

UDK: 504.5:[007:912]:004](292.464)

DOI: 10.5937/KonGef24051V

Прегледни научни рад

KONEKCIJA DALJINSKE DETEKCIJE, GIS-A I KARTOGRAFIJE U OBRADI PODATAKA O ZAGAĐENOSTI

Aleksandar Valjarević¹

Apstrakt: Savremeno doba, brzih, globalnih komunikacija, zahteva pretvaranje podataka u različite informacione forme. Najveći deo današnjih geoprostornih tehnika baziran je na daljinskoj detekciji. Podaci se čuvaju u bazama podataka koje je jednostavno i lako pretraživati u GIS-u. Rezultate pretraga vizuelno prikazivati na kartama je pogodno za mnoge prostorne nauke. Prostorni podaci dobijaju se sa aerofoto, satelitskih snimaka, GPS-om, unosom sa podataka sa topografskih karata u procesu digitalizacije. "Model trosmerne interakcije" prikazuje ekvivalentne pozicije daljinske detekcije, GIS-a i kartografije. Daljinska detekcija i GIS prikupljaju podatke i predstavljaju tehnike obrade podataka, dok se kartografija može samo delimično smatrati takvom jer obuhvata više procesa i postupaka. Primena savremenih geoprostornih tehnologija, na primer geografskih informacionih sistema (GIS), praktično je nemoguća bez validnih i kvalitetnih podataka, odnosno bez njihove efikasne analize. Najveći deo današnjih geoprostornih tehnika baziran je na daljinskoj detekciji. Dobijene informacije mogu biti prikazane u vidu klasičnih, alfa-numeričkih izveštaja, ali i grafički, na kartama. Upotreba daljinske detekcije i GIS-a ubrzala je obradu podataka o zagađenju vazduha. Zagađenost vazduha predstavlja prisustvo hemijskih i bioloških čestica u vazduhu koje nanose štetu svim živim bićima i ugrožavaju životnu sredinu. U radu je prikazano istraživanje bazirano na obradi satelitskih snimaka rezolucije 1 km² svih Balkanskih zemalja. Karakteristike vazduha balkanskih zemalja povezane su sa teškom industrijom i meteorološkim parametrima, kao što su vlažnost, pravac vetra, atmosferski pritisak i oblačnost. Fokus rada je na četiri glavna zagađivača vazduha (CO, NO, SO₂, O₃). Podaci su dobijeni sa satelitskih snimaka Landsat 8 and Landsat 9, za period 2000-2020.godina. Podaci o relativnoj oblačnosti dobijeni su iz baze podataka CHESA (Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas) za period 1980-2010.godina. Prikupljeni i obrađeni podaci prikazani su na kartama i na njima je sprovedena numerička GIS analiza.

Кljučне речи: Zagađenost, Balkanske zemlje, daljinska detekcija, GIS, kartografija

UVOD

Proučavanje životne sredine i njena zaštita postaju sve neophodnija. Zagađenje vazduha je jedna od najvećih briga u svim zemljama sveta. To je postalo globalni problem jer se velike količine zagađivača svakodnevno ispuštaju u atmosferu, uglavnom iz sektora energetike, poljoprivrednog zemljišta i transportnog sektora, izazivajući klimatske promene i vremenske ekstreme. Veličina londonskog smoga 1952. godine bio je prvi incident koji je razvio ljudima svest o šteti učinjenoj atmosferi usled procesa industrijalizacije. To je izazvalo višestruko povećanje nivoa suspendovanih čestica (SPM) i izazvalo smrt preko 400 ljudi. Zdravstveni problemi uzrokovani zagađivačima vazduha odnose se na respiratorne, kardiovaskularne, oftamološke, imunološke i druge sisteme. Geoprostorna tehnologija, odnosno, daljinsko detektovanje (RS) i geografski informacioni sistem (GIS) pomažu u praćenju i upravljanju zagađenjem vazduha radi njegovog efikasnog ublažavanja. Istraživanje životne sredine nije više samo predmet geografije, biologije ili uopšte nauka o Zemlji, već predstavlja predmet interesovanja niza fundamentalnih i primenjenih nauka. Kao trojstvo, daljinska detekcija, GIS i kartografija podržavaju ove nauke. Daljinska detekcija deluje kao oči na nebu, pogonsko gorivo za GIS, pružajući podatke koje koristi GIS za analizu, prikupljajući kontinuirano podatke o površini Zemlje. Ovi podaci, kada se obrađuju i analiziraju u okviru GIS-a, omogućavaju kreiranje dinamičnih, interaktivnih karata koje odražavaju stvarnost sveta koja se stalno menja. Podaci daljinske detekcije, uključujući sve više snimke sa dronova, neprocenjivi su izvori geoprostornih podataka za GIS i kartiranje. Ovo omogućava prostorno i vremensko praćenje procesa, na primer, klimatskih promena. Daljinska detekcija se prepliće sa GIS-om pružajući mnoštvo prostornih podataka. Podaci daljinske

¹ Univerzitet u Beogradu - Geografski fakultet, Studentki trg 3/III, Beograd, Srbija, aleksandar.valjarevic@gef.bg.ac.rs, ORCID: 0000-0003-2997-2164

detekcije pružaju veliku pokrivenost i prostornu i vremensku rezoluciju za praćenje zagađenja vazduha. Obradom podataka u GIS-u prave se karte i modeli predviđanja i omogućava se bolje razumevanje i upravljanje pitanjima kvaliteta vazduha (Adeyeye et al., 2019). Istraživanja i analiza zagađenja vazduha primenjena je na devet zemalja Balkana: Albanija, Bosna i Hercegovina, Bugarska, Hrvatska, Grčka, Moldavija, Crna Gora, Severna Makedonija, Rumunija, Srbija, Slovenija i Turska. Istražena površina iznosi 803,835 km². Na teritoriji Balkana broj meteoroloških stanica je mali, posebno na visinama iznad 500 m (Mues et al., 2012). Digitalna klimatologija i satelitska obrada podataka nadoknađuju nedostatak stanica. Opšta klimatska svojstva Balkana se razlikuju od juga do severa i od nizija do planinskih predela. Severni i centralni delovi Balkana imaju srednjoevropsku klimu koju karakterišu hladne zime, topla leta i dobro raspoređene padavine. Nasuprot tome, južna i priobalna područja imaju mediteransku klimu sa toplim, suvim letima i blagim, relativno kišnim zimama.

METODOLOGIJA RADA

Zagađenje vazduha je glavni problem za čovečanstvo u svetu sa sve više industrije i više stanovništva, posebno u urbanim sredinama. Gusto naseljene zone, naročito urbane zone u velikim gradovima pokazuju u zadnjim decenijama veće zagađenje.

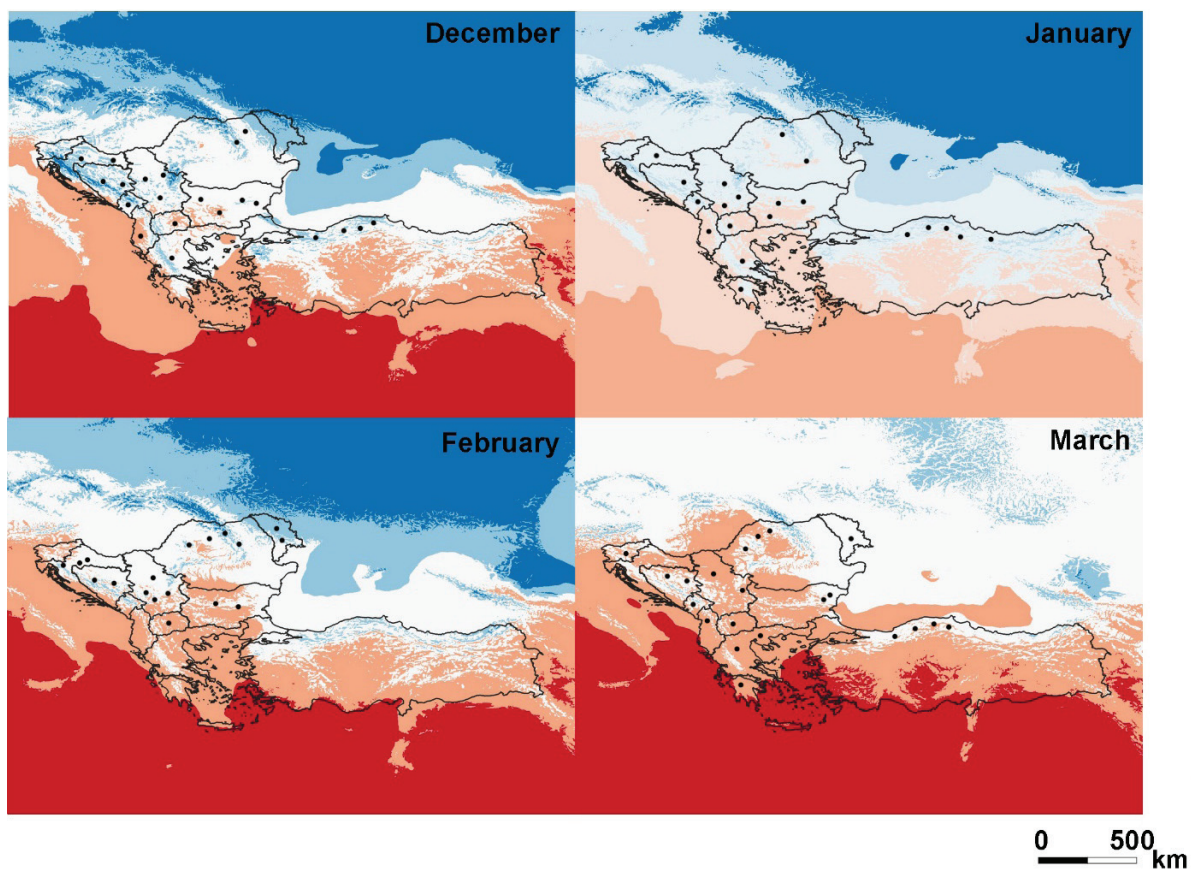
Analiza zagađivača vazduha (CO, NO, SO₂, O₃) je od velikog značaja za zdravlje ljudi, bolje planiranje saobraćaja, procena zelenih površina, očuvanje životne sredine, poljoprivrednu proizvodnju. Iako postoji mnogo analiza o širem spektru zagađivača, one se uglavnom sprovode na osnovu podataka dobijenih sa zemaljskih stanica koje mere zagađenje (Hoek et al., 2008). U poslednje dve decenije vizuelno merenje zagađenosti vazduha dobija na značaju. Obrada satelitskih snimaka je takođe ubrzala obradu dobijenih podataka o zagađivačima. Landsat sateliti kontinuirano kruže oko Zemlje, snimajući podatke za dalja istraživanja. U ovom radu satelitski snimci su preuzeti iz baze podataka CHESA (<https://chelsa-climate.org/downloads/>; Karger et al., 2017). Tako je ovo istraživanje upotrebjeno podacima o zagađenju koji su obezbedili veću tačnost i manju prostornu grešku (Mat et al., 2013). Nedostatak ove vrste obrade podataka je što nisu prikazani svi aktivni zagađivači iz grupe gasova staklene bašte. Sa zvaničnog sajta Evrostat su preuzeti geopodaci balkanskih zemalja (<https://ec.europa.eu/eurostat/veb/gisco/geodata>) i implementirani u QGIS softver 3.27.1, Firenca. Geografski skupovi podataka su dati u dva formata Shapefile i Raster File Geodatabase. Pored QGIS softvera i platforme Google Earth Engine, korišćen je i softver SAGA-9, koji pripada otvorenom kodu GIS softvera. Ovaj softver je pogodan za preciznije rasterske analize, jer ima specifičan algoritam u okviru dugmeta Sistem za automatizovane geonaučne analize.

Metode kriginga i interpolacija su veoma korisne u rasterskim proračunima i manipulacijama (Ouma et al. 2011; Valjarević et al., 2018). Metode najbliže analizirane tačke su obično povezane sa analizom najbližih pojava u prostoru (Tamamadin et al. 2022). U ovom istraživanju algoritmi i procedure najbližih tačaka kao i kriging metoda imali su sledeće korake. Prvi korak je bio prikupljanje svih satelitskih snimaka različitih dimenzija i rezolucija. Sa funkcijskim klipom i izrezivanjem, sve slike su isečene da budu u istoj rezoluciji i dimenziji. Prosečna dimenzija jednog satelitskog snimka bila je 50 km² a ukupan broj snimaka obuhvaćenih ovom teritorijom iznosio je 16,060. Sve slike sa satelitskih misija Landsat 8 i Landsat 9 preuzete su sa zvanične veb stranice (United States Geological Survey USGS GloVis (<https://glovis.usgs.gov/> i Google Earth Engine). Sa metodama rasterizacije, pikselizacije i korišćenjem metoda kriginga, sumaglica i magla su isključeni sa svih satelitskih snimaka. Satelitski snimci se na taj način filtriraju i pripremaju za buduće preciznije manipulacije. Ovaj metod je veoma koristan u analizi velikih rasterskih podataka, koji mogu biti meteorološki i klimatološki (Do et al., 2023; Behera et al., 2015). Monitoring i analiza zagađivača vazduha SO₂, CO i O₃ vršeni su u dva perioda, prvom (2000-2010) i drugom (2010-2020). Kvalitet vazduha je klasifikovan u šest jedinica: veoma visok, visok, umeren, nizak, veoma nizak i bez zagađenja vazduha. Metodologija je obuhvatala GIS metode, kao i metode analize piksela u satelitskoj obradi podataka (Zhang et al., 2021). Završni koraci analize prostornih podataka o zagađenju vazduha i koncentraciji (CO, NO, SO₂, O₃) uključivali su neke standardne i nekoliko naprednih metoda GIS-a. Metode korišćene za prostornu prezentaciju zagađenog vazduha bile su prostorna interpolacija, analiza najbližih tačaka, zonalna statistika, kriging i polukriging.

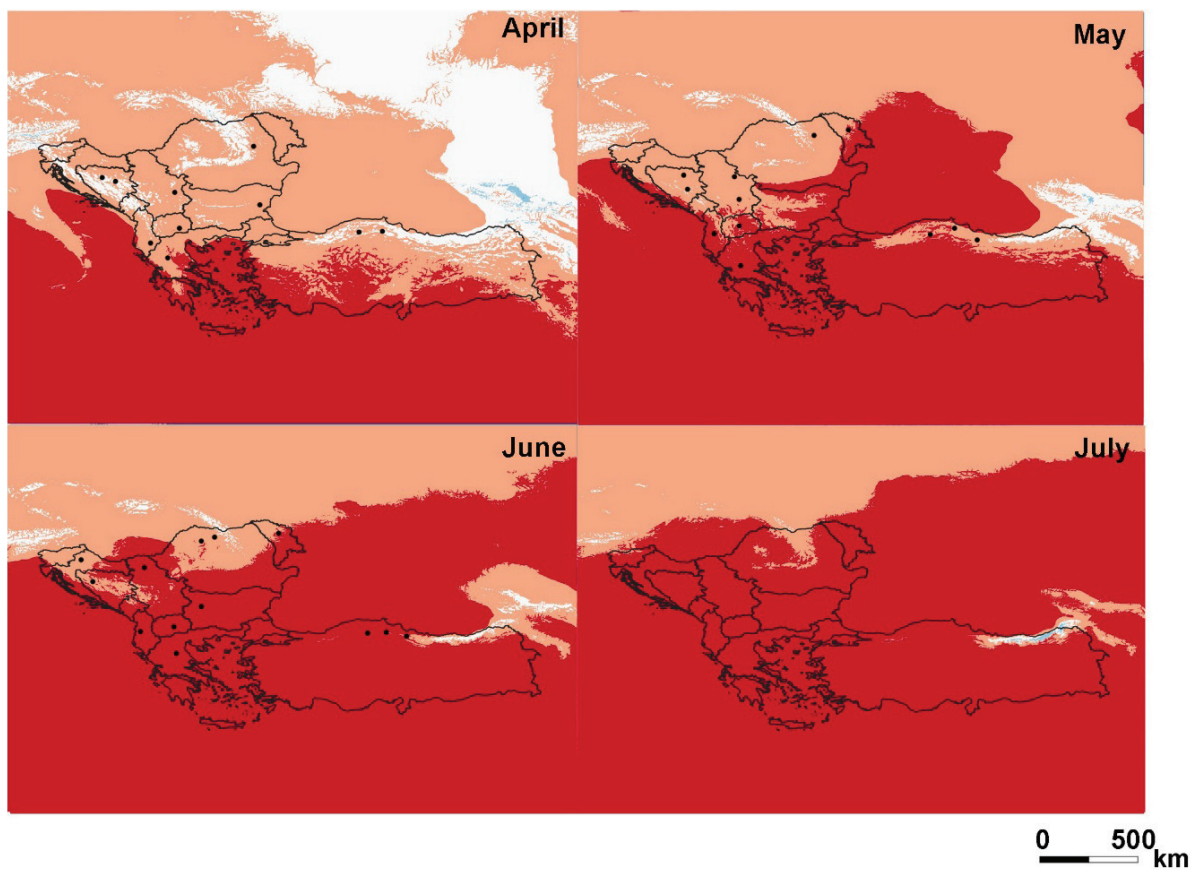
РЕЗУЛТАТИ

Podaci o zagađenju prikazani su u km² nakon izvođenja GIS procedura i konverzije rasterskih podataka u tačkaste vektorske podatke. Oblačnost je dobijena uz pomoć preuzimanja i analize baze podataka CHELSA. Zagađenje vazduha je uglavnom uzrokovano ljudskim aktivnostima kao što su saobraćaj, šumski požari, degradacija zemljišta, prljava industrija, klimatske promene, uništavanje šuma itd (Valjarević et al., 2017). Oblačnost je povezana sa smogom i pojasevima zagađenja vazduha i može se mešati sa mnogim zagađivačima. Ovi zagađivači, posebno NO, SO₂, CO su porasli u poslednjim decenijama (2000-2010). Samo se O₃ blago smanjio poslednjih decenija. U poslednjoj deceniji povećana je i oblačnost na Balkanskom poluostrvu. Ova oblačnost je izraženija u gradovima sa visokim godišnjim zagađenjem vazduha (Jacobson, 2010). Satelitski snimci su pokazali da su glavni problem u otkrivanju zagađivača vazduha veoma slične karakteristike pojava na snimcima (Valjarević, 2024).

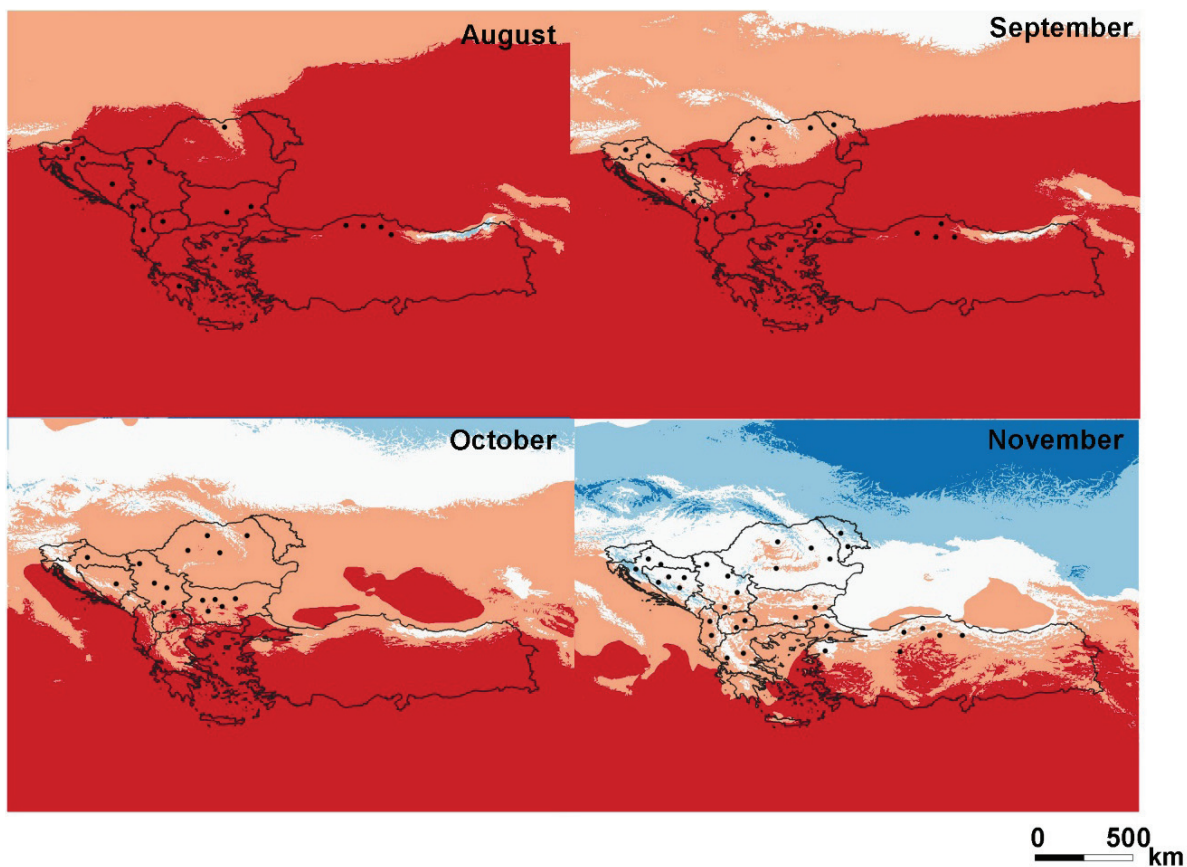
Koncentracije NO, SO₂, CO i kristala, kalorimetrija, unutrašnje i spoljašnje boje su veoma slične na satelitskim snimcima (Parra, 2006). Glavni problem u dugoročnom monitoringu je analiza različitih satelitskih snimaka različite prostorne rezolucije. Rezultati ovog istraživanja su testirani korišćenjem sofisticiranog sistema generalizovanih prostornih podataka CHELSA i Google Earth Engine, kao i satelitskih snimaka Landsat 8 i Landsat 9. Rezultati su pokazali da je najoblačniji mesec prosečne oblačnosti za duži period od trideset godina maj u visokim planinskim predelima i povezan je sa porastom prosečnih temperatura i zonskim vremenskim anomalijama. Posle toga, najoblačniji meseci su novembar, januar, februar i decembar. Rezultati za maksimalnu oblačnost su malo drugačiji. Najoblačniji mesec u poslednjih trideset godina je februar. Prosečna minimalna oblačnost je 29,51% u avgustu i 29,98% u julu. Minimum oblačnosti je u julu. Ovaj zaključak pokazuje da je mesec jul nestabilan mesec na Balkanskom poluostrvu. Novembar je mesec gde se smanjuje godišnja prosečna oblačnost. Tokom leta, oblačnost na Balkanskom poluostrvu prelazi na južne i istočne delove Jadranskog, Egejskog i Sredozemnog mora. Istovremeno, najveća povezanost u analiziranom periodu je između velike oblačnosti i najveće koncentracije NO, SO₂, CO u novembru, februaru i decembru. Najviše oblačnosti očekuje se na severu i delovima Turske. Zagađivači vazduha NO, SO₂, CO su u porastu, prema satelitskim podacima, posebno u područjima u blizini većih gradova i industrijskih zona. Prema analiziranim podacima, najveća koncentracija zagađujućih materija u vazduhu izmerena je u gradovima Bursa, Izmir i Ordu u Turskoj. Sarajevo u Bosni i Hercegovini, Skoplje i Bitolj u Severnoj Makedoniji. Bor, Smederevo i Beograd u Srbiji, Zagreb u Hrvatskoj, Sofija i Plovdiv u Bugarskoj. Meseci sa najvećom koncentracijom zagađivača vazduha (NO, SO₂, CO) su decembar, februar, januar i decembar. Studija je pokazala da novembar i mart imaju povećanje ovih zagađivača. Porast O₃ detektovan je u pet gradova, Smederevu, Tuzli, Ordu, Boru i Bursi. Najoblačniji meseci kao što su februar, decembar, januar odnose se na najveće koncentracije zagađivača vazduha. Dublja prostorna analiza satelitskih snimaka otkrila je da se najsličnija obeležja nalaze u ovim mesecima. Ovo je rezultat analize piksela i pod-piksela, kao i podataka preuzetih sa satelitskih snimaka CHELSA i Landsat 8 i Landsat 9. Period od (2000-2010) ima najveći broj poklapanja od preko 90%. Pikseli oblaka, magle i izmaglice su veoma slični sa dodanim pikselima NO, SO₂, CO (Slike 1-3). Šumski požari u zimskoj sezoni povezani su sa poljoprivrednim aktivnostima koje povećavaju zagađenje na satelitskim snimcima. Analizom aplikacija koje pokazuju oblačnost, sa dobijenim rezultatima o zagađenju vazduha, zaključeno je da stepen greške dostiže najviše 10%. Prostorna saglasnost satelitskih podataka kretala se od 90% do 95% tokom ovog perioda. Zaključak je da je prostorna greška varirala između 5% i 10%, posebno u zimskim mesecima i delimično u oktobru. Ovi rezultati pokazuju da onlajn predstavljanje zagađivača vazduha ima maksimalnu grešku od 10% ili sadrži 10% više zagađivača u vazduhu nego u stvarnoj proceni. Ovakva procena govori u prilog tome da vizuelni, virtuelni (online) pokazivači realnog stanja zagađenosti vazduha, prave grešku do 10%, povećavajući u zbiru i pokazujuću veće vrednosti od stvarnih (Slike 1-4).



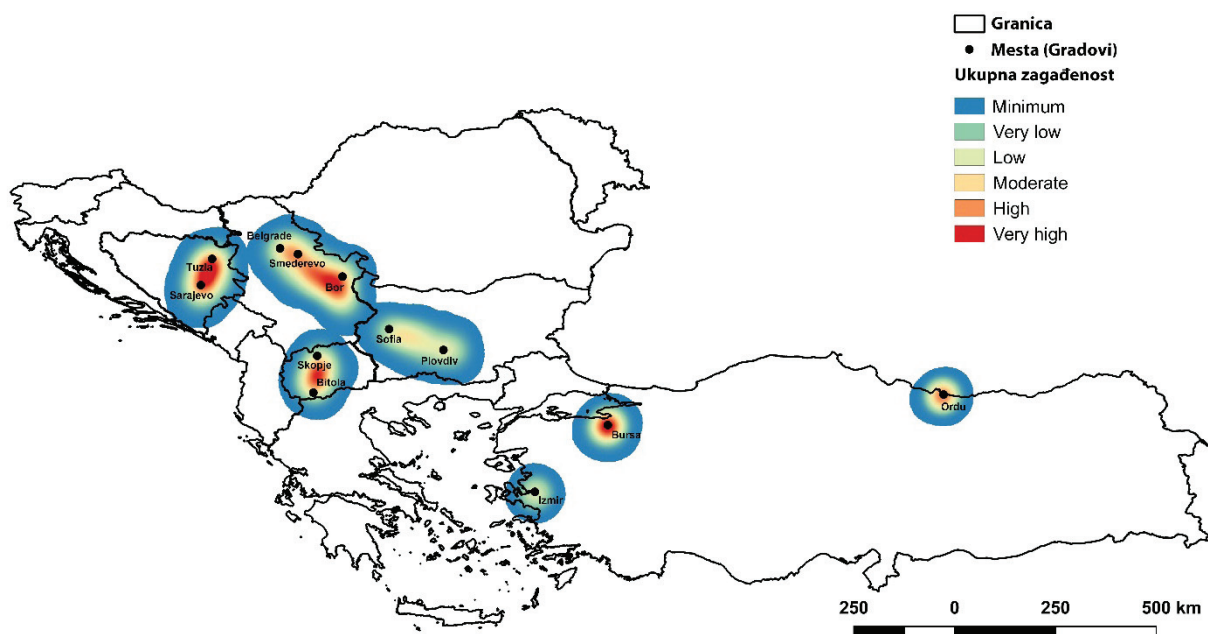
Slika 1. Srednja oblačnost Balkana sa označenim tačkama (gardovima koji su zagađeni), period decembar-mart.



Slika 2. Srednja oblačnost Balkana sa označenim tačkama (gardovima koji su zagađeni), period april-jul.



Slika 3. Srednja oblačnost Balkana sa označenim tačkama (gardovima koji su zagađeni), period avgust-novembar.



Slika 4. Prosečna zagađenost vazduha sva četiri polutanta CO, NO, SO2, O3.

ZAKLJUČAK

Danas se analize kvaliteta vazduha zasnivaju na daljinskoj detekciji, Geografskim informacionim sistemima i tehnologijama numeričke analize. Rezultati pokazuju da onlajn prezentacija zagađivača vazduha ima maksimalnu grešku od 10%. U ovom istraživanju korišćeni su svi tipovi rasterskih podataka, u dva odvojena perioda. Podaci su korišćeni za urbana područja. Period koji je poslužio za najpogodnije preklapanje i analizu podataka o zagađenju i oblačnosti je 2000-2010.god. U ovom periodu konstatovano je da je najveća oblačnost u novembru, decembru i februaru povezana sa najvećim zagađenjem, SO, NO, SO₂. Sezonski, u periodu 2000-2020.god, jesen je zagađenija od leta, u proseku za 45% i 20% više od proleća. U periodu 2000-2020.god, jesen ima 52% više zagađenih dana od leta i 23% više od proleća. U velikim gradovima kao što su Bursa, Izmir, Ordu, Beograd, Sofija, Zagreb, Sarajevo, industrija je glavni razlog zagađenja vazduha. Najzagađenija dva grada po ovoj analizi u poslednjih dvadeset godina su Bursa i Ordu. Rezultati oblačnosti iz 1980-2010.god. odnose se na povećanje prosečne temperature vazduha, sezonske cirkulacije i promene vremenskih prilika. Rezultati su pokazali da je najoblačniji mesec za duži period od trideset godina februar, zatim novembar i decembar. Najoblačniji su planinski predeli zimi i u proleće i primorski predeli u jesen i leto. U nekim slučajevima, oblačnost je povezana sa zagađenjem vazduha u jesenjem periodu. Najekstremniji zagađivači u okviru nalaza ovog istraživanja su SO₂ i NO, pokrivale su najveću teritoriju balkanskih zemalja. Meteorološke priloke, kao što su temperaturna inverzija, magloviti dani, velika oblačnost, urbana toplotna ostrva i izolovani urbani vetrovi takođe imaju veliki uticaj na dane sa zagađenjem vazduha. Onlajn platforme za analizu vizuelnih karakteristika kvaliteta vazduha imaju prosečnu grešku od 10%, sa minimumom od 5%. Izmereni podaci su niži od podataka prijavljenih na platformama. Glavni razlog za to je izmaglica na satelitskim snimcima, pojava magle i prostorna rezolucija satelitskih snimaka. Dobijeni katastar najzagađenijih gradova u poslednjih dvadesetak godina je od pomoći za bolje planiranje zaštite životne sredine u zemljama Balkana.

LITERATURA:

- Adeyeye, O., Ikpokonte, E., & Arabi, S. (2019). GIS-based groundwater potential mapping within Dengi area, North Central Nigeria. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 22(2), 175-181. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.04.003>.
- Behera, S. N., Sharma, M., Mishra, P. K., Nayak, P., Damez-Fontaine, B., & Tahon, R. (2015). Passive measurement of NO₂ and application of GIS to generate spatially-distributed air monitoring network in urban environment. *Urban Climate*, 14, 396-413. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2014.12.003>.
- Do, T., Nguyen, D. T., Ghimire, J., Vu, K., Dang, L. D., Pham, S., & Pham, V. (2023). Assessing surface water pollution in Hanoi, Vietnam, using remote sensing and machine learning algorithms. *Environmental Science and Pollution Research International*, 30(34), 82230-82247. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28127-2>.
- Hoek, G., Beelen, R., De Hoogh, K., Vienneau, D., Gulliver, J., Fischer, P., & Briggs, D. (2008). A review of land-use regression models to assess spatial variation of outdoor air pollution. *Atmospheric Environment*, 42(33), 7561-7578. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.05.057>.
- Jacobson, M. Z. (2010). Short-term effects of controlling fossil-fuel soot, biofuel soot and gases, and methane on climate, Arctic ice, and air pollution health. *Journal of Geophysical Research*, 115(D14). <https://doi.org/10.1029/2009jd013795>.
- Karger, D. N., Conrad, O., Böhrner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, R. W., Zimmermann, N. E., Linder, H. P., & Kessler, M. (2017). Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. *Scientific Data*, 4(1). <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.122>.
- Mat, R. C., Shariff, A. R. M., Pradhan, B., Mahmud, A. R., & Rahim, M. S. M. (2012). An effective visualization and comparison of online terrain draped with multi-sensor satellite images. *Arabian Journal of Geosciences*, 6(12), 4881-4889. <https://doi.org/10.1007/s12517-012-0722-3>.
- Mues, A., Manders, A., Schaap, M., Kerschbaumer, A., Stern, R., & Builtjes, P. (2012). Impact of the extreme meteorological conditions during the summer 2003 in Europe on particulate matter concentrations. *Atmospheric Environment*, 55, 377-391. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.03.002>.
- Ouma, Y. O., Kipkorir, E. C., & Tateishi, R. (2011). MCDA-GIS integrated approach for optimized landfill site selection for growing urban regions: an application of neighborhood-proximity analysis. *Annals of GIS*, 17(1), 43-62. <https://doi.org/10.1080/19475683.2011.558021>.
- Parra, R., Jiménez, P., & Baldasano, J. (2006). Development of the high spatial resolution EMICAT2000 emission model for air pollutants from the north-eastern Iberian Peninsula (Catalonia, Spain). *Environmental Pollution*, 140(2), 200-219. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.07.021>.
- Tamamadin, M., Lee, C., Kee, S., & Yee, J. (2022). Regional typhoon track prediction using Ensemble K-Nearest Neighbor Machine Learning in the GIS environment. *Remote Sensing*, 14(21), 5292. <https://doi.org/10.3390/rs14215292>.
- Valjarević, A., Popovici, C., Štilić, A., & Radojković, M. (2022). Cloudiness and water from cloud seeding in connection with plants distribution in the Republic of Moldova. *Applied Water Science*, 12(12). <https://doi.org/10.1007/s13201-022-01784-3>.

Valjarević, A., Djekić, T., Stevanović, V., Ivanović, R., & Jandžiković, B. (2018). GIS numerical and remote sensing analyses of forest changes in the Toplica region for the period of 1953–2013. *Applied Geography*, 92, 131–139. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.01.016>.

Valjarević, A. (2024). Long-term remote sensing-based methods for monitoring air pollution and cloud cover in the Balkan countries. *Environmental Science and Pollution Research International*. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-32982-y>.

Zhang, G., Jia, Y., Su, B., & Xiu, J. (2021). Environmental regulation, economic development and air pollution in the cities of China: Spatial econometric analysis based on policy scoring and satellite data. *Journal of Cleaner Production*, 328, 129496. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129496>.

LIST OF INTERNET SOURCES

<https://chelsa-climate.org/downloads/>

<https://ec.europa.eu/eurostat/veb/gisco/geodata>

<https://glovis.usgs.gov/> i Google Earth Engine/

CONNECTION OF REMOTE DETECTION, GIS AND CARTOGRAPHY IN POLLUTION DATA PROCESSING

Aleksandar Valjarević²

Abstract: The modern age of fast, global communication requires the transformation of data into different forms of information. Most of today's geoinformation processes are based on remote sensing. The data is stored in databases that are simple and easy to search in GIS. The visual representation of search results on maps is practical for many spatial sciences. Spatial data is obtained from aerial photographs, satellite images, GPS, data from topographic maps in the digitization process. The "three-way interaction model" shows the equal status of remote sensing, GIS and cartography. Remote sensing and GIS collect data and represent data processing techniques, while cartography can only partially be considered as such, as it involves more processes and procedures. The application of modern geospatial technologies, e.g. geographic information systems (GIS), is practically impossible without valid and high-quality data, i.e. without its effective analysis. Most of today's geospatial techniques are based on remote sensing. The information obtained can be presented in the form of classic alphanumeric reports, but also graphically in the form of maps. The use of remote sensing and GIS has accelerated the processing of air pollution data. Air pollution is the presence of chemical and biological particles in the air that harm all living things and threaten the environment. This paper presents research based on the processing of satellite images with a resolution of 1 km² of all Balkan countries. The air characteristics of the Balkan countries are related to heavy industry and meteorological parameters such as humidity, wind direction, air pressure and cloud cover. The focus of the work is on the four most important air pollutants (CO, NO, SO₂, O₃). The data was obtained from Landsat 8 and Landsat 9 satellite images for the period 2000-2020. The data on relative cloud cover are taken from the CHELSA database (Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas) for the period 1980-2010. The collected and processed data are displayed on maps and a numerical GIS analysis was carried out.

Keywords: Pollution, Balkan countries, remote sensing, GIS, cartography

² University of Belgrade - Faculty of Geography, Studentski trg 3/III, Belgrade, Serbia, aleksandar.valjarevic@gef.bg.ac.rs, ORCID: 0000-0003-2997-2164