

Ivan Košanin*

Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije

Slaviša Đukanović**

Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije

Duško Sivčević***

Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije

Milan Gnjatović****

Departman informatike i računarstva, Kriminalističko-policijski univerzitet

Optimizacija urbane bezbednosti u saobraćaju na primeru grada Beograda

SAŽETAK

Saobraćajne nezgode predstavljaju jedan od glavnih bezbednosnih problema u urbanim sredinama. U radu se polazi od pretpostavke da se analizom saobraćajnih nezgoda mogu identifikovati kritične lokacije u urbanim sredinama koje su ključne za nadzor saobraćaja i njegovo upravljanje, u cilju postizanja veće saobraćajne bezbednosti. Prikazana je analiza saobraćajnih nezgoda u gradu Beogradu, koja je sprovedena primenom geoinformacionog softverskog sistema. Cilj rada jeste da prikaže jedan pristup određivanju kritičnih lokacija. Predloženi pristup je demonstriran na skupu

* ivan.kosanin@mup.gov.rs

** slavisa.djukanovic@mup.gov.rs

*** duško.sivcevic@mup.gov.rs

**** milan.gnjatovic@kpu.edu.rs

podataka o saobraćajnim nezgodama koje su se dogodile 2021. godine na tri centralne beogradske opštine.

KLJUČNE REČI: *saobraćajne nezgode, otvoreni podaci, Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije*

UVOD

Saobraćajne nezgode (u daljem tekstu SN) predstavljaju jedan od glavnih bezbednosnih problema u urbanim sredinama. Pored bezbednosnog aspekta, saobraćajne nezgode predstavljaju i zdravstveni, ekonomski i socijalni problem. U Tabeli 1 navedene su neke od skorašnjih studija koje se bave analizom SN u domenu mašinskog učenja (Košanin, 2024: 6).

Tabela 1. Prikaz nekih od studija koje analiziraju SN u domenu mašinskog učenja (Košanin, 2024: 6)

Istraživački problem	Metodološki pristup	Referenca
Identifikovanje crnih tačaka	Algoritam HDBSCAN	(Wang i dr., 2023)
Analiza SN sa poginulim i teško povređenim pešacima	Metoda KDE	(Rampinelli i dr., 2022)
Analiza težine SN	Algoritam DBSCAN	(Jeong i dr., 2022)
Analiza SN sa pešacima	Metoda KDE	(Bajada i Attard, 2021)
Detektovanje kritičnih segmenata puta	Grafovski zasnovano klasterovanje	(Košanin i dr., 2023; Gnjatović i dr., 2022)

U ovom radu biće prikazana analiza SN koje su se dogodile u periodu od januara 2021. do decembra 2021. sa povređenim i poginulim licima na teritoriji tri centralne opštine grada Beograda. Ostatak rada je koncipiran na sledeći način. U drugoj sekciji prikazan je i opisan skup otvorenih podataka Ministarstva unutrašnjih poslova koji se koristi za analizu. U trećoj sekciji izložena je analiza sprovedena primenom algoritama “Kernel Density”, “Defined distance” (DBSCAN) i “Self-adjusting” (HDBSCAN), koji su implementirani u okviru softverskog paketa.

„ArcPro” i predstavljeni su rezultati. Poslednje dve sekcije diskutuju rezultate i zaključuju rad.

PODACI

Na portalu otvorenih podataka Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije omogućava uvid u podatke o SN koje su se dogodile na teritoriji grada Beograda od 2015. godine. Ovaj skup podataka ažurira se na mesečnom nivou (Republika Srbija, 2024).

U ovom radu analizira se podskup dostupnih podataka koji se odnosi na SN sa povređenim i poginulim licima koje su se dogodile u 2021. godine na teritoriji opština Novi Beograd, Palilula i Savski venac (Republika Srbija, 2021) (Tabela 2). Svaka SN predstavljena je jedinstvenim identifikatorom i geoprostornim koordinatama (geografskom širinom i dužinom).

Tabela 2. SN koje su se dogodile 2021. na teritoriji opština Novi Beograd, Palilula i Savski venac

Opština	SN sa materijalnom štetom	SN sa povređenim licima	SN sa poginulim licima	Ukupno SN	Površina opštine (km ²)
Novi Beograd	1585	532	5	2.122	40.756
Palilula	1170	380	4	1.554	450.351
Savski venac	1062	270	0	1.332	14.082
Ukupno	3817	1182	9	5.008	505.189

REZULTATI

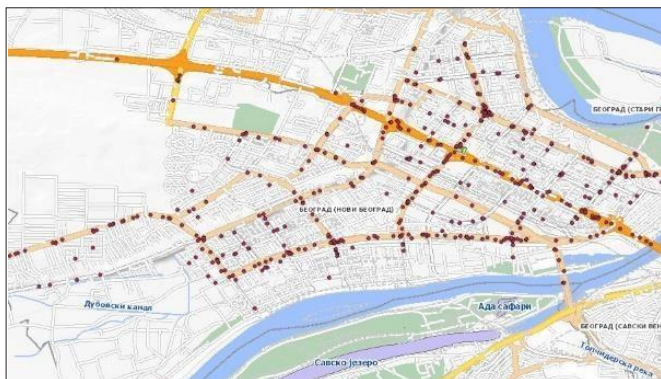
Cilj analize jeste određivanje kritičnih lokacija nad kojim je potrebno vršiti povećan nadzor saobraćaja i njegovo upravljanje. Analiza je sprovedena primenom algoritama „Kernel Density”, „Defined distance” (DBSCAN) i „Self-adjusting” (HDBSCAN), koji su implementirani u okviru softverskog paketa „ArcPro”. Vrednosti parametara za analizu metodom Kernel Density imaju podrazumevane

vrednosti (uključujući: `out_cell_values=DENSITIES`, `method=PLANAR`). Prilikom primene metode “Defined distance” (DBSCAN) izdvajani su klasteri koji obuhvataju ne manje od 20 saobraćajnih nezgoda, a parametar “Search distance” prvo je postavljen na podrazumevanu vrednost (koja se automatski izračunava iz korpusa), a posle na konstantnu vrednost (Sekcija 4). Konačno, prilikom primene metode “Self-adjusting” (HDBSCAN) izdvajani su klasteri koji obuhvataju ne manje od 20 saobraćajnih nezgoda.

Novi Beograd

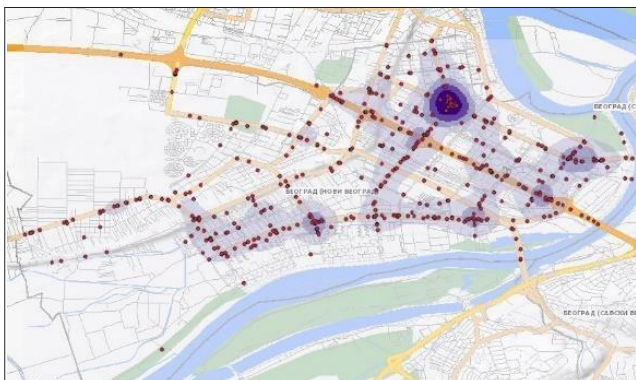
U periodu od januara do decembra 2021. godine na teritoriji opštine Novi Beograd dogodilo se 537 saobraćajnih nezgoda sa povređenim i poginulim licima (Tabela 2). Na Slici 1 prikazane su ove SN.

Slika 1. SN sa povređenim i poginulim licima na teritoriji opštine Novi Beograd u 2021. godini



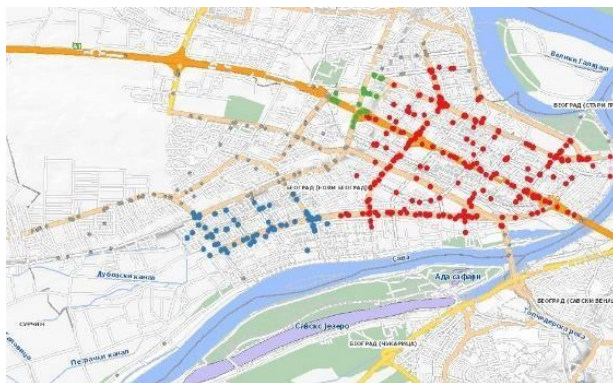
Primenom algoritma “Kernel Density” izdvojeno je pet klastera. Najkritičnije lokacije uključuju ulice Jurija Gagarina, Omladinskih brigada, Bulevar Arsenija Čarnojevića, Bulevar Mihajla Pupina, sa posebnim fokusom na kružni tok Novi Beograd, što je prikazano na Slici 2.

Slika 2. Rezultat dobijen primenom algoritma "Kernel Density"



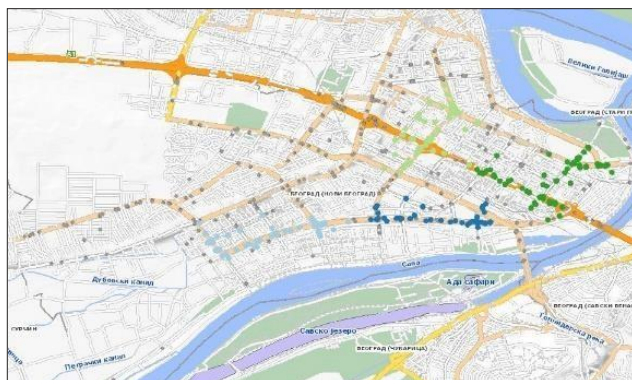
Primenom algoritma DBSCAN izdvojeno je tri klastera, koji obuhvataju 409 od 537 SN. Prvim klasterom selektovano je 305, drugim 80, a trećim 34 SN. Na Slici 3 prikazan je rezultat klasterovanja.

Slika 3. Rezultat dobijen primenom algoritma DBSCAN



Primenom algoritma HDBSCAN izdvojeno je četiri klastera, koji obuhvataju 267 od 537 SN. Prvim klasterom selektovano je 57, drugim 44, trećim 89, a četvrtim 77 SN. Na Slici 4 prikazan je rezultat klasterovanja.

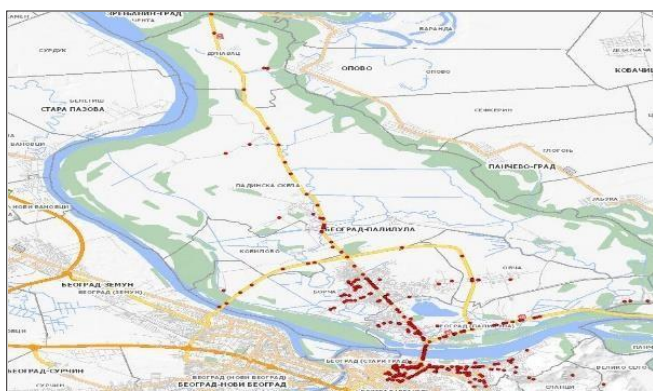
Slika 4. Rezultat dobijen primenom algoritma HDBSCAN



Palilula

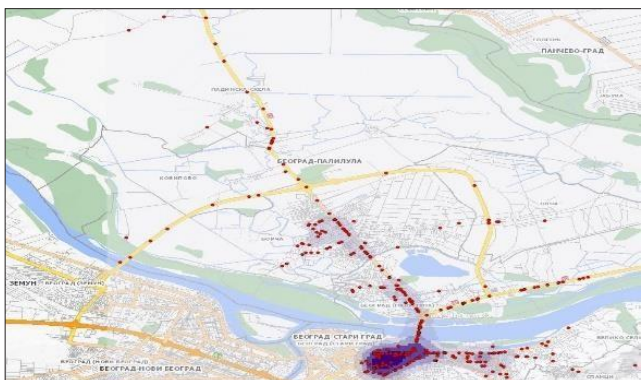
U periodu od januara do decembra 2021. godine na teritoriji opštine Palilula dogodilo se 384 saobraćajne nezgode sa povređenim i poginulim licima (Tabela 2). Na Slici 5 prikazane su ove SN.

Slika 5. SN sa povređenim i poginulim licima na teritoriji opštine Palilula u 2021. godini



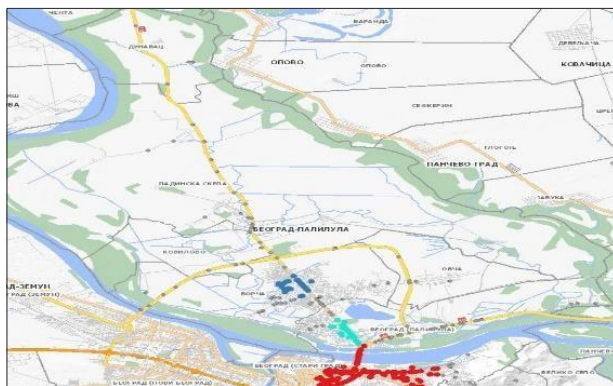
Primenom algoritma “Kernel Density” izdvaja se pet klastera. Najkritičnije lokacije uključuju ulicu Zrenjaninski put, kod naselja Ovča i Borča, Višnjička ulica, sa posebnim fokusom na centralno jezgro grada, što je prikazano na Slici 6.

Slika 6. Rezultat dobijen primenom algoritma "Kernel Density"



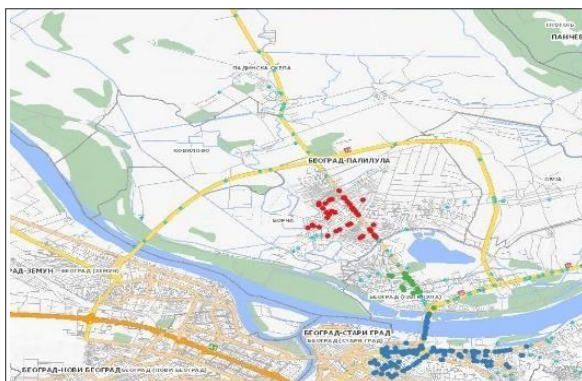
Primenom algoritma DBSCAN izdvojeno je tri klastera, koji obuhvataju 258 od 384 SN. Prvim klasterom selektovano je 199, drugim 30, a trećim 29 SN. Na Slici 7 prikazan je rezultat klasterovanja.

Slika 7. Rezultat dobijen primenom algoritma DBSCAN



Primenom algoritma HDBSCAN izdvojeno je tri klastera, koji obuhvataju 257 od 384 SN. Prvim klasterom selektovano je 49, drugim 187, a trećim 21 SN. Na Slici 8 prikazan je dobijeni rezultat klasterovanja.

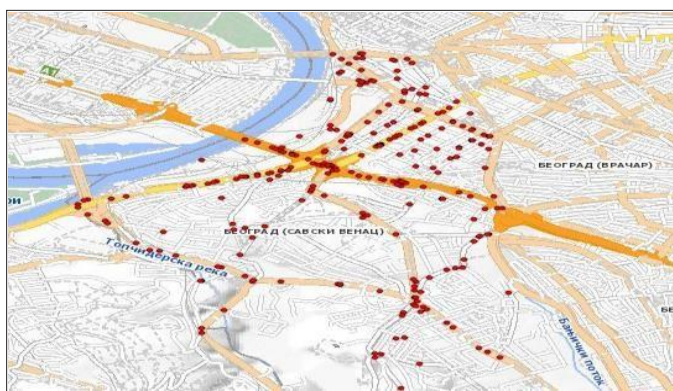
Slika 8. Rezultat dobijen primenom algoritma HDBSCAN



Savski venac

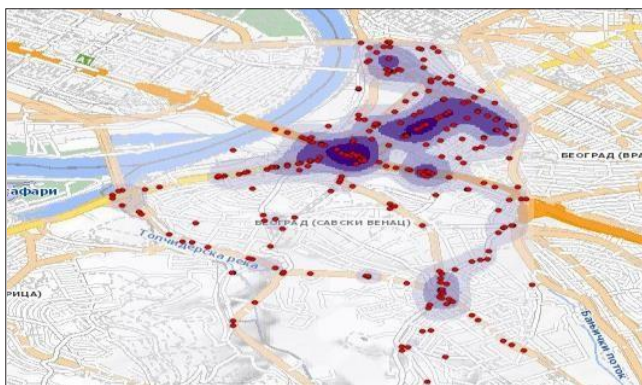
U periodu od januara do decembra 2021. godine na teritoriji opštine Savski venac dogodilo se 270 SN sa povređenim licima (Tabela 2). Na Slici 9 prikazane su ove SN.

Slika 9. SN sa povređenim licima na teritoriji opštine Savski venac u 2021. godini



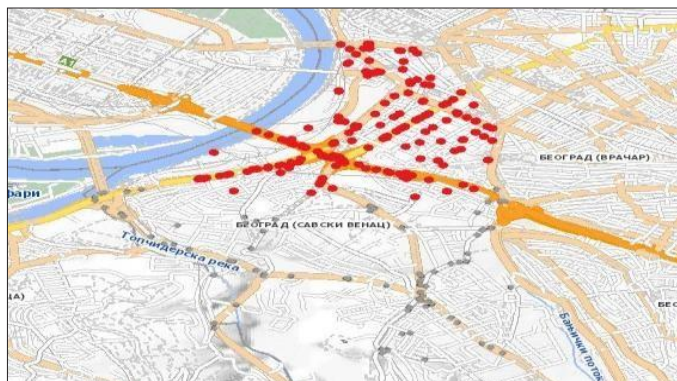
Primenom algoritma "Kernel Density" izdvojeno je pet klastera. Najkritičnije lokacije uključuju ulice Kneza Miloša, Savsku, Sarajevsku, sa posebnim fokusom na Most „Gazela” i Mostarsku petlju, što je prikazano na Slici 10.

Slika 10. Rezultat dobijen primenom algoritma "Kernel Density"



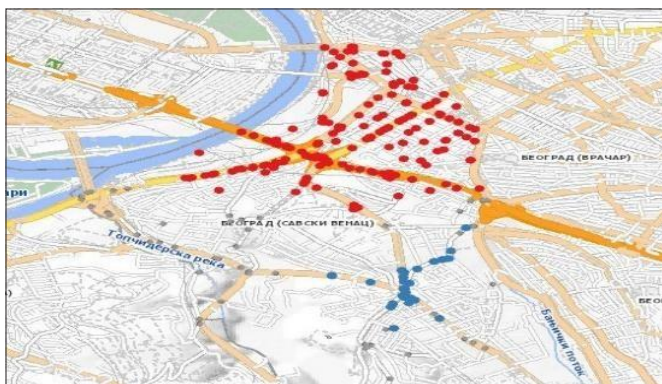
Primenom algoritma DBSCAN izdvojen je jedan klaster, koji obuhvata 185 od 270 SN. Na Slici 11 prikazan je rezultat klasterovanja.

Slika 11. Rezultat dobijen primenom algoritma DBSCAN



Primenom algoritma HDBSCAN izdvojeno je dva klastera, koji obuhvataju 216 od 270 SN. Prvim klasterom selektovano je 188, a drugim 28 SN. Na Slici 12 prikazan je rezultat klasterovanja.

Slika 12. Rezultat dobijen primenom algoritma HDBSCAN



DISKUSIJA

Svi posmatrani algoritmi primenjeni su višestruko, uzimajući u obzir različite skupove njihovih hiperparametara. Prethodna sekcija predstavila je rezultate dobijene nakon optimizovanja vrednosti hiperparametara za svaki algoritam zasebno. U optimizovanim uslovima, algoritam “Kernel Density” izdvaja pet klastera, algoritmi DBSCAN i HDBSCAN izdvajaju klustere koji sadrže najmanje 20 saobraćajnih nezgoda.

Kao dodatni uvid u rezultate klasterovanja prikazane su relativne veličine selektovanih klastera (Košanin, 2024) u odnosu na površine opština. Površina pojedinačnog klastera predstavljena je kao površina minimalnog konveksnog mnogougla koji obuhvata sve SN koje pripadaju klasteru.

U Tabeli 3 prikazane su relativne veličine klastera dobijenih primenom algoritma DBSCAN.

Tabela 3. Relativna veličina klastera izdvojenih primenom algoritma DBSCAN

Opština	Broj selektovanih klastera	Površina opštine (km ²)	Površina klastera (km ²)	Relativna površina (%)
Novi Beograd	3	40.756	11.78	0,29
Palilula	3	450.351	13.84	0,03
Savski venac	1	14.082	4	0,28

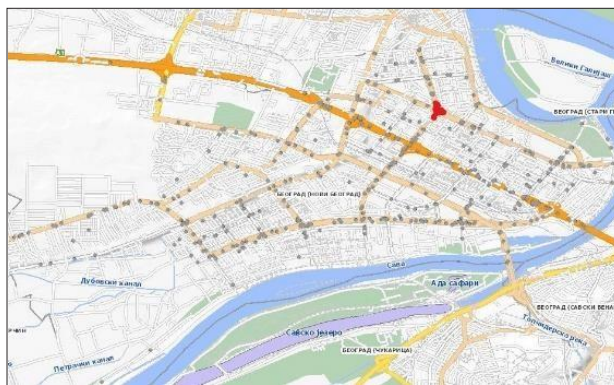
U Tabeli 4 prikazane su relativne veličine klastera dobijenih primenom algoritma HDBSCAN.

Tabela 4. Relativna veličina klastera izdvojenih primenom algoritma HDBSCAN

Opština	Broj selektovanih klastera	Površina opštine (km ²)	Površina klastera (km ²)	Relativna površina (%)
Novi Beograd	4	40.756	4,99	0,12
Palilula	3	450.351	13,2	0,03
Savski venac	2	14.082	5,24	0,37

Dodatnim podešavanjem parametara može se izdvojiti najkritičnija lokacija na posmatranoj opštini, što je ilustrovano na primeru opštine Novi Beograd i algoritma DBSCAN. Postavljanjem vrednosti internog rastojanja u klasteru na 100 metara izdvaja se klaster koji obuhvata 37 od 537 SN (kružni tok Novi Beograd, Slika 13).

Slika 13. Rezultat dobijen primenom algoritma DBSCAN sa dodatnim parametrom



U Tabeli 5 prikazane su relativne veličine klastera dobijenih primenom algoritma DBSCAN, pri čemu je parametru rastojanja dodeljena vrednost 100 metara.

*Tabela 5. Relativna veličina klastera izdvojenih primenom algoritma DBSCAN
(vrednost parametra rastojanja iznosi 100 metara)*

Opština	Broj selektovanih klastera	Površina opštine (km ²)	Površina klastera (km ²)	Relativna površina (%)
Novi Beograd	1	40.756	0,02	0,0005

ZAKLJUČAK

U ovom radu izloženi su rezultati analize saobraćajnih nezgoda sa povređenim i poginulim licima koje su se dogodile 2021. u Beogradu. Dobijeni rezultati ukazuju na kritične lokacije na opštinama Novi Beograd, Palilula i Savski venac. Pokazano je da su izdvojeni klasteri male relativne površine, koji obuhvataju značajan broj saobraćajnih nezgoda, što ih čini kandidatima za intenzivniji nadzor i upravljanje saobraćajem. Na kraju treba napomenuti da se predloženi pristup može primeniti i na druge opštine u cilju detektovanja lokacija od interesa u kontekstu saobraćajne bezbednosti.

Zahvalnica

Autori se zahvaljuju Ministarstvu unutrašnjih poslova Republike Srbije, odeljenju za razvoj, odseku za GIS, na pružanju resursa i podataka korišćenih u istraživanju predstavljenom u ovom radu.

LITERATURA

- Bajada, T., & Attard, M. (2021). A typological and spatial analysis of pedestrian fatalities and injuries in Malta. *Research in Transportation Economics*, 86, 101023. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.101023>
- Gnjatović, M., Košanin, I., Maček, N., & Joksimović, D. (2022). Clustering of road traffic accidents as a gestalt problem. *Applied Sciences*, 12(9), 4543. <https://doi.org/10.3390/app12094543>
- Jeong, H., Kim, I., Han, K., & Kim, J. (2022). Comprehensive analysis of traffic accidents in Seoul: Major factors and types affecting injury severity. *Applied Sciences*, 12(4), 1790. <https://doi.org/10.3390/app12041790>

- Košanin, I., Gnjatović, M., Maček, N., & Joksimović, D. (2023). A Clustering-Based approach to detecting critical traffic road segments in urban areas. *Axioms*, 12(6), 509. <https://doi.org/10.3390/axioms12060509>
- Košanin, I. M. (2024-04-12). *Jedan pristup klasterovanju saobraćajnih nezgoda u urbanim sredinama*. Doktorska disertacija. Kriminalističko-policijski univerzitet u Beogradu. Beograd: Kriminalističko-policijski univerzitet. https://hdl.handle.net/21.15107/rcub_jakov_1780
- Rampinelli, A., Calderón, J. F., Blazquez, C. A., Sauer-Brand, K., Hamann, N., & Nazif-Munoz, J. I. (2022). Investigating the Risk Factors Associated with Injury Severity in Pedestrian Crashes in Santiago, Chile. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17), 11126. <https://doi.org/10.3390/ijerph191711126>
- Republika Srbija. *Podaci o saobraćajnim nezgodama po policijskim upravama i opštinama za 2021. godinu*. Internet stranica: <https://data.gov.rs/s/resources/podatsi-o-saobratshajnim-nezgodama-po-politsijskim-upravama-i-opshtinama/20220125-085458/nez-open-data-2021-20220125.xlsx> (Pristupljeno 15.5.2024).
- Republika Srbija. *Podaci o saobraćajnim nezgodama po policijskim upravama i opštinama za 2021. godinu*. Internet stranica: <https://data.gov.rs/sr/datasets/podatsi-o-saobratshajnim-nezgodama-po-politsijskim-upravama-i-opshtinama/> (Pristupljeno 15.5.2024).
- Wang, D., Huang, Y., & Cai, Z. (2023). A two-phase clustering approach for traffic accident black spots identification: integrated GIS-based processing and HDBSCAN model. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 30(2), 270–281. <https://doi.org/10.1080/17457300.2022.2164309>.

OPTIMIZATION OF URBAN TRAFFIC SAFETY ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF BELGRADE

SUMMARY

Traffic accidents represent one of the main safety problems in urban areas. This paper is based on assumption that the analysis of traffic accidents can identify critical locations in urban areas that are crucial for traffic monitoring and its management is taken as a starting point, in order to achieve

greater traffic safety. The presented analysis utilized traffic accidents within the city of Belgrade as the underlying data while the execution was carried out using a geo-informational software system. The aim of the paper is to present one approach for determining critical locations. The proposed approach was demonstrated with a set of data on traffic accidents that occurred in 2021 in three central Belgrade municipalities.

KEYWORDS: *traffic accident, open data, Ministry of the Interior of the Republic of Serbia.*