

25

Research paper I Оригинални научни рад

DOI 10.7251/STP2215267V

ISSN 2566-4484



Miroslav Vujasinović, University of Banja Luka, miroslav.vujasinovic@aggf.unibl.org

Dragana Skorup, University of Banja Luka, dragana.skorup@aggf.unibl.org

POSSIBILITY OF USING SENTINEL RADAR SATELLITE IMAGES

Abstract

The use of active radar systems ensured the acquisition data of Earth's surface on any place and at all time, in any atmospheric conditions. This paper presents the possibility of a Sentinel radar satellite system and the advantage of publicly available data and open source software solutions.

Keywords: SAR (Synthetic Aperture Radar), Sentinel, Copernicus, SNAP, Microwaves

MOGUĆNOST UPOTREBE SENTINEL RADARSKIH SATELITSKIH SNIMAKA

Сажетак

Употреба активних радарских система обезбиједила је снимање Земљине површи на било ком мјесту у било које вријеме, без обзира на стање у атмосфери. У овом раду приказана је могућност Сентинел радарског сателитског система, те предност јавно доступних података и софтверских рјешења отвореног кода.

Кључне ријечи: SAR (Синтетички Апертуре Радар), Сентинел, Цопернициус, СНАП, микроталаси

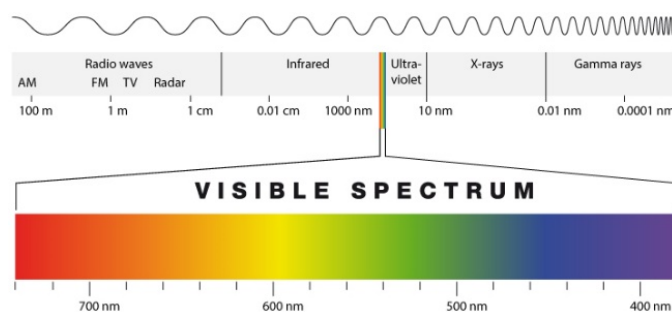
1. UVOD

Opažanje Zemlje počelo je satelitskim sistemima koji su vršili opažanja u vidljivom i infracrvenom dijelu elektromagnetnog spektra. Iako, tada veliki pomak u osmatranju Zemljne površine, nije bio mnogo upotrebljiv zbog nedostataka i ograničenja koji su imali ovi sistemi. Osnovna ograničenja koja su postavljena pred ovim satelitskim sistemima su nemogućnost opažanja u uslovima gdje nema dovoljno svjetla, dakle, noćna snimanja nisu moguća. U tropskim krajevima gdje je u većem dijelu godine oblačno nije moguće vršiti snimanja.

Ovo su neki od razloga zašto je bilo neophodno razviti tehnologiju koja bi mogla prevazići navedene nedostatke. Iz ovog su proizašli radarski sistemi, a kasnije i SAR (Synthetic Aperture Radar) koji se baziraju na aktivnim sensorima. Pojam rada se koristi kao naziv i za tehnologiju ali i za instrument pomoću koga se vrši opažanje. Radarski senzori emituju impulse u mikrotalasnom opsegu [1] [2].

1.1. ELEKTROMAGNETNI SPEKTAR

EM spektar se može podijeliti po frekvencijama, talasnim dužinama i minimalnim iznosima energije koje talas razmjenjuje sa naelektrisanim česticama. Prema terminima koji se koriste u elektrotehnici, elektromagnetni spektar se dijeli na područja Gama i H zraka, ultraljubičastu oblast, vidljivu oblast, infracrvenu oblast, mikrotalasnu oblast i područje radio talasa (ENF, SHF, UHF, VHF, HF). Za geodetsku struku interesantan je mikrotalasni opseg u koji spadaju EHF, SHF i UHF u okviru koga rade radarski sistemi [1].



Slika 1. Elektromagnetni spektar [3]

1.2. MIKROTALASI

Talasne dužine mikrotalasa kreću se u rasponu od $\lambda = 1$ mm do $\lambda = 1$ m, što odgovara frekvenciji od 300 MHz do 300 GHz.

Ovi talasi imaju mogućnost da se kreću kroz atmosferu bez smetnji, te su iz tog razloga značajni za snimanje aktivnim sensorima u daljinskim istraživanjima. Atmosferske smetnje, kao što su oblaci, dim, i sl. ne utiču na prostiranje mikrotalasa. U talasnom području mikrotalasa pored aktivnog zračenja, postoji i pasivno zračenje. Ako površina sama zrači zracima u mikrotalasnom opsegu, radi se o pasivnom zračenju. Ovo zračenje je dosta slabo, pa se ne može koristiti za interpretaciju sadržaja snimaka u postupcima daljinskog istraživanja [1].

Mikrotalasi koji se proizvode u aktivnim izvorima, šalju se iz aviona ili satelita, poprečno na pravac kretanja letjelice, a reflektovani signali od površine zemlje registruju se u letjelici i pretvaraju se u snimak, a postupak se naziva radarsko snimanje [2].

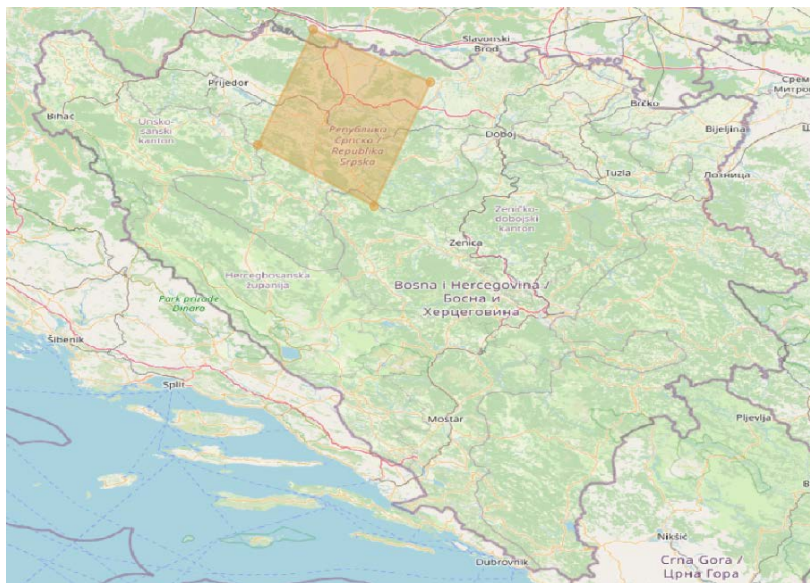
2. METODOLOGIJA

Radarski sistemi sa aktivnim sensorima primjenjuju se u različitim granama nauke i privrede [2]. Postoje različite platforme sa komercijalnim snimcima ili javno dostupnim snimcima kao što je Sentinel misija [4]. U okviru ovog dijela predstavljen je osnovni princip prikupljanja podataka SAR sistemima i osnovni pojmovi koji se odnose na radarska snimanja, koja mogu da olakšaju obradu i interpretaciju snimaka.

2.1. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Područje istraživanja nalazi se u Republici Srpskoj (Bosna i Hercegovina), u dijelu Banjalučke regije. Ono obuhvata nizijski dio ka rijeci Savi na sjeveru dok na jugu i na zapadu obuhvata brdoviti i planinski dio. Cilj istraživanja je izrada digitalnog modela terena za područje od nekoliko stotina kvadratnih kilometara, na osnovu javno dostupnih podataka, u što kraćem vremenskom periodu, u softverskom rješenju otvorenog koda. Podaci koji su korišćeni za izradu digitalnog modela terena

su prikupljeni radarskim satelitskim sistemima Sentinel 1A i Sentinel 1B, a snimci su dostupni za preuzimanje na Copernicus Hub platformi. Vremenska rezolucija za snimke prikupljane samo Sentinel 1A sistemom je 12 dana, a nakon aktiviranja Sentinel 1B, rezolucija je povećana na 6 dana.



Slika 2. Područje istraživanja

2.2. OSNOVNI POJMOVI SAR RADARSKOG SNIMANJA

Kretanje jedne antene duž neke linije je ekvivalentno nizu antena duž iste linije, sve dok se primljeni signali koherentno snimaju, pod pretpostavkom da je cilj koji je osvijetljen nepomičan tokom perioda kretanja ili je poznat način njegovog ponašanja [1] [4].

Pretpostavimo da se radarski senzor kreće konstantom brzinom V i da ima antenu dužine L . Otisak koji pravi snop za tlu jednak je [1]:

$$\zeta = \frac{2\lambda h}{L}, \quad (1)$$

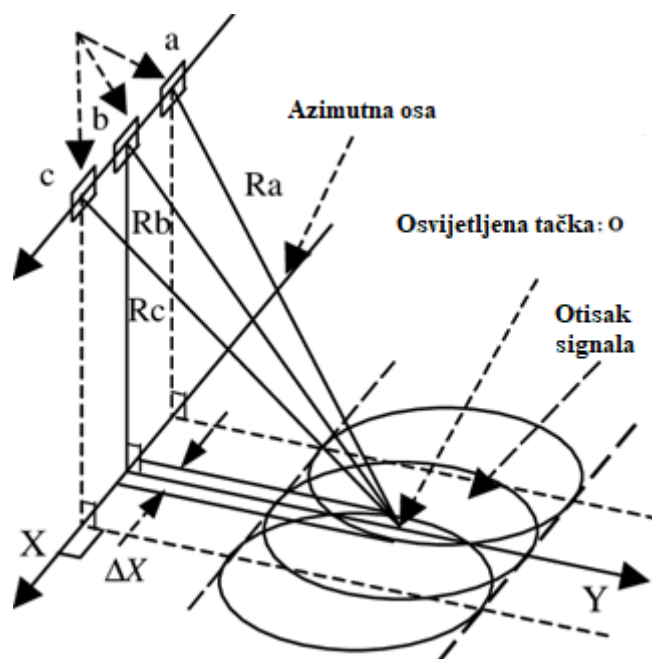
Kako se senzor kreće, uzastopni reflektovani talasi se snimaju u tačkama, x_1, x_2, \dots, x_i , duž linije kretanja satelita. Ugrađeni stabilni oscilator se koristi kao referenca, a reflektovani talasi se snimaju koherentno, to su, amplituda i faza u funkciji vremena. Primljeni talasi se kombinuju u procesoru kako bi se spojili u linearan niz. Spojeni niz će imati širinu zraka jednaku [1] [2]:

$$\theta_s = \frac{\lambda}{\zeta} = \frac{L}{2h}, \quad (2)$$

I rezultat otiska niza na tlu je:

$$X_a = h\theta_s = \frac{L}{2}, \quad (3)$$

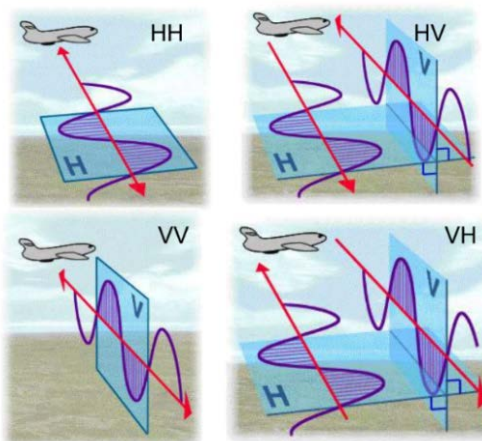
Korišćenjem sintetičkog niza postiže se značajno bolja rezolucija snimaka. Rezolucija koja se postiže ovom metodom nezavisna je od udaljenosti između senzora i oblasti koja se snima. Pored toga, bolja rezolucija se može postići sa manjom antenom. Ova nezavisnost proizilazi iz činjenice, da, što je senzor dalje, veći je otisak na tlu, a samim tim duži i sintetički niz, ovo dovodi do finijeg sintetičkog snopa čime se uravnotežuje povećanje udaljenosti. Takođe, u praksi povećanje rezolucije postiže se sa manjom antenom [1] [5].



Slika 3. Radar sa sintetičkim otvorom blende [6]

2.3. SAR POLARIZACIJA

Polarizacija je važan faktor za snimanje terena i kasnije analizu podataka, na osnovu ovih podataka moguće je odrediti kolika je biomasa, koliko je uznapredovala biljka, da li biljka ima plodove i slično. Tipovi polarizacije mogu da budu HH, VV, HV, VH [2].



Slika 4. Vrste polarizacije [2]

Pomoću antene moguće je izazvati elektromagnetni talas da njegovo električno polje osciluje u ravni koja je paralelna sa terenom ili na upravnoj ravni. Ukoliko je tip polarizacije HH, prvo slovo označava tip polarizacije talasa koji emituje antena, a drugo slovo označava polarizaciju koju ima primljeni reflektovani talas. Ovakvo osmatranje tla naziva se HH polarizacija snimanja. Kod VV polarizacije, V je vertikalno polarizovan talas koji se šalje iz antene, dok se od tla reflektuje isto vertikalno polarizovan talas [7].

Elektromagnetni talasi prirodno mijenjaju polarizaciju, npr. sunčeva svjetlost je po prirodi nepolarizovana, ali ako se odbije od vodu, ona postaje polarizovana. Obzirom da se i talasi koji su poslani iz antene odbijaju od različitih materijala, različitih oblika, različite grubosti i čvrstoće, od svega toga zavisi da li će horizontalno polarizovani talas vratiti kao takav ili će promijeniti polarizaciju [7].

Reflektovani signal u sebi nosi i horizontalnu i vertikalnu polarizaciju ali su antene podešene tako da registruju samo horizontalno ili vertikalno polarizovan talas.

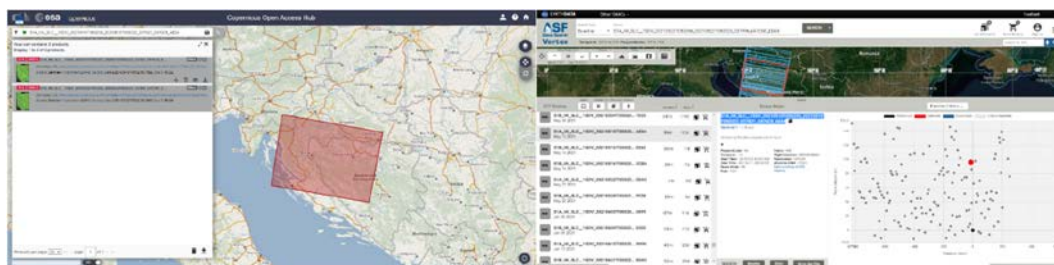
3. OBRADA RADARSKIH SNIMAKA

U eksperimentalnom dijelu rada obrađeni su satelitski snimci prikupljeni satelitskom misijom SENTINEL-1, a javno dostupni kroz platformu COPERNICUS-HUB.

Prilikom preuzimanja podataka za potrebe dalje izrade digitalnog modela terena neophodno je da snimci zadovoljavaju određene karakteristike, a to su [8]:

- Potrebno je izabrati parove snimaka sa što većom upravnom bazom, ne bi trebalo da baza bude manja od 40 m;
- Potrebno je izbjegavati snimke nastale tokom kišnih i snježnih padavina;
- Poželjno je odabrati snimke prikupljene tokom noći jer su manje pogođeni uticajima atmosfere;
- Potrebno je izbjegavati snimke nastale tokom veoma toplih ljetnih dana.

Pretraga snimaka sa najpovoljnijom baznom linijom moguće je izvršiti na platformi ASD Baseline Tool. Ovaj alat omogućava pretragu i određivanje idealnog para snimaka. Nakon odabira najpovoljnijeg para snimaka na Copernicus Open Access Hub platformi, mogu se pronaći isti snimci i preuzeti. Ukoliko snimci nisu odmah dostupni, moguće je zatražiti snimke, te će oni biti dostupni kroz 24 časa [9].



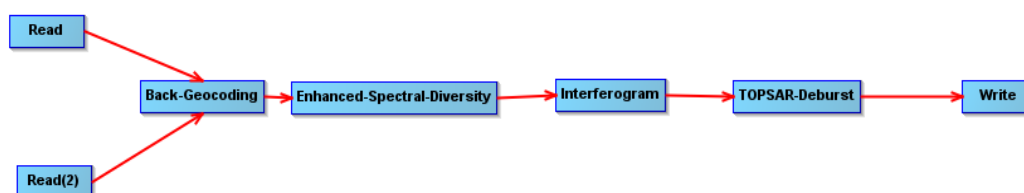
Slika 5. Preuzimanje podataka (lijevo Copernicus Open Access Hub, desno ASD Baseline Tool)

3.1. OBRADA PODATAKA U PROGRAMSKOM PAKETU SNAP

Obrada podataka izvršena je u SNAP softverskom rješenju otvorenog koda koje predstavlja softversko rješenje namijenjeno prvenstveno za potrebe obrade snimaka prikupljenih satelitskim platformama.

Prvi korak u koregistraciji je isijecanje i odabir željenih traka snimaka i tipa polarizacije. Za ovo područje odabran je IW2 (Interferometric Wide Swath 2) tip, i tip polarizacije VV [9] [10]. Naredni korak je dodavanje podataka o orbitama pomoću funkcije pod nazivom Apply Orbit Information. Informacije o orbitama sadrže vektore položaja satelita u intervalima od po 10 sekundi. Podaci o preciznim efemeridama se generišu svakog dana i dostupni su 20 dana nakon akvizicije [9] [10].

Formiranje interferograma se vrši prema dijagramu kao na Slici 6. Potrebno je uvesti dva snimka Read i Read (2), snimci se međusobno preklapaju u okviru funkcije Back-Geocoding pomoću metapodataka u okviru kojih se nalaze podaci o položaju. Da bi se izvršila kvalitetnija koregistracija, moguće je primijeniti funkciju Enhanced-Spectral-Diversity, nad proizvodom generisanim u postupku obrnutog geokodiranja. U okviru obrade koristi se približni digitalni model terena SRTM 1sec HGT, ovaj set podataka omogućava da se na osnovu njega isijeku jezera i rijeke koje se nalaze na snimanom području. Interferogram se izrađuje međusobnim unakrsnim množenjem glavnog snimka sa složenom konjukcijom drugog snimka. Amplitude snimaka se množe a faze predstavljaju faznu razliku među slikama. Za uklanjanje graničnih linija između traka koristi se funkcija TOPSAR-Deburst, nad posljednjim generisanim proizvodom, a to je interferogram [10].



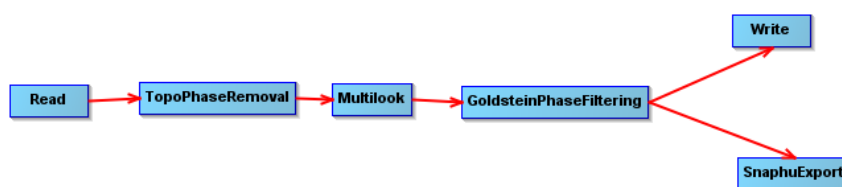
Slika 6. Postupak kreiranja interferograma

Varijacija faze zavisi od nekoliko faktora, a to su [9] [10]:

- Faza ravne Zemlje, φ_{flat} , uticaj Zemljine zakrivljenosti;
- Topografska faza, φ_{DEM} , uticaj topografije terena;
- Atmosferska faza, φ_{atm} , uticaj atmosferskih uslova;
- Faza šuma, φ_{noise} , uticaj šuma, odnosno uticaja raspršivanja zapremine, različitog ugla gledanja,
- Površinska faza, φ_{disp} , uticaj površinske deformacije koja se eventualno desila između dvije akvizicije

$$\varphi = \varphi_{DEM} + \varphi_{flat} + \varphi_{disp} + \varphi_{atm} + \varphi_{noise}, \quad (4)$$

Fazna informacija u područjima koja su nekorelisana ne može biti popunjena, ali zato može biti povećan kvalitet „resa“ [2]. Za rješavanje ovog zadatka koristi se Goldensteinde Phase filtriranje, rezultat ovoga je uklopljeni snimak.

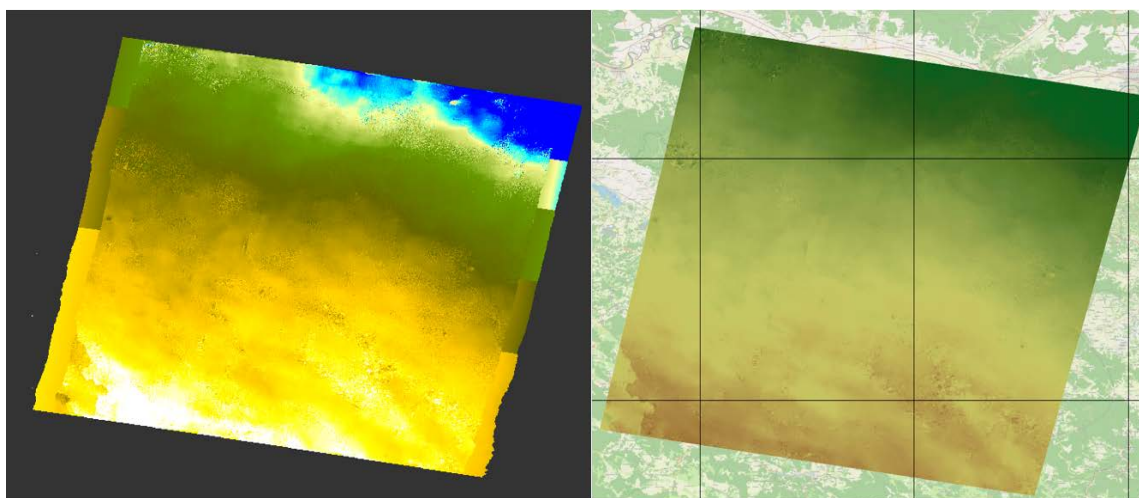


Slika 7. Postupak uklanjanja fazne neodređenosti i objedinjavanje snimaka

U okviru interfereograma, interfereometrijska faza ima neodređenost, poznata je samo u opsegu od 0 do 2π . Kako bi se neodređenost riješila potrebno je da izvrši postupak odmotavanja. Fazno odmotavanje rješava faznu neodređenost, a postupak podrazumijeva [9]:

- Izvoz zamotane faze i zadavanje parametara;
- Odmotavanje faze pomoću softverskog rješenja otvorenog koda SNAPHU;
- Uvoz odmotane faze u SNAP.

Nakon kreiranja odmotanog neprekidnog rastera, predstoji još jedan korak, koji rješava problem mjerljivosti. Kako bi se vrijednosti iz radijana prevele u apsolutne, primjenjuje se funkcija Phase to Elevation operator [9] [10]. Kako bi se visine postavile na određeni nivo, potrebno je iskoristiti približni DEM. Poslednji korak je primjena funkcije Range Doppler Terrain Correction koja rješava geometrijska izobličenja, kao što su prekidi i sijenke. Rezultat kompletnog procesa je rasterski tip fajla, georeferenciran i spreman za korišćenja u različitim GIS alatima, za dalje analize [9] [10].



Slika 8. Rezultat izrade digitalnog modela terena (lijevo SNAP, desno QGIS)

4. ZAKLJUČAK

Satelitska tehnologija omogućila je da Zemljinu površ i sve u blizini nje sagledamo iz drugog ugla, na bilo kom mjestu na Zemlji. Prepreke kao što su događaji u atmosferi, oblačnost, vodena para i slično, koje su predstavljene zamračenjima na snimcima koji su prikupljeni putem pasivnih senzora, prevaziđeni su primjenom radarske tehnologije. Radarski sistemi, su aktivni senzori koji rade u mikrotalasnom opsegu te za njih ne postoje prepreke i ne zavise od doba dana u kojima se prikupljaju snimci.

Poznato je da je daljinska detekcija veoma efikasna po pitanju prikupljanja velike količine podataka i pronašla je primjenu u različitim strukama te postala dio svakodnevnice. Daljinska detekcija prepoznata je i u ciljevima održivog razvoja u pet ciljeva (svijet bez siromaštva, industrija, inovacije i infrastruktura, klimatske promjene, podvodni svijet, nadzemni svijet), što nagovještava ulaganja u satelitske sisteme te buduća usavršavanja i unapređenja.

SAR tehnologija omogućila je široku primjenu u različitim oblastima, prvi lansirani SENTINEL satelit, pružao je vremensku rezoluciju svakih 12 dana, lansiranjem drugog satelita vremenska rezolucija smanjena je na 6 dana, a očekuje se da će se u skorijoj budućnosti vremenska rezolucija povećati na 2 dana.

LITERATURA

- [1] C. Elachi, J. Zyn, Introduction to the Physics and Techniques of Remote Sensing. John Wiley & Sons, New Jersey, 2006.
- [2] Rees, W. G.: Physical Principles of Remote Sensing. Cambridge, 2021
- [3] MiniPhysics, Available: https://www.miniphysics.com/electromagnetic-spectrum_25.html, pristup: 8. mart 2022.
- [4] Bočkor, M.: „Određivanje površinskih pomaka tla uz pomoć InSAR Sentinel-1 satelitskih podataka“, Geološki fakultet Univerziteta u Zagrebu, Zagreb, 2021.
- [5] Chen, Y.Q., Zhang, G. B., Ding, X.L. and Li, Z.L: „Monitoring Earth Surface Deformations with InSAR Technology: Principle and Some critical Issues“, Journal of Geospatial Engineering, Vol. 2, No. 1, pp. 3-21, 1999
- [6] Ohki, M., Abe, T., Tadono, T., „Shimada, M.: Landslide detection in mountainous forest areas using polarimetry and interferometric coherence“, Earth, Planets and Space, 2020.
- [7] Anderson, F., Herndon, K., Thapa, R., Cherrington, E. The Synthetic Aperture Radar (SAR) Handbook: Comprehensive Methodologies for Forest Monitoring and Biomass Estimation. NASA, 2019.
- [8] A. Braun, Retrieval of digital elevation models from Sentinel-1 radar data – open applications, techniques, and limitations, Open Geosciences, 2021.
- [9] A. Braun, DEM generation with Sentinel-1, ESA Skywatch, 2020.
- [10] Матић, Д. „Израда и верификација дигиталног модела висина на основу података сателитске мисије SENTINEL-1“ мастер рад, Грађевински факултет Универзитета у Београду, Београд, 2021.
- [11] Prpa, M. „Zemljotres u turskoj (2020): Koseizmičke deformacije tla na osnovu SAR snimaka“, master rad, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, 2020.
- [12] Tizzani, P., Berardino, P., Euillades, P., Manzo, M., Gicciardi, G. P., Zeni, G., Lanari, R. „Surface deformation of Long Valley caldera and Mono Basin. California investigated with the SBAS-InSAR approach“, Remote Sensing of Environment, 2006
- [13] Rauff, K. Abir, I.: „Application of InSAR technique for the detection of ground displacement in penang island“, International Jurnal of Geomate, Malasia, 2021.