Analiza urbanizacije grada Varaždina na satelitskim snimkama

Gržan, Karlo

Undergraduate thesis / Završni rad

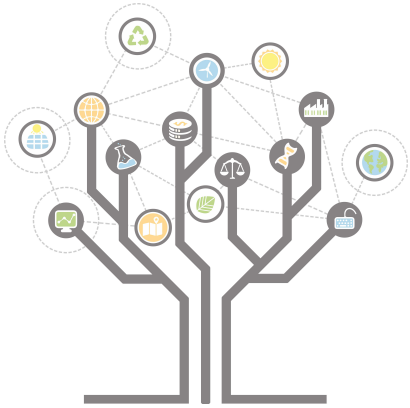
2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:082527

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

KARLO GRŽAN

ANALIZA URBANIZACIJE GRADA VARAŽDINA NA SATELITSKIM SNIMKAMA

ZAVRŠNI RAD

Varaždin, 2020.

Sazivam članove ispitnog povjerenstva

za 30.09.2020. u 9 sa

Obranu ovog rada kandidat će vršiti i pred

ispitnim povjerenstvom u Varaždinu

Varaždin, 16.09.2020.

Predsjednik
ispitnog povjerenstva:

Izv.prof.dr.sc. Igor Petrović

Članovi povjerenstva

1) Doc.dr.sc. Milan Rezo

2) Doc.dr.sc. Mario Gazdek

3) Izv.prof.dr.sc. Nikola Sakač

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

KARLO GRŽAN

ANALIZA URBANIZACIJE GRADA VARAŽDINA NA SATELITSKIM SNIMKAMA

ZAVRŠNI RAD

KANDIDAT:

KARLO GRŽAN

MENTOR:

Doc. dr. sc. Milan Rezo

Varaždin, 2020.

Sveučilište u Zagrebu
Geotehnički fakultet

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnik: KARLO GRŽAN

Matični broj: 2575 - 2015./2016.

NASLOV ZAVRŠNOG RADA:

ANALIZA URBANIZACIJE GRADA VARAŽDINA NA SATELITSKIM SNIMKAMA

Rad treba sadržati:
1. Uvod
2. Daljinska istraživanja
3. Elektromagnetsko zračenje
4. Interakcija svjetlosti
5. Interakcija s površinom
6. Spektralni potpis
7. Rezolucija u daljinskim istraživanjima
8. Satelitske misije
9. Dostupni podatci za analizu
10. Nadzirana klasifikacija i analiza urbanizacije grada Varaždina
11. Rezultati
12. Zaključak
13. Literatura
14. Popis slika
15. Popis tablica

Pristupnik je dužan predati mentoru jedan uvezen primjerak završnog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade završnog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 20.03.2020.

Rok predaje: 16.09.2020.

Mentor:
Doc.dr.sc. Milan Rezo

REPUBLIKA HRVATSKA 1 VARAŽDIN GEOTEHNIČKI FAKULTET SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

Predsjednik Odbora za nastavu:
Izv.prof.dr.sc. Igor Petrović

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom:

ANALIZA URBANIZACIJE GRADA VARAŽDINA NA SATELITSKIM SNIMKAMA

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **Doc. dr. sc. Milan Rezo**

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 16. 09. 2020.

Karlo Gržan
(Ime i prezime)

(Vlastoručni potpis)

IZJAVA MENTORA O POSTOTKU SLIČNOSTI ZAVRŠNOG RADA S VEĆ OBJAVLJENIM RADOVIMA

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom:

ANALIZA URBANIZACIJE GRADA VARAŽDINA NA SATELITSKIM SNIMKAMA

pregledan anti-plagijat programskim paketom PlagScan te da postotak sličnosti cjelovitog završnog rada, s već objavljenim radovima, ne prelazi 20%, kao i da pojedinačni postotak sličnosti završnog rada sa svakom literaturnom referencom pojedinačno ne prelazi 5%.

U Varaždinu, 16.09.2020.

Doc. dr. sc. Milan Rezo
(Mentor)

(Vlastoručni potpis)

ZAHVALA:

Zahvaljujem doc.dr.sc. Milanu Rezi na mentorstvu i uloženom vremenu i trudu pri izradi ovog završni rad.

Ponajviše zahvaljujem asistentu dr.sc. Nikoli Kranjčiću na strpljenju, srdačnosti, savjetima, pomoći, uloženom trudu i vremenu pri izrade ovoga završnog rada.

Hvala svim profesorima i asistentima što su obogatili moje znanje na ovome fakultetu, te hvala svom osoblju fakulteta, svim kolegama i kolegicama što su mi omogućili prekrasno iskustvo studiranja i druženja na Geotehničkom fakultetu u Varaždinu.

Posebno hvala mojim roditeljima, rodbini i prijateljima na pruženoj podršci kroz sve godine studiranja.

Veliko HVALA svima!

SAŽETAK

Autor: Karlo Gržan

Naslov rada: Analiza urbanizacije grada Varaždina na satelitskim snimkama

Ključne riječi: urbanizacija, daljinska istraživanja, satelitska misija Landsat

Svrha ovoga rada je informirati čitaoca o jednostavnosti nadziranja Zemljine površine, opis mogućnosti koje nam pružaju daljinska istraživanja, lakoća prikupljanja podataka, te njihova obrada na primjeru urbanizacije grada Varaždina.

Rad je strukturiran tako da objašnjava na koji način nastaju snimci za daljinska istraživanja, kako funkcioniraju sateliti i njihovi senzori od kojih dobivamo potrebne snimke i podatke. Obrađuje se tema kvalitete snimaka koje možemo dobiti, odnosno njihove rezolucije. Nabrojane su brojne satelitske misije namijenjene za snimanje Zemljine površine, te su opisane njihove kvalitete i mogućnosti korištenja snimaka iz tih misija. U ovom radu korištene su snimke misije Landsat satelita, gdje su korištene snimke iz tri različita satelita (Landsat 5, Landsat 7 i Landsat 8) ovisno o analiziranom razdoblju. Analizirane su snimke područja grada Varaždina iz 2000., 2005., 2010., 2015. i 2020. godine. Analiza nadzirane klasifikacije provedena je u QGIS programu. Rezultati istraživanja dobiveni iz QGIS-a obrađeni su u Microsoft Excel-u i Wordu te su prikazani slikovno, grafički i tablično. Rezultati prikazuju urbani razvoja grada Varaždina, odnosno promjene namjene zemljišta i povećanje broja izgrađenih objekata na području grada Varaždina svakih pet godina počevši od 2000. godine do danas.

ABSTRACT

Author: Karlo Gržan
Title: Analysis of urbanization of the city of Varaždin on satellite images
Keywords: urbanization, remote sensing, Landsat satellite mission

The purpose of this paper is to inform the reader about the simplicity of monitoring the Earth's surface, a description of possibilities provided by remote sensing, ease of data collection, and their processing on the example of urbanization of the city of Varaždin.
The paper is structured purposely to explain how images for remote sensing are created, how satellites and their sensors work, from which we obtain recording and data needs. The paper elaborates the quality of recordings that we can get, as well as their resolutions. Numerous satellite missions intended for imaging the Earth's surface are listed, and their qualities and possibilities of using images from these missions are described.
In this paper, images of the Landsat satellite mission were used, where images from three different satellites (Landsat 5, Landsat 7 and Landsat 8) were used depending on the analyzed period.. Images of the area of the city of Varaždin from 2000, 2005, 2010, 2015 and 2020 were analyzed. The analysis of the supervised classification was performed in QGIS. The results of the research obtained from QGIS were processed in Microsoft Excel and Word and are presented pictorially, graphically and tabularly. The results show the urban development of the city of Varaždin and they reveal changes in the assignment of parcel plots and the increase in the number of buildings built in the city of Varaždin every five years from 2000 until today.

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. DALJINSKA ISTRAŽIVANJA 2
2.1. Primjena daljinskih istraživanja 4
3. ELEKTROMAGNETSKO ZRAČENJE 5
4. INTERAKCIJA SVJETLOSTI 7
4.1. Raspršivanje 7
4.2. Apsorpcija 7
4.3. Lom 7
5. INTERAKCIJA S POVRŠINOM 8
6. SPEKTRALNI POTPIS 10
7. REZOLUCIJA U DALJINSKIM ISTRAŽIVANJIMA 10
7.1. Prostorna rezolucija 10
7.2. Spektralna rezolucija 10
7.3. Radiometrijska rezolucija 11
7.4. Vremenska rezolucija 11
8. SATELITSKE MISIJE 12
8.1. Landsat 13
8.2. Spot 14
8.3. Ikonos 15
8.4. QuickBird i WorldView 16
8.5. RapidEye 16
8.6. GeoEye 17
8.7. Sateliti Pleiades 18
8.8. Copernicus 18
9. DOSTUPNI PODATCI ZA ANALIZU 19

10. NADZIRANA KLASIFIKACIJA I ANALIZA URBANIZACIJE GRADA VARAŽDINA 20
11. REZULTATI 27
12. ZAKLJUČAK 28
13. LITERATURA 29
14. POPIS SLIKA 31
15. POPIS TABLICA 32
ŽIVOTOPIS 33

1. UVOD

Nekontrolirana urbanizacija gradova (Slika 1) jedan je od problema današnjice, ubrzanim povećanjem populacije u cijelom svijetu pa tako i u Hrvatskoj paralelno dolazi do širenja gradova i regija, te time i do gubitka obradivog zemljišta. Taj proces potrebno je kontrolirati (Slika 2) kako bi se održala stabilnost, kako na malim područjima tako u cijeloj državi i svijetu.



Slika 1: Nekontrolirana urbanizacija [20]



Slika 2: Kontrolirana urbanizacija [21]

Megalomanske industrije, sve veća borba za prevlasti i kapitalom uništava prirodnu raznolikost Zemlje. Težnja za razvojem gradova i regija dovodi do uništenja obradivih poljoprivrednih površina izgradnjom industrije i mjesta za stanovanje ljudi, a težnja za proizvodnjom hrane dovodi do uništavanja netaknute prirode, šuma, te raznih prirodnih staništa biljaka i životinja. Kako bi se taj trend smanjio potrebna je kontrolirana urbanizacija područja koja obuhvaća sve parametre kao što su ekonomska, gospodarska, demografska, socijalna ili bilo koja druga isplativost, treba sve uzeti u obzir.

Korištenjem tehnike daljinskih istraživanja u pogledu urbanizacije uvelike si olakšavamo posao pravovremenog planiranja, kontrole i rješavanja problema urbanizacije. Tehnikama daljinskih istraživanja mogu se dobiti geoprostorni podaci. Oni će nam dati opis promjene izgleda zemljišnog pokrova i promjene korištenja zemljišta na nekom području u određenom vremenskom razdoblju. Takve promjene mogu se pratiti terenskim radom, no daljinska istraživanja daju nam mogućnost da takve promjene promatramo i kontroliramo svakodnevno bez velikog utroška vremena i bez velikih troškova [1].

Danas kada nam je tehnika daljinskih istraživanja lakše dostupna, nego prije par desetaka godina, u kratkom vremenskom razdoblju, od par godina, vrlo brzo možemo doći do potrebnih podataka, brže ih obrađivati i kontrolirati. Tako na primjer preko geoportala (geoportal.dgu.hr) ili nekih drugih portala i platformi možemo besplatno ili uz određenu naknadu doći do raznih prostornih podataka, u ovom slučaju digitalnog ortofota iz različitih godina snimanja, te lako ustanoviti promjene na zemljištima, razvoje gradova i urbanizaciju istih. Proučavanjem i obradom snimaka dolazimo da raznih faktora i indeksa koji nam lako mogu objasniti geografske i socijalne karakteristike određene lokacije, te dočarati koliko je takva lokacija pogodna za život.

2. DALJINSKA ISTRAŽIVANJA

Daljinsko istraživanje metoda je prikupljanja i interpretacije informacija o udaljenim objektima bez fizičkog dodira s objektom. Zrakoplovi, sateliti i svemirske sonde uobičajene su platforme za opažanja u daljinskim istraživanjima. Termin daljinsko istraživanje je obično ograničen na metode koje se koriste elektromagnetskom energijom kao sredstvom za otkrivanje i mjerenje značajki objekta. Takva definicija daljinskog istraživanja isključuje električna, magnetska i gravitacijska mjerenja kojima se mjeri

snaga polja, a ne elektromagnetsko zračenje. U užem smislu, daljinsko istraživanje je prikupljanje informacija o Zemljinoj površini s uređajima smještenim u satelitima i interpretacija tako dobivenih informacija [2].

Kao što je već spomenuto daljinskim istraživanje informacije se mogu dobiti snimanjem iz zrakoplova, satelita ili svemirske sonde. Dobivanjem snimaka iz zrakoplova, tj. posebnim fotografskim kamerama postavljenih u zrakoplove te obradom i interpretacijom istih bavi se aerofotogrametrija. Aerofotogrametrija grana je geodezije koja se bavi izradom planova i karata različitih mjerila iz fotografija dobivenih snimanjem iz zrakoplova. Takva metoda ekonomična je i vremenski kratka. Kod te metode potrebno je odrediti plan leta aviona kako bi se pokrilo željeno područje snimanja ili pojedini objekt. Zrakoplov leti prema planu te u različiti vremenskim razdobljima fotografira željeno područje. Dobivene snimke područja, obrađuju se, mjere, preklapaju jedna s drugom te uklapaju u određeni koordinatni sustav. Tako uklopljene snimke se zatim vektoriziraju odnosno iz njih se izrađuju planovi, karte pa čak i 3D modeli snimanog područja. Postoje još i mogućnosti korištenja fotografskih snimaka dobivenih iz satelita, no kvaliteta snimaka ne udovoljava sve zahtjeve koji su ponekad potrebni za izradu planova ili karata. Ova metoda ograničena je zbog vremenskih uvjeta pa se umjesto nje koriste i druge metoda snimanja Zemljine površine, kao što su pretraživanje ili skeniranje, te radarski postupak.

Pretraživanje ili skeniranje također se može izvoditi iz zrakoplova ili satelita koji posjeduju posebne uređaje koji rade na principu elektronskog osjetnika, rotirajućeg zrcala i elektromagnetskog zračenja kojeg emitira Zemljina površina. Zemljina površina šalje elektromagnetno zračenje prema elektronskom osjetniku koji ga bilježi te stvara sliku područja i dobivani obrise objekata i pokrova. Područje snimanja je od infracrvenog do ultraljubičastog spektra, zbog infracrvenog spektra snimanja moguće je dobiti termograme ili termosnimke prema kojima možemo razlučiti odrađenu temperaturu pojedinog objekta ili pokrova.

Radarski postupak način je snimanja Zemljine površine emitiranjem radarskog zračenja određene frekvencije. Tim načinom snimanje se može odvijati i danju i noću, te po bilo kakvom vremenu [3].

2.1.Primjena daljinskih istraživanja

Daljinska istraživanja pronalaze primjenu u mnoštvu znanosti i struka, tako se mogu primjenjivati prvenstveno u geodeziji i kartografiji, ali i u šumarstvu, geologiji, poljoprivredi, pomorstvu, vojsci, te u mnogim drugim znanostima i područjima. Danas satelitske slike predstavljaju osnovu za sve kartografske podatke. Informacije se pohranjuju u računala, pa se mogu brzo nadopunjavati i ispravljati bez potrebe za crtanjem novih karata. Mreža satelita u niskoj Zemljinoj orbiti kreira površinu svakih nekoliko dana. Njihovi senzori mogu zabilježiti potrese, krčenje šuma, zdravlje usjeva, pa čak i podzemne geološke slojeve. Dakle znanstvenici i stručnjaci u tim područjima lako mogu doći do podataka i interpretirati podatke dobivene iz satelita [4].

Danas oko Zemlje kruži više od 1000 satelita koji svoju primjenu nalaze u raznim područjima. Razlikujemo četiri vrste orbita, a prema njima i vrstu primjene satelita. Tako imamo geostacionarnu orbitu koja omogućuje satelitu da ostane stalno na istom položaju iznad Zemlje, većina takvih satelita su komunikacijski. Sateliti koji nam služe za meteorologiju nalaze se većinom u polarnoj orbiti kako bi promatrali cijelu površino dok se Zemlja ispod njih okreće. Uz ove dvije orbite postoje još i ekscentrična orbita u kojoj se satelitu mijenja udaljenost od Zemlje i kružna orbita u kojoj je udaljenost satelita od Zemlje konstantno jednaka. Naravno u svakoj od orbita mogu se kretati sateliti za različite primjene. Neke od vrsta satelita su:

- Meteostat druge generacije (MSG eng. Meteostat Second Generation), nalazi se u geostacionarnoj orbiti i služi za promatranje vremenskih fronti iznad Atlantskog oceana,
- Landsat jedan od najpoznatijih sustava satelita za kartiranje i bilježenje promjena na zemljinoj površini, budući da konstantno fotografira površinu Zemlje,
- europski sateliti za daljinsko detektiranje koji detektiraju promjene u slojevima tla i tako pomažu pri predviđanju potresa,
- space shuttle koji su opremljeni opremom za otkrivanje erupcije vulkana,
- špijunski sateliti s jakim teleskopima za otkrivanje potencijalnih mjesta sukoba.

Također i fotogrametrijski postupci daljinskih istraživanja nalaze svoju primjenu. Upravo su se takvi postupci odnosno istraživanja provodila na području Hrvatske.

Tako se od 2006. – 2010. godine provodio postupak snimanja i istraživanja te interpretacije snimaka za potrebe Hrvatskih šuma. Kako bi se smanjio obujam terenskog posla i lakše gospodarilo hrvatskim šumama, rađeno je snimanje šumskih područja iz zraka avionima. Samo istraživanje provođeno je kako bi se utvrdilo koje sve podatke se može iskoristiti primjenom daljinskih istraživanja [5].

2010. godine započet je SMART projekt, u kojem se koriste metoda daljinskih istraživanja, fotogrametrije i GIS-a (geografski informacijski sustav) u razminiravanju teritorija Republike Hrvatske. Radi se o vrlo složenom projektu u kojem je bilo potrebno snimati minski sumnjiva područja na više načina, različitim senzorima i kamerama te na koncu uklopiti sve podatke i snimke u jednu cjelinu [6].

U nazad nekoliko godina također se provodio i provodi se projekt snimanja cijelog područja Republike Hrvatske u svrhu stvaranja jedinstvenog GEO-portala Državne geodetske uprave na kojem su sada dostupne ortofoto osnove u različitim vremenskim razdobljima [7]. Analizom i proučavanjem tih snimaka mogu se dobiti i usporediti razni podaci. Prema tim podacima možemo zaključiti kao se kreće urbanizacija mjesta, gradova i regija, na koji način se koriste poljoprivredne površine i dali se redovito obrađuju, kakav je tok razvoj infrastrukture, kako se gospodari šumama, kako se ljudi odnose prema vlastitom zemljištu, mogu se utvrditi ilegalno izgrađeni objekti, ilegalna odlagališta otpada i mnoštvo drugih stvari. Snimke se dakako mogu koristit i za izradu i planiranje daljnjih projekata.

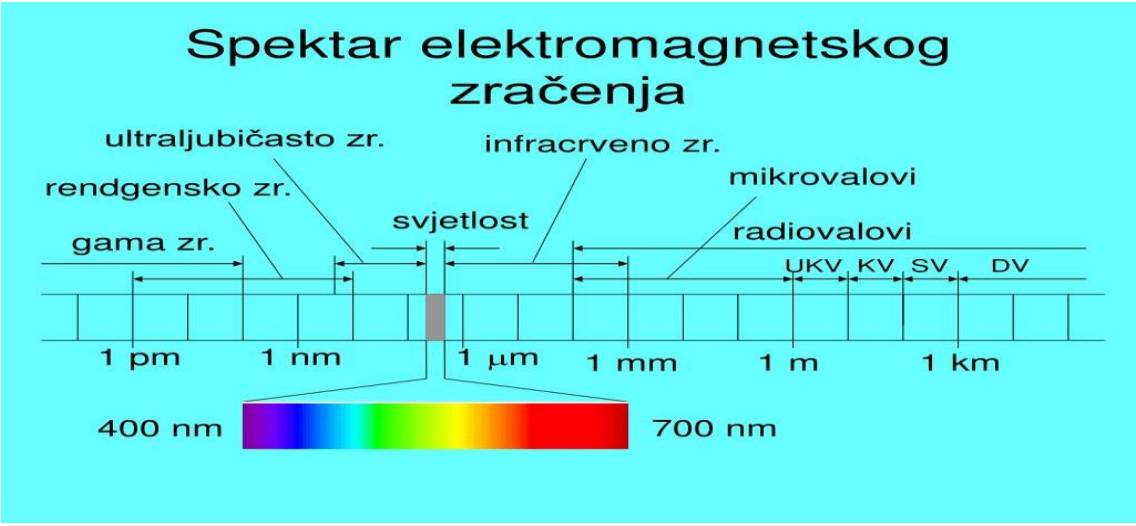
3. ELEKTROMAGNETSKO ZRAČENJE

Elektromagnetsko zračenje oblik je energije koja putuje brzinom svjetlosti koja iznosi oko 300 000 km/s. Na svom putu energija elektromagnetskog zračenja okreće se naprijed-nazad između električnih i magnetskih polja. Kako se jedno polje pojačava, drugo slabi. Brzina kojom se ova promjena događa naziva se frekvencija zračenja. Različite vrste elektromagnetskog zračenja imaju različite frekvencije. Radio valovi imaju nižu frekvenciju od svjetlosnih zraka, a plavo svjetlo ima višu frekvenciju od crvenog. Jedinica za frekvenciju elektromagnetnog zračenja je herc (Hz), a označuje koliko puta u jednoj sekundi električno polje dosegne svoj maksimum vrijednosti.

Znanstvenici kažu da elektromagnetno zračenje putuje u valovima. To je zato što snaga električnog i magnetskog polja varira i polagano slabi na svome putu kroz prostor. Valna duljina je udaljenost koju val prevaljuje u vremenu koje je potrebno da električno polje oslabi od svoje najveće do najmanje vrijednosti i zatim se ponovno poveća do svoje najveće vrijednosti. Zbog toga je valna duljina jednaka kvocijentu brzine svjetlosti i frekvencije [8].

Sva tijela na Zemlji emitiraju elektromagnetsko zračenje što je posljedica utjecaja Sunčevog zračenja. Ovisno o vrsti materijala i svojstvima samog tijela, te koliko će određeno tijelo apsorbirati energije i koliko će energije reflektirati, elektromagnetno zračenje će biti izraženije ili manje izraženo, tijelo će emitirati elektromagnetni val određene frekvencije i valne duljine. Tako razlikujemo visoko i niskofrekventno elektromagnetno zračenje. Niskofrekventno zračenje su kratki valovi, mikrovalovi, IC i UV zrake, dok su visokofrekventni valovi X i gama zrake [9].

Uređaji kojima se registrira elektromagnetno zračenje koriste odnosno očitavaju količinu reflektiranog zračenja. Prema načinu očitavanja razlikujemo dvije vrste uređaja, uređaje koji očitavaju reflektirano zračenje tijela dobivenog od sunčevog zračenja i uređaje koji sami odašilju elektromagnetne valove koji se reflektiraju i natrag vračaju do uređaja. Za daljinska istraživanja Zemlje u obzir dolaze uređaji koji mogu očitavati vidljivi spektar (0,4-0,7 μm) i uređaji za očitavanje mikrovalova (0,3-30 cm) (Slika 3). Uz to razlikovati ćemo i uređaje koji nam daju analogne podatke kao što je fotografska kamera, te uređaje koji će nam dati podatke u digitalnom obliku kao što su skeneri [9].



Slika 3: Spektar elektromagnetskog zračenja [22]

4. INTERAKCIJA SVJETLOSTI

Svjetlost se opisuje kao elektromagnetsko zračenje, odnosno elektromagnetsko zračenje se još može opisati kao roj čestica koji se nazivaju fotoni. Zato interakciju svjetlosti možemo još nazvati interakcijom elektromagnetskog zračenja odnosno elektromagnetskog vala. Prilikom interakcije svjetlosti dolazi do tri pojave, to su raspršivanje svjetlosti, apsorpcija svjetlosti i lom svjetlosti. U daljnjem tekstu pobliže ćemo objasniti svaku od tri pojave. Niti jedna od tih pojava ne dolazi sama, odnosno kada svjetlost pada na neki objekt, dio svjetlosti se raspršuje, dio apsorbira, a kod predmeta koji su prozirni ili djelomično prozirni dolazi do loma.

4.1. Raspršivanje

Sunčevu odnosno bijelu svjetlost mi konkretno ne možemo vidjeti, ono što mi vidimo je raspršena svijetlost koja se odbila od sitnih čestica koje se nalaze u zraku. Zrake svjetla postaju vidljive kada u zraku ima sitnih čestica vode (magla), one odbijaju zrake svjetlosti do našeg oka te tako postaju uočljive. Također sitne čestice koje se nalaze u dimu također mogu raspršivati svjetlost. Osim sunčeve svjetlosti poznajemo i umjetnu svjetlost iz svjetiljki ili lasera. Svijetlost iz svjetiljki na svom putu se rasipa odnosno slabi s povećanjem daljine, budući da se valovi svjetla rasipanjem prorjeđuju na šire područje, Dok kod lasera ta udaljenost je puno veća budući da su zrake svijetla skoro paralelne pa se valovi na svom putu ne rasipaju [9].

4.2. Apsorpcija

Apsorpcija svjetlosti ovisiti će o boji predmeta na koje svjetlo pada. Ako je predmet u potpunosti bijel svjetlost će se u potpunosti odbiti, ako je predmet crn svjetlost će se u potpunosti apsorbirati, te ako je predmet na primjer crvene boje crveno svjetlo se reflektira dok se svjetla drugih boja apsorbiraju. Budući da smo svjetlost definirali kao elektromagnetski val odnosno elektromagnetsko zračenje, a elektromagnetsko zračenje kao oblik energije. Apsorpciju svjetlosti možemo opisati i kao apsorpciju energije, odnosno vrijedi zakon o očuvanju energije fotona [9].

4.3. Lom

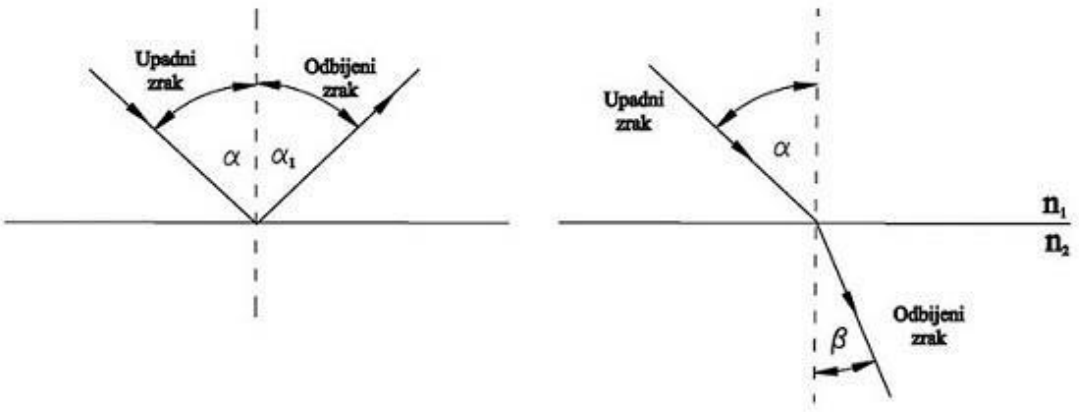
Lom svjetlosti ili refrakcija pojava je koja se događa kada zrake svjetlosti prelaze iz tvari manje gustoće u tvar veće gustoće ili obrnuto. Kada svjetlost upada iz tvari manje gustoće

u tvar veće gustoće, kut upada svjetlosti biti će veći od kuta loma svjetlosti i obrnuto. Ovisno o gustoći tvari ovisit će brzina kojom će se svijetlost kretati u tom mediju, te upravo radi promjene brzine svjetlosti doći će do loma (Slika 4). Za mjerenje veličine loma svjetlosti znanstvenici rabe broj koji se naziva indeksom loma ili refrakcije. Indeks loma neke tvari je brzina svjetla u vakuumu podijeljena s brzinom svjetlosti u tom mediju. Indeksi loma važni su konstrukciju i izradu optičke opreme. Razlog tomu je da će leće koje su izrađene od materijala s velikim indeksom refrakcije dati veće povećanje od leće istog oblika, ali manjeg indeksa loma [8].

5. INTERAKCIJA S POVRŠINOM

U ovom dijelu teksta pobliže ćemo objasniti već navedene pojave koje se događaju pri upadu zraka svjetlosti na određene predmete ili u određene medije ili tvari. Laički rečeno prilikom upada svjetlosti na neku površinu događa se odbijanje (refleksija, refrakcija i difrakcija) i upijanje (apsorpcija) svjetlosti [8].

Površina zrcala skoro je pa idealna za potpuno reflektiranje svjetlosti. Dobro izrađena zrcala sastavljena od ravnih listova stakla s tankim reflektirajućim slojem srebra ili aluminija reflektiraju gotovo 98% svjetlosti. Kut upada zraka svjetlosti jednak je kutu odbijanja svjetlosti (Slika 4), te zato i možemo u zrcalu jasno vidjeti sliku kojoj su zamijenjene strane. Dio svjetlosti koja se nije odbila, odnosno reflektirala od površine zrcala, pretvara se u toplinu koja ga neznatno zagrije [8].



Slika 4: Refleksija svjetlosti od zrcala (lijevo), lom svjetlosti kroz sredstvo (desno) [23]

Kod grubih, naboranih i hrapavih površina dolazi do lošije refleksije svjetlosti. Svjetlost se reflektira u svim smjerovima, kutovi upadnih zraka različiti su od kutova reflektiranih zraka, a dijelovi svjetlosti se i upijaju u sićušne proreze na površini [8].

Jednostavno možemo zaključiti da glatke ispolirane površine predstavljaju najbolje reflektore za razliku od grubih površina koje raspršuju svjetlost na sve strane i apsorbiraju njen dio, te da svjetlo obojeni predmeti reflektiraju više svjetlosti od tamno obojenih predmeta koji većinu svjetlosti apsorbiraju odnosno pretvaraju u toplinu i zagrijavaju se.

Odbijanje se može također dogoditi na površini između dviju prozirnih tvari kao što su zrak i staklo. Na taj način mogu se pomoću prozora reflektirati predmeti iz njihove blizine. Ovaj tip odbijanja pojavljuje se jedino kada zrake svjetla putuju pod malim kutom prema površini. Pomislite na površinu bazena. Kada svjetlo podvodnog objekta udari u površinu pod pravim kutom ili pod kutom upadanja od 0°, tada prolazi ravno kroz površinu bez promjene smjera. Ako zraka udari u površinu pod kutom od 45°, kada izađe u zrak, nalazi se pod kutom od samo 20° u odnosu na površinu. To se događa zbog toga što optički učinak koji se zove refrakcija lomi zrake bliže prema površini. Ako zraka svjetla padne na površinu pod kutom upadanja od 49°, ili 41° u odnosu na površinu, refrakcija je lomi tako jako da zraka ne izlazi u zrak. Zrake koje padaju na površinu pod kutom manjim od 41° u odnosu na površinu ne prelaze u zrak. Umjesto toga, one se reflektiraju prema dolje u odnosu na površinu. Ova pojava naziva se potpuno unutrašnje odbijanje. Najmanji kut upadanja pri kojem se ukupna količina svjetla reflektira prema unutrašnjosti naziva se kritični kut i ovisi o dvama materijalima koji se sastaju na površini dodira. Za zraku svjetla koja prolazi iz vode u zrak, kritični kut je 48,8°. Iz stakla u zrak taj je kut 41,1°. Važna osobina potpune unutrašnje refleksije je da reflektirajuća površina gotovo uopće ne apsorbira svjetlo. Optička staklena vlakna rade na načelu ovog svojstva za prijenos svijetla na velikim udaljenostima. Za vrijeme prolaska svjetla kroz optičko vlakno, potpuna unutrašnja refleksija može ga izbacivati nekoliko milijuna puta iz unutrašnjosti vlakna na površinu, bez opasnosti da će signal postati previše slab za prijenos signala ili slike [8].

6. SPEKTRALNI POTPIS

Svaka površina, objekt ili stvar koji apsorbira, reflektira ili raspršuje svjetlost ima svoj spektralni potpis. Tako za svaki pojedini objekt koji snimimo možemo odrediti njegov spektralni potpis, određivanjem više spektralnih potpisa možemo kreirati spektralnu knjižicu. Usporedbom podataka iz knjižice i spektralnog potpisa koji je detektirao skener točno možemo odrediti o kakvoj vrsti objekta se radi. Kako bi bili sigurni o kojoj vrsti objekta se radi potrebno je objekte snimati promjenom valne dužine. Primjer toga su vegetacija i voda koje u vidljivom dijelu spektra imaju približno istu refleksiju, dok ih u infracrvenom dijelu spektra možemo razlikovati [9].

7. REZOLUCIJA U DALJINSKIM ISTRAŽIVANJIMA

Rezoluciju možemo opisati kao mogućnost jasnog ili nejasnog viđenja nekog objekta prilikom zumiranja snimke. Razlikujemo prostornu, spektralnu, radiometrijsku i vremensku rezoluciju.

7.1. Prostorna rezolucija

Prostorna rezolucija ovisi o tome koliko je objektiv ili skener udaljen od promatranog objekta, odnosno koliko su satelit ili avion udaljeni od površine Zemlje. O udaljenosti promatranja ovisiti će dužina i širina odnosno površina vidnog polja, te količina detalja koji se mogu primijetiti. To možemo objasniti ovako; vozimo se avionom na velikoj udaljenosti od površine Zemlje i gledamo kroz prozor moći ćemo vidjeti veliku površinu, ali nećemo moći razaznati detalje. Ako se avion spusti na malu udaljenost od površine Zemlje vidno polje će se smanjiti, vidjet će se manja površina, ali će se moći razaznati detalji kao što su automobili, prometnice itd [9].

7.2. Spektralna rezolucija

Spektralna rezolucija ovisi isključivo o senzoru s kojim se snima. Senzori sa više užih spektralnih kanala imati će bolju rezoluciju od senzora s manjim i širim brojem kanala. Odnosno korištenjem više spektralnih kanala senzor će lakše razlučiti o kakvoj vrsti

objekta se radi. Danas se koriste multispektralni senzori i hiperspektralni senzori. Takvi senzori imaju mogućnost mjerenja refleksije, vlastitog zračenja ili odbijenog umjetnog zračenja kod više različitih područja valnih dužina (Slika 5). Razlikuju se u širini i broju kanala kojima mogu detektirati uske valne dužine [9].



Slika 5: Emitiranje zračenja u različitim valnim duljinama [24]

7.3. Radiometrijska rezolucija

To je broj različitih intenziteta svjetlosti koju senzor može razlučiti. Koliki će taj broj biti ovisi o broju bitova koji će se koristiti za zabilježbu. Ako je senzor 10 bitni njegov raspon zabilježbe biti će od 0 do 2^{10}=1023, odnosno on će prikazati različite vrijednosti u rasponu od 0 do 1023, pri čemu crna odgovara 0, a bijela ima najveću moguću vrijednost 1023. Većina senzora koriste 8 do 10 bita što je od 255 do 1023 razina skale sive boje [9].

7.4. Vremenska rezolucija

Ona nam govori koliko vremena prođe dok satelit ponovno ne snimi isto područje, a ovisi o tome koliko brzo satelit prijeđe svoju orbitu (Slika 6) i ponovno posjeti isto područje. Neki sateliti imaju mogućnost snimanja istog područja iz različite orbite što skraćuje vrijeme odnosno poboljšava vremensku rezoluciju, ali se razlikuje od ponovne posjete istoga područja. Možemo reći da što je kraće vrijeme ponovnog snimanja istog područja

bolja je vremenska rezolucija. U nekim područjima gdje se koriste daljinska istraživanja ovo je upravo vrlo važan faktor [9].



Slika 6: Kretanje satelita u orbiti [25]

8. SATELITSKE MISIJE

U poglavlju daljinska istraživanja spomenute su neke vrste satelita i njihova namjena, ovo poglavlje nudi opširniji opis satelita koji su specijalizirani za snimanje Zemljine kopnene površine iz čijih se snimaka može kartirati. Prvi sateliti koji su poslani s namjerom snimanja Zemlje bili su većinom isključivo namijenjeni praćenju meteoroloških pojava, dok se s nekima mogla promatrati i površina Zemlje, ali se nije moglo kartirati. Meteoroloških satelita bili su prateća budućih satelita koje znanstvenici usavršavaju za Dmetode snimanja Zemlje.

8.1. Landsat

Godine 1972. NASA lansira ERTS-1 (eng. Earth Resources Tehnology Satellite), kasnije preimenovan u Lansat-1, prvi satelit koji je bio namijenjen isključivo za promatranje Zemljinih kopnenih površina [8]. Landsat se pokazao kao vrlo dobar i učinkovit satelit, te su kasnije u orbitu poslane poboljšane inačice Landsata-1, Landsati 2,3 i 4 koji više ne rade, te Landsati 5,7 i 8 koji još uvijek rade i prikupljaju podatke, dok Landast 6 nije uspio doći u orbitu. Odlike Landsat satelita su dobri senzori sa kanalima (Tablica 1 i 2) za snimanje Zemlje, njihova dobra prostorna rezolucija, dobra vremenska rezolucija i velika arhiva snimaka.

Tablica 1: Spektralni kanali Landsata 4, 5 i 7 [9]

Kanali	Valna duljina	Spektralni kanal
1	0,45-0,52	Vidljivi plavi
2	0,52-0,60	Vidljivi zeleni
3	0,63-0,69	Vidljivi crveni
4	0,77-0,90	Bliski infracrveni
5	1,55-1,75	Kratki infracrveni
6	10,40-12,50	Termalni infracrveni
7	2,09-2,35	Kratki infracrveni
8 (samo kod Landsat 7)	52-90	Pankromatski

NASA (eng. National Aeronautics and Space Administration) u suradnji sa USGS (eng. United States Geological Survery) 2013. godine u misiji pod nazivom Landsat Data Continuity Mission (LDCM) u orbitu šalje Landsat 8. Landsat 8 opremljen je senzorima OLI (eng. Operational Land Imager) i TIRS (eng. Thermal Infared Sensoe), čime postiže do sada najveći broj kanala koji su navedeni u (Tablici 2 i Tablica 3). [8]

Tablica 2: Spektralni kanali - OLI Landsata 8 [9]

Kanali	Valna dužina	Spektralni kanal	Rezolucija (m)
1	0,433-0,453	Vidljiv	30
2	0,450-0,515	Vidljiv	30
3	0,525-0,600	Vidljiv	30

4	0,630-0,680	Bliska infracrveni	30
5	0,845-0,885	Bliska infracrveni	30
6	1,560-1,660	Kratkovalna infracrveni SWIR 1	30
7	2,100-2,300	Kratkovalna infracrveni SWIR 2	30
8	0,500-0,680	Panhromatska	15
9	1,360-1,390	Cirrus	30

Tablica 3: Spektralni kanali - TIRS Landsat 8 [9]

Kanal	Valna dužina	Spektralni kanal	Rezolucija
10	10,3-11,3	TIRS 1	100
11	11,5-12,5	TIRS 2	100

8.2. Spot

SPOT je francuski sustav satelita, služi promatranju zemljine površine i pojava na njoj. Većinska namjena mu je promatranje pojava u klimatologiji i oceanografiji, te praćenje ljudskih aktivnosti i prirodnih pojava. Početak snimanja je započet 1986. godine kada je u orbitu lansiran SPOT 1 i dva dana nakon lansiranja poslao svoju prvu fotografiju. Ubrzo nakon SPOT 1 satelita, lansiran je i SPOT 2 1990. godine. Oba satelita radila su paralelno s istom rezolucijom. Spot 1 prestao je s radom 2003., a SPOT 2009. SPOT 3 nije se proslavio radi problema sa stabilizacijskim sustavom, te ga je naslijedio SPOT 4 1998. godine. Zaredale su se i daljnje uspješne misije sa poboljšanim sustavima skenera i većom rezolucijom, pa se i danas u orbiti nalaze SPOT 4, 5 (Slika 7), 6 koji i dalje uspješno nadziru i snimaju površinu Zemlje, te zadnji SPOT 7 koji je lansiran 2014. koji sadrži pet spektralnih kanala [10].



Slika 7: Spot 5 [10]

8.3. Ikonos

Prvi je komercijalni satelit (Slika 8) na svijetu koji skuplja pankromatske i multispektralne slike. Pankrometarski i multispektralni senzori mogu se spojiti, te nastaju slike u boji razlučivosti ispod 0,80 m. Koristi se u svrhu vojnog kartiranja, zračnog i pomorskog prometa, nacionalne sigurnosti od strane regionalnih i lokalnih vlasti. Ima visoku vremensku rezoluciju, odnosno ponovni posjet snimljenom području događa se već nakon tri dana [11].

Tablica 4: Značajke i prednosti Ikonosa [11]

Značajke	**Prednosti**
Slike razlučivosti ispod 0,82 m	Visoka kvaliteta satelita i snimki
Visoka geolokacijska točnost	Geolokacijske značajke za stvaranje karata širom svijeta
Brzo snimanje velikih površina	Širok spektar geoprostornih podataka koji se mogu prikupiti
Veliki kapacitet prikupljanja podataka	Velik raspon slika za određene namjene



Slika 8: Ikonos [11]

8.4. QuickBird i WorldView

QuickBird još je također jedan od komercionalnih satelita u vlasništvu DigitalGlobe, vodećeg svjetskog dobavljača zemaljskih slikovnih rješenja visoke rezolucije u čijem se vlasništvu nalaze i WorldView sateliti [12]. Dakle QuickBird isporučuje krajnjem korisniku slike visoke razlučivosti, a lansiran je 2001. godine [9]. Kako bi bili konkurentniji DigitalGlobe 2007. lansirao je u orbitu WorldView 1, a nedugo zatim i WorldView 2 2009. koji su poboljšane inačice QuickBirda. Ovi sateliti razlikuju se prema svojim kanalima, QuickBird ima jedan pankromatski kanal i četiri multispektralna kanala, WorldView 1 posjeduje samo pakromatski kanal, dok WorldView 2 posjeduje pankromatski kanal, te čak osam multispektralnih kanala, te je kao takav prvi u svijetu multispektralni komercionalni satelit sa osam kanala. Između ostalog time uvelike nadmašuje svoja dva prethodnika [13].

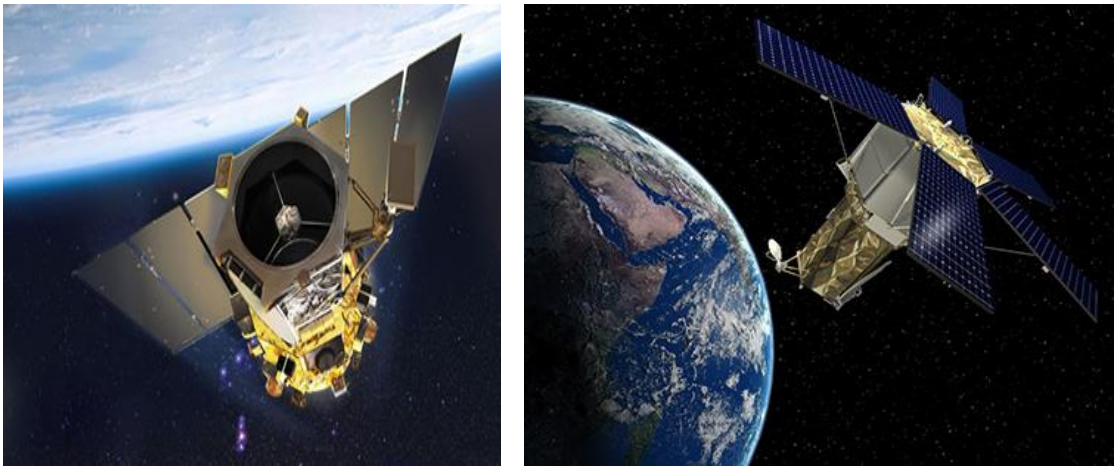
8.5. RapidEye

RapidEye sastoji se od 5 satelitskih senzora koji se u orbiti nalaze od 2008. godine, na visini od 630 km, na dnevnoj frekvenciji opažanja. Kanali koje posjeduje RapidEye su tri vidljiva (plavi 440-510 nm, zeleni 520-590 nm i crveni 630-685 nm), jedan u prijelaznom (tzv. Red Edge 690-730 nm) i bliskom infracrvenom (NIR 760-850 nm) dijelu spektra. RapidEye snimci izvorno dolaze u 12 bitnoj rezoluciji koja se zatim procesuira u 8 bita u

vidljivom (RGB prikaz) odnosno 16 bita u tzv. „analitičkom obliku“ što omogućuje pridobivanje vrlo oštrih i jasnih snimaka zemljine površine [14].

8.6. GeoEye

GeoEye 1 i 2 satelite je stvorila istoimena tvrtka iz Dullesa u SAD-u, a kasnije ih je otkupio DigitalGlobe. Sateliti posjeduju veliku mogućnost razlučivanja objekata, GeoEye 1 u mogućnosti je razlučiti predmete manje od 40 cm dok GeoEye 2 ima mogućnost razlučivanja objekata čak manjih od 20 cm [15]. GeoEye 1 (Slika 9) nalazi se n visini od 770 km od zemljine površine, sadrži pet kanala, jedan pankromatski, tri vidljiva spektra i jedan infra crveni kanal [16]. GeoEye 2 ustvari je WorldView 4 (Slika 9) satelit kojeg su udruženo izradile i lansirale tvrtke DigitalGlobe i GeoEye 2014. godine. On se nalazi na visini od 617 km i posjeduje također pet kanala kao s kojima snima slike visoke rezolucije kao i GeoEye 1 (Slika 10) [17].



Slika 9: GeoEye-1 (lijevo) [16] i GeoEye-2 (desno) [17]



Slika 10: Snimak GeoEye-1 (lijevo) [16] i snimak GeoEye-2 (desno) [17]

8.7. Sateliti Pleiades

Satelit Pleiades 1A lansiran je 2011. na visinu od 649,9 m , a Pleiades 1B na sličnu visinu 2012. Vrijeme za posjet istom području je 1 dan. Svaki od ovih satelita opremljen je jednim slikovnim uređajem koji se sastoji od dva teleskopa. Uređaj za snimanje koristi se za snimanje pankromatskih podataka s razlučivošću polja od 70 cm i multispektralnih podataka s razlučivošću polja od 2,8 m. Senzori koriste pet kanala, jedan pankromatski, tri vidljiva kanala i jedan blisko infracrveni. Imaju prostornu razlučivost 20 x 20 km i stereo snimanje.

Podaci s ovog satelita mogu se koristiti u razne svrhe, uključujući:

- Topografsko kartiranje: otkrivanje i identifikacija površinskih objekata ispod 1m²;
- Poljoprivreda: kartiranje i praćenje poljoprivrednog zemljišta, otkrivanje mraza, područja suše, poplave, štete uzrokovane tučom, niz biljnih bolesti;
- Prostorni razvoj: smještaj i identifikacija zgrada, napredak gradnje, kršenja građevina;
- Obrana: obavještajno i taktičko planiranje;
- Civilna obrana i upravljanje krizama: prevencija, praćenje prijetnji, upravljanje krizama, procjena štete;
- Hidrologija: kartiranje vodospremnika, vodotoka i njihovih slivova, praćenje močvara;
- Šumarstvo: kartiranje i praćenje krčenja šuma, pošumljavanja, promatranje područja s rizikom od bolesti ili izbijanja štetnika;
- Istraživanje mora i obale: prepoznavanje brodova, ispuštanje onečišćenja, nadzor obale;
- Kartiranje elemenata tehničke infrastrukture (ceste, željeznice, plinovodi, naftovodi, dalekovodi) [18].

8.8. Copernicus

Copernicus je program Europske unije, namijenjen za promatranje Zemljine površine. Program se sastoji od skupine Sentinel satelita, od kojih je do sada lansirano njih četiri (Sentinel-1, Sntinel-2, Sentinel-3 i Sentinel-4), a u planu je u bliskoj budućnosti lansirati još tri satelita (Sentinel-5, Sentinel-5P i Sentinel-6). Sentinelom 1, 2 i 5P te dijelom misije

Sentinel 3 upravlja Europska svemirska agencija, dok Sentinelom 3, 4, 5 i 6 upravlja i upravljati će EUMESAT (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites). Namjene ove misije i satelita su razne; poljoprivreda, plavo gospodarstvo, klimatske promjene i okoliš, razvoj i suradnja, energija i prirodni resursi, šumarstvo, zdravlje, osiguranje i upravljanje katastrofama, sigurnost i obrana, turizam, promet i urbanističko planiranje. Sentinel sateliti posjeduju mnoštvo različitih senzor, s još većim mnoštvom spektralnih kanala, što samo potvrđuje kvalitetu ove misije koja se iz dana u dan sve više razvija i napreduje. Puno više i opširnije o misiji i programu copernicus može se pročitati na službenim stranicama [19].

9. DOSTUPNI PODATCI ZA ANALIZU

Podatci za analizu odnosno snimke područja grada Varaždina preuzete su sa stranice Glovis (https://glovis.usgs.gov/app?fullscreen=0).

Preporuka je:

- preuzeti snimke snimljene što novijim (modernijim) satelitom odnosno senzorom, jer je rezolucija snimaka bolja,
- preuzeti snimke u ljetnom razdoblju, budući da u ljetnim mjesecima ima najmanje oblaka, a svjetlost bolje i okomitije obasjava područje snimanja pa su sjene manje,
- preuzeti snimke iz istog mjeseca u različitim godinama, kako bi boja vegetacije i površine bila ista ili približno slična, čime bi lakše mogli klasificirati isto područje.

U tablici (Tablica 5) su prikazani sateliti i datumi snimanja snimaka koje su preuzete za završni rad.

Tablica 5: Korištene snimke i pripadajući sateliti

Godina za analizu	Satelit	Datum snimanja
2000. (Slika 12 gore)	Landsat 7	17.07.2000.
2005. (Slika 13 gore)	Landsat 5	14.07.2005.
2010. (Slika 14 gore)	Landsat 5	12.07.2010.
2015. (Slika 15 gore)	Landsat 8	19.07.2015.
2020. (Slika 16 gore)	Landsat 8	01.08.2020.

Planirano je za 2000., 2005., i 2010. godinu preuzeti snimke snimljene satelitom Landsat 7, jer je Landsat 8 sa snimanjem počeo tek 2013. godine. No, 2003. godine na senzoru satelita Landsat 7 pojavila se greška i snimke se ne mogu koristiti za analizu urbanizacije, te se za 2005. i 2010. godinu moraju koristiti snimke snimljene Landsat-om 5.

2020. godina razlikuje se po datumu snimanja, dok su ostale snimke snimljene unutar sedam dana razmaka. U tom periodu 2020. godine je bilo oblačno vrijeme, pa snimano područje nije jasno vidljivo. Na nekim od korištenih snimaka također postoji mala količina oblaka, pa i oni mogu utjecati na konačni rezultat nadzirane klasifikacije.

10. NADZIRANA KLASIFIKACIJA I ANALIZA URBANIZACIJE GRADA VARAŽDINA

Nadzirana klasifikacija je postupak u kojem ljudsko zapažanje i poznavanje zemljišnog pokrova i objekata ima važnu ulogu. Pravilnim prepoznavanjem i odabirom određenih piksela, koji postanu crni kada ih odaberemo (Slika 11), te dodjelom identiteta tim pikselima, navodimo računalni program da sam prepozna i razlikuje ostale piksele te im dodjeli određeni identitet [27].



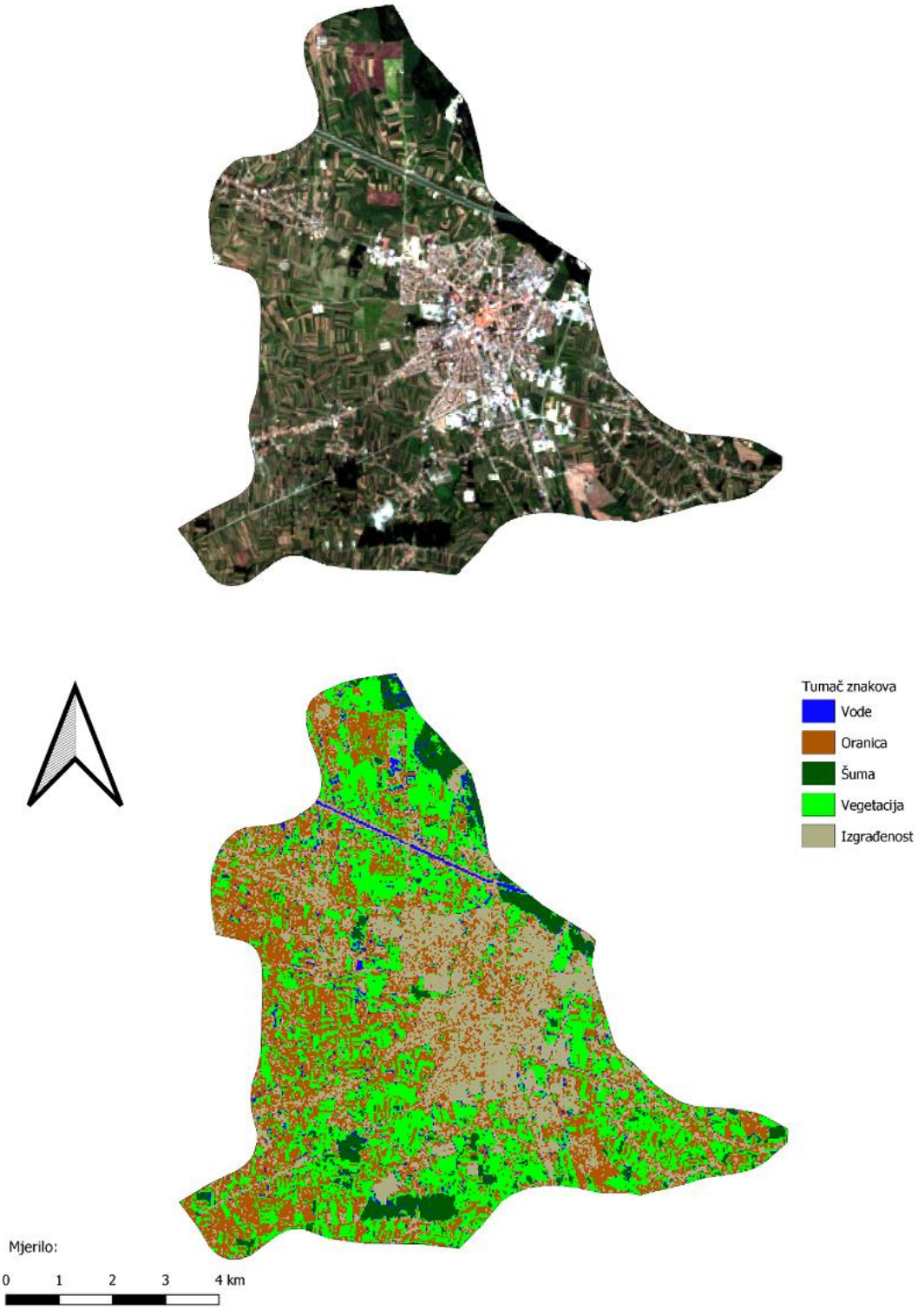
Slika 11: Odabir piksela za klasifikaciju

Tijek postupka obrade snimaka i nadzirane klasifikacije:

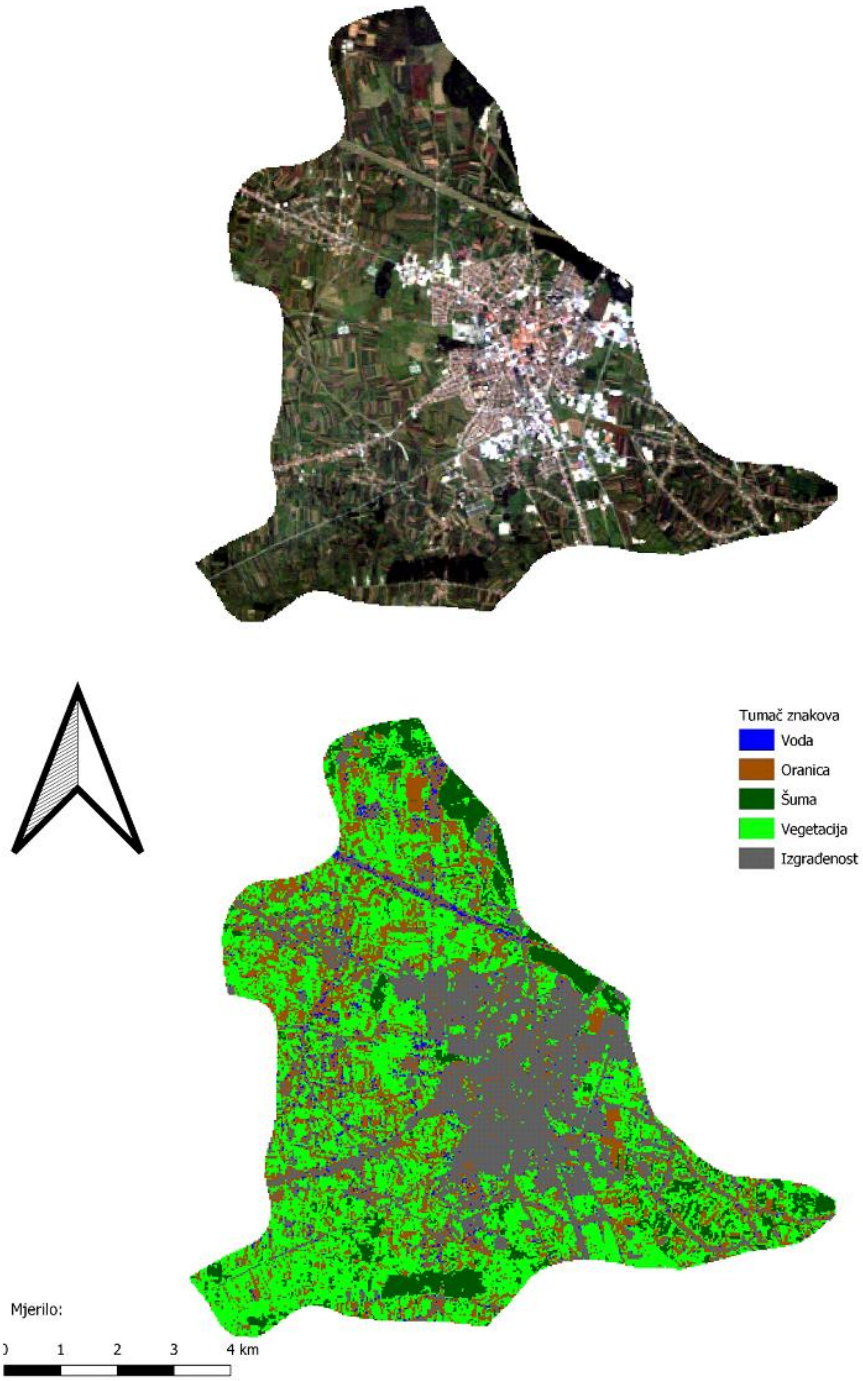
- Potrebno je odabrati snimke snimljene određenim kanalima senzora koje služe u daljnjem postupku, u ovom slučaju su to snimke iz vidljivog spektra kanala, pa je ovisno o satelitu kojim snimano odabrano - plavi kanal, crveni kanal i zeleni kanal,
- u QGIS programu dodjeljuje vektorski sloj koji služi kao podloga za izabrane snimke, definiramo mi koordinatni sustav,
- Preuzete snimke učitaju se u program kao rasterski sloj, i spoje se u jednu snimku kojom se dobije RGB prikaz područja,
- Ovisno o odabranom području snimka se obreže vektorskim slojem administrativnih granica, -
- Putem ″Semi automatic clasification″ dodatka, stvari se identitet (npr. voda) i dodjeljujemo ga pikselima koji prikazuje vodu na snimkama slične vrijednosti piksela se zacrni (Slika 11).
- Postupak se nastavlja za sve identitete koje uključujemo u klasifikaciju, u ovom slučaju su to oranice, šume, vegetacija i izgrađenost,

  Po odabiru dovoljnog broja uzoraka računalo provodi nadziranu klasifikaciju i dobije se prikaz koji je vidljiv na slikama 12, 13, 14, 15 i 16.

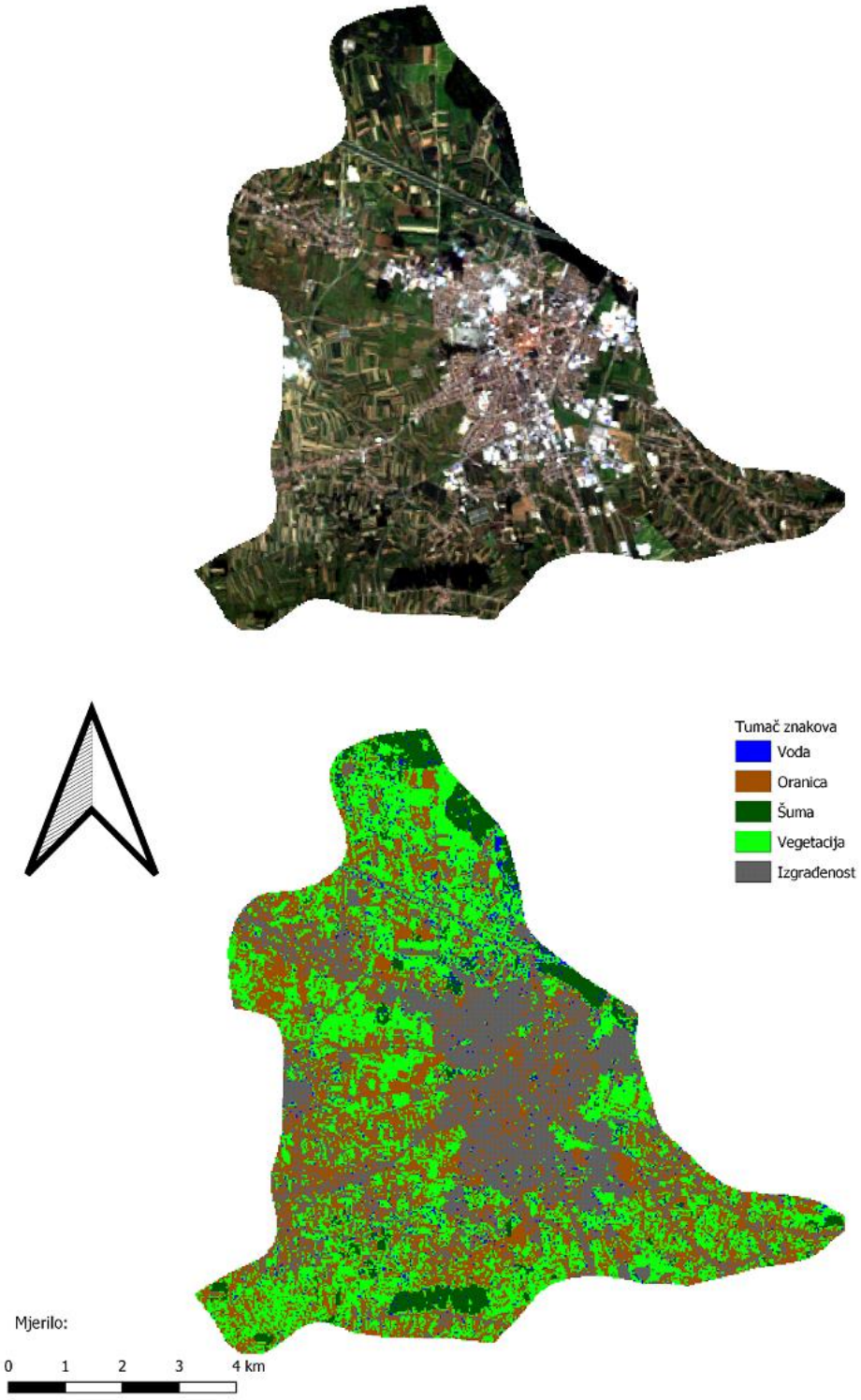
Ovaj postupak rađen je za svaku pojedinu godinu zasebno, rezultati su prikazani na već navedenim slikama (Slika 12 dolje, Slika 13 dolje, Slika 14 dolje, Slika 15 dolje i Slika 16 dolje).



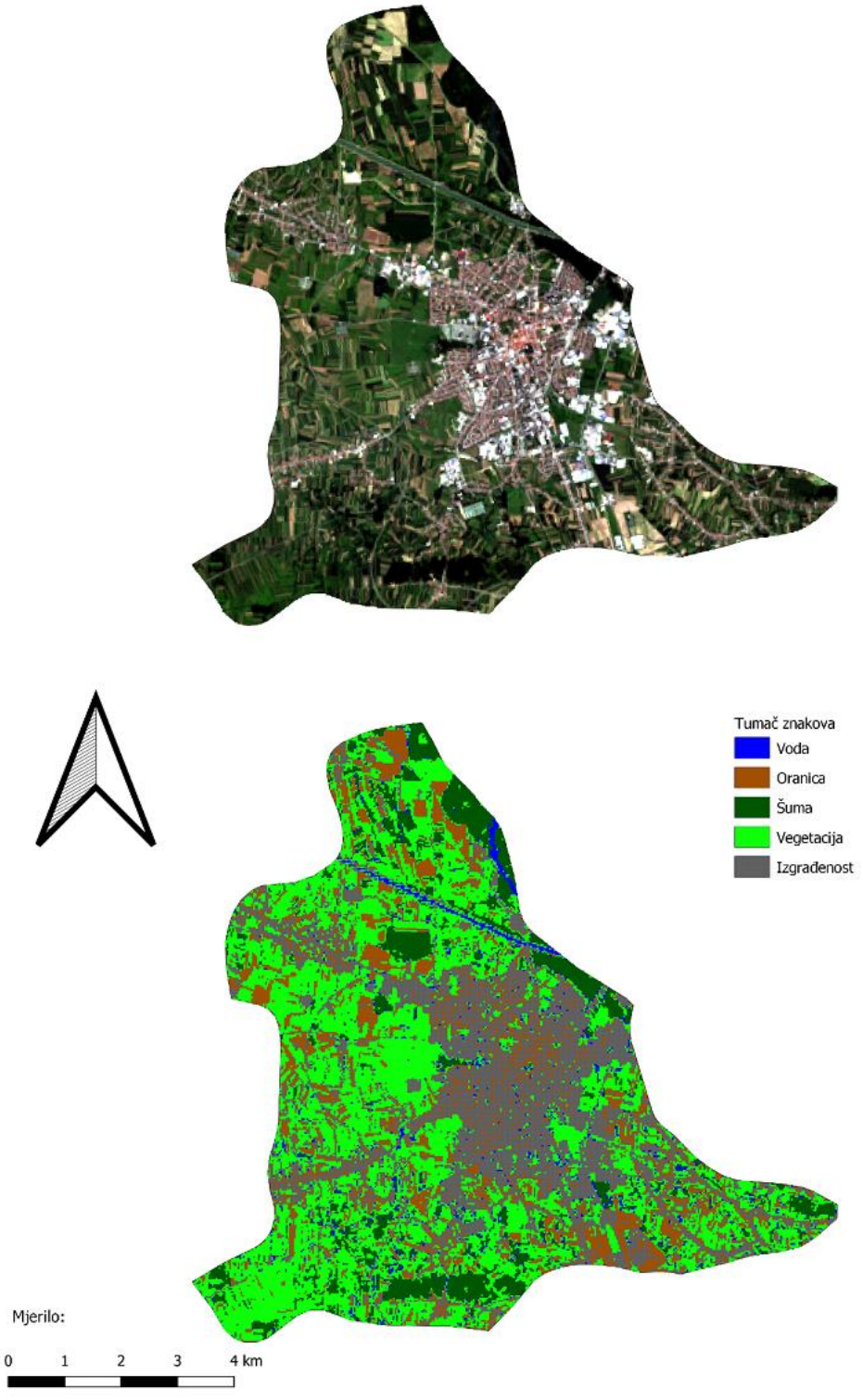
Slika 12: RGB grada Varaždina 2000. godine (gore), nadzirana klasifikacija 2000. (dolje)



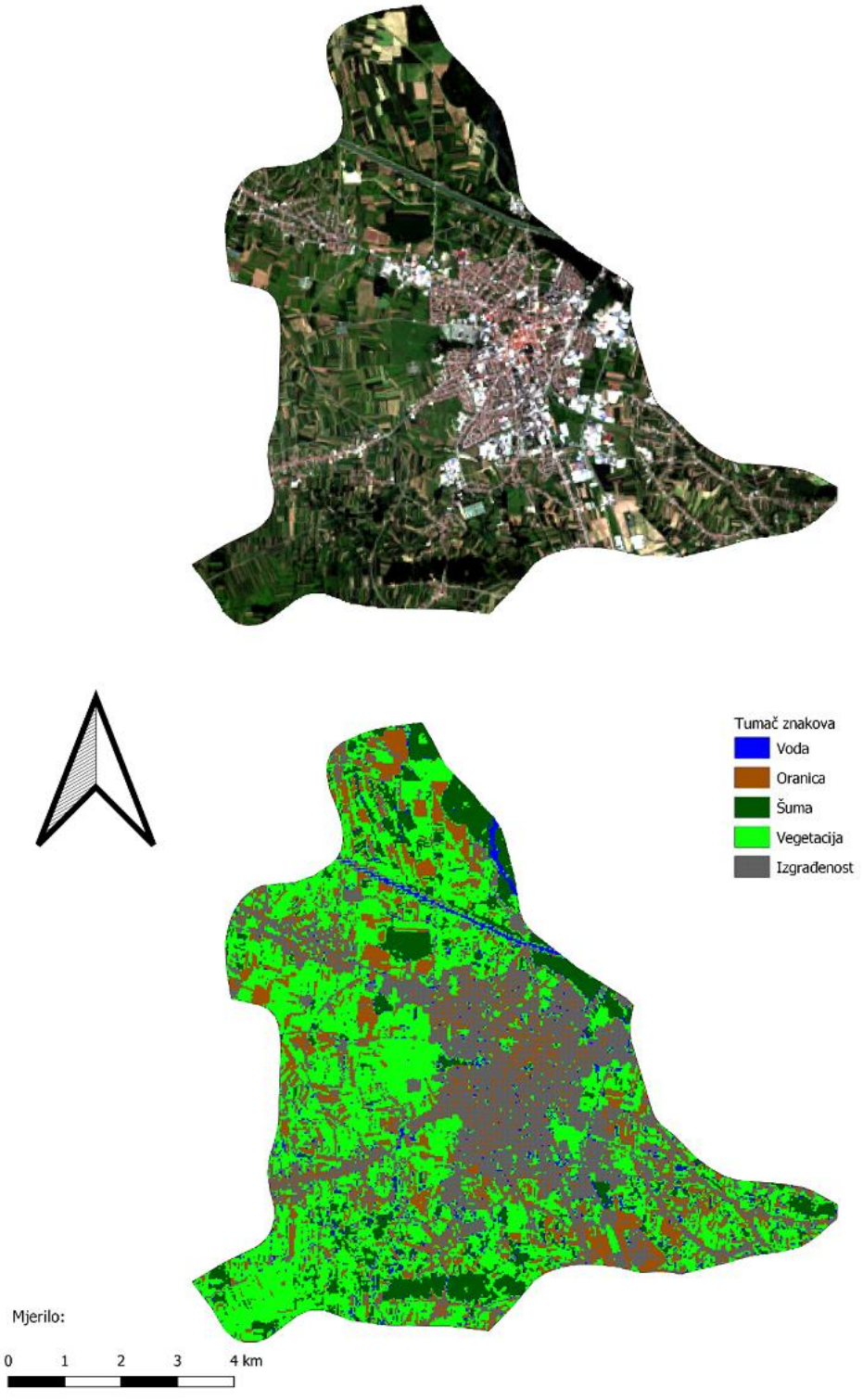
Slika 13: RGB grada Varaždina 2005. godine (gore), nadzirana klasifikacija 2005. (dolje)



Slika 14: RGB grada Varaždina 2010. godine (gore), nadzirana klasifikacija 2010. (dolje)



Slika 15: RGB grada Varaždina 2015. godine (gore), nadzirana klasifikacija 2015. (dolje)



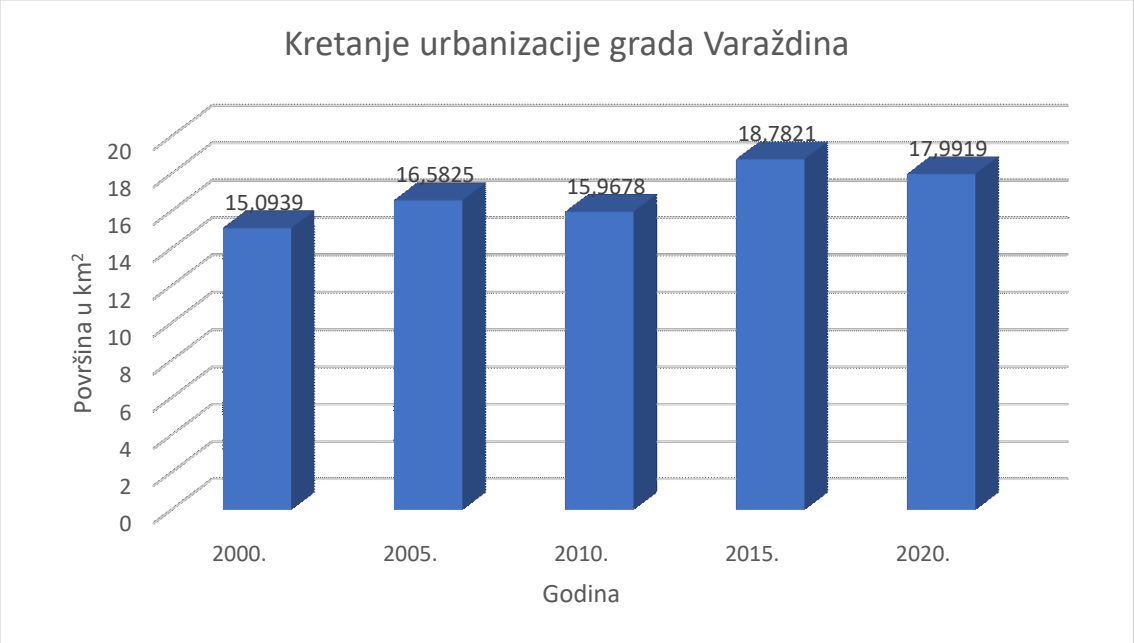
Slika 16: RGB grada Varaždina 2020. godine (gore), nadzirana klasifikacija 2020. (dolje)

11. REZULTATI

Završetkom klasifikacije dobiju se podatci za pojedini klasificirani pokrov, za svaku klasu se dobije površina koju zauzima na klasificiranoj sceni. Budući da je u ovom radu naglasak na urbanizaciji bitni pokazatelj su površine izgrađenosti (Tablica 6).

Tablica 6: Rezultati izgrađenosti po površini i prikazani u grafu

Godina	Površina u m^2	Površina u km^2
2000.	15093900,00	15,0939
2005.	16582500,00	16,5825
2010.	15967800,00	15,9678
2015.	18782100,00	18,7821
2020.	17991900,00	17,9919



Obzirom na trendove porasta izgrađenosti dobiveni rezultati nisu logični. Iz ovakvih rezultata može se zaključiti sljedeće:

- u razdoblju od 2000. – 2005. objekti su izgrađeni,
- u razdoblju od 2005. – 2010. objekti su rušeni,
- u razdoblju od 2010. – 2015. objekti su izgrađeni,
- u razdoblju od 2015. – 2020. objekti su rušeni.

Budući da su rezultati kontradiktorni vjerojatno je da su se dogodile slučajne i sistematske pogreške. U sistematske pogreške mogli bi ubrojiti sljedeće pogreške:

- loša rezolucija snimaka,
- pogreške na snimkama,
- oblaci na snimkama,
- loš odabir piksela,
- sličnost boja piksela u različitim identitetima,
- malo iskustva u izradi.

Sistematske pogreške mogu se smanjiti i na taj način poboljšati rezultate. Poboljšanje rezultata može se dobiti putem nekoliko koraka:

- odabirom boljih snimaka (bolja rezolucija, bez oblaka i smetnji na snimkama),
- boljim odabirom piksela,
- povećanjem iskustva u izradi klasifikacije i odabiru snimaka, -
- na istim snimkama izraditi više klasifikacija, te izračunati aritmetičku sredinu.

Iako su rezultati po godinama kontraditorni, vidljivo je kako je od 2000. do 2020. godine povećanje u izgrađenosti gotovo 3000 kilometara kvadratnih, što ipak ukazuje na povećanje izgrađenosti na području grada Varaždina unazad 20 godina.

12. ZAKLJUČAK

Tehnologija koju danas posjeduje čovječanstvo olakšava život i pruža mogućnost lakog pristupa podatcima, laku obradu i jednostavnu interpretaciju istih. Daljinska istraživanja postaju svakodnevica, daju mogućnost pravovremenog reagiranja, sprečavanja, predviđanja, te kontrole pojava i promjena koje se događaju na Zemljinoj površini.

Načini snimanja, raznolikost senzora i kanala, dovele su daljinska istraživanja u sve sfere današnjeg društva. Čovjek je prisiljen pratiti tehnologiju i ići u korak s njom kao bi bio konkurentniji i kako bi opstao u bilo kojem poslu. Daljinska istraživanja nisi više samo potreba države, regije ili gradova, postale su potreba svakog čovjeka.

Primjer analize urbanizacije grada Vraždina, prikazuje jednostavnost dolaska do podataka potrebnih za obradu, jednostavnost njihove obrade i interpretacije, a konačni rezultat daje

jednostavno i razumljivo rješenje. Prema dobivenim konačnim rezultatima zaključuje se da se od 2000. – 2020. u gradu povećao broj novo izgrađenih objekata.

Nastavno na podatke dobivene za 2020. godinu može se i dalje pratiti trend izgradnje i kontrolirati urbanizacija te sukladno tome izraditi plan prostornog uređenja grada Varaždina. Takvim nadzorom grada može spriječiti ne kontrolirano i ilegalno građenje.

13. LITERATURA

1. Gašparović, M. i dr.: Analiza urbanizacije grada Splita, Geod. list 2017, 3, 189–202, Preuzeto: 01.09.2020., https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=279497
2. Ferenčula, N. i dr.: Primjena daljinskih istraživanja u kartografiji, Geode. List1994, 265-276, Preuzeto: 02.09.2020., https://www.bib.irb.hr/627012
3. Daljinska istraživanja. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2020., Preuzeto: 02.09.2020. http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=13774
4. Prelogović, V.: Daljinska istraživanja, 2004., Preuzeto: 02.09.2020., https://www.geografija.hr/teme/karte-i-gis/daljinska-istrazivanja/
5. Dr. sc. Benko, M.: Program znanstveno-istraživačkog rada za razdoblje 2006.-2010. (HŠ d.o.o.), Preuzeto: 04.09.2020., https://www.sumins.hr/projekti/primjena-daljinskih-istrazivanja-u-sumarstvu/
6. Bajić, M i dr.: Primjena daljinskih istraživanja, fotogrametrije i GIS-a u razminiravanju teritorija Republike Hrvatske, Fotogrametrija i kartografija 2010., 54-57, Preuzeto: 04.09.2020. https://hrcak.srce.hr/11252
7. Preuzeto: 04.09.2020., https://geoportal.dgu.hr/
8. Prof. dr. Osman Muftić; Velika ilustrirana enciklopedija znanosti, prevoditelji Svjetlana Lupret Obradović; prijevod djela : The Kingfisher science encyclopedia, ISBN: 953-6178-83-4
9. Oštir, K. i Mulahusić, A.: Daljinska istraživanja, Građevinski fakultet Ljubljana i Sarajevo 2014, Preuzeto: 09.09.2020., https://books.google.hr/books?id=O0-WBQAAQBAJ&pg=PA34&lpg=PA34&dq=spektralni+potpis+svjetlosti&source=bl&ots=QoXhfx7Ds3&sig=ACfU3U2SzBEmOjUDlnn_jybPnOQbTXmXQA

&hl=hr&sa=X&ved=2ahUKEwjvk8LjwLnrAhXOyaQKHbsEBQ04FBDoATAIFBDoATAI#v=onepage&q&f=false

10. SPOT (satellite), Preuzeto: 10.09.2020., https://en.wikipedia.org/wiki/SPOT_(satellite)
11. IKONOS, Preuzeto: 10.09.2020., https://dg-cms-uploads-production.s3.amazonaws.com/uploads/document/file/96/DG_IKONOS_DS.pdf
12. DigitalGlobe Complets QuickBird Satellite Orbit Raise, DigitalGlobe 2014, Preuzeto: 10.09.2020., https://web.archive.org/web/20140714153612/http:/media.digitalglobe.com/man man-releases/DigitalGlobe-Completes-QuickBird-Satellite-Orbit-R
13. Vrgoč, S.: Primjena WorldView-2 satelitskih snimaka za detekciju ilegalnih odlagališta otpada, Geodetski fakultet, Diplomski rad 2017., Preuzeto: 10.09.2020., https://bib.irb.hr/datoteka/893242.Sandra_Vrgo_Diplomski_rad_v2.pdf
14. Dr. sc. Pileš, i dr.: Mogućnosti korištenja optičkih satelitskih snimaka srednje i visoke rezolucije (Landsat 8, RapidEye) u vizualizaciji i detekciji promjena šumskog pokrova nakon vjetroizvala, 2019., Preuzeto: 10.09.2020., https://mysustainableforest.com/wp-content/uploads/2019/05/Scientific-Article_CFRI_-paper-Journal-of-Geodesy_May-2019.pdf
15. Tumpić, M.: Špijuniranje pomoću satelita, 2009., Preuzeto: 10.09.2020., https://www.zvjezdarnica.com/astronautika/svemirske-letjelice/spijunirajmo-se-pomocu-satelita/721
16. GeoEye-1 Satellite Sensor (0,46m), Preuzeto: 11.09.2020., https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/geoeye-1/
17. WorldView-4 Satellite Sensor (0,31m), Preuzeto: 11.09.2020., https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/geoeye-2/
18. Pleiades 1A/1B, Instytut Geodezji i Kartografii, Preuzeto: 12.09.2020., http://www.igik.edu.pl/pl/a/Pleiades-1A-1B
19. Usluga programa Copernicus, Preuzeto: 12.09.2020., https://www.copernicus.eu/hr
20. Preuzeto: 12.09.2020., https://hr.hoboetc.com/novosti-i-obschestvo/23276-chto-takoe-urbanizaciya-na-sovremennom-etape-razvitiya-obschestva.html

21. Preuzeto: 12.09.2020., http://www.skole.hr/dobro-je-znati/osnovnoskolci?news_id=8755
22. Preuzeto: 12.09.2020., https://www.slideserve.com/samuel-buck/spektar-elektromagnetskog-zra-enja
23. Preuzeto: 12.09.2020., https://sites.google.com/site/stranicaosvjetlosti/products-services
24. Preuzeto: 12.09.2020., https://www.zvjezdarnica.com/astronomija/osvrt/poljoprivreda-iz-svemira/2778
25. Preuzeto: 12.09.2020., https://www.svemir.ba/2011/10/soyuz-postavio-satelite-u-orbitu/
26. Preuzeto: 12.09.2020., google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fprd-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com%2Fassets%2Fpalladium%2Fproduction%2Fs3fs-public%2Fthumbnails%2Fimage%2FL4-5%2520bands.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.usgs.gov%2Fmedia%2Fimages%2Flandsat-4-5-tm-and-landsat-7-etm-bands-and-their-uses&tbnid=2WDVlkZoaj4hoM&vet=12ahUKEwji1_6EoujrAhVOy6QKHS9WDrQQMygAegUIARCNAQ..i&docid=Z3OSse72Ioc4sM&w=2024&h=1318&q=landsat%204-5%20bands&ved=2ahUKEwji1_6EoujrAhVOy6QKHS9WDrQQMygAegUIARCNAQ
27. Valožić, L.: Klasifikacija zemljišnog pokrova urbanog i periurbanog prostora pomoću objektno orijentirane analize multispektralnih snimaka, HRVATSKI GEOGRAFSKI GLASNIK 76/2, 27 – 38 (2014.), Preuzeto: 13.09.2020., https://hrcak.srce.hr/135008

14. POPIS SLIKA

Slika 1: : Nekontrolirana urbanizacija 1
Slika 2: Kontrolirana urbanizacija 1
Slika 3:Spektar elektromagnetskog zračenja 6
Slika 4: Refleksija svjetlosti od zrcala (lijevo), lom svjetlosti kroz sredstvo (desno)…...8
Slika 5: Emitiranje zračenja u ratličitim valnim duljinama 11

Slika 6: Kretanje satelita u orbiti 12
Slika 7: Spot 5 15
Slika 8: Ikonos 16
Slika 9: GeoEye-1 i GeoEye-2 17
Slika 10: Snimak GeoEye-1 i Snimak GeoEye-2 17
Slika 11: Odabir piksela za klasifikaciju 20
Slika 12: RGB grada Varaždina 2000. godine (gore), nadzirana klasifikacija 2000. (dolje) 22
Slika 13: RGB grada Varaždina 2005. godine (gore), nadzirana klasifikacija 2005. (dolje) 23
Slika 14: RGB grada Varaždina 2010. godine (gore), nadzirana klasifikacija 2010. (dolje) 24
Slika 15: RGB grada Varaždina 2015. godine (gore), nadzirana klasifikacija 2015. (dolje) 25
Slika 16: RGB grada Varaždina 2020. godine (gore), nadzirana klasifikacija 2020. (dolje) 26

15. POPIS TABLICA

Tablica 1: Spektralni kanali Landsata 4, 5 i 7 13
Tablica 2: Spektralni kanali - OLI Landsata 8 13
Tablica 3: Spektralni kanali - TIRS Landsat 8 14
Tablica 4: Značajke i prednosti Ikonosa 15
Tablica 5: : Korištene snimke i pripadajući sateliti 19
Tablica 6: Rezultati izgrađenosti po površini 27

ŽIVOTOPIS

Rođen sam 13.12.1991. godine u Zagrebu, Republika Hrvatska. Odrastanje sam započeo u Garešnici gdje su odrastali i moji roditelji otac Vladimir i majka Jadranka. Zbog očevih vojnih obaveza 1994. godine selimo se u Zagreb na Trešnjevku, gdje 1998. godine započinjem školovanje u osnovnoj školi ″Augusta Šenoe″.

Godine 1999. s roditeljima i bratom Dorianom selim u Samoborske Novake gdje nastavljam školovanje u područnoj školi ″Rakitje″ do 4. razreda, a osnovno školsko obrazovanje završavam u osnovnoj školi ″Sveta Nedjelja″.

Potaknut zanimanjem svog krsnog kuma dipl. ing. geodezije Damira Dubravca, 2006. godine upisujem srednju Geodetsku školu, Sopot u Zagrebu. Pokazujem veliko zanimanje za geodeziju, te stječem bogato znanje rada u Excelu, Wordu i AutoCad-u, te s geodetskim instrumentima. 2010. godine četvrti razred završavam sa vrlo dobrim uspjehom, iz završnog rada dobivam odličan, te zvanje geodetski tehničar.

Unatoč želji za upisom Geodetskog fakulteta, zbog lošijeg rezultata na ispitima državne mature odabirem upisati Tehničko veleučilište u Zagrebu smjer graditeljstvo. Ne pronalazim se u građevinskoj struci te nakon prvog semestra odustajem od fakulteta i na kratko se zapošljavam kao konobar.

2011. godine ponovno pokušavam upisati Geodetski fakultet no ponovno bezuspješno, te odlazim na Rudarsko – geološko – naftni fakultet u Zagrebu smjer rudarstvo. Unatoč teškim zdravstvenim problemima uspješno polažem ispite do 2014. kada po drugi puta ne uspijevam položiti predmet i ispisujem se sa fakulteta.

2015. godine na nagovor prijatelja i roditelja upisujem Geotehnički fakultet u Varaždinu smjer inženjerstvo okoliša, gdje uz rad na raznim poslovima te uz puno muke uspijevam 2020. godine završiti preddiplomski studij.