviđanja količina generisanog otpada;
- Razvijeni su modeli za predviđanje količina generisanog opasnog hemijskog i opasnog medicinskog otpada na nacionalnom nivou za različite evropske države;
- Razvijen je model za predviđanje primarne proizvodnje energije iz komunalnog čvrstog otpada i primenjen je na balkanske države kako bi se ispitao njihov potencijal za dobijanje energije iz komunalnog čvrstog otpada;

- U cilju efikasnog odabira ulaznih promenljivih za razvoj modela, razvijeno je više procedura odabira ulaznih promenljivih korišćenjem različitih statističkih i ekonometrijskih metoda;
- Izvršena je detaljna analiza performansi razvijenih modela korišćenjem odgovarajućih statističkih pokazatelja;
- Ustanovljeno je da se razvijeni modeli mogu koristiti za predviđanja vezanih za indikatore upravljanja otpadom, uz primenu znatno manjeg broja ulaznih podata u odnosu na klasične modele.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Istraživanja kojima se bavi ova doktorska disertacija su koncipirana na osnovu definisanih ciljeva i detaljne analize literature iz oblasti modelovanja različitih indikatora upravljanja otpadom, na osnovu kojih je izvedena metodologija istraživanja primenjena tokom izrade ove doktorske disertacije. Odgovrajuće faze u razvoju ANN modela prilagođene su specifičnostima koje se odnose na indikatore upravljanja otpadom, kao i specifičnostima država i regiona na koje se odnose predmetna ispitivanja. Performanse razvijenih ANN modela su poboljšane primenom različitih procedura za odabir ulaznih promenljivih modela. Razvoj ANN modela za predviđanje indikatora upravljanja otpadom je ispitan, a na osnovu rezultata istraživanja proistekli su odgovarajući zaključci, relevantni za eventualnu primenu razvijene metodologije. Dobijeni rezultati se nadovezuju ili u značajnoj meri nadopunjuju postojeće literaturne navode. Može se konstatovati i da su korišćene metode u skladu sa savremenim metodama kao i da su dobijeni rezultati značajni ne samo sa naučnog, već i praktičnog aspekta.

4.3 Verifikacija naučnih doprinosa

Rezultati proistekli iz ove distertacije potvrđeni su kroz objavljene radove u vrhunskim i istaknutim međunarodnim časopisima i saopštenjima na nacionalnim naučnim konferencijama. Iz rezultata ove doktorske disertacije proizašli su sledeći naučni radovi i saopštenja:

Rad u međunarodnim časopisima kategorije M20

Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu, M_{21}

1. Vladimir M. Adamović, Davor Z. Antanasijević, Mirjana Đ. Ristić, Aleksandra A. Perić-Grujić, Viktor V. Pocajt (2017), Prediction of municipal solid waste generation using artificial neural network approach enhanced by structural break analysis, Environmental Science and Pollution Research, 24(1) 112–119. doi: 10.1007/s11356-016-7767-x (IF=2.760) http://link.springer.com/article/10.1007/s11356-016-7767-x#enumeration

Rad u međunarodnom časopisu, M_{23}

1. Vladimir M. Adamović, Davor Z. Antanasijević, Mirjana Đ. Ristić, Aleksandra A. Perić-Grujić, Viktor V. Pocajt (2018), An optimized artificial neural network model for the prediction of rate of hazardous chemical and healthecare waste generation at the national level, Journal of Materiala Cycles and Waste Management,

doi: 10.1007/s10163-018-0741-6 (IF=1.604) http://dx.doi.org/10.1007/s10163-018-0741-6

Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u izvodu M_{64}

1. Vladimir Adamović, Davor Antanasijević, Mirjana Ristić, Aleksandra Perić-Grujić, Viktor Pocajt (2017), Razvoj GRNN modela za predviđanje godišnjih količina generisanog opasnog medicinskog otpada na nacionalnom nivou, Kratki izvodi i knjiga radova sa 54. savetovanja Srpskog hemijskog društva, Beograd 29. i 30. septembar 2017, str. 42. ISBN 978-86-7132-067-2.

U ovu disertaciju su takođe uvršteni i rezultati koji se trenutno (od 19.06.2018. godine) nalaze na ponovljenoj recenziji u časopisu kategorije M21:

1. Vladimir M. Adamović, Davor Z. Antanasijević, Aleksandar R. Ćosović, Mirjana Đ. Ristić, Viktor V. Pocajt, An artificial neural network approach for the estimation of the primary production of energy from municipal solid waste and its application to the Balkan countries, Waste Management

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG KOMISIJE

Na osnovu izloženog materijala može se zaključiti da doktorska disertacija kandidata **Vladimira Adamovića**, dipl. inž. tehnologije, pod naslovom „**Predviđanje indikatora za upravljanje čvrstim otpadom na nacionalnom nivou primenom veštačkih neuronskih mreža**" predstavlja značajan i originalan naučni doprinos u oblasti Inženjerstva zaštite životne sredine. Originalnost doktorske disertacije kandida je potvrđena objavljivanjem više radova u časopisima međunarodnog značaja. Postavljeni predmet i ciljevi doktorske disertacije u potpunosti su ostvareni, na osnovu čega Komisija iznosi svoje mišljenje da doktorska disertacija pod nazivom „**Predviđanje indikatora za upravljanje čvrstim otpadom na nacionalnom nivou primenom veštačkih neuronskih mreža**" u potpunosti ispunjava sve zahtevane kriterijume, kao i da je kandidat tokom izrade disertacije pokazao samostalnost i originalnost u naučno-istraživačkom radu.
Imajući u vidu kvalitet, obim i naučni doprinos postignutih i prikazanih rezultata, Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu da prihvati ovaj Referat, pruži na uvid javnosti podnetu doktorsku disertaciju kandidata **Vladimira Adamovića**, dipl. inž. tehnologije, u zakonom predviđenom roku, kao i da Referat uputi Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu i da nakon završetka procedure pozove Kandidata na usmenu odbranu disertacije pred Komisijom u istom sastavu.

Beograd, 20.06.2018. godine

ČLANOVI KOMISIJE:

_____
Prof. dr Viktor Pocajt, vanredni profesor
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

_____
Prof. dr Mirjana Ristić, redovni profesor
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

_____
Prof. dr Aleksandra Perić-Grujić, redovni profesor
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

_____
Dr Davor Antanasijević
Naučni saradnik, Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu

_____
Dr Aleksandar Ćosović
Naučni saradnik, Centar za čistiju proizvodnju Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu