

Образац 3.

Факултет Рударско-геолошки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука
(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

(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:

„Примена алгоритама машинског учења у процени квалитета подземних вода на територији града
Београда“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Геолошко инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

Сунчица (Бранислав) Гардијан, дипл. инж. геологије

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

Универзитет у Београду– Рударско-геолошки факултет

3. Година завршетка

претходног нивоа студија: 2012.

4. Година уписа на докторске студије: 2012/13.

5. Назив студијског програма
докторских студија:

Хидрогеологија

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: др Владимир Живановић

Звање: Ванредни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **Živanović V.**, Jemcov I., Dragišić V. (2022): Vulnerability methods in hard rock formation as a basis for groundwater risk assessment – from resource to source, *Geologia Croatica*, Vol 75 No 3 (2022), doi: 10.4154/gc.2022.23 (IF=1.273)
2. **Živanović, V.**; Atanacković, N.; Stojadinović, S. (2021) Vulnerability Assessment as a Basis for Sanitary Zone Delineation of Karst Groundwater Sources—Blederija Spring Case Study. *Water* 2021, 13, 2775. doi: 10.3390/w13192775 (IF=3.530)
3. Štrbački J., **Živanović V.**, Đurović M.Ć, Atanacković N., Dragišić V. (2020): Origin, diversity and geothermal potentiality of thermal and mineral waters in Vrnjačka Banja, Serbia, *Environmental Earth Sciences*, 79, Article number: 309 (2020) doi 10.1007/s12665-020-09050-y. ISSN: 1866-6280 (Print) 1866-6299 (Online) (IF=2.784)
4. **Živanović, V.**, Jemcov, I., Dragišić, V., Atanacković, N., Magazinović, S. (2016) Karst groundwater source protection based on the time-dependent vulnerability assessment model: Crnica springs case study, Eastern Serbia, *Environmental Earth Sciences*, vol. 75, No 1224. doi: 10.1007/s12665-016-6018-2. (IF=1.765)
5. Atanacković, N., Dragišić, V., **Živanović, V.**, Gardijan, S., Magazinović, S. (2016) Regional-scale screening of groundwater pollution risk induced by historical mining activities in Serbia, *Environmental Earth Sciences*, vol. 75, No 1152. doi:10.1007/s12665-016-5983-9. (IF=1.765)
6. Petrović Pantić, T., Birke, M., Petrović, B., Nikolov, J., Dragišić, V., **Živanović, V.** (2015) Hydrogeochemistry of thermal groundwaters in the Serbian Crystalline core region, *Journal of Geochemical Exploration*, Vol. 159, 2015, Elsevier, 101-114, ISSN: 0375-6742; doi:10.1016/j.gexplo.2015.08.009. (IF=2.147)

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета

(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној _____ 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

- 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

измештени у Београду
Географско-Геолошки факултет
Проф. др. Љељана Колоџа, шеф студентске службе

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ	
ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ	
ПРИЈЕМ	29.09.2017.
Орг. јед.	1/230

МОЛБА

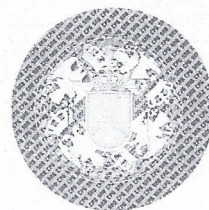
Молим вас да ми одобрите учествовање школске 2016/2017
на основу породичног одсуства. Студент сам докторских
студија - програм хидрогеологија.
У прилогу молбе достављам вам извод из
мојиме књиже профетих датума.

Студент
Даниел
Сунџа Тардијан 18/11/12

МКР

ОСЛОБОЂЕНО ОД ПЛАЋАЊА ТАКСЕ ПО ЧЛАНУ 18. И 19. ЗАКОНА О
РЕПУБЛИКИМ АДМИНИСТРАТИВНИМ ТАКСАМА

РЕПУБЛИКА СРБИЈА



ГРАД БЕОГРАД

ОПШТИНА

ИЗВОД ИЗ МАТИЧНЕ КЊИГЕ РОЂЕНИХ

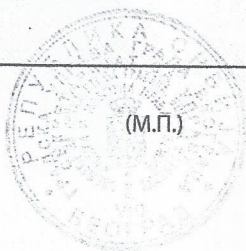
У матичну књигу рођених која се води за матично подручје ЗЕМУН, под текућим бројем 516
за годину 2017 извршен је упис рођења:

Име	ЈОВАНА		ЖЕНСКИ (пол)
Презиме	ГАРДИЈАН		
Дан, месец, година и час рођења	04. (ЧЕТВРТИ) ФЕБРУАР 2017. ГОДИНЕ У 19:40 ЧАС.		
Место и општина-град рођења, а ако је лице рођено у иностранству и држава	БЕОГРАД		
Јединствени матични број грађана	1 0 4 0 2 0 1 7 7 1 5 1 7 9		
Држављанство	РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ		
Подаци о родитељима	оца	мајке	
Име	БРАНКО	СУНЧИЦА	
Презиме (и презиме пре закључења брака)	ГАРДИЈАН	ГАРДИЈАН РОЂ. НИНКОВИЋ	
Јединствени матични број грађана	1 3 0 0 3 9 8 4 3 3 0 0 1 4	2 3 0 3 9 8 6 7 1 5 0 3 7	
Дан, месец и година рођења	30.03.1984.	23.03.1986.	
Место и општина-град рођења, а ако је лице рођено у иностранству и држава	ЗАГРЕБ, РЕПУБЛИКА ХРВАТСКА	БЕОГРАД, ЗЕМУН	
Држављанство	РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ	РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ	
Пребивалиште и адреса	СУРЧИН, ВИНОГРАДСКА 24	БЕОГРАД, ЗЕМУН, БЕЛАРИЧКА 31	

Накнадни уписи и забелешке:

Број: _____
у БЕОГРАДУ,
дана 31.03.2017.

1 5084633



(М.П.)

Потпис матичара

ТАТЈАНА НИКОЛИЋ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
РУДАРСКО-ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ
ОДЛУКА СТУДЕНТСКОГ СЛОВАЊЕ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ	
РУДАРСКО-ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ	
Београд, Београд	
ПРИМЉЕНО	27. 09. 2019
ОС.	1/256

Молим Вас да ми одобрите статус мировања
академске 2018/2019 године пошто сам била на породичном
боловању. У прилогу молбе достављам Вам извод из
матичне књиге рођених деце

ДОКТОРАНД:
СУНИЦА ГАРЏИЈАН
ГМ/12 Никовић

У БЕОГРАДУ,
27.09.2019.

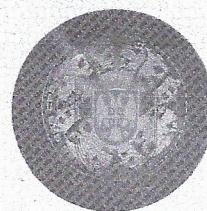
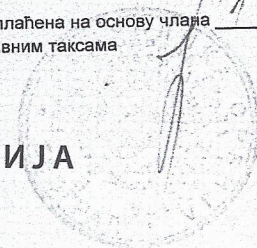
ЗАКЉУЧАК
А. Милосавић

МКР


 Такса није наплаћена на основу члана
 административним таксама

Закон о републичким

РЕПУБЛИКА СРБИЈА



ГРАД _____

ОПШТИНА _____

ЗЕМУН

ИЗВОД ИЗ МАТИЧНЕ КЊИГЕ РОЂЕНИХ

 У матичну књигу рођених која се води за матично подручје _____, под текућим бројем _____
 за годину _____ извршен је упис рођења: _____

Име	2018	
Презиме	СТЕВАН	
Дан, месец, година и час рођења	05. (пети) децембар 2018. год. у 11:55 час.	
Место и општина-град рођења, а ако је лице рођено у иностранству и држава	БЕОГРАД, Земун	
Јединствени матични број грађана	105120187101701	
Држављанство	Републике Србије	
Подаци о родитељима	оца	мајке
Име	БРАНКО	СУНЧИЦА
Презиме (и презиме пре закључења брака)	ГАРДИЈАН	ГАРДИЈАН рођ. НИНКОВИЋ
Јединствени матични број грађана	13003984330014	2303986715037
Дан, месец и година рођења	30.03.1984.	23.03.1986.
Место и општина-град рођења, а ако је лице рођено у иностранству и држава	ЗАГРЕБ, РЕПУБЛИКА ХРВАТСКА	БЕОГРАД, ЗЕМУН
Држављанство	Републике Србије	Републике Србије
Пребивалиште и адреса	СУРЧИН, ВИНОГРАДСКА 024	СУРЧИН, ВИНОГРАДСКА 024
Накнадни уписи и забелешке: ////		
Број:	200-00-00001/2018-26/748248	
у	БЕОГРАДУ,	
дана	19.12.2018.	
1 8073213		
Потпис матичара ЈАСНА МИЛОШ		

На основу члана 101. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, а на лични захтев студента (број 1/399 од 14.10.2020.) Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду на својој седници одржаној 21.10.2021. године, донело је

О Д Л У К У

Одобрава се мировање права и обавеза студенту докторских студија **Сунчици Гардијан, дипл. инж. геологије**, на студијском програму Хидрогеологија, за школску 2020/2021. годину.

Д Е К А Н

др Биљана Аболмасов, ред. проф.

Достављено:

- Ментору
- Именованој
- Одељењу за студентска питања

На основу члана 181. став 6. Статута Универзитета у Београду и члана 175. став 6. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду на својој седници одржаној 21.10.2021. године, донело је

О Д Л У К У

Одобрава се продужење рока за завршетак докторских студија на лични захтев **Сунчици Гардијан, дипл. инж. геологије**, на студијском програму Хидрогеологија, највише до троструког броја школских година потребних за реализацију студијског програма.

Д Е К А Н

др Биљана Аболмасов, ред. проф.

Достављено:

- Ментору
- Именованој
- Одељењу за студентска питања

На основу члана 101. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, а на лични захтев студента (број 1/157 од 01.09.2022.) Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду на својој седници одржаној 21.09.2023. године, донело је

О Д Л У К У

Одобрава се мировање права и обавеза студенту докторских студија **Сунчица Гардијан, дипл. инж. геологије** на докторским студијама на студијском програму Хидрогеологија, за школску 2022/2023. годину.

Д Е К А Н

др Биљана Аболмасов, ред. проф.

Достављено:

- Ментору
- Именованој
- Одељењу за студентска питања

На основу члана 181. став 6. Статута Универзитета у Београду и члана 175. став 6. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду на својој седници одржаној 21.09.2023. године, донело је

О Д Л У К У

Одобрава се продужење рока за завршетак докторских студија на лични захтев **Сунчици Гардијан, дипл. инж. геологије** на докторским студијама на студијском програму Хидрогеологија у школској 2023/2024. години, највише до троструког броја школских година потребних за реализацију студијског програма.

Д Е К А Н

др Биљана Аболмасов, ред. проф.

Достављено:

- Ментору
- Именованој
- Одељењу за студентска питања

На основу члана 67. и 114. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и члана 30. Правилника о докторским студијама на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 27.06.2024. године, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације **Сунчице Гардијан, дипл. инж. геологије**.
2. Одобрава се именованој израда докторске дисертације под насловом *„Примена алгоритама машинског учења у процени квалитета подземних вода на територији града Београда“*.
3. Тема докторске дисертација је оригинална идеја, од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.
4. За ментора се именује др Владимир Живановић, ванр. проф.
5. Сагласност на предлог теме докторске дисертације из ове одлуке даје Веће научних области техничких наука.

Д Е К А Н

др Биљана Аболмасов, ред. проф.

Достављено:

- Већу научних области техничких наука
- Ментору
- Именованој
- Одељењу за студентска питања

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Рударско-геолошки факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Оцена научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Сунчице Гардијан

Одлуком бр. 1/196 од 24.05.2024. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Сунчице Гардијан под називом :

„Процена утицаја урбанизације на територији града Београда на квалитет подземних вода применом алгоритама машинског учења“

На основу материјала приложеног уз захтев Кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1. Биографски подаци

Кандидат Сунчица Гардијан рођена је 23. 03. 1986. године у Земуну. Завршила је општи смер гимназије „Бранко Радичевић“ у Старој Пазови. Рударско-геолошки факултет, Универзитета у Београду уписује 2005. Године. Смер за Хидрогеологију и основне студије завршава 2012. године са просечном оценом 9,14 и оценом 10 на дипломском испиту. Докторске студије на Рударско-геолошком факултету, Универзитета у Београду, уписује 2012. године. У склопу похађања докторских студија испуњава све обавезе предвиђене програмом докторских студија студијског програма Хидрогеологија, чиме стиче услов за пријаву теме докторске дисертације.

Радну каријеру започиње након основних студија као волонтер, а касније и стручни сарадник на Департману за Хидрогеологију, Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, где и данас ради. Научно звање Истраживач-сарадник стиче марта 2012. године, додељено од стране Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду.

Од 2018. године кандидаткиња је била ангажована на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја бр III 43004: Симултана биоремедијација и солификација деградираних простора, за очување природних ресурса биолошки активних супстанци и развој и производњу биоматеријала и дијететских производа.

Учествује у одржавању наставе из предмета Општа хидрогеологија и Заштита подземних вода (за студенте геолошког одсека – смера за хидрогеологију), на Департману за хидрогеологију, као и у раду са студентима приликом израде дипломских, завршних и мастер радова.

Члан је Међународне асоцијације хидрогеолога (*IAH*).

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Школске 2012/2013. године кандидаткиња Сунчица Гардијан уписује докторске академске студије на Универзитету у Београду - Рударско-геолошком факултету, на смеру за хидрогеологију. Кандидат Сунчица Гардијан је положила све испите предвиђене акредитованим програмом докторских академских студија, на студијском програму Хидрогеологија, са просечном оценом 10,00.

На докторским академским студијама студијског програма Хидрогеологија положила је следеће испите:

1. Специјална поглавља из хидрогеологије и менаџмента подземних вода басена и дубоких структура (ЕСПБ 10, оцена 10)
2. Практични истраживачки рад П1 (ЕСПБ 10, оцена 10)
3. Семинар 1 (ЕСПБ 6, оцена 10)
4. Специјална поглавља из захвата и одрживог коришћења минералних вода и геотермалне енергије (ЕСПБ 20, оцена 10)
5. Практични истраживачки рад П2 (ЕСПБ 3, оцена 10)
6. Семинар 2 (ЕСПБ 3, оцена 10)
7. Општа стратиграфија-одабрана поглавља (ЕСПБ 10, оцена 10)

8. Истраживачка студија (ЕСПБ 4, оцена 10)
9. Научно-истраживачки рад (ЕСПБ 5, оцена 10)
10. Специјална поглавља из хидрогеологије животне средине (ЕСПБ 10, оцена 10)
11. Претходна студија оправданости (ЕСПБ 10, оцена 10)
12. Научно истраживачки рад (ЕСПБ 5, оцена 10)
13. Рад са СЦИ листе (ЕСПБ 20, оцена 10)
14. Пројекат докторске дисертације (ЕСПБ 10, оцена 10)
15. Самостални публиковани рад П1 (ЕСПБ 4, оцена 10)
16. Израда докторске дисертације (ЕСПБ 25, оцена 10)

Закључно, на докторским академским студијама је положила све испите предвиђене акредитованим програмом докторских академских студија, на студијском програму Хидрогеологија, са просечном оценом 10,00 и укупно 155 ЕСПБ, чиме је остварила услов да јој се одобри израда докторске дисертације.

У склопу стручног усавршавања и презентовања резултата досадашњих истраживања, била је учесник следећих научних скупова:

- XVI Српског Симпозијум о хидрогеологија са међународним учешћем, 28.09.-02.10.2022., Златибор, Србија
- XVII Конгреса геолога Србије, 17-20 Мај 2018, Врњачка Бања, Србија
- Семинар у оквиру ЦЕЕПУС мреже: „Статистика“, предавач проф. др Гордана Медуних, са ПМФ-а Свеучилишта у Загребу, Хрватска, април 2016.
- XV Српски симпозијум о хидрогеологији, Србија, Копаоник, 14-17.09.2016.
- Семинар у оквиру ЕРАСМУС+ мреже: „Мониторинг околиша“, предавач др Станко Ружичић, доцент, са РГН-а Свеучилишта у Загребу, Хрватска, новембар 2016.
- XIV Српски симпозијум о хидрогеологији, Србија, Златибор, 17-20.05.2012
- XVI Српски геолошки Конгрес, Д. Милановац, 22-25.05.2014.

Кандидаткиња Сунчица Гардијан је истраживач сарадник Министарства просвете, науке и технолошког развоја од 2018.године (сада: Министарство науке, технолошког развоја и иновација), распоређена у научно-истраживачку организацију (НИО), односно на Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду.

У складу са Правилником Рударско-геолошког факултета о докторским академским студијама, кандидат Сунчица Гардијан је 26.04.2024. године одбранила предложену тему докторске дисертације на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, о чему је састављен записник који је саставни део овог Извештаја.

Списак до сада објављених радова је следећи:

1. **Гардијан С.**, Живановић В., Магазиновић С., Мандић Ђ., Стојадиновић С. (2022) Режим изворских вода из кристаластих стена у планинским подручјима на примеру Топлог Дола на Власини (Југоисточна Србија), Зборник радова ХВИ српског Симпозијум о хидрогеологији са међународним учешћем, 28.09.-02.10.2022., Златибор, Србија. п. 489-494; ИСБН 978-86-7352-380-4.
2. **Гардијан С.**, Драгишић В., Живановић В., Андријашевић Ј., Магазиновић С. (2018) База хидрогеолошких појава и објеката на територији града Београда. Зборник радова XVII Конгреса геолога Србије, 17-20 Мај 2018, Врњачка Бања, Србија, п. 451-456, ИСБН: 978-86-86053-20-6.
3. Атанацковић Н., Драгишић В., Живановић В., Штрбачки Ј., **Гардијан С.** (2016) Регионална анализа ризика од загађивања подземних вода под утицајем напуштених рударских радова на простору Србије, Зборник радова XV српског Симпозијума о хидрогеологији са међународним учешћем, Копаник, п.495-500; ИСБН 978-86-7352-316-3.
4. Atanacković N., Dragišić V., Živanović V., Štrbački J., **Gardijan S.** (2016): Risk-based Regional Scale Screening of Groundwater Contamination from Abandoned Mining Sites in Serbia - Initial Results. Proceedings of "IMWA 2016 – Mining Meets Water – Conflicts and Solutions". 11-15. July 2016, Leipzig, Germany, p. 600-607. ISBN 978-3-86012-533-5
5. **Sunčica Ninković**, Nebojša Atanacković, Sava Magazinović, Jakov Andrijašević, Mihailo Šević (2016): Evaluation of groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in Ralja river basin, Proceedings of the XV Serbian Hydrogeological Congress, Kopaonik 14-17.09.2016., p. 183-188
6. Nebojša Atanacković, Veselin Dragišić, Vladimir Živanović, **Sunčica Gardijan**, Sava Magazinović (2016): Regional-scale screening of groundwater pollution risk induced by historical mining activities in Serbia, in Environmental Earth Sciences, 2016, Vol 75, No 16, DOI 10.1007/s12665-016-5983-9 (IF=1.765)
7. Живановић В., Драгишић В., Атанацковић Н., **Нинковић С.**, Магазиновић С. (2015): Израда карте ризика од загађивања подземних вода на примеру националног парка "Ђердап", Записници Српског геолошког друштва за 2015. годину, Београд 2015, ISSN: 0372-9966
8. Nebojša Atanacković, Veselin Dragišić, Vladimir Živanović, **Sunčica Ninković**, Sava Magazinović (2015): Regional Scale Screening of Groundwater Pollution Risk Induced by Historical Mining Activities in Serbia, Groundwater Vulnerability from Scientific concept to practical application. Ed. A. Witkowski, S. Jakovczyk-Karpierz, D. Grabala International Conference. Ustron Poland, 2015, Faculty of Earth Sciences, University of Silesia, Sosnowiec, Poland, 9, ISBN: 978-83-61644-47-7
9. Живановић В., Драгишић В., Атанацковић Н., **Нинковић С.**, Нешковић Д. (2014) Примена географског информационог система у изради карте ризика од загађивања подземних вода на примеру националног парка Ђердап, Зборник радова ХВИ Конгреса геолога Србије, 22-25 Септембар 2014, Доњи Милановац, Србија, п. 320-325, ISBN: 978-86-86053-14-5
10. Атанацковић Н., Драгишић В., Живановић В., Магазиновић С., **Нинковић С.** (2014) Рудничке воде напуштених рударских радова на простору Карпато-балканида источне Србије, Зборник радова XVI Конгреса геолога Србије, 22-25 Септембар 2014, Доњи Милановац, Србија, п. 462-466, ISBN: 978-86-86053-14-5.

11. Atanacković Nebojša, Magazinović Sava, Dragišić Veselin, Živanović Vladimir, **Ninković Sunčica** and Bajić Aleksandra (2014): Karst spring regime monitoring and analysis - a case study of Tupižnica karst spring in eastern Serbia. DIKTAS Conference „Karst without boundaries“, June 11-15 2014, Trebinje, Bosna i Hercegovina, p. 237, ISBN 978-99938-52-58-2

Учествовала је у изради научно-истраживачких пројеката, студија и елабората о хидрогеолошким истраживањима:

- Ажурирање и иновирање катастра водних појава и објеката на територији града Београда са израдом дигиталне карте и базе података - Град Београд-Секретаријат за заштиту животне средине
- Претходна хидрогеолошка студија подручја лежишта злата „Бигар-Коркан“- Avala Resource (Avala Minerals)
- Претходна хидрогеолошка студија истражног простора „Туларе“ у општини Медвеђа- Dunav Minerals (Avala Minerals)
- Претходна хидрогеолошка студија лежишта фосфорита „Лисина“ – Victoria Group
- Други Елаборат о резервама подземних вода изворишта „Уједињене српске пиваре Зајечарско“ АД из Зајечара
- Пројекат детаљних хидрогеолошких истраживања на локацији фабрике воде „Власинка“ у Топлом Долу
- Пројекат детаљних хидрогеолошких истраживања изворишта „Млака“ у насељу Кучево (општина Кучево) за потребе израде елабората о резервама подземних вода
- Елаборат о резервама подземних вода изворишта „Бели Тимок“ за водоснабдевање Зајечара
- Елаборат о резервама подземних вода изворишта „Тупижница“ за водоснабдевање Зајечара
- Елаборат о резервама термоминералних вода Рибарске Бање
- Елаборат о зонама санитарне заштите изворишта предузећа „Уједињене српске пиваре Зајечарско“ АД из Зајечара
- Други елаборат о експлоатационим резервама подземних вода изворишта фабрике „Nectar“ у Бачкој Паланци
- Пројекат испуњености услова и мера одрживог коришћења природних ресурса-подземних вода изворишта „Хенкел-Србија“ у Крушевцу
- Пројекат испуњености услова и мера одрживог коришћења природних ресурса-подземних вода изворишта предузећа „Heineken Србија доо Зајечар“ у Зајечару
- Други Елаборат о резервама подземних вода изворишта фабрике „Coca Cola“ у Земуну (бунари Б-2, Б-3 и Б-4)
- Елаборат о резервама изворских вода „Б“ и „Ц“ категорије на простору Топлог Дола на Власини (општина Сурдулица)
- Елаборат о зонама санитарне заштите изворишта „Сињи Вир“ (општина Књажевац)
- Пројекат детаљних хидрогеолошких истраживања за потребе израде елабората о резервама подземних вода изворишта Брачин-општина Ражањ
- Пројекат испуњености услова и мера одрживог коришћења природних ресурса-подземних маломинерализованих вода изворишта фабрике „Coca Cola“ у Земуну

- Елаборат о резервама подземних вода из бунара Б-4 на изворишту предузећа „Транскоп експорт-импорт“ доо у Параћину
- Елаборат о зонама санитарне заштите изворишта „Мало Лаоле“ (општина Петровац на Млави)
- Елаборат о зонама санитарне заштите изворишта „Шетоњско врело“ (општина Петровац на Млави)
- Елаборат о зонама санитарне заштите изворишта фабрике Соса Сола у Земуну
- Елаборат о резервама подземних вода изворишта „Власинка“ у Топлом Долу на Власини (истражно -експлоатациони бунари ЕХПЛО-1 и ЕХПЛО-2)
- Елаборат о резервама изворских вода „А“ категорије изворишта „Власинка“ (извор број 7) на Власини
- Елаборат о резервама подземних вода на извориштима „Јелен До“ А.Д. у Јелен Долу општина Пожега (врело Јелен До и Бунар ЈДБ-1)
- Елаборат о резервама подземних вода изворишта „Млака“ за потребе водоснабдевања Кучева (општина Кучево)
- Елаборат о зонама санитарне заштите изворишта подземних вода Варварин за водоснабдевање Варварина
- Елаборат о зонама санитарне заштите изворишта подземних Дојкино Врело и Шопур у парку природе Стара планина
- Елаборат о зонама санитарне заштите изворишта „Тупужница“ (општина Зајечар)
- Елаборат о зонама санитарне заштите изворишта „Бели Тимок“ (општина Зајечар)
- Пројекат испуњености услова и мера одрживог коришћења природних ресурса-термоминералних вода изворишта Бање Ковиљаче
- Пројекат испуњености услова и мера одрживог коришћења природних ресурса-термоминералних вода изворишта „Рибарска Бања“
- Пројекат хидрогеолошких истраживања маломинерализованих подземних вода у сливу Омарских врела (општина Бајина Башта)
- Пројекат хидрогеолошких истраживања лежишта злата и бакра (Источна Србија) – Rakita Exploration (Freeport McMoRan Copper& Gold)

Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидаткиња Сунчица Гардијан, студент докторских студија, је положила све испите предвиђене планом докторских студија чиме је остварила услов да јој се одобри израда докторске дисертације. На основу досадашњег рада и претходно приказаних резултата, кандидаткиња Сунчица Гардијан је стекла богато теренско искуство, посебно из области заштите подземних вода.

У складу са Правилником Рударско-геолошког факултета о докторским академским студијама, докторанд Сунчица Гардијан је 26.04.2024. године одбранила предложену тему докторске дисертације на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, о чему је састављен записник који је саставни део овог Извештаја.

2. ОБРАЗЛОЖЕЊЕ ТЕМЕ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

ПРЕДЛОГ НАЗИВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

***„ПРОЦЕНА УТИЦАЈА УРБАНИЗАЦИЈЕ НА ТЕРИТОРИЈИ ГРАДА БЕОГРАДА НА
КВАЛИТЕТ ПОДЗЕМНИХ ВОДА ПРИМЕНОМ АЛГОРИТАМА МАШИНСКОГ УЧЕЊА“***

НАУЧНА ОБЛАСТ КОЈУ ОБУХВАТА ТЕМА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Хидрогеологија

ПРЕДМЕТ И ЦИЉЕВИ НАУЧНОГ ИСТРАЖИВАЊА

Вода је главни и неопходни ресурс за опстанак живота и основна људска потреба. Водни ресурси се користе у различите сврхе: за пиће, пољопривредне активности, у индустрији, у домаћинствима, за рекреацију и за активности везане за заштиту животне средине. Подземне воде су обновљиви природни ресурс и драгоцен компонента екосистема и као такве рањиве су на природне и људске утицаје. Захваљујући могућности коришћења подземних вода за различите намене, квалитет подземних вода је подједнако значајан као и квантитет. Хемијске карактеристике подземних вода играју важну улогу у класификацији и процени квалитета воде, а геохемијске студије о подземним водама омогућују боље разумевање могућих промена у квалитету подземних вода. Многи макро и микро елементи, као и елементи који се јављају у траговима могу имати значајан утицај на људско здравље путем недовољног или прекомерног уноса. Подземне воде садрже широк спектар растворених неорганских хемијских састојака у различитим концентрацијама, који су продукт хемијских и биохемијских интеракција између воде и стене. Процена квалитета подземних вода за пиће и наводњавање је постала неопходан и важан задатак за садашње и будуће управљање квалитетом подземних вода. Данас у свету, постоје бројне студије које су фокусиране на праћење квалитета подземних вода и евалуацију за употребу у домаћинству и за пољопривредне активности.

Детаљно испитивање хемијског састава подземних вода и њеног просторног варирања може пружити свеобухватне информације о хетерогености и повезаности издани, као и о главним механизмима који контролишу протикање подземних вода и квалитет воде.

Такође, репрезентативна и поуздана процена хемијског састава подземних вода на регионалном нивоу захтева вишеструка узорковања са довољно локација, што доводи до великих скупова података и потребе значајних финансијских средстава да би таква испитивања могла да се изврше. Стога се често користе технике мултиваријантне анализе, на пример, редукција димензионалности, кластеровање и технике машинског учења (надгледано/ненадгледано учење), како би се олакшало тумачење комплексних података о квалитету подземних вода.

ПРЕДМЕТ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Предмет ове докторске дисертације је примена алгоритама машинског учења и вештачких неуронских мрежа у прогнози хемијског састава подземних вода на територији града Београда, које су каптиране изворима или плитким бунарима. Прогноза квалитета извршиће се у односу на утицај постојеће или будуће урбанизације. Додатно, биће анализирани квалитативне карактеристике подземних вода са аспекта могућности њиховог коришћења као алтернативних извора водоснабдевања или за потребе наводњавања.

У циљу развоја методологије вршиће се хидрогеолошко рекогносцирање терена и прикупљање узорака воде са преко 700 локација извора или копаних бунара на територији 17 градских општина. Подаци који су добијени на терену као и резултати хемијских анализа уз остале податке прикупљене из различитих литературних извора послужиће као основа за креирање дигиталне базе података у ГИС окружењу. Добијена база података ће бити коришћена као полазни основ за улазне податке који се користе као улазни и излазни атрибути приликом симулације и тестирања одређених алгоритама машинског учења и неуронских мрежа.

ЦИЉ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Подземне воде су важан извор питке воде и због тога је осигурање квалитета подземних водних ресурса кључно за људско здравље. Машинско учење има широке перспективе примене у анализи подземних вода, укључујући процену и предвиђање квалитета подземних вода и извора загађења.

Тачно предвиђање концентрација појединих компоненти у подземним водама од виталног је значаја за контролу загађења и одрживо управљање подземним водама. Тако на пример, нитрати су широко распрострањени контаминант који потиче из различитих извора, укључујући пољопривредну употребу ђубрива и отпадне воде, и могу озбиљно угрозити квалитет воде и здравље људи ако пређу одређене границе. Прецизна предикција концентрација овог параметара омогућава ефикасно планирање мера контроле загађења, идентификацију подручја високог ризика, и правовремено реаговање како би се очували подземни водни ресурси за будуће генерације. Стога, даља истраживања и развој техника предвиђања садржаја контаминаната у подземним водама требали би бити приоритети у напорима за очување здравља и одрживости водених ресурса.

Реализација предвиђених обимних истраживања у оквиру израде докторске дисертације као очекивани резултат треба да прикаже могућност примене вештачке интелигенције у области хидрогеологије, резултате и упоредну анализу прогнозе квалитета хемијског састава подземних вода, просторну дистрибуцију одређених квалитативних параметара као и прогнозу ефеката постојеће и/или будуће урбанизације на ресурсе подземних вода.

Посебна пажња ће бити посвећена детаљној анализи и припреми модела, тестирању и верификацији појединачних алгоритама надгледаног машинског учења (случајне шуме, стабла одлучивања, метода потпорних вектора, линеарна и логистичка регресија и др.) са оценом њихове примењивости и поузданости добијених резултата за дато подручје.

ИЗВОД ДЕЛА ЛИТЕРАТУРНИХ ИЗВОРА ИЗ ПРЕДМЕТНЕ ОБЛАСТИ:

1. Abba I.S., Yassin A. M., Mubarak S.A. et al: (2023): *Drinking Water Resources Suitability Assessment Based on pollution Index of Groundwater Using Improved Explainable Artificial Intelligence*, Sustainability, 15, 15655
2. Ahmed U., Mumtaz R, Anwar H. et al.(2019): *Efficient Water Quality Prediction Using Supervised Machine Learning*, Water , 11, 2210; doi:10.3390/w11112210
3. Alfaleh A., Khedher Ben N.,-Meza Alviz A. (2023): *Is the entropy-weighted water quality index a suitable index for evaluating the groundwater quality in Ha'il, Saudi Arabia?* , Water Science & Technology Vol 88 No 3, 778, doi: 10.2166/wst.2023.230
4. Al-Mahallawi K.,Mania J.,Hani A., Shahrour I., (2012): *Using of neural networks for the prediction of nitrate groundwater contamination in rural and agricultural areas*, Environmental Earth Sciences 65(3):917-928
5. Atanacković N. (2018): *Procena rizika od zagađivanja vodnih resursa pod uticajem napuštenih rudarskih radova na prostoru Srbije, doktorska disertacija*, Univerzitet u Beogradu
6. Atanacković, N., Dragišić, V., Živanović, V., Gardijan, S., Magazinović, S. (2016) *Regional-scale screening of groundwater pollution risk induced by historical mining activities in Serbia*, Environmental Earth Sciences, vol. 75, No 1152. doi:10.1007/s12665-016-5983-9.
7. Band S., Janizadeh S., Chandra Pal S.,(2020): *Comparative Analysis of Artificial Intelligence Models for Accurate Estimation of Groundwater Nitrate Concentration*, Sensors, 20, 5763; doi:10.3390/s20205763
8. Band S.S., Janizadeh S., Pal C.S., et al. (2020): *Comparative Analysis of Artificial Intelligence Models for Accurate Estimation of Groundwater Nitrate Concentration*, 20, 5763, doi:10.3390/s20205763
9. Barzegar R., Madhaddan AA., Adamowski J.,Fijani F.,(2017): *Comparison of machine learning models for predicting fluoride contamination in groundwater*, Stoch Env Res Risk Assess 31(10):2705-2718
10. Bui DT, Khosravi K.,Karini M.,Busico G, Khozani ZS et al.,(2020): *Enhancing nitrate and strontium concentration prediction in groundwater by using new data mining algorithm*, Sci Total Environ 715:136836
11. Bui T.D., Khosravi K., Karimi M., et al. (2020): *Enhancing nitrate and strontium concentration prediction in groundwater by using new data mining algorithm*, Science of the Total Environment, 715:136836
12. Bui T.D., Khosravi K., Karimi M., et al. (2020): *Enhancing nitrate and strontium concentration prediction in groundwater by using new data mining algorithm*, Science of the Total Environment, 715:136836
13. Constantin Radu Gogu (2022): *Urban Hydrogeology Studies*, Water 14, 1819. <https://doi.org/10.3390/w14111819>

14. Elkhalki S., Hamed R., S. Jodeh S.,(2023): *Study of the quality index of groundwater (GWQI) and its use for irrigation purposes using the techniques of the geographic information system (GIS) of the plain Nekor-Ghiss (Morocco)*, Environmental Science, doi 10.3389/fenvs.2023.1179283
15. Fu G., Jin Y., Sun S., et al. (2022): *The role of deep learning in urban water management: A critical review*, Water Research 223, 118973
16. Gaagi A., Aouissi A. H., Bencedira S., et al. (2023): *Application of Water Quality Indices, Machine Learning Approaches, and GIS to Identify Groundwater Quality for Irrigation Purposes: A Case Study of Sahara Aquifer, Doucen Plain, Algeria*, Water, 15,259
17. Galiano-Rodriguez F.V., Espinar-Luque A.J. et al. (2018): *Feature selection approaches for predictive modelling of groundwater nitrate pollution: An evaluation of filters, embedding and wrapper methods*, Science of the Total Environment, 624:661-672
18. García-del-Toro E.M., García-Salgado S., Mateo F. L., (2022): *Machine Learning as a Diagnosis Tool of Groundwater Quality in Zones with High Agricultural Activity (Region of Campo de Cartagena, Murcia, Spain)*, Agronomy, 12, 3076. <https://doi.org/10.3390/agronomy12123076>
19. Gholami V., Booij M.J.,(2022): *Use of machine learning and geographical information system to predict nitrate concentration in an unconfined aquifer in Iran*, Journal of Cleaner Production, 360:131847
20. Gholami V., Booij M.J.,(2022): *Use of machine learning and geographical information system to predict nitrate concentration in an unconfined aquifer in Iran*, Journal of Cleaner Production, 360:131847
21. Gupta K.P., Maiti S.,(2022): *Enhancing data-driven modeling of fluoride concentration using new data mining algorithms*, Environmental Earth Sciences 81:89
22. Gupta K.P., Maiti S.,(2023): *Enhancing the prediction of hydraulic parameters using machine learning, integrating multiple attributes of GIS and geophysics*, Hydrogeology Journal vol 31 (501-520)
23. Haythem Msaddek M., Moumni Y, Zouhri L.(2023): *Groundwater Quality Evaluation of Fractured Aquifers Using Machine Learning Models and Hydrogeochemical Approaches to Sustainable Water-Irrigation Security in Arid Climate (Central Tunisia)*, Water, 15, 3332. <https://doi.org/10.3390/w15193332>
24. He S., Wu J., Wang D., He X. (2022): *Predictive modeling of groundwater nitrate pollution and evaluating its main impact factors using random forest*, Chemosphere, 290: 133388
25. Hmoud Al-Adhaileh M., Waselallah Alsaade F.,(2021): *Modelling and Prediction of Water Quality by Using Artificial Intelligence*, Sustainability, 13, 4259. <https://doi.org/10.3390/su13084259>
26. Howard Ken (2023): *Urban groundwater*, The Groundwater Project, Guelph, Ontario, Canada, <https://doi.org/10.21083/978-1-77470-038-9>
27. Hu Z., Zhang Y., Zhao Y., Xie M et al. (2019): *A Water Quality Prediction Method Based on the Deep LSTM Network Considering Correlation in Smart Mariculture*, Sensors, 19,1420
28. Ibrahim H., Yaseen M. Z., Scholz M., et al., (2023): *Evaluation and Prediction of Groundwater Quality for Irrigation Using an Integrated Water Quality Indices, Machine Learning Models and GIS Approaches: A Representative Case Study*, Water, 15,694 <https://doi.org/10.3390/w15040694>

29. Juna A., Umer M., Sadiq S. et al, (2022): *Water Quality Prediction Using KNN Imputer and Multilayer Perceptron*, Water, 14, 2592
30. Kumar Batabyal A., Chakraborty S.,(2015): *Hydrogeochemistry and Water Quality Index in the Assessment of Groundwater Quality for Drinking Uses*, Water Environment Research , July 2015
31. Lowe M., Qin R, Xinwei M. (2022): *A Review on Machine Learning, Artificial Intelligence, and Smart Technology in Water Treatment and Monitoring*, Water , 14, 1384. <https://doi.org/10.3390/w14091384>
32. Malek A.H.N, Yaacob W. F. W., Nasir M.A.S.,Shaadan N., (2022): *Prediction of Water Quality Classification of the Kelantan River Basin, Malaysia, Using Machine Learning Techniques*, Water,14,11067
33. Marín Celestino A.E., Martínez Cruz A.D.,Otazo Sánchez E.M. et al, (2018) : *Groundwater Quality Assessment: An Improved Approach to K-Means Clustering, Principal Component Analysis and Spatial Analysis:A Case Study*, Water , 10, 437; doi:10.3390/w10040437
34. Min Lee J, Kyung-Seok K.,·Keunje Y. (2023): *A machine learning-based approach to predict groundwater nitrate susceptibility using field measurements and hydrogeological variables in the Nonsan Stream Watershed, South Korea*, Applied Water Science, 13:242, <https://doi.org/10.1007/s13201-023-02043-9>
35. Nadiri A.A., Barzegar R., Sadeghfam S, et al.(2022): *Developing a Data-Fused Water Quality Index Based on Artificial Intelligence Models to Mitigate Conflicts between GQI and GWQI*, Water , 14, 3185. <https://doi.org/10.3390/w14193185>
36. Nikolić M., Zečević A. , (2019): *Mašinsko učenje*, skripta, Matematički fakultet, Beograd
37. Nolan T.B., Fienen N. M., Lorenz L.D., (2015): *A statistical learning framework for groundwater nitrate models of the Central Valley, California, USA*, Journal of Hydrogeology,531:902-911
38. Parise M., Ravbar N., Živanović V., Mikszewski A., Kresic N., Mádl-Szőnyi J., Kukurić N. (2015) *Hazards in Karst and Managing Water Resources Quality*. In: Stevanović Z. (eds) *Karst Aquifers—Characterization and Engineering*. Professional Practice in Earth Sciences. Springer, Cham. ISBN: 978-3-319-12850-4, https://doi.org/10.1007/978-3-319-12850-4_17
39. Peña-Guzmán A.C., Melgarejo J., Prats D., (2017): *Urban Water Cycle Simulation/Management Models: A Review*, Water , 9, 285; doi:10.3390/w9040285
40. Purushottam Agrawal P., Alok Sinha A., Kumar S., (2021): *Exploring Artificial Intelligence Techniques for Groundwater Quality Assessment*, Water 2021, 13, 1172. <https://doi.org/10.3390/w13091172>
41. Ram A., Tiwari S.K., Pandey H.K et al., (2021): *Groundwater quality assessment using water quality index (WQI) under GIS framework*, Applied Water Science, 11:46
42. Ranson K.M., Nolan B.T., Stackelberg P.E. et al, (2022): *Machine learning prediction of nitrate in groundwater used for drinking supply in the conterminous United States*, Science of Total Environment 807:151065
43. Raschka S., Liu Y., Mirjalili V. (2022): *Mašinsko učenje Pytorch i Scikit Learn Razboj modela mašinskog učenja i dubokog učenja pomoću programskog jezika Python*, Kompjuter biblioteka, Beograd
44. Saeedi M., Abessi O., Sharifi F., Meraji H., (2009): *Development of groundwater quality index*, Environ Monit Assess, DOI 10.1007/s10661-009-0837-5

45. Shahjad Ali , Sitaram Verma , Manish Baboo Agarwal., (2024): *Groundwater quality assessment using water quality index and principal component analysis in the Achnera block, Agra district, Uttar Pradesh, Northern India*, Scientific Reports, 14:5381 <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56056-8>
46. Shams Y.M., Elshewey M.A., El-kenawy M.El-S., (2024): *Water quality prediction using machine learning models based on grid search method*, Multimedia Tools and Applications , 83: 35307-35334, <https://doi.org/10.1007/s11042-023-16737-4>
47. Suneetha M., Syama Sundar B., Ravindhranath K.(2015): *Calculation of water quality index (WQI) to assess the suitability of groundwater quality for drinking purposes in Vinukonda Mandal, Guntur District, Andhra Pradesh, India*, Journal of Chemical and Pharmaceutical Research,7(9):538-545, ISSN : 0975-7384
48. Uddameri V, Bessa Silva A.L, Singaraju S.:(2020): *Tree-Based Modeling Methods to Predict Nitrate Exceedances in the Ogallala Aquifer in Texas*, Water, 12, 1023; doi:10.3390/w12041023
49. Unigwe O.C., Egbueri C.J., Omeke E.M. (2022): *Geospatial and statistical approaches to nitrate health risk and groundwater quality assessment of an alluvial aquifer in SE Nigeria for drinking and irrigation purposes*, Journal of the Indian Chemical Society. 99: 100479
50. Wekesa Makonjo A., Otieno C.,(2022): *Assessment of Groundwater Quality Using Water Quality Index from Selected Springs in Manga Subcounty, Nyamira County, Kenya* , The Scientific World Journal,Volume 2022, Article ID 3498394,
51. Wheeler C.D., Nolan T.B., Flory R.A et al. (2015): *Modelling groundwater nitrate concentrations in private wells in Iowa*, Science of the Total Environment, 536:481-488
52. Zhu M., Wang J., Yang X et al. (2022): *A review of the application of machine learning in water quality evaluation*, Eco-Environment & Health 1, 107-116
53. Živanović V. (2016): *Razvoj metodologije zaštite izvorišta podzemnih voda primenom karata ranjivosti*, doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu
54. Živanović, V., Jemcov, I., Dragišić, V. (2022) *Vulnerability methods in hard rock formation as a basis for groundwater risk assessment – from resource to source*, Geologica Croatica, vol. 75, No 3. doi: 10.4154/gc.2022.23 (IF=1.273)
55. Zohud A., Alam L, Goh Ta C., (2023): *Evaluation of Groundwater Quality Using the Water Quality Index (WQI) and Human Health Risk (HHR) Assessment in West Bank, Palestine*, Hydrology 10, 198.
56. Zwahlen F [ed] (2004) *Vulnerability and risk mapping for the protection of carbonate (karst) aquifers*, COST Action 620, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 297 s.

ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

Планирано истраживање у складу са дефинисаним циљевима у оквиру докторске дисертације уз поштовање ставова и резултата постигнутих кроз научну литературу биће изведено са неколико следећих полазних хипотеза:

- У урбаном окружењу циклус кружења воде је значајно измењен, инфилтрација атмосферског талога је веома смањена, али је исто тако смањена и евапотранспирација па се одређено прихрањивање издани врши и на рачун губитака из система за водоснабдевање становништва.
- Порастом нивоа подземних вода у урбаним подручјима долази до кретања контаминаната који су настали као продукт отпадних вода услед великих губитака из канализационе мреже и неконтролисаних излива индустријских отпадних вода.
- Услед ризика од контаминације, подземне воде из пливних водоносних слојева често су занемарене јер нису прикладне за људску потрошњу. Међутим оне имају низ карактеристика које их чине погодним за искоришћавање и укључивање у глобални одрживи развој управљања водама у урбаним подручјима: могу се користити за друге намене осим за пиће, али се могу сматрати и алтернативним извором водоснабдевања.
- Методологија процене рањивости, опасности и ризика од контаминације подземних вода једна је од новијих метода истраживања која је последњих деценија доживела велику експанзију примене.
- Поред употребе карата рањивости, хазарда и анализе ризика од контаминације у циљу смањења антропогеног утицаја и заштите подземних вода, у анализи, интерпретацији и симулацији података последњих година све више се користи вештачка интелигенција односно алгоритми машинског учења и вештачке неуронске мреже. Машинско учење се успешно показало у анализи и прогнози квалитета подземних вода, прогнози садржаја нитрата, флуорида у подземним водама као и њиховој просторној дистрибуцији, прогнози нивоа подземних вода

НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

У процесу израде дисертације, примењиваће се следећи методски поступци: анализа, синтеза, генерализација и класификација. У циљу решавања проблема који је предмет ове докторске дисертације планирана је примена више савремених метода следећих геолошких наука и дисциплина: хидрогеологије, хидрохемије, структурне геологије, регионалне геологије итд. Такође предвиђа се и примена вештачке интелигенције односно њене подобласти, машинско учење.

Ово подразумева прикупљање података ранијих истраживања, као и спровођење нових истраживања:

- Рекогносцирање терена и прикупљање података о геолошким и хидрогеолошким карактеристикама извора и копаних бунара на територији града Београда;

- Хемијске анализе вода: скраћене анализе и одређивање садржаја појединих микроелемената (методе: гравиметрија, волуметрија, ААС, турбидиметрија, УВ-ВИС спектрофотометрија);
- обрада података хемијских анализа (примена *Schlumberger*-овог софтвера *AquaChem*);
- израда базе података о хидрогеолошким појавама и објектима на територији града Београда и подацима о геолошко-хидрогеолошким карактеристикама терена применом *Esr*-јевог софтвера *ArcGIS*;
- анализа природне рањивости и услови заштите подземних вода применом признатих метода, а у зависности од нивоа детаљности и мере располжених података и подлога;
- примена алгоритама машинског учења (примена библиотеке *Scikit-learn* у програмском језику *Python*);
- просторна анализа добијених података и интерпретација резултата.

НАУЧНИ ЗНАЧАЈ ТЕМЕ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

Докторска дисертација би представљала први научни рад на Департману за хидрогеологију Рударско-геолошког факултета који обрађује примену машинског учења и неуронских мрежа у хидрогеологији код процене квалитета подземних вода.

Радом би била приказана примена алгоритама машинског учења, чиме би се извршила симулација и дала оцена могућности њихове примене у прогнози квалитета подземних вода као последица постојеће и/или будуће урбанизације.

Конкретно у докторској дисертацији ће бити анализирани различити аспекти који могу да утичу на квалитет подземних вода на територији Града Београда:

- Картирање значајног броја хидрогеолошких појава (извори и бунари);
- Израда карте рањивости подземних вода;
- Анализа потенцијалних извора контаминације (израда карте хазарда);
- Израда базе података са овим појавама;
- Израда карте ризика од контаминације подземних вода;
- Дефинисање постојећег квалитета подземних вода у различитим деловима града у односу на степен урбанизације;
- Систематски приказ алгоритама машинског учења и анализа њихове применљивости за решавање конкретних проблема у хидрогеологији;
- Примена алгоритама машинског учења у проналажењу одговарајућих веза квалитета подземних вода и утицаја урбанизације;
- Прогноза промене квалитета подземних вода у одређеним подручјима града Београда где је планирана интензивна урбанизација.

Поред научног значаја, поменути сегменти планиране докторске дисертације имаће и значајан **стручни допринос** у решавању проблема контаминације подземних вода на територији града Београда као резултат урбанизације. Добијени резултати ће бити коришћени као подлога за планирање будућег одрживог коришћења датих ресурса подземних вода, као и могућност њихове употребе у различите сврхе.

КОНЦЕПЦИЈА И МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

Да би се одговорило на постављене циљеве, било је неопходно применити различите методске приступе, који су се у основи састојали од три главне групе радова: кабинетски, теренски рад и лабораторијска испитивања. Кабинетски рад је обухватио припрему за теренска истраживања и обраду података; теренски рад је укључивао обилазак водних појава и објеката, прикупљања неопходних информација и узорковања подземних вода, док су лабораторијска испитивања обухватила утврђивање хемијског састава подземних вода. Методологија истраживања која је примењена за потребе израде докторске дисертације, је у многоме слична примењеним истраживањима за потребе израде пројекта основних хидрогеолошких истраживања, уз примену специјализованих софтверских пакета и модерних мерних инструмената.

Теренска истраживања

Припрема за теренска истраживања обухвата претходну анализу расположивих података, као и прикупљање додатних информација о водним појавама и објектима из различитих литературних извора. Локације појава и објеката су уношене у базу заједно са топографским подлогама и сателитским снимцима у циљу процене доступности локација и одабира најбољих рута за рекогносцирање. Приликом обиласка терена прикупљаће се информације о водним појавама и објектима које се генерално односе на следеће: локација, координате, фотографија, врста објекта, његово стање и намена као и техничке карактеристике објекта и издашност. Уз прикупљање основних информација и административних података, вршиће се и мерење физичко-хемијских параметара (рН, електропроводљивост и температура) и узорковање подземних вода за хемијску анализу. Информације ће бити унете у катастарске листове чија форма је прилагођена за унос података за бунар и за извор. Паралелно са теренским истраживањима вршиће се иновирање базе података прикупљеним подацима.

Лабораторијска испитивања

Подразумевају утврђивање основних физичко-хемијских параметара, анализу макрокомпоненти у подземним водама, као и анализу одабраних микрокомпоненти које укључују гвожђе, манган, цинк, амонијак, фосфор и нитрите као и растворене гасове водоник сулфид и угљен диоксид.

Испитивања хемијског састава подземних вода вршиће се у лабораторији Института за хемију, технологију и металургију из Београда и лабораторији за хидрохемију Рударско-геолошког факултета у Београду.

Кабинетски радови

Подразумевају прикупљање, систематизацију и реинтерпретацију постојећих података о хидрогеолошким појавама и објектима (изворима и копаним бунарима) на територији Града и геолошким и хидрогеолошким карактеристикама издани у оквиру којих су формиран. У оквиру ове фазе, планирано је проучавање публиковане и фондовске документације из области машинског учења у анализи квалитета и прогнози хемијског састава подземних вода. Биће анализирана како домаћа тако и инострана искуства и сазнања која су у вези са постављеним научним проблемом. Циљ ове фазе истраживања је да се сагледа проблематика везана за анализу утицаја постојеће или будуће урбанизације на животну средину и водне ресурсе. Такође, кроз ову фазу биће идентификовани недостаци у обиму и садржају постојећих података, на основу чега ће бити планиране даље фазе истраживања у циљу допуњавања недостајућих података. У овој етапи ће бити припремљена и развијена база података у GIS окружењу која ће бити попуњавана са новим подацима прикупљеним у даљим фазама истраживања.

Формирање базе података

Неопходни припремни радови приликом формирања базе података за ову докторску дисертацију су следећи:

- Набавка и скенирање топографских карата (1:50.000, 1:25.000);
- Набавка и скенирање геолошких карата у размери 1:25.000;
- Отклон деформација и трансформација у државни координатни систем;
- Израда векторског садржаја водотока на нивоу тачности 1:25.000;
- Израда векторског садржаја (геолошке карте) на нивоу тачности 1:25.000;
- Израда дигиталног елевационог модела (DEM) за подручје истраживања на нивоу тачности 1:25.000;
- Набавка и унос карата коришћења земљишта CORINE (European Environment Agency);
- Набавка и унос сателитских снимака LANDSAT 8.

Све дигитализоване подлоге ће бити инкорпориране у јединствену базу података која се формира у ArcGIS окружењу. Географски информациони систем који се формира током израде ове докторске дисертације обухвата следеће елементе:

- припрему и унос података,
- складиштење и структурирање података,
- логичко груписање и рационално повезивање,
- претраживање и анализа података,
- доношење одлука на основу критеријума анализе и процена валидности (*decision making*) и
- визуализација просторних и приказ алфанумеричких података.

Креирана база података представља Microsoft Access базу која омогућава складиштење просторних и непросторних података као и све претходно наведене елементе карактеристичне за ГИС системе. ГИС окружење такође омогућава да се правилно

унесени и ускладиштени подаци корелишу и повежу на основу задатих критеријума. Такође је омогућено да се графички подаци издвоје по слојевима, што даје лакшу примену просторних анализа и касније једноставнији приказ добијених резултата. Креирана база података послужиће као основ за улазне податке (атрибуте) који су потребни приликом примене алгоритама машинског учења.

Примена алгоритама машинског учења на добијене податке

У области машинског учења, кључ за изградњу прецизних и робусних предиктивних модела лежи не само у одабиру правих алгоритама, већ и у вештини инжењеринга карактеристика. Инжењеринг својстава је виталан корак у процесирању података, где се сирови подаци трансформишу у значајне и информативне карактеристике које значајно могу побољшати перформансе модела машинског учења.

Почетна фаза при изради сваког пројекта који је везан за науку о подацима је анализа истраживачких података (*Exploratory Data Analysis - EDA*). Она укључује истраживање и сумирање главних карактеристика скупа података како би се стекли увиди у његову структуру, обрасце и односе између променљивих.

Приликом фазе анализе добијених истраживачких података примениће се следећи кораци:

- *Чишћење података*: обухвата идентификација и руковање недостајућим или погрешним тачкама података, суочавање са изузецима и уклањање дупликата.
- *Дескриптивна статистика*: представља рачунање основних статистичких мера попут средње вредности, медијане, стандардне девијације и перцентила како би се разумеле централне тенденције и распршеност података.
- *Визуализација података*: врши се креирање визуелних репрезентација попут хистограма, *scatter plot*-а, *BoxCox* дијаграм и топлотних мапа (*heat maps*) како би се визуализовала дистрибуција и односи између променљивих.
- *Анализа корелације*: Процена корелације између различитих карактеристика како би се разумеле њихове међузависности и потенцијална мултиколинеарност.
- *Тестирање хипотеза*: Спровођење статистичких тестова ради валидације претпоставки и доношења одлука заснованих на подацима.

Поменути алгоритми машинског учења користиће одређене улазне податке како би се генерисали одговарајући излази. Улазни подаци садрже многе карактеристике које можда нису у одговарајућем облику да би се директно доставиле моделу и потребна им је нека врста обраде.

Инжењеринг својстава (*feature engineering*) је процес селекције, екстракције и трансформације сирових атрибута података у скуп релевантних карактеристика које задржавају основне информације за учење модела. Добро конструисани скуп карактеристика може поједноставити процес учења, смањити рачунарску сложеност и унапредити генерализацију модела. Извлачећи значајне обрасце и односе из података,

инжењеринг карактеристика омогућава алгоритмима машинског учења да праве тачније и интерпретативније предикције, чиме истраживачима омогућавају прецизнији увид у податке да би донели исправније одлуке.

Чишћење података: Пре него што започнемо анализу својстава односно атрибута, чишћење података је кључни корак. Руковање недостајућим вредностима, третирање изузетака и суочавање са неконзистентним подацима су од виталног значаја за осигурање квалитета и поузданости скупа карактеристика.

Кључни кораци у инжењерингу својстава су следећи:

- *Селекција карактеристика:* Одабир најрелевантнијих карактеристика које имају значајан утицај на циљну променљиву, уз игнорисање небитних или редундантних. Овај корак помаже у смањењу димензионалности и побољшању ефикасности модела.
- *Трансформација карактеристика:* Примењивање математичких или статистичких трансформација на карактеристике како би се подаци прилагодили моделирању. Честе трансформације укључују скалирање, нормализацију и логаритамске трансформације.
- *Руковање категоричким променљивама:* Конвертовање категоричких променљивих у нумеричке репрезентације коришћењем техника попут *One-hot encoding* или енкодирања ознака (*nominal encoding, ordinal encoding*) како би постале корисне за алгоритме машинског учења.
- *Креирање интеракционих карактеристика:* Увођење нових карактеристика заснованих на интеракцијама између постојећих може помоћи у постизању нелинеарних односа атрибута.
- *Руковање недостајућим подацима:* Руковање недостајућим подацима попуњавањем или уклањањем недостајућих вредности, у зависности од природе скупа података (*mean/median/mode imputation, random sample imputation, systematic missing values..*)
- *Екстракција карактеристика:* Генерисање нових карактеристика из постојећих података коришћењем доменског знања или напредних техника попут анализе главних компоненти (*PCA*) или т-дистрибуиране стохастичке суседне уградње (*t-SNE*).

Ефикасан инжењеринг карактеристика може значајно побољшати перформансе модела машинског учења пружајући им релевантније и информативније улазе, што доводи до прецизнијих предикција и бољих увида.

У суштини, Анализа истраживачких података (*EDA*) помаже у разумевању података, идентификацији узорака и доношењу одлука заснованих на подацима. Инжењеринг својстава (*feature engineering*) трансформише податке у корисне карактеристике, омогућавајући моделима машинског учења да ефикасно уче из података и праве предикције.

Након успешно обављена претходна два корака у припреми и анализи података, чије извршавање обухвата више од 60% потребног укупног времена приликом обучавања

алгоритама, приступиће се креирању модела и избору алгоритама које ћемо применити на наше улазне податке.

Након успешно одрађеног инжењеринга својстава извршиће се избор једне или више метода машинског учења, након чега долази фаза обуке, конфигурације и евалуација креираних модела.

Приликом израде овог доктората планирано је тестирање и евалуација следећих алгоритама надгледаног машинског учења:

- 1) *Линеарна регресија, Рандом фореест, Xgboost, Gradient Boosting (GB), Adaptive Boosting (Ada-Boost)* приликом решавања проблема класификације
- 2) *Decision Tree regressor, KNN regressor, Support Vector Regressor, Random Forest Regression, Multi Layer Perceptron regressor*, приликом решавања проблема регресије

.

Тестирање и верификација примењених метода

Након примарне обраде података, одређени приступ машинског учења одабран је за обуку и верификацију коришћењем скупова за обуку и валидацију. Пре тестирања, одговарајуће хипер променљиве биће фино подешене док се не постигне унапред одређени циљ обуке. Коначно, тестни скуп података ће бити примењен како би се оценио обучени приступ и проценило његово побољшање.

Приликом фазе тестирања, за процену успешности модела, потребни су подаци које модел није имао прилике да “види” у фази учења. Реч је о подацима за тестирање, за које се обично издваја 20-30% укупних података.

Да би се испитала ефикасност приступа класификације биће израчунато 5 метрика процене: тачност, одзив, прецизност, Коефицијент корелације Метјуса, Ф1 скор.

Да би се оценила ефективност регресионих модела биће израчунате 4 метрике процене: средња апсолутна грешка, медијана апсолутне грешке, средња квадратна грешка и коефицијент детерминације

Општи блок дијаграм модела машинског учења почиње са поделом и обрадом података, након чега следи селекција модела. Одабрани модел затим пролази кроз обуку, тестирање и валидацију.

СТРУКТУРА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

На основу дефинисаних циљева, предложене методологије истраживања, као и очекиваних резултата, може се дати предлог, односно процена садржаја докторске дисертације, који се генерално састоји из два дела. Први део докторске дисертације представља излагање значаја и циљева докторске дисертације уз образложење актуелности теме, примењене методологије и њеног научног доприноса. Други део се односи на теренска и лабораторијска истраживања и анализу добијених података, интерпретацију резултата и извођење закључака са давањем предлога даљих истраживања:

1. УВОД
 2. ЦИЉ И СВРХА ИЗРАДЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ
 3. ПРОБЛЕМАТИКА ПОДЗЕМНИХ ВОДА У УРБАНИМ СРЕДИНАМА
 4. ПОЈАМ МАШИНСКОГ УЧЕЊА
 5. ПРИМЕНА МАШИНСКОГ УЧЕЊА У ХИДРОГЕОЛОГИЈИ
 6. ОПШТЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ИСТРАЖНОГ ПРОСТОРА
 - 6.1. Климатске, хидролошке, геоморфолошке, вегетационе карактеристике
 - 6.2. Геолошка грађа подручја истраживања
 - 6.3. Хидрогеолошке карактеристике истражног подручја
 7. ПРИМЕЊЕНА МЕТОДОЛОГИЈА И РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА
 - 7.1. Теренска истраживања
 - 7.2. Резултати лабораторијских истраживања
 - 7.3. Израда базе хидрогеолошких појава и објеката на територији града Београда
 - 7.4. Анализа потенцијалних извора контаминације као резултат урбанизације
 - 7.5. Примена алгоритама машинског учења на добијене податке
 8. АНАЛИЗА ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА
 9. ДИСКУСИЈА
 10. ПРЕДЛОГ ДАЉИХ ИСТРАЖИВАЊА
 11. ЗАКЉУЧАК
- ЛИТЕРАТУРА

3. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу анализе поднете пријаве докторске дисертације, изнетих циљева планираних истраживања, предложене динамике и методике рада, као и очекиваног научног доприноса докторске дисертације, Комисија закључује:

1. Докторанд Сунчица Гардијан, дипломирани инжењер геологије, испуњава Законом предвиђене услове за пријаву докторске дисертације;
2. Успешно је одбранила предлог теме докторске дисертације, који је дефинисан Правилником о докторским студијама на Рударско-геолошком факултету;
3. Предложена тема докторске дисертације под насловом „Процена утицаја урбанизације на територији града Београда на квалитет подземних вода применом алгоритама машинског учења“, научно је заснована, спада у актуелну и недовољно истражену тему која ће омогућити израду оригиналног научног рада и може бити предмет докторске дисертације. Комисија предлаже да се наслов теме промени и да гласи: **“Примена алгоритама машинског учења у процени квалитета подземних вода на територији града Београда“**
4. Тема ове докторске дисертације припада научној области Геонаука, ужој научној области Хидрогеологија, за које је матичан Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет.

За ментора се предлаже др Владимир Живановић, ванредни професор на Департману за хидрогеологију, Универзитета у Београду – Рударско-геолошког факултета, који испуњава све услове дефинисане важећим прописима Универзитета.

У Београду,
03.06.2024. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

др Владимир Живановић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

др Милош Марјановић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

др Јана Штрбачки, ванредни професор
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

др Небојша Атанацковић, научни сарадник
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

др Урош Ђурић, доцент
Универзитет у Београду, Грађевински факултет