

PRAĆENJE FENOFAZA UPOTREBOM OPTIČKIH I RADARSKIH SNIMAKA FOLLOWING PHENOPHASES USING OPTICAL AND RADAR IMAGES

Nataša Vejnović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GEODEZIJA I GEOMATIKA

Kratak sadržaj – Korišćenje vegetacionih indeksa za praćenje vegetacije, radi provere funkcionalnosti Sentinel-1 snimaka na ovoj oblasti. U radu su kreirani vegetacioni indeksi za Sentinel-1 i Sentinel-2 kolekciju snimaka za detekciju fenofaza i na osnovu njih je odrađena klasifikacija kako bi uporedili rad oba satelita na području praćenja vegetacije uz oslonac na program Google Earth Engine.

Ključne reči: Sentinel-1, Sentinel-2, Google Earth Engine, vegetacioni indeksi.

Abstract – The use of vegetation indices for monitoring vegetation, it checks the functionality of the Sentinel-1 recordings in this area. In this paper was created vegetation indices for the Sentinel-1 and Sentinel-2 for detection of phenophase, and based on them classification is done which will be used to compare the work of both satellites in the monitoring of vegetation in the program Google Earth Engine.

Keywords: Sentinel-1, Sentinel-2, Google Earth Engine, vegetation indices.

1. UVOD

Savremeni sintetički radari (SAR) Sentinel-1 i optički Sentinel-2 sateliti korišćeni za dobijanje vremenske serije, nam pružaju odličnu priliku za kontrolu obradivog zemljišta zahvaljujući njihovoj prostornoj i vremenskoj rezoluciji. Sentinel-2 koristimo kao kontrolu ili više valjane informacije o praćenju useva kako bi proverili kako Sentinel-1 vrši svoje praćenje.

Ova studija se fokusira na letnje (kukuruz i soja) i zimske (pšenica i ječam) useve koji predstavljaju najvažnije sezonske useve kako u svetu tako i u Srbiji. Satelitski podaci su prikupljeni na području Vojvodine. Spektralni bendovi i vegetacioni indeksi su dobijeni iz Sentinel-2, a polarizovani indikatori i radarski vegetacioni indeksi iz Sentinel-1 kolekcije snimaka. Potrebno je odrediti fenofaze na definisanim usevima na osnovu odabrane vrednosti vegetacionih indeksa., a zatim i klasifikaciju sa kojom su obahvaćene vrednosti svih indeksa.

2. SATELITSKI PODACI

Radarske Sentinel-1 i optičke Sentinel-2 vremenske serije pružaju velike mogućnosti za praćenje vegetacije zbog njihovih visokih prostornih i vremenskih rezolucija.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Dušan Jovanović.

Sentinel-1 konstelacija pruža šestodnevnu frekvenciju ponavljanja za sve regije planete. SAR koristi C opseg frekvencije 5.4 GHz i ima standardne operativne modove od kojih su trenutni podaci prikupljeni u IW modu sa VV i VH polarizacijama u periodu između januara do decembra.

Svi snimci su nivoa 1, odnosno GRD podaci sa postornom rezolucijom od 10 x 10 m. Podaci ubačeni u program Google Earth Engine su prethodno obrađeni, tako što je odrađena radiometrijska kalibracija i termalno ukljanjanje buke [1].

Sateliti Sentinel-2 misije nose multi-spektralni instrument (MSI). MSI je optički senzor koji koristi koncept push metle. MSI je optički instrument koji snima u 13 spektralnih bendova (od VNIR-a do SWIR-a) sa 3 različite rezolucije (10m, 20m i 60m): 4 benda na 10m, 6 benda na 20m i 3 benda na 60m prostorne rezolucije. Bendovi SWIR sa 20m prostorne rezolucije uglavnom služe za detekciju snega/leda/oblaka ili za procenu vlage u vegetaciji, dok 3 benda na 60m su usmerene na snimanje oblaka i korekciju atmosfere i detekciju cirrus oblaka.

Podaci ubačeni u program su nivoa 2A, što znači da je na njima već odrađena atmosferska korekcija i da pružaju refleksiju sa dna atmosfere. Sentinel-2 snimci su prikupljeni sa prostornom rezolucijom od 10m i spektralnom rezolucijom od 10 bendova, dok je vremenska rezolucija oko 10 dana [1].

3. VEGETACIONI INDEKSI

Poređenje optičkih i radarskih snimaka je rađeno na osnovu vrednosti vegetacionih indeksa primenjenih na snimke.

Vegetacioni indeks je spektralna transformacija dva ili više pojasa dizajniranih da pojačaju doprinos svojstava vegetacije i omoguće pouzdana prostorna i vremenska međusobna poređenja. Vegetacioni indeksi prvenstveno razvijeni za optičke snimke uglavnom se sastoje od kombinacija vidljivih i bliskih infracrvenih spektralnih merenja [2].

Za ovu studiju odabran je izbor od 6 glavna indeksa vegetacije koja se koriste za daljinsko merenje poljoprivrede za optičke i radarske podatke. Izvedeni su sledeći indeksi za optičke snimke koji su funkcionalno ekvivalentni:

- NDVI – jednostavan grafički pokazatelj koji procenjuje da li cilj koji se posmatra sadrži zelenu vegetaciju ili ne [3].

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

- RATIOG – odnos zelenog i crvenog opsega radi lakšeg razlikovanja kultura, u ovoj studiji najviše kukuruza i soje.

$$RATIOG = \frac{GREEN}{RED} \quad (2)$$

- SAVI – modifikacija NDVI-ja kako bi ispravio uticaj osvetljenosti tla. On predstavlja vegetacioni indeks prilagođen zemljištu [4].

$$SAVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED + L} (1 + L) \quad (3)$$

Promene vegetacije se mogu pratiti sa odnosima intenziteta i derivata. Dokazano je da interferometrijska koherencija SAR potencijalno može poboljšati sposobnost razlikovanja različitih vrsta pokrivača tla. Prema tome, intenzitet povratnog raspršivanja, interferometrijska koherencija i njihovi derivati su dobijeni kao SAR osobine za mapiranje useva. Sledeći indeksi su izvedeni na osnovu optičkih, tako da se određene sličnosti mogu primetiti:

- NRPB – normalizovana procedura između opsega. Ovaj odnos intenziteta daje slične vrednosti kao RVI samo manje naglašenije [5].

$$NRPB = \frac{\sigma VH - \sigma VV}{\sigma VH + \sigma VV} \quad (4)$$

- RATIO – odnos intenziteta koji daje bolju preglednost guste vegetacije i golog tla.

$$RATIO = \frac{\sigma VV}{\sigma VH} \quad (5)$$

- RVI – radarski vegetacioni indeks kao pokušaj primene SAR snimaka u poljoprivredne svrhe. Modifikovan sa kompletnih polarimetrijskih na dvostruko polarimetrijske sa VV i VH polarizacijom [6].

$$RVI = \frac{4 * \sigma VH}{\sigma VV + \sigma VH} \quad (6)$$

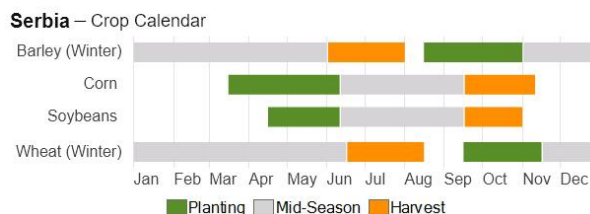
4. METODOLOGIJA RADA

Poljoprivreda predstavlja veoma važan sektor privrede na teritoriji Vojvodine. Nju čine ravničarski predeli zbog čega je poznata po izuzetno povoljnim prirodnim uslovima za poljoprivrednu proizvodnju u pogledu tla, klime i hidrologije. To je čini izuzetno povoljnom za useve koji se pretežno koriste svuda u svetu: soja, pšenica, ječam i kukuruz, uzeli smo vektorske podatke o parcelama na području Vojvodine koje sadrže te kulture (Slika 1).



Slika 1 – Parcele sa definisanim kulturama

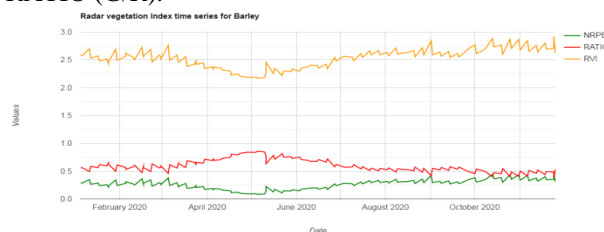
Za dalje analize grupisaće se zimski i letnji usevi (Slika 2), kako bi se obratila pažnja na njihove fenofaze kao i na njihove vrednosti kako bi posle mogli mapirati useve samo na osnovu graničnih vrednosti indeksa.



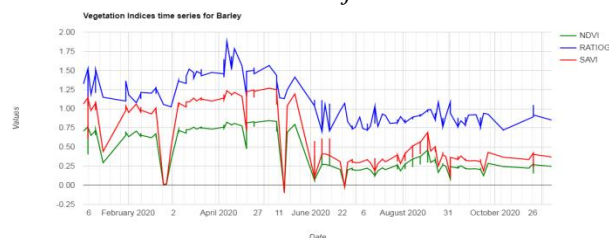
Slika 2 – Godišnji kalendar useva

4.1. Vrednosti indeksa

Određivanje dužine vegetacionog perioda na osnovu podataka daljinskog istraživanja može se uraditi tokom sezone vegetacije po vremenskim krivinama (u ovom slučaju, vremenenska kriva označava funkciju izabranog indeksa vegetacije u zavisnost od njegovog vremenskog toka tokom kalendarske godine) izveden iz indeksa vegetacije, koji se izračunava iz vremenskog niza Sentinel-1 i Sentinel-2 kolekcije snimaka. Kao rezultate analize na kojoj su primenjeni indeksi dobijamo grafike svake kulture posebno. Dati proizvodi koji su primenjeni na vremenskim serijama su za Sentinel-1: NRPB, RVI i RATIO (VV/VH), dok su za Sentinel-2: NDVI, SAVI i RATIO (G/R).



Slika 3 – Vremenske serije radarskih vegetacionih indeksa za ječam



Slika 4 – Vremenske serije vegetacionih indeksa za ječam

Sentinel-1 rezultati indeksa primenjeni na kolekciju snimaka za sve 4 kulture daju optimalni period za određivanje vegetacionih faza (Slika 3). Ono što je očigledno na osnovu grafika jeste da su vegetacione faze za soju i kukuruz dosta slične, što se isto može zaključiti i za ječam i pšenicu, zbog toga se dobijaju slični grafici za date kulture. Početak sezone za soju i kukuruz je na osnovu grafika od početka aprila, dok je kraj sezone početkom septembra. Početak sezone za ječam i pšenicu je dosta teško detektovati a kraj sezone je oko sredine juna.

Sentinel-2 rezultati indeksa daju očigledne rezultate koji govore da je za pšenicu i ječam kraj sezone negde oko početka juna dok je za soju i kukuruz početak sezone početkom juna a kraj sezone početkom septembra (Slika 4). Sa Sentinel-2 je lakše odrediti fenofaze zbog očiglednog rasta vrednosti u jednom periodu, dok za Sentinel-1 moramo poznavati optimalne periode da bi se znalo šta se traži.

Ono što je očigledno na graficima za Sentinel-2 vrednosti indeksa je da negde stoji velika vrednost maksimuma tokom većeg perioda kao i nagli padovi svih vrednosti. Razlog za nagle padove vrednosti smo već pripisali oblacima, ranije u radu. Glavni razlog za maksimume je u tome što prave vrednosti, odnosno zagarantovane vrednosti na datim parcelama nisu toliko ni sigurne.

Takođe, poljoprivredne delatnosti se obavljaju u različito vreme za skoro sva domaćinstava, tako da iako dobijemo otprilike period fenofaza, naravno ne mora značiti da važi za sve.

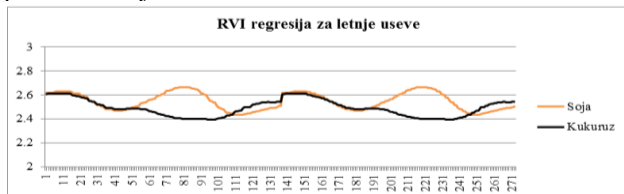
Tokom filtriranja Sentinel-2 snimaka, oblačnost je stavljena na 50%, što podrazumeva da neki snimci sadrže oblake. Delovi koji su prekriveni oblacima utiču na rezultate, što se može ogledati u naglim padovima vrednosti u određenim datumima za određene useve (Slika 5).



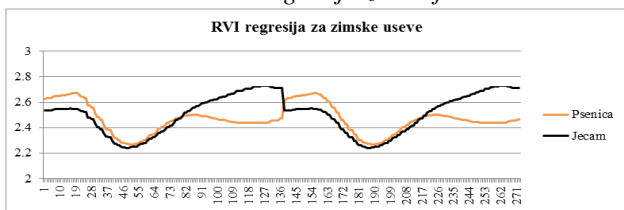
Slika 5 – Uticaj oblaka na podatke

4.2. Regresija

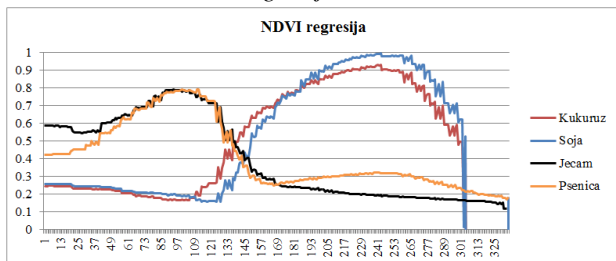
Na osnovu vrednosti dobijenih na grafiku, radi bolje analize odrađena su fitovanja, kako bi dobili vrednost za koju možemo tačno da odredimo datum vegetacione faze. Fitovanje samo jedne krive je rađeno, na Sentinel-1 samo na RVI (Slika 6 i Slika 7) i na Sentinel-2 na NDVI (Slika 8), jer oni daju sasvim korektno vrednosti za određivanje početka i kraja fenofaza.



Slika 6 – RVI regresija za letnje useve



Slika 7 – RVI regresija za zimske useve



Slika 8 – NDVI regresija za zimske i letnje useve

Ono što je očigledno na osnovu grafika jeste da su vegetacione faze za soju i kukuruz dosta slične kao i za pšenicu i ječam. Odnosno početak sezone za soju i

kukuruz je od aprila pa do sredine maja, dok je kraj sezone pred kraj jula pa kraja septembra, a početak sezone za ječam i pšenicu početak avgusta a kraj sezone oko sredine aprila sve do početka jula. Ova analiza dovodi do sledećeg problema: kako razaznati između ovih sorti.

4.3. Detekcija useva

Detekcija vegetacije sa Sentinel-1 kolekcijom snimaka se može oceniti samo nakon poređenja sa Sentinel-2 rezultatima. Kao referentnu pravu vrednost tretiramo klasifikaciju rađenu sa Sentinel-2, jer je on predviđen za praćenje i analizu vegetacije iako ima nekih nedostataka. Način klasifikacije je izabran na osnovu vrednosti indeksa na datim snimcima, gde su uzeti isti vremenski periodi za soju i kukuruz kao i za ječam i pšenicu. U zavisnosti od satelita javljaju se male razlike za izabrane vremenske periode.

Područje na kojem je vršena detekcija useva je područje između Zmajeva i Stepanovićeve i Siriga (Slika 9) zbog već prikupljenih podataka na tom području, radi provere podataka na tim parcelama.

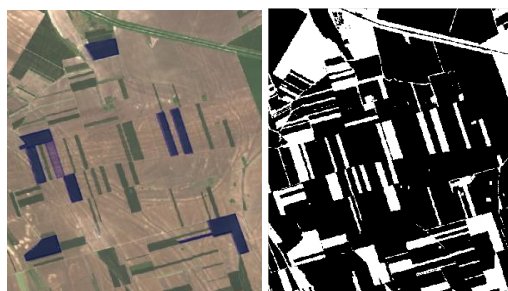


Slika 9 – Područje detekcije useva

Pošto su neophodne početne i granične vrednosti kako bi razaznali useve, iz minimalnih, maksimalnih i srednjih (mean) rezultata uzimamo vrednosti za određene datume i razvrstavamo ih za svaku kulturu.

Datumi su izabrani posebno za zimske i letnje useve ali je testiranje odrađeno samo na jednom području bez obzira na mogućnost da neke kulture ne postoje.

Međutim da bismo se rešili nedoumice da nisu dobre vrednosti za detekciju određenih kultura, njihova detekcija je testirana na područjima sa definitivnim vrednostima (Slika 10).



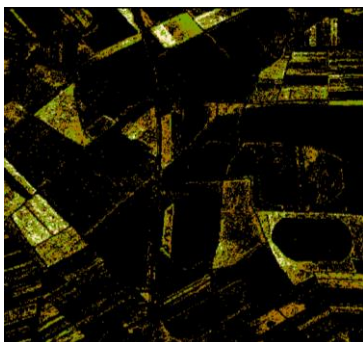
Slika 10 – Detekcija pšenice na području sa definisanim vrednostima predstavljanim u obliku poligona

Eksportovane vrednosti su obrađene u ArcGis-u, gde su se sabrali rasteri kako bi dobili 5 kategorija gde ćemo samo 3 ubrati u dobro detektovan usev.

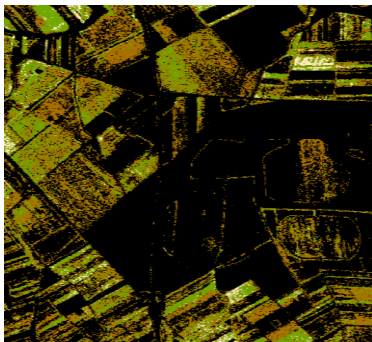
Te 3 kategorije prikazali smo u 3 nijanse: braon, zelene i svetlo krem, koje označavaju vrednosti poklapanja snimaka na datom području, gde braon označava poklapanje 3 snimka, zelena 4 snimka i svetlo krem poklapanje svih 5 snimaka.

5. REZULTATI

Rezultati detekcije sa Sentinel-2 kolekcijom snimaka se pokazala uspešnim. Dobijeni rasteri sa vrednosti useva su prikazana ispod, međutim izabrano područje dominira sa sojom i kukuruzom tako da ječam i pšenica nisu detektovane (Slika 11 i Slika 12). Naravno, vrednosti za pšenicu i soju su proverene na delovima gde se one nalaze i daju odgovarajuće podatke tako da je ovo realna situacija. Razlog zašto nije rađeno na lokaciji gde je proverena vrednost jeste ta što se na toj lokaciji ne mogu naći snimci bez oblaka, tako da nema 5 čistih snimaka na kojima se može vršiti analiza. Na većem području se vidi razlika soje i kukuruza, ali na nekim parcelama dolazi do podudaranja zbog sličnosti vegetacionih indeksa. Deo snimka koje ne prekrivaju ove kulture a nisu detektovane ni kao pšenica i ječam su druge kulture (uljana repa, šećerna repa, stočna repa...)

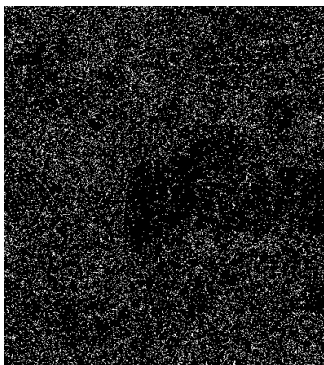


Slika 11 – Detekcija soje sa vegetacionim indeksima



Slika 12 – Detekcija kukuruza sa vegetacionim indeksima

Kao rezultat detekcije useva sa Sentinel-1 kolekcijom snimaka dobija se rezultat koji je nedefinisan (Slika 13). Raster dobijen sa odgovarajućim vrednostima vegetacionih indeksa nije zadovoljavajući u smislu da se na osnovu njega ne može ništa zaključiti, sem da detekcija nije moguća, ali praćenje fenofaza jeste.



Slika 13 – Detekcija useva sa radarskim vegetacionim indeksima

6. ZAKLJUČAK

Podaci iz Sentinel-2 serije satelita uspešno su korišćeni za mapiranje vegetacije, ali njena 10-dnevna vremenska rezolucija često nije dovoljna za pravovremeno posmatranje promena u vegetaciji i karakteristikama pejzaža tokom cele godine.

Ovaj nedostatak je još veći u područjima sa trajnom oblačnošću, jer postoje duži razmaci između jasnih slika pogodnih za analizu. Stoga vremenska praznina u prikupljenim podacima može uticati na praćenje useva kao i na mapiranje useva. S obzirom na te činjenice, pokušavaju se koristiti za iste analize sateliti sa većom stopom ponovnog posećivanja kao i sateliti na čije podatke oblaci ne utiču, odnosno Sentinel-1.

Stoga, upotreba SAR podataka postaje alternativa za nadgledanje useva kojoj se teži. Nažalost, uprkos dobrim rezultatima praćenja useva sa Sentinel-1, odnosno dobrim određivanjem fenofaza sa novim modifikovanim radarskim vegetacionim indeksom, njihove vrednosti nisu dovoljne za detekciju useva. Fenofaze su uočljive na grafiku, ali samo ako znamo šta tražimo. Tako da je znanje vezano za setvu i žetvu useva neophodno prilikom analize grafika sa radarskim podacima. Razlog je taj što su radarski snimci osetljivi na vlagu pa će veće vrednosti imati na početku i kraju godine.

7. LITERATURA

- [1] Sentinel Overview. Sentinel Online [Online] <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions>
- [2] Wikipedia. Vegetation Index. [Online] https://en.wikipedia.org/wiki/Vegetation_Index.
- [3] Normalized difference vegetation index. Wikipedia. [Online] https://en.wikipedia.org/wiki/Normalized_difference_vegetation_index.
- [4] The Landscape Toolbox. Soil-adjusted Vegetation Index. [Online] https://wiki.landscapetoolbox.org/doku.php/remote_sensing_methods:soil-adjusted_vegetation_index.
- [5] Integration of Time Series Sentinel-1 and Sentinel-2 Imagery for Crop Type Mapping over Oasis Agricultural Areas. Luyi Sun, Jinsong Chen, SHanxin Guo. 2020.
- [6] Radar Vegetation Index for Estimating the Vegetation. Yihyun Kim, Thomas Jackson, Fellow, IEEE, Hoonyol Lee. 2012.

Kratka biografija



Nataša Vejnović rođena je u Novom Sadu 1996. god. Srednju školu gimnaziju "Stevan Puzić" smer opšti, završila je u Rumi 2015. god. Iste godine upisuje Fakultet Tehničkih Nauka, smer Geodezija i geomatika u Novom Sadu. Završni rad iz oblasti daljinska detekcija i računarska obrada podataka odbranila je 2019. god