

PREPOZNAVANJE DEFORESTACIJE DIGITALNOM OBRADOM SLIKE

Dušica Jovanović¹, Aleksandar Peulić¹

Apstrakt: Deforestacija je proces krčenja ili uklanjanja šuma ili drveća sa određenog područja. Često uključuje seču drveća kako bi se napravio prostor za poljoprivredu, urbanizaciju ili komercijalne svrhe i ima značajne ekološke posledice, uključujući gubitak biodiverziteta, narušavanje ekosistema i povećane emisije gasova sa efektom staklene bašte. U radu će biti predstavljeno kako pomoću satelitskih snimaka prepoznati proces deforestacije sa ciljem da se ukaže na važnost ovog problema. Python programski jezik danas predstavlja osnovu mnogih automatizovanih kompjuterskih procesa. Kao alat, Python može da posluži i za obradu slike u funkciji zaštite životne sredine. Ovakav pristup zahteva kvalitetne izvore podataka i poznavanje materije u oblasti u okviru koje se koristi, kao i poznavanje osnova programiranja. Biće korišćene različite Python biblioteke. Pomoću biblioteka moguće je istaći konkretan prostor gde je povećana deforestacija, a ceo proces se zasniva na prepoznavanju boje piksela na satelitskim snimcima. Snimci se učitavaju u program i kroz kod se proverava da li su zadovoljeni postavljeni uslovi (npr. boja piksela, rezolucija i dr.). Koristeći svestranost i prilagodljivost programskog jezika moguće je sprovesti efikasno istraživanje uz maksimalnu uštedu vremena i fokus na najvažnije elemente.

Ključne reči: Python, deforestacija, satelitski snimci, obrada slike, životna sredina

DEFORESTATION RECOGNITION WITH DIGITAL IMAGE PROCESSING

Abstract: Deforestation is the process of clearing or removing forests or tree cover in a given area. It often involves the removal of trees to make way for agriculture, urbanization, or commercial purposes and it has significant environmental impacts, including loss of biodiversity, disruption of ecosystems, and increased greenhouse gas emissions. This paper shows how satellite imagery can be used to detect the process of deforestation, with the aim of highlighting the importance of this problem. The Python programming language is the basis for many automated computer processes today. As a tool, Python can also be used for digital image processing in the context of environmental protection. This approach requires the integration of multiple data sources and therefore requires knowledge of the subject matter in the particular application area, in addition to basic programming skills. Several different Python libraries are used in this work. Using the libraries, it is possible to mark a specific area where deforestation has increased, and the process is based on detecting the colour of pixels on satellite images. The images are loaded into the program and the code checks if the specified conditions are met (e.g., pixel colour, resolution, etc.). Using the versatility and adaptability of the programming language, it is possible to conduct effective research with maximum time savings and focus on the most important elements.

Key words: Python, deforestation, satellite images, image processing, environment

¹ Univerzitet u Beogradu – Geografski fakultet, Studentski trg 3/III, Beograd,
dusica.jovanovic@gef.bg.ac.rs; aleksandar.peulic@gef.bg.ac.rs

UVODNA RAZMATRANJA

Deforestacija ili seča šuma odnosi se na namerno ili široko rasprostranjeno uklanjanje šuma što za posledicu ima pretvaranje površine pod šumskim pokrivačem u površinu neke druge namene (Gorte & Sheikh, 2010.). Danas deforestacija predstavlja jedan od globalnih problema zaštite životne sredine sa značajnim posledicama na biodiverzitet, klimatske promene i održivi razvoj. To je složena pojava koju pokreću različiti faktori, uključujući proširenje poljoprivrede, urbanizaciju i razvoj infrastrukture (Girase, 2022). Kako seča šuma nastavlja da se ubrzava, postoji potreba za efikasnim metodama monitoringa kako bi se analizirao obim i uticaj problema. Integracija tehnika digitalne obrade slike sa podacima dobijenim daljinskom detekcijom (satelitski snimci, ortofoto snimci i dr.) jedan je od pristupa za rešavanje ovog problema.

Digitalna obrada slike fokusira se na manipulaciju, analizu i interpretaciju digitalnih slika i nudi niz alata i metoda za izdvajanje značajnih informacija iz podataka. Daljinska detekcija uključuje prikupljanje podataka sa satelitskih senzora koji hvataju elektromagnetno zračenje koje se reflektuje ili emituje sa površine Zemlje. Koristeći podatke daljinskom istraživanja i algoritme za obradu digitalnih slika, istraživači mogu da analiziraju prostorne i spektralne obrasce kako bi otkrili i nadgledali procese od interesa (Wang et al., 2016; Marri et al., 2021).

Ovaj rad fokusira se na ulogu Python OpenCV biblioteke u funkciji analize i prikaza geoprostornih podataka u istraživanju životne sredine. Python, kao popularan programski jezik u naučnom istraživanju, nudi širok spektar biblioteka koje pružaju različite alate za rad sa geoprostornim podacima. Kombinacija Python programskog jezika i odgovarajućih biblioteka omogućava istraživačima da efikasno manipulišu, analiziraju i vizualizuju prostorne podatke, olakšavajući tako donošenje odluka u oblasti zaštite i očuvanja životne sredine (McKinney, 2010; Longley et al., 2015; Tomlinson, 2018). Takođe, većina programa koji se danas koriste za analize geoprostornih podataka bazira se na Python programskom jeziku što korisnicima omogućava da sami naprave modul koji im je potreban i olakšaju proces analize i obrade podataka. Pri kreiranju modula, najčešće je moguće podeliti isti u okviru platformi koje su vezane za sam program i omogućiti drugima da ga testiraju i ostave povratne informacije radi korigovanja rada programa. Neke od Python biblioteka koje se koriste u geoprostornim analizama su OpenCV, NumPy, Geopandas, Rasterio, GDAL, Fiona i druge (Lawhead, 2017; Bahgat, 2015).

Cilj ovog rada je upotreba digitalne obrade slike u Python okruženju za prepoznavanje krčenja šuma. Jedna od primarnih prednosti digitalne obrade slike je njena sposobnost da pruži sveobuhvatni pogled na velika geografska područja. Važni koraci u korišćenju digitalne obrade slike za prepoznavanje krčenja šuma uključuju prikupljanje podataka, prethodnu obradu, izdvajanje površina sa oskudnim šumskim pokrivačem ili bez šumskog pokrivača i interpretaciju. Satelitski ili snimci iz vazduha dobijeni od senzora kao što su Landsat, Sentinel ili drugi predstavljaju primarni izvor podataka za analizu. Ovi senzori hvataju podatke u više spektralnih opsega, omogućavajući istraživačima da razlikuju različite tipove zemljišnog pokrivača i identifikuju proces deforestacije. Analizom multispektralnih slika iz različitih vremenskih perioda istraživači mogu da identifikuju područja u kojima je šumski pokrivač oskudan, olakšavajući praćenje dinamike krčenja šuma (Hallgren et al., 2016).

Algoritmi za klasifikaciju se koriste za klasifikaciju izdvojenih karakteristika i identifikaciju deforestiranih oblasti. Ovi algoritmi uče iz označenih podataka, gde se identifikuju uzorci krčenja i nekrčenja šuma, a zatim primenjuju naučene obrasce da klasifikuju nove, neobeležene podatke (Runkler, 2020). Izbor algoritma za klasifikaciju zavisi od faktora kao što su složenost podataka i željena tačnost rezultata.

Problem deforestacije predstavlja globalni izazov, a tehnike digitalne obrade slike nude značajan potencijal u njegovom prepoznavanju i praćenju. Koristeći podatke daljinskog istraživanja i primenjujući algoritme za obradu slike, istraživači mogu da izvuku vredne informacije i analiziraju prostorne i vremenske obrasce. Razumevanjem prednosti i ograničenja u ovoj oblasti, možemo doprineti razvoju efikasnih alata i strategija za borbu protiv deforestacije i promovisanje održivog upravljanja šumama.

OSNOVNE KOMPONENTE DIGITALNE OBRAD E SLIKE

Digitalne slike su elektronske fotografije, snimljene scene (satelitski snimci, ortofoto snimci i dr.). Piksela predstavlja najmanju jedinicu u okviru digitalne slike (Gonzales et al., 2004; Baskar et al., 2023) i svakom pikselu je dodeljena vrednost tona (crna, bela, nijanse sive ili boja).

Osnovne komponente digitalne obrade slike su algoritmi i tehnike koje se koriste za manipulaciju i analizu digitalnih slika. Te komponente mogu biti hardverske ili softverske, a često se koriste u različitim aplikacijama, kao što su obrada fotografija, prepoznavanje oblika i mnoge druge. Nekoliko ključnih komponenti digitalne obrade slike su (Gonzales & Woods, 2018; Baskar et al., 2023):

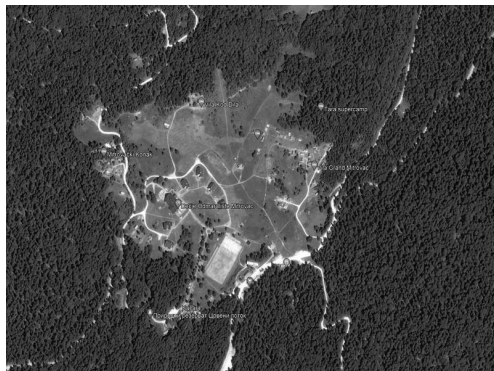
1. akvizicija slike,
2. prikazivanje slike,
3. predobrada,
4. filtriranje,
5. segmentacija,
6. ekstrakcija karakteristika,
7. transformacija slike,
8. kompresija,
9. detekcija i prepoznavanje oblika i
10. ekonstrukcija.

Prva komponenta u digitalnoj obradi slike je proces dobijanja digitalne slike putem senzora, kamere ili skenera. Ova faza konvertuje analognu sliku u digitalni format koji se sastoji od piksela. Nakon akvizicije, slika se prikazuje na ekranu ili drugom uređaju kako bi korisnik mogao da je vidi i analizira. Predobrada je faza u kojoj se slika priprema za dalju obradu. To može uključivati uklanjanje šuma, korekciju osvetljenja, poboljšanje kontrasta ili oštrinu i druge korekcije. Filtriranje se koristi za manipulaciju slikom primenom različitih matematičkih filtera. Ovi filteri mogu da pojačaju određene osobine slike, smanje šum ili izoštre sliku. Segmentacija je proces deljenja slike na više regija ili objekata. Ovo je korisno za identifikaciju i izdvajanje različitih delova slike, što olakšava dalju analizu i obradu. Ekstrakcija karakteristika se koristi za identifikaciju ključnih karakteristika slike koje će se koristiti za različite svrhe, kao što su prepoznavanje objekata ili detekcija oblika. Transformacija slike obuhvata različite matematičke transformacije slike, uključujući rotaciju, skaliranje, translaciju i promene perspektive. Kompresija slike smanjuje količinu podataka potrebnih za skladištenje i prenos slike, čime se smanjuje potreban prostor i brzina prenosa. Detekcija i prepoznavanje oblika je napredna komponenta digitalne obrade slike koja se koristi za automatsko prepoznavanje i identifikaciju objekata, lica, znakova i drugih oblika u slici. Rekonstrukcija slike se koristi za obnavljanje originalne slike nakon obrade ili kompresije (Gonzales & Woods, 2018).

DETEKCIJA DEFORESTACIJE DIGITALNOM OBRADOM SLIKE

Učitavanje i prikaz snimaka predstavljaju prvi korak pri digitalnoj obradi slike. Python pruža različite mogućnosti analize s obzirom na širok spektar biblioteka. Jedna od najpoznatijih biblioteka koja se koristi u ove svrhe je OpenCV. OpenCV biblioteka koristi se za čitanje, manipulaciju i analizu slika (Sharma et al., 2019; Ma & Huang, 2022).

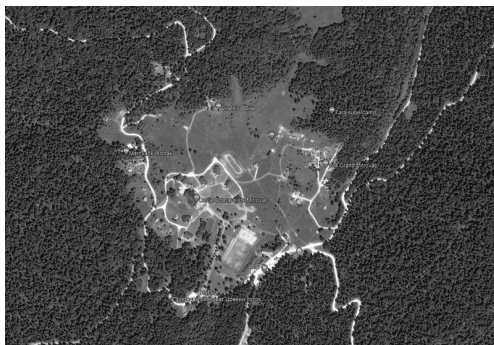
Na primeru (slike 1, 2, 3 i 4) primenjena je osnovna analiza klasifikacije piksela gde program izdvaja šumski predeo od svih ostalih i prikazan je crnom bojom, a ostale površine belom bojom.



Slika 1. Satelitski snimak područja, izvor: Google Maps, 2013



Slika 2. Primer reklasifikacije piksela, izvor: autor



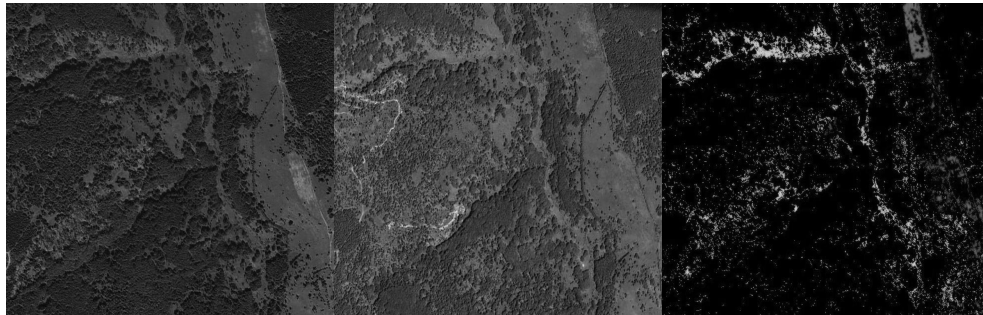
Slika 3. Primer izdvajanja šumskog pokrivača, izvor: Google Maps, 2023



Slika 4. Primer reklasifikacije piksela, izvor: autor

Na datom primeru mogu se uočiti razlike u šumskom pokrivaču u periodu od deset godina. Prema primeru, površina pod šumom se smanjila u odnosu na poređeni period, ali ne drastično što ukazuje na to da ovdje nije došlo do procesa nekontrolisanog krčenja šuma. Iako možemo da primetimo značajne razlike na snimcima, isto tako možemo da uočimo i nedostatke klasične klasifikacije piksela bez dodatnih kriterijuma. S obzirom na kvalitet oba snimka, rezultati koji su dobijeni na slikama 2 i 3 nisu pouzdani za detaljno istraživanje, već informisanje o generalnom stanju problema na terenu.

Drugi primer (slike 5, 6 i 7) nam takođe prikazuju površinu iz dva vremenska perioda sa tim da nam je na slici 7 prikazan rezultat poređenja snimka. Površine koje se razlikuju, odnosno one gde je primećeno smanjivanje šumskog pokrivača, označene su crvenom bojom.



Slika 5. Primer izdvajanja šumskog pokrivača, izvor: Google Maps, 2010

Slika 6. Primer izdvajanja šumskog pokrivača, izvor: Google Maps, 2023

Slika 7. Rezultat razlike – smanjenje šumskog pokrivača, izvor: autor

Ovakva analiza pomoću Python programskog jezika može da bude bazirana i na proračunu NDVI indeksa i analizi, odnosno poređenju dobijenih vrednosti za određeni vremenski period, a takođe može i pomoću kompleksnijih algoritama da vrši prepoznavanje boje piksela sa slike i razvrstava ih u odgovarajuće klase koje su unapred definisane u odnosu na postavljene kriterijume i formule Integracija informacija o padavinama, temperaturi i drugim faktorima može nam pomoći da bolje razumemo uzroke promena u šumskom pokrivaču (Tarazona et al., 2021; Adarme et al., 2022). Takođe, moguće je primeniti tehnike mašinskog učenja za predviđanje budućih promena u šumama na osnovu istorijskih podataka. Važno je napomenuti da analiza slika ne mora biti ograničena samo na šumske pokrivače. Slične tehnike mogu se primeniti i na poljoprivredne površine radi praćenja useva, detekcije bolesti biljaka ili praćenja erozije zemljišta.

Ovakve analize imaju široku primenu u očuvanju prirodnih resursa i održivom razvoju, ali takođe ovakav pristup zahteva veliku količinu ulaznih podataka za trening modela (De Bem et al., 2020), kao i korekcije parametara ukoliko je to potrebno (Bishop, 1995; He et al., 2016). Zbog toga, kada je u pitanju vremenski aspekt, brza analiza nam omogućava da stvorimo generalnu sliku o problemu, a detaljnija i vremenski zahtevnija analiza nam služi za rešavanje problema. Uz pomoć dubokih neuronskih mreža, moguće je izgraditi modele za automatsko prepoznavanje različitih elemenata i procesa na slikama (Lee, 2013; Rane et al., 2020).

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Digitalna obrada slike ima značajnu ulogu u funkciji analize i prikaza geoprostornih podataka u istraživanju životne sredine. Većina programa danas zasniva se na Python programskom jeziku što je od velikog značaja jer obradom geoprostornih podataka dobijamo informacije o stanju životne sredine koje su neophodne za procenu uticaja ljudske aktivnosti na prirodu i određivanje odgovarajućih mera za zaštitu životne sredine. Istraživanje o primeni digitalne obrade slike u svrhe detektovanja deforestacije jasno ukazuje na značajnu ulogu koju tehnologija može da ima u praćenju i razumevanju promena u šumskim područjima.

Prepoznavanje deforestacije digitalnom obradom slike

Ovi pristupi su omogućili brzu i preciznu identifikaciju oblasti koje su podložne deforestaciji, čime se obezbeđuje efikasnije usmeravanje resursa za zaštitu šuma i održivo upravljanje prirodnim resursima.

Važno je napomenuti da, iako digitalna obrada slike donosi mnoge prednosti u detektovanju deforestacije, nijedan pristup nije bez svojih ograničenja. Tačnost detekcije može varirati u zavisnosti od kvaliteta ulaznih podataka i složenosti terena. Takođe, interpretacija rezultata zahteva stručno znanje kako bi se razlikovali prirodni procesi od ljudskih aktivnosti. Pored toga važno je poznavati i tematiku analize jer je lako napraviti grešku tokom pisanja programa koja se odražava na celokupan proračun.

Takođe, geoprostorni podaci su promenljivi tokom vremena, npr. namena zemljišta, rečni tokovi, i dr. Kada su u pitanju hitne situacije (npr. šumski požar) ovakvi programi značajno smanjuju vreme potrebno za reagovanje i adekvatnu raspodelu resursa uživo na terenu. U budućnosti, dalji razvoj tehnologija digitalne obrade slike i mašinskog učenja mogao bi dodatno da unapredi preciznost ovih metoda. Integracija više izvora podataka, kao što su satelitske slike visoke rezolucije i terenski podaci, može stvoriti još sveobuhvatniji i relevantniji uvid u dinamiku deforestacije.

LITERATURA

Adarme, M. O., Prieto, J.D., Feitosa, Q.R., & De Almeida, C. A. (2022). Improving Deforestation Detection on Tropical Rainforests Using Sentinel-1 Data and Convolutional Neural Networks. *Remote Sensing*, 14(14), 3290.

Bahgat. K. (2015). *Python Geospatial Development Essentials*. Birmingham: Packt Publishing.

Baskar, A., Rajappa, M., Vasudevan, S.K., & Muruges, T.S. (2023). *Digital Image Processing*. New York: Chapman and Hall/CRC.

Bishop, C. M. (1995). *Neural networks for pattern recognition*. Oxford university press.

De Bem, P. P., de Carvalho Junior, O. A., Fontes Guimarães, R., & Trancoso Gomes, R. A. (2020). Change detection of deforestation in the Brazilian Amazon using landsat data and convolutional neural networks. *Remote Sensing*, 12(6), 901.

Girase, S. D. (2022). Deforestation: Main Cause For Global Warming in Current Scenario. *EPRA International Journal of Climate and Resource Economic Review (CRER)*, 10(4), 1-4.

Gonzales, R.C., & Woods, R.E. (2018). *Digital Image Processing (4th ed.)*. New York: Pearson.

Gonzales, R.C., Woods, R.E., Eddins, S.I. (2004). *Digital Image Processing Using MATLAB*. New Jersey: Pierson Prentice Hall

Google (2010). Google Maps, preuzeto: 15.08.2023. sa <https://www.google.com/maps>

Google (2013). Google Maps, preuzeto: 15.08.2023. sa <https://www.google.com/maps>

Google (2023). Google Maps, preuzeto: 15.08.2023. sa <https://www.google.com/maps>

Gorte, R. W., & Sheikh, P. A. (2010). Deforestation and climate change. *Congregational Research Service (CRS) Report for Congress*. p. 1-54.

Hallgren, W., Beaumont, L., Bowness, A., Chambers, L., Graham, E., Holewa, H., & Weis, G. (2016). The biodiversity and climate change virtual laboratory: Where ecology meets big data. *Environmental Modelling & Software*, 76, 182-186.

He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 770-778.

- Lawhead, J. (2017). *Learning Geospatial Analysis with Python* (3rd ed.). Birmingham: Packt Publishing.
- Lee, D. H. (2013). Pseudo-label: The simple and efficient semi-supervised learning method for deep neural networks. In *Workshop on challenges in representation learning, ICML* (Vol. 3, No. 2, p. 896).
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic information science and systems*. New York: John Wiley & Sons.
- Ma, Q., & Huang, X. (2022). Research on recognizing required items based on opencv and machine learning. *SHS Web Conf.*, 140, 01016, doi: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202214001016>
- Marri, V.D., P., V.N.R. & S., C.M.R. (2021). RNN-based multispectral satellite image processing for remote sensing applications. *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, Vol. 17 No. 5, pp. 583-595. <https://doi.org/10.1108/IJPCC-07-2021-0153>
- McKinney, W. (2010). Data structures for statistical computing in Python. In *Proceedings of the 9th Python in Science Conference* (pp. 51-56). Scipy.
- Rane, M., Patil, A., & Barse, B. (2020). Real object detection using TensorFlow. In *ICCCE 2019: Proceedings of the 2nd International Conference on Communications and Cyber Physical Engineering* (pp. 39-45). Springer Singapore.
- Runkler, T. (2020). *Data Analytics: Models and Algorithms for Intelligent Data Analysis*. München: Springer Fachmedien Wiesbaden doi:10.1007/978-3-658-29779-4.
- Sharma, S., Gupta, P., Rajput, D., & Aggrawal, A. (2019). Analysis Of Object Detection in OpenCV python. *International Journal of Emerging Technologies and Innovative Research* (www.jetir.org), ISSN:2349-5162, Vol.6, Issue 5, p. 309-318.
- Tarazona, Y., Zabala, A., Pons, X., Broquetas, A., Nowosad, J., & Zurqani, H. A. (2021). Fusing Landsat and SAR data for mapping tropical deforestation through machine learning classification and the PVts- β non-seasonal detection approach. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 47(5), 677-696.
- Tomlinson, R. F. (2018). *Thinking about GIS: Geographic information system planning for managers*. California: ESRI Press.
- Wang, F., Liu, X., & Wan, Z. (2016). Data quality control theory and its application in remote sensing image processing. *International Journal of Digital Earth*, 9(6), 607-625.