

Odlukom Nastavno-naučnog vijeća Tehnološkog fakulteta u Zvorniku, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, broj 1209/2019 od 11.07.2019. godine, imenovana je Komisija za pregled, ocjenu i odbranu doktorske disertacije kandidata mr Džemile Agić pod nazivom: "Modeliranje parametara kvaliteta vazduha urbanog područja korištenjem metoda vještačke inteligencije" u sljedećem sastavu:

1. Dr Miladin Gligorić, redovni profesor, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet Zvornik, uža naučna oblast *Neorganska i nuklearna hemija*, predsjednik;
2. Dr Halid Makić, vanredni profesor, Univerzitet u Bihaću, Biotehnički fakultet, uža naučna oblast *Fizikalna i Analitička hemija*, mentor, član;
3. Dr Goran Tadić, redovni profesor, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet Zvornik, uža naučna oblast *Procesno inženjerstvo*, komentor, član;
4. Dr Jovan Đuković, profesor emeritus, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet Zvornik, uža naučna oblast *Ekološko inženjerstvo*, član;
5. Dr Slavko Smiljanić, vanredni profesor, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet Zvornik, uža naučna oblast *Druga inženjerstva i tehnologije*, član.

Komisija je izvršila pregled i ocjenu doktorske disertacije i podnosi Nastavno-naučnom vijeću Tehnološkog fakulteta Univerziteta u Istočnom Sarajevu sljedeći

IZVJEŠTAJ

o ocjeni urađene doktorske disertacije

1. Značaj i doprinos doktorske disertacije sa stanovišta aktuelnog stanja u određenoj naučnoj oblasti

Predviđanje nivoa zagađenja vazduha je od ključne važnosti u smislu omogućivanja odgovarajućih mjera opreza koje treba preduzeti prije i za vrijeme dešavanja određenih događaja. Za predviđanje kvaliteta vazduha postoji veći broj tehnika i vrlo kompleksnih metoda. Značaj i naučni doprinos doktorske disertacije mr Džemile Agić se ogleda u razvoju i mogućnosti korišćenja jedinstvenih i veoma pouzdanih matematičkih modela za predviđanje kvaliteta vazduha u Gradu Tuzla, a koji su bazirani na postojećim rezultatima monitoringa vazduha i meteoroloških podataka za proteklih osam godina. Modeliranje parametara kvaliteta vazduha izvršeno je korištenjem statističkih metoda, metoda vještačkih neuronskih mreža i pomoću GPdotNET alata za modeliranje i optimizaciju.

Sa razvojem kontrole i istraživanja vezanih za zagađenje vazduha, šezdesetih godina prošlog vijeka, shvaćeno je kakav sve uticaj zagađenje vazduha može imati na zdravlje ljudi i životnu sredinu. Iz tog perioda datiraju prvi počeci predviđanja zagađenja vazduha korištenjem metoda vještačke inteligencije. U cilju dobijanja pouzdanih predviđanja istraživači su koristili veliki broj različitih metoda od kojih su najčešće korištene statističke metode zasnovane na računarskim programima različitog stepena složenosti, počevši od statističke analize, neuronskih mreža, genetskog programiranja i nekih hibridnih modela koji mogu poboljšati tačnost predviđanja.

U stručnim i naučnim literaturnim izvorima su dostupni rezultati različitih istraživanja vezanih za predviđanja koncentracija zagađujućih materija u vazduhu uz korištenje različitih metoda.

Međutim, slična istraživanja, koja su predmet doktorske disertacije, do sada nisu rađena u Bosni i Hercegovini. Rezultati dobijeni ovom disertacijom su komparativni sa drugim dosadašnjim istraživanjima, a što je vidljivo iz pregleda istraživanja drugih autora iz ove naučne oblasti.

U oblasti statističke analize istraživači su svojim istraživanjima naglašavali činjenicu da je korelacija između kvaliteta vazduha i vidljivosti složena. Izradili su optimalne empirijsko regresijske modele zasnovane na izmjerenim parametrima kvaliteta vazduha i meteorološkim parametrima, kako bi se bolje utvrdile moguće kauzalne korelacije između vidljivosti i kvaliteta vazduha, kao i meteoroloških uslova. Rezultati njihovog istraživanja su pokazali da je poboljšanje vidljivosti u Pekingu i Guangzhou bilo uglavnom zbog smanjene koncentracije PM_{10} . U Guangzhou, poboljšana atmosferska vidljivost takođe je pomogla smanjenju koncentracije SO_2 zimi. Nasuprot tome, manja brzina vjetra, zajedno s mogućim promjenama u koncentraciji i sastavu lebdećih čestica, mogla bi objasniti zašto nije pronađen trend poboljšanja vidljivosti u Šangaju ili Chengduu.

Rađena su istraživanja vezana za prepoznavanje uzroka zagađenja vazduha u Maleziji na osnovu podataka dobijenih iz Malezijskog odjeljenja za zaštitu okoline. Koristili su osam parametara kvaliteta vazduha sa deset mjernih stanica u Maleziji za sedam godina (2005.-2011.).

Razvijen je model vektorske regresije za predviđanje PM_{10} u Bangkoku. Razvijeni modeli se koriste za uspostavljanje odnosa PM_{10} s meteorološkim podacima uključujući globalno zračenje, neto zračenje, pritisak vazduha, kišu, relativnu vlažnost, temperaturu, smjer vjetra, brzine vjetra, kao i koncentracije ugljen monoksida, ozona, azotnog dioksida i sumpor dioksida. Model navodi kako se ova metoda može uspješno koristiti u predviđanju PM_{10} . U dostupnim radovima je prikazana primjena talasne transformacije i sistem neuronske mreže u prognoziranju dnevne prosječne koncentracije PM_{10} čvrstih čestica.

Drugi istraživači su koristili hibridni metod za predviđanje zagađenja vazduha u Teheranu na bazi podataka za PM_{10} čestice. Generalno, 11 ulaza je ubačeno u model, kako bi se predvidjela dnevna koncentracija PM_{10} . Dokazano je da Fuzzy vremenske serije imaju sposobnost da se bave nesigurnošću i neodređenošću inherentno u prikupljanju podataka. Zato sve više i više naučnika koristi neizraziti model vremenske serije za predviđanje stvarnih problema. Zagađenje vazduha posljedica je kombinovanog djelovanja vremenskih faktora i antropogenog djelovanja. Naučnici su kombinovali neizrazite matematičke podatke i vremenske serije za uspostavljanje neizrazitog modela predviđanja vremenskih serija za predviđanje kvaliteta vazduha.

Razvijen je model za predviđanje koncentracije SO_2 u urbanom području u blizini livnice bakra u Boru (Srbija), ANFIS metodom. Kao prediktori, uzeti su u obzir i tehnološki i meteorološki ulazni parametri. Rađeno je predviđanje dnevnih maksimuma koncentracije SO_2 , O_3 , PM_{10} , NO_2 i CO u gradu Palermo korištenjem neuronske mreže (Elman model).

2. Ocjena da je urađena doktorska disertacija rezultat originalnog naučnog rada kandidata u odgovarajućoj naučnoj oblasti

U okviru doktorske disertacije pod nazivom: "Modeliranje parametara kvaliteta vazduha urbanog područja korištenjem metoda vještačke inteligencije" u fokusu istraživanja se nalazi problematika zagađenja vazduha, kao jedan od najozbiljnijih ekoloških problema u regiji i šire. Na ovaj problem ukazuje i naučna javnost, te je u svijetu u zadnje vrijeme veliki dio istraživanja usmjeren na dobijanje pouzdanih predviđanja koncentracija zagađujućih materija u vazduhu uz

korištenje metoda vještačke inteligencije.

Međutim, u Gradu Tuzli, iako su postojali rezultati monitoringa ambijentalnog zagađenja vazduha takva istraživanja i predviđanja nisu do sada rađena.

U ovoj disertaciji su, na osnovu postojećih rezultata monitoringa vazduha i meteoroloških podataka za osam godina, korištenjem statističkih metoda, metoda vještačkih neuronskih mreža i genetskog programiranja, razvijeni i testirani jedinstveni matematički modeli za predviđanje kvaliteta vazduha u Gradu Tuzla. Dokazan je visok koeficijent korelacije i mogućnost praktične primjene ovih modela.

Takođe, u radu je dokazan uticaj temperature, vjetra i pritiska na koncentracije zagađujućih materija, a izvedena je i korelacija između njih. Pokazano je kakav uticaj na koncentracije zagađujućih materija bi moglo imati povećanje ili smanjenje prosječnih temperatura i vjetra. Dokazano je da povećanje brzine vjetra za 30 % dovodi do smanjenja zagađenja vazduha tokom cijele godine. Pripremljen je i testiran model za predviđanje temperature sa visokim koeficijentom korelacije.

Poređenjem koeficijenata korelacije izračunatih za rezultate na jednoj od mjernih stanica, putem modela vještačkih neuronskih mreža i modela genetskog programiranja, zaključeno je da se genetskim programiranjem dobijaju znatno bolji modeli koji mogu vršiti predikciju sa znatno većim koeficijentom korelacije.

Zagađenje vazduha u Gradu Tuzli, Bosni i Hercegovini i šire predstavlja veliki problem za zdravlje ljudi i životnu sredinu i svaki iskorak u iznalaženju rješenja je veoma značajan. Zbog toga posebno treba naglasiti značaj disertacije sa aspekta velikih mogućnosti primjene modela i zaključaka do kojih se došlo.

3. Pregled ostvarenih rezultata rada kandidata u određenoj naučnoj oblasti

Kandidat mr Džemila Agić je diplomirala i magistrirala na Tehnološkom fakultetu Univerziteta u Tuzli. Od 2001. godine osniva i vodi Centar za ekologiju i energiju. U periodu 2001-2019. godine učestvovala je u pripremi i implementaciji više od 100 ekoloških projekata na lokalnom, nacionalnom i internacionalnom nivou. Bila je uključena u izradi važnih ekoloških strateških dokumenata za Bosnu i Hercegovinu. Od 1998. do 2019. godine je kontinuirano učestvovala na edukacijama na teme: očuvanje kvaliteta vazduha, vode i tla; efikasno korištenje toplotne i električne energije u građevinarstvu i industriji; klimatske promjene; izrada solarnih kolektora; savremene metode prečišćavanja otpadnih voda; racionalno korištenje vode; održiva zaštita od poplava; recikliranje, kompostiranje i smanjenje količina otpada; javno zagovaranje; rad s medijima i organizacioni i projektni menadžment. Edukacije su bile organizirane u BiH i inostranstvu. Već 18 godina se aktivno bavi izdavačkom djelatnošću. Uključena je u izradu mnogih izvještaja, studija, dokumenata, knjiga i brošura. Uvid u dokumente je moguće napraviti na www.ekologija.ba.

Kandidatkinja se bavila pripremom, prezentacijom i objavljivanjem naučnih radova koji su vezani za različite aspekte iz oblasti zaštite okoline. Do sada je napisala, kao autor ili koautor, 14 naučno-istraživačkih i stručnih radova koji su objavljeni u istaknutim stručnim časopisima, zbornicima radova u cijelini ili kao apstrakt, a svi su javno prezentovani na naučno-stručnim simpozijima ili konferencijama.

Kandidatkinja je objavila 3 rada koji su direktno povezani sa temom predložene doktorske disertacije:

1. Agić Dž., Makić H., Agić S. "Kvalitet zraka na području Grada Tuzla u 2015". Rad je prezentiran na 4. naučno-stručni-skupu sa međunarodnim učešćem „5. juni - svjetski dan zaštite“, 1/2. juni 2016. Biotehnički fakultet, Univerzitet u Bihaću o objavljen u Zborniku radova (352 – 361), 2017.

2. Agić Dž., Makić H., Konjić T, Agić S. "Implementacija vještačke inteligencije za predviđanje kvaliteta zraka u Gradu Tuzli" Rad je prezentiran na XII Savjetovanju hemičara, tehnologa i ekologa RS, međunarodni naučni skup, 3/4.11.2018.

3. Agić Dž., Makić H., Gligorić M., Agić S. „Modeliranje koncentracija lebdećih čestica urbanog područja korištenjem metoda vještačke inteligencije“. Rad je prihvaćen za štampanje u časopisu „Zaštita materijala“ (obavještenje br. 89/19 od 28.10.2019. godine).

Ostalih 11 radova je indirektno povezano sa naučnom oblašću. U nekim radovima su korištene metode vještačke inteligencije za predikciju nekih parametara, a ostali radovi su se odnosili na otkrivanje uzroka zagađenja vazduha ili pronalazak mjera za smanjenje emisija u vazduh.

4. Ocjenu o ispunjenosti obima i kvaliteta u odnosu na prijavljenu temu (po poglavljima)

Izvještaj o podobnosti teme i kandidata prihvatio je Senat Univerziteta u Istočnom Sarajevu 30.04.2015, Odluka br. 01-C-144-XL/15.

Doktorska disertacija kandidatkinje, mr Džemile Agić, pod nazivom: "Modeliranje parametara kvaliteta vazduha urbanog područja korištenjem metoda vještačke inteligencije" prikazana je jasno i transparentno na 152 stranice formata A4, uključujući 106 grafičkih prezentacija u obliku slika i 32 tabele. U disertaciji je korišteno 129 izvora literature koji se odnose na predmet koji se razmatra. Disertacija se sastoji od 9 osnovnih poglavlja, i to: 1. Uvod, 2. Metode za predviđanje kvaliteta vazduha kroz dosadašnja istraživanja 3. Cilj istraživanja, 4. Opšta razmatranja o vazduhu i njegovom kvalitetu i posljedicama njegovog zagađenja, 5. Metode istraživanja, 6. Rezultati istraživanja, 7. Diskusija rezultata, 8. Smjernice za dalje istraživanje, 9. Zaključak.

Prvo, uvodno poglavlje opisuje problem zagađenja vazduha, izvore zagađenja, monitorig zagađujućih materija i kratki pregled istraživanja.

U **drugom** poglavlju, pružen je detaljan i opsežan pregled literature prethodnih istraživanja na polju modeliranja parametara kvaliteta vazduha korištenjem metoda vještačke inteligencije. U ovom poglavlju je dat je odvojen pregled dosadašnjih istraživanja vezanih za predviđanje kvaliteta vazduha promjenom statističkih metoda, neuronskih mreža i genetskog programiranja.

U **trećem** poglavlju je naveden cilj istraživanja.

U **četvrtom** poglavlju su predstavljena opšta razmatranja o vazduhu i njegovom kvalitetu i posljedicama njegovog zagađenja. Detaljno su obrađene sljedeće teme: građa atmosfere, najčešći polutanti u vazduhu, meteorološki parametri i njihov uticaj na koncentraciju zagađujućih materija u atmosferi, posljedice zagađenja vazduha na ljudsko zdravlje, povećanje globalne temperature i klimatske promjene, nastanak i posljedice kiselih kiša, legislativa, podzakonski i drugi akti iz oblasti kvaliteta vazduha, granične vrijednosti, analiza zagađenja vazduha, monitoring i rezultati monitoringa kvaliteta vazduha.

U **petom** poglavlju su predstavljene metode koje su korištene u istraživanju i to: metode statističke analize, neuronske mreže i genetsko programiranje. Kod statističkih metoda su predstavljene teorijske osnove o statističkim serijama, prosječna vrijednost i standardna devijacija, vremenske serije, definicija vremenske serije, klasifikacija i analiza vremenskih serija, analiza parametara trenda i korelacije i dijagram rasipanja i interpretacija. Kod metoda vještačkih neuronskih mreža su objašnjene biološke neuronske mreže i tipovi neuronskih mreža. Kod metoda genetskog programiranja je objašnjen genetski algoritam, predstavljanje hromosoma u genetskom algoritmu i aplikacija za modeliranje i optimizaciju evolucionim algoritmima – GEALIB.

U **šestom** poglavlju su predstavljeni rezultati istraživanja. Urađena je priprema i uvodna analiza podataka uz određivanje fokusa istraživanja. Zatim su prezentovani rezultati dobijeni upotrebom metode statističke analize, i to: analiza prosječnih vrijednosti i standardne devijacije za SO_2 i $PM_{2.5}$ i linearna i regresivna korelacija za SO_2 i $PM_{2.5}$. Zatim su predstavljeni rezultati dobijeni korištenjem vještačkih neuronskih mreža. Urađena je analiza parametara kvaliteta vazduha primjenom neuronskih mreža, model neuronske mreže, priprema podataka za treniranje, treniranje neuronskih mreža, testiranje istrenirane neuronske mreže za selektovane mjerne stanice, predikcija vrijednosti SO_2 , $PM_{2.5}$ i NO_2 , testiranje modela neuronske mreže za predikciju, uticaj meteoroloških parametara na zagađenje vazduha i predikcija meteoroloških podataka – temperatura. Na kraju su predstavljene rezultati dobijeni metodama genetskog programiranja.

U **sedmom** poglavlju je predstavljena diskusija rezultata dobijenih statističkim metodama, metodama neuronskih mreža i genetskim programiranjem i napravljena je komparativna analiza rezultata dobijenih ovim metodama. U **osmom** poglavlju su date smjernice za dalja istraživanja, a u **devetom** poglavlju sumirani su najvažniji rezultati istraživanja doktorske disertacije.

5. Naučni rezultati doktorska disertacije

Istraživanja sprovedena u okviru ove doktorske disertacije u cilju potvrde postavljenih hipoteza su u potpunosti ispunila očekivane rezultate i postavljene ciljeve.

Naučni doprinos doktorske disertacije mr Džemile Agić se ogleda u razvoju i mogućnosti korišćenja jedinstvenih i veoma pouzdanih matematičkih modela za predviđanje kvaliteta vazduha u Gradu Tuzla, a koji su bazirani na postojećim rezultatima monitoringa vazduha i meteoroloških podataka za proteklih osam godina. Modeliranje parametara kvaliteta vazduha izvršeno je korištenjem statističkih metoda, metoda vještačkih neuronskih mreža i pomoću GPdotNET alata za modeliranje i optimizaciju.

U radu je dokazan uticaj meteoroloških parametara, kao što su temperatura, brzina vjetera i pritisak na koncentraciju zagađujućih materija uz predlog odgovarajućih korelacija.

Analiziran je uticaj povećanja, odnosno smanjenja vrijednosti navedenih meteoroloških parametara na koncentraciju zagađujućih materija, pri čemu je zaključeno da jedino povećanje brzine vjetera za 30 % obezbjeđuje značajno smanjenja zagađenja vazduha tokom cijele godine.

Razvijen je i testiran model za predviđanje temperature mjesec dana unapred u cilju dobijanja pouzdanijih predviđanja koncentracije zagađujućih materija.

Takođe, dat je komparativni pregled rezultata dobijenih pomoću metoda vještačkih neuronskih mreža i genetskog programiranja uz odgovarajuću naučnu analizu.

6. Primjenjivost i korisnost rezultata u praksi

Modeli dobijeni korištenjem vještačkih neuronskih mreža i genetskim programiranjem se mogu koristiti za predikciju koncentracija zagađujućih materija sa zadovoljavajućom tačnošću.

Rezultati dobijeni predikcijom se mogu koristiti za rano upozoravanje javnosti o kvalitetu vazduha u cilju sprečavanja katastrofa širih razmjera i zaštite zdravlja građana. Istovremno ti rezultati su važni za preduzimanje preventivnih mjera za smanjenje zagađenja ili dovođenje koncentracija zagađujućih materija u normirane granice.

Rezultati predikcije koncentracija zagađujućih materija se mogu koristiti u procesima donošenja strateških odluka, planiranja akcija i upravljanja kvalitetom vazduha.

Na osnovu dobijenih grafičkih i analitičkih rezultata moguće je definisati mjere koje će dovesti do ispunjavanja zakonskih zahtjeva o graničnim i tolerantnim vrijednostima. Definisanje i implementacija tih mjera je od izuzetno velike važnosti za poboljšanje kvaliteta vazduha i smanjenje štetnog uticaja na okolinu i zdravlje ljudi u Gradu Tuzli i širu regiju.

Ovakav koncept, uz primjenu metoda vještačke inteligencije, može se koristiti i u drugim gradovima u BiH i šire, a njegovu primjenu je moguće proširiti i na druge segmente zaštite okoline gdje je razvijen monitoring.

7. Način prezentiranja rezultata naučnoj javnosti

Kandidatkinja je rezultate prezentovala naučnoj javnosti kroz pripremu tri rada koji su direktno povezana sa temom predložene doktorske disertacije.

Prvi rad pod nazivom: "Kvalitet zraka na području Grada Tuzla u 2015", autora Agić Dž., Makić H. i Agić S. je prezentovan na 4. naučno-stručnom skupu sa međunarodnim učešćem "5. juni - svjetski dan zaštite", 1/2. juni 2016., Biotehnički fakultet, Univerzitet u Bihaću i objavljen je u Zborniku radova (352 – 361), 2017.

Drugi rad pod nazivom "Implementacija vještačke inteligencije za predviđanje kvaliteta zraka u Gradu Tuzli", autora Agić Dž., Makić H., Konjić T, Agić S. je prezentovan na Međunarodnom naučnom skupu „XII savjetovanje hemičara, tehnologa i ekologa RS“, Teslić, 3/4.11.2018. Objavljivanje rada je u toku u časopisu „Zbornik radova Međunarodni naučni skup XII savjetovanja hemičara, tehnologa i ekologa Republike Srpske“, Teslić, 3/4.11.2018.

Treći rad pod nazivom „Modeliranje koncentracija lebdećih čestica urbanog područja korištenjem metoda vještačke inteligencije“ je prihvaćen za štampu u indeksiranom časopisu (M24) „Zaštita materijala“ - ISSN 0351-9465, E-ISSN 2466-2585., autora Agić Dž., Makić H., Gligorić M., i Agić S. (obavještenje glavnog urednika br. 89/19 od 28.10.2019. godine).

Takođe, Komisija ističe da je disertacija pregledana i kontrolisana u skladu sa odredbama

Pravilnika o korištenju softvera sa detekciju plagijarizma na Univerzitetu u Istočnom Sarajevu.

S tim u vezi, Komisija konstatuje da pomenuta doktorska disertacija predstavlja originalan naučni doprinos kandidata.

8. Zaključak i prijedlog

Na osnovu detaljnog pregleda i analize završene doktorske disertacije mr Džemile Agić pod nazivom „Modeliranje parametara kvaliteta vazduha urbanog područja korištenjem metoda vještačke inteligencije“ Komisija je zaključila da je kandidatkinja izabrala veoma aktuelnu i originalnu temu istraživanja, koju je sprovela poštujući sve principe naučnog rada, koristeći savremene metode za istraživanje i analizu rezultata.

Tekst disertacije je pisan pregledno, sistematično i lako razumljivim stilom. Kandidatkinja je pokazala da vlada potrebnim znanjima iz oblasti na koju se odnosi tema disertacije, te da ima širi uvid u istraživanja realizovana od strane drugih istraživača.

Dobijeni rezultati predstavljaju originalni doprinos naučnom radu u oblasti modeliranja parametara kvaliteta vazduha u urbanim područjima korištenjem metoda vještačke inteligencije.

Na osnovu navedenog, Komisija daje pozitivnu ocjenu i sa zadovoljstvom predlaže Nastavno-naučnom vijeću Tehnološkog fakulteta u Zvorniku, Univerziteta u Istočnom Sarajevu da prihvati Izvještaj o urađenoj doktorskoj disertaciji mr Džemile Agić pod nazivom „Modeliranje parametara kvaliteta vazduha urbanog područja korištenjem metoda vještačke inteligencije“ i odobri njenu javnu odbranu.

Zvornik, 01.11.2019. godine

ČLANOVI KOMISIJE:

Dr Miladin Gligorić, redovni profesor, predsjednik,
Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet Zvornik

Dr Halid Makić, vanredni profesor, mentor, član,
Univerzitet u Bihaću, Biotehnički fakultet

Dr Goran Tadić, redovni profesor, komentor, član,
Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet Zvornik

Dr Jovan Đuković, profesor emeritus, član,
Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet Zvornik

Dr Slavko Smiljanić, vanredni profesor, član,
Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet Zvornik